BRGM

contribution à la connaissance de la gîtologie de la région Vosges-Alsace-Moselle après 14 années de prospection de la part du B.R.G.M.

J. Lougnon

Juillet 1985
85 DAM 038 OP4

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
DIRECTION DES ACTIVITÉS MINIÈRES
Division des opérations et participations
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - Tél.: (33) 38.64.34.34

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	1
LISTE DES ANNEXES	7
LISTE DES FIGURES HORS TEXTE	11
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA GEOLOGIE	13
1 - LES VOSGES HERCYNIENNES	18
1.1 - VOSGES SEPTENTRIONALES	18
1.2 - VOSGES CENTRALES OU VOSGES MOYENNES	23
1.3 - VOSGES MERIDIONALES	29
2 - LE HOUILLER	37
3 - LE PERMIEN	39
3.1 - BASSINS DE SAINT DIE, DE VILLE ET DU NIDECK	40
3.2 - BASSIN DU VAL D'AJOL	43
3.3 - BASSIN DE RONCHAMP-GIROMAGNY	44
4 - LES VOSGES GRESEUSES	45
5 - MUSCHELKALK, KEUPER, RHETIEN	47
6 - JURASSIQUE	48
7 - LE FOSSE RHENAN	48
8 - TECTONIQUE	53

Pages

CHAPITRE II - HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION MINIERE DANS LES VOSGES 57

1 - PERIODES ANCIENNES 59

2 - MOYEN-AGE 59

3 - SEIZIEME SIECLE 60

4 - DIX-HUITIEME SIECLE 63

5 - PERIODE MODERNE 64

CHAPITRE III - TRAVAUX DU BRGM 69

(Description des méthodes utilisées et énumération des minéralisations de type nouveau découvertes)

CHAPITRE IV : DESCRIPTION DETAILLEE DES MINERALISATIONS 93

(Les minéralisations décrites sont classées suivant leurs appartenances aux différentes unités géologiques du chapitre I)

1 - VOSGES SEPTENTRIONALES 95

1.1 - MINERALISATIONS DES PLUTONITES 95

1.1.1 - Filons de fer de Rothau 96

1.1.2 - Indices de Mo, Cu et W du granite de Natzwiller 101

1.1.3 - Indices de cassitérite du granite de Kagenfels 103

1.1.4 - Stockwerk à molybdénite de Breitenbach 104

1.2 - Dévono-dinantien volcanosédimentaire 118

1.2.1 - Amas d'hématite et pyrite, skarns tungstifères et filons de fer du district de Grandfontaine 118

1.2.2. - Indice de Mo et W de Raon l'Etape 135

1.2.3 - Indice de W, Cu, Pb et Zn de la Grande-Fosse 136

1.3 - SCHISTES SILURO-ORDOVICIENS DE STEIGE 137

Pages

1.4 - PHYLLADES BRIOVERIENNES DE VILLE 137
1.4.1 - Les minéralisations Sb de Charbes 138
1.4.2 - Les indices Sb du Rain des Allemands 151

1.5 - LIGNE DE SUTURE DE LALAYE - LUBINE 154
1.5.1 - Secteur d'Urbeis-Lalaye-Fouchy (Cu, Pb, Zn Sb, Ag, F, Ba) 155
1.5.2 - Secteur de Lubine (Cu, Ag, W) 166

2 - VOSGES CENTRALES OU VOSGES MOYENNES 185

2.1 - MINERALISATIONS DES GNEISS "PREVARISQUES" DE LA PARTIE NORD ET DES GRANITES ASSOCIES 185
2.1.1 - Gisement de La-Croix-aux-Mines (Pb, Zn, Ag, Cu) 186
2.1.2 - Filon de Lusse (Pb, Zn, Ag) 224
2.1.3 - Filon de Remémont (Pb, Cu, Ag) 236
2.1.4 - Oxydes de Mn du Repas 237
2.1.5 - Filon du district de Sainte-Marie-aux-Mines (Ag, Pb, Cu, Zn, Co, As) 239
2.1.6 - Molybdénite du Petit-Haut (68) 263
2.1.7 - Filons de barytine de Rombach-Le-Franc 263
2.1.8 - Filons de fer et manganèse de Dambach-la-Ville 267
2.1.9 - Indices de W des gneiss et granites de la partie septentrionale des Vosges Moyennes 269
2.1.10 - Indice de scheelite et fluorine de Fauru 270
2.1.11 - Indice de W de Haute-Merlusse 278

2.2 - GRANITES, GNEISS ET MIGMATITES DE LA PARTIE CENTRALE 278
2.2.1 - Gisement de Mn et W du Haut-Poirot 279
2.2.2 - Indices d'As, Co et Cu de Straiture 286
2.2.3 - Indice de Cu de Fâchepremont 287
2.2.4 - Indice Sn-As des Belles-Huttes 288
2.2.5 - Indice de fluorine de Xonrupt-Longemer 288
2.2.6 - Indices de scheelite et cassitérite du Grand-Valtin 289
2.2.7 - Filon Pb-Ag de Squainfaing 290

Pages

2.3 - MINERALISATIONS DE LA PARTIE MERIDIONALE DES VOSGES MOYENNES 290

2.3.1 - Versant lorrain 291

2.3.1.1 - Réseau filonien à F-Ba de Faymont, district du Val d'Ajol 291

2.3.1.2 - Filon de fluorine des Mousses, district du Val d'Ajol 305

2.3.1.3 - Filon de fluorine de Saint-Bresson 307

2.3.1.4 - Indice de Pb, V d'Hérival 312

2.3.1.5 - Gisement de fluorine de Maxonchamps 313

2.3.1.6 - Indice de F, Ba de La Poirie 316

2.3.1.7 - Indices de fluorine du col de Longeroye 317

2.3.1.8 - Barytine de la Tête de l'Avuxon 318

2.3.1.9 - Indice de Cu de Ramonchamp 319

2.3.1.10 - District à Cu-Ag de Bussang - Fresse-sur-Moselle 319

2.3.2 - Versant alsacien 323

2.3.2.1 - Indice de Cu d'Altenweiher 323

2.3.2.2 - Indice de Cu-Ag d'Heidenbach 323

2.3.2.3 - Filon de Cu de Zimmerbach 325

2.3.2.4 - Filons de Cu d'Aspach 325

2.3.2.5 - Indice de Cu de Lehmatt 326

2.3.2.6 - Indice de Cu de Sandbückel 326

2.3.2.7 - Gîtes de Sb de Silberwald 327

2.3.2.8 - Filon de fer du Petit Château (68) 330

2.3.2.9 - Indices de W-Sn de Soultzbach-les-Bains 331

2.3.2.10 - Indice de W d'Ober-Breitenbach 335

3 - VOSGES MERIDIONALES 336

3.1 - MINERALISATIONS DES PLUTONITES 336

3.1.1 - Minéralisations Mo, Cu de Château-Lambert et du Thillot 337

3.1.2 - Indices de Mo de la Goutte-des-Oeillets 344

3.1.3 - Indices de Mo du tunnel de Lure au Thillot 346

3.1.4 - Indice de Mo du Hangy 347

3.1.5 - Indice de Mo du Saut-de-la-Truite 348

Pages

3.1.6 - Indice de Mo de Knappenhütel 348
3.1.7 - Indice de Mo du Plain-des-Loges 348
3.1.8 - Indice de Saulx (Pb, Zn, Cu, Mo) 349
3.1.9 - Structure fluorifère de Langenberg 353
3.1.10 - Filon de fluorine des Baudys 356
3.1.11 - Filons à Ba-Mn de La Fonderie 357
3.1.12 - Filon de Fer de Bedelen 359
3.1.13 - Indice de Cu du lac d'Alfed 359
3.1.14 - Filon de fluorine d'Isenbach 360
3.1.15 - Dyke de fluorine de Baerenbach 361
3.1.16 - Indice Cu, As de Wasserfall 362
3.1.17 - Indice Cu, Pb d'Ermensbach 362
3.1.18 - Indice de W-Sn du granite de Goldbach 362
3.1.19 - Gisement de scheelite d'Auxelles-Haut 363
3.1.20 - Indice Sn de la Tête de Charborue 367
3.1.21 - Indices de Hg, Cu et F de Fayl -Billot 367

3.2 - VISEEN 368
3.2.1 - Bordure orientale du pluton des Ballons 370
3.2.1.1 - Filon à F, Cu, Pb d'Enzengesick 370
3.2.1.2 - Indices de Leimkritter (Zn, Fe, W) 371
3.2.1.3 - Filons à F-Ba du Bramenstein 372
3.2.1.4 - Indice de Cu, Pb, Zn de Dolleren 374
3.2.1.5 - Indice Cu, Pb d'Oberbrück 374
3.2.1.6 - Indices de Ba, Cu, Pb, Zn de Rimbach-près-Masevaux 374
3.2.1.7 - Filon de barytine du Tiefkoehl 375
3.2.1.8 - Indice de Cu du Senkel 375
3.2.1.9 - Indice de Cu de Hagenmattwald 375
3.2.1.10 - Indice de Cu, Pb, Zn du Katzenbach 376
3.2.1.11 - Indice de Cu, Pb de Riesenwald 376
3.2.1.12 - Gîte à Cu-As du Lac de Perches (Sternsee) 377
3.2.1.13 - Indices de la Fennematt (F, As, Cu, Pb) 378
3.2.1.14 - Gisement du Stahlberg (Fe, Cu) 379
3.2.1.15 - Secteur du Brandeskopf (Cu, Ag), (F-Ba) 380

Pages

3.2.2 - Minéralisations dispersées éloignées des contacts granitiques 382
3.2.2.1 - Indices de Fe, Sb de la Tête du Mineur 382
3.2.2.2 - Indices de Cu de Gaerntnerberg 383
3.2.2.3 - Indices de Cu, Pb de Sickert 383
3.2.2.4 - Indices de Pb, Ag de Heidenkopf 385
3.2.2.5 - Filon de Ba de Rougemont-le-Château 387
3.2.2.6 - Filon de Ba de Houppach 387
3.2.2.7 - Indices de Cu de la région de Masevaux 388
3.2.2.8 - District cuprifère d'Urbès-Mollau 388
3.2.2.9 - Mine Aurora (Cu, Pb) 396
3.2.2.10 - Minéralisations ferrifères du district de Thann 397
3.2.2.11 - Autres minéralisations du district de Thann (Pb, Ag, Ba) 401
3.2.2.12 - District ferrifère de Guebwiller 403
3.2.2.13 - Indice de Cu, Ni de Bergenbach 405
3.2.2.14 - Indice de Ni, Co de Kruth I 408
3.2.2.15 - Indice U, Co, Ni, As de Kruth II 409

3.2.3 - Région du sud du massif des Ballons 409
3.2.3.1 - District à Cu, Pb, Zn, Ag de Giromagny, Auxelles-Haut et Plancher-les-Mines 410
3.2.3.2 - Indice de Fe du Saulnot 429
3.2.3.3 - Indice d'Or du Bois d'Apremont 430
3.2.3.4 - Bois de la Ture (Sb, W) 432
3.2.3.5 - Gisement de fluorine et sulfures de Mont-de-Vannes 433
3.2.3.6 - Gîte de Fe, Mn de Saphoz 446
3.2.3.7 - Gîte de Fe de Servanceuil 448

4 - HOUILLER 449

4.1 - SAINT-HIPPOLYTE (U) 449

4.2 - BASSIN DE RONCHAMP (U) 451

Pages

5 - PERMIEN 451

5.1 - BASSIN DU NIDECK 451

5.2 - BASSIN DE SAINT DIE 452
5.2.1 - Gîte de Cu d'Anozel 452
5.2.2 - Indice de Cu de Nayemont-les-Fosses 453
5.2.3 - Gisement stratiforme de fluorine de Saint-Dié 453
5.2.4 - Indices de cinabre du Hang 472

5.3 - BASSIN DE VILLE 475
5.3.1 - Indices de Cu-Ag de Triembach-en-Val 475
5.3.2 - Recherches d'uranium (par le CEA puis la COGEMA) 476

5.4 - BASSIN DU VAL D'AJOL (INDICES D'U) 476

5.5 - BASSIN DE RONCHAMP (INDICE DE CU, ANOMALIE GEOCHIMIQUE W - Sb - As) 477

6 - TRIAS 477

6.1 - COUVERTURE TRIASIQUE OCCIDENTALE 477
6.1.1 - Or natif du Bundsandstein : indices de la Forêt Sainte-Barbe 477
6.1.2 - Filon des Trémeures (Pb, F) 480
6.1.3 - Indices de fluorine d'Attigny-Bleurville 482
6.1.4 - Indices de fluorine de Niderwiller et Hommarting 484

6.2 - VOSGES GRESEUSES SEPTENTRIONALES 485
6.2.1 - Minéralisations Pb, Zn, Ag, Cd liées aux "Chapeaux de fer" de la région de Lembach 485
6.2.2 - Gîtes de Cu, Pb du district de Saint-Avold-Hargarten-aux-Mines 497

Pages

7 - COLLINES SOUS-VOSGIENNES 523

7.1 - MINERALISATIONS Ba, Pb, Ag DU CHAMP DE FRACTURES DE SAVERNE 523

7.2 - MINERALISATIONS F-Ba ET SULFURES DU CHAMP DE FRACTURES DE RIBEAUVILLE 526

7.3 - CHAMP DE FRACTURES DE GUEBWILLER-ROUFFACH : INDICES D'OSENBACH (Cu, Pb, Zn) 529

7.4 - CHAMP DE FRACTURES DE VIEUX-THANN : DISTRICT Pb, Zn, Ag DE THANN 532

8 - FORMATIONS SUPERFICIELLES : MINERALISATIONS Fe, Mn 535

9 - GITES ALLUVIONNAIRES 538

9.1 - OR DU RHIN 538

9.2 - MONAZITE DE COINCHES 539

10 - INDICES DE MINERALISATIONS DECOUVERTS DANS DES SONDAGES PROFONDS 540

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 541

INDEX MINERALOGIQUE 567

AVANT-PROPOS

AVANT-PROPOS

Après 14 années (1970-1983) de travaux de prospection générale, de travaux propres et de travaux d'Inventaire, exécutés par la Mission Vosges-Alsace du B.R.G.M., nous avons acquis une connaissance approfondie de la gîtologie du Massif des Vosges (et accessoirement de l'anticlinal sarro-lorrain dans la région de Saint-Avold (57) - Hargarten-aux-Mines (57)). Le but de ce rapport est d'exposer cette connaissance, en dépassant le cadre d'un simple rapport de fin de mission et en l'étendant à la totalité des minéralisations connues.

Dans un premier chapitre, nous exposerons les généralités concernant la géologie, en nous basant autant que possible sur les travaux les plus récents, par exemple la thèse de P. FLUCK (1980). Ce chapitre peut paraître trop long, mais il n'existait pas, à notre connaissance, d'étude géologique générale de la région prenant en compte ces travaux qui, à certains points de vue, modifient profondément les idées anciennes (notamment en ce qui concerne le socle cristallin-cristallophyllien).

Ensuite, dans un deuxième chapitre, nous présenterons un historique de l'exploitation minière de la région, historique qui démontre amplement que celle-ci, peut-être plus qu'aucune autre région en France, a attiré l'attention des exploitants. Bien que son territoire soit restreint, elle a été, en effet, l'objet d'une multitude de travaux souterrains. Ceci est dû en grande partie, d'une part, au fait qu'elle a présenté un nombre important de gîtes d'argent, métal très recherché depuis le Haut Moyen Age, dont certains, tels que Sainte-Marie-aux-Mines (68) et La-Croix-aux-Mines (88), sont restés célèbres ; d'autre part, pendant l'occupation allemande de 1871 à 1918, la partie alsacienne a été systématiquement prospectée et les travaux anciens systématiquement repris. Aussi, en ce qui concerne ceux-ci, sauf rares exceptions (cas de Orschwiller (68)), ils ne peuvent plus renfermer de réserves économiques.

A l'heure actuelle, si l'on excepte le bassin potassique de Mulhouse (hors sujet), il existe une seule petite exploitation en activité : celle de la fluorine de Maxonchamp (88), et, après le départ du B.R.G.M., seule la SNEA (P) maintient une activité de recherches intermittente dans les Vosges méridionales. Pour l'avenir, on peut seulement prévoir éventuellement la mise en exploitation du gîte de scheelite d'Auxelles-Haut (90), pour le compte d'une association SNEA (P)-Cominco S.A..

Un troisième chapitre expose les travaux du B.R.G.M. pendant la période considérée 1970-1983. Ce chapitre a été rédigé initialement pour être l'objet d'une communication à une séance extraordinaire (à Strasbourg) de la Société Française de Minéralogie, ce pourquoi il décrit sommairement les principes des méthodes employées et leur enchainement. Cette description évidemment inutile est sans doute "simpliste" pour les lecteurs avertis de la prospection minière, mais, faute de temps pour rédiger un nouveau chapitre, nous l'avons maintenue en nous excusant.

A la fin, après l'exposé des divers travaux, nous avons donné une liste des découvertes nouvelles apportées par les opérations du B.R.G.M. Cette liste ne comporte malheureusement pas de gisement économique, mais beaucoup d'indices d'un type nouveau, parfois de gros indices (fluorine du bassin permien de Saint-Dié (88) ; stockwerk à molybdénite de Breitenbach (67) ; scheelite et fluorine de Fauru (68)) ; certains constituent même des "premières" pour l'ensemble de la France (molybdène de Breitenbach (67) ; indice de Cu-Ni d'Oderen (68)). Ces découvertes, jointes à celles de la SNEA (P), démontrent que la gîtologie des Vosges, comme sa géologie, avait besoin d'un "rajeunissement" depuis le mémoire de P. FLUCK et R. WEIL (1975).

Enfin, dans un très long quatrième chapitre, nous décrivons les diverses minéralisations portées à notre connaissance, en les classant suivant les diverses unités géologiques du chapitre I. Cette connaissance étant très variable suivant les divers gîtes et indices, les descriptions seront nécessairement déséquilibrées, sans relation avec l'importance des occurrences. Elles seront généralement longues ou très longues pour celles ayant fait l'objet de travaux de la part du B.R.G.M., qu'il s'agisse de la reprise de l'exploration d'un gîte déjà connu ou de la reconnaissance d'un indice nouveau ; elles le seront également pour les minéralisations concernées par une abondante bibliographie (Sainte-Marie-aux-Mines, par exemple). Elles seront courtes ou très courtes dans les autres cas et en ce qui concerne certains exemples, notamment le gisement de l'Oligocène de Steinbach (68), cette pénurie d'informations sera regrettable.

Il aurait été loisible et peut-être préférable de faire des descriptions plus brèves des gîtes les mieux connus, les détails pouvant se trouver dans les rapports cités en bibliographie. Le chapitre aurait été sans doute plus équilibré, mais, finalement, nous avons décidé de faire des descriptions les plus complètes possibles, afin que le lecteur puisse avoir le maximum de renseignements sans se référer aux rapports, lesquels restent toutefois indispensables en ce qui concerne les figures.

A la suite, nous avons joint un certain nombre de tableaux donnant une représentation statistique des divers ordres de travaux : prospections stratégiques alluvionnaire et géochimique, prospections géophysiques, prospections tactiques, campagnes de sondages, ... sans omettre un graphique résumant (en francs courants) les dépenses. Ce graphique montre la grande importance relative (78,5 %) des crédits d'Inventaire, crédits sans lesquels la Mission aurait été fermée bien avant le 1er janvier 1984.

Nous avons également joint un index minéralogique. Cet index est apparu nécessaire du fait que certains minéraux cités sont des espèces peu courantes, ou peu abondantes, bien connues des seuls spécialistes.

Enfin, nous avons fait figurer en annexe les cartes suivantes : une carte géologique en couleurs ; deux cartes mentionnant la distribution des prospections stratégiques alluvionnaire et géochimique ; trois cartes indiquant la répartition des prospections géochimiques "semi-stratégiques", des prospections géochimiques tactiques et des campagnes de sondages.

Comme conclusion générale, on peut penser que, suite aux prospections détaillées du B.R.G.M., jointes à celles de la SNPA, puis de la SNEA (P), il reste peu de chances de trouver un nouveau gisement affleurant ou subaffleurant. Par contre, la prospection des gîtes cachés n'a pas été entreprise, faute de méthodes éprouvées, et, comme l'a démontré la découverte du gisement de l'Oligocène de Steinbach (68), de tels gîtes existent certainement, plus particulièrement dans la bordure faillée du Fossé Rhénan. Leur recherche pourra être l'objet d'une nouvelle Mission, dans un avenir non encore prévisible.

LISTE DES ANNEXES

ET LISTE DES FIGURES HORS TEXTE

LISTE DES ANNEXES

I. Prospections alluvionnaires stratégiques

II. Prospections géochimiques multi-éléments

III. Prospections hydrogéochimiques stratégiques du fluor

IV. Anomalies géochimiques stratégiques : a) carte de Bruyères (88) ; b) carte de Cirey-sur-Vezouze (67) ; c) carte de Colmar (68) ; d) carte de Gérardmer (88 et 68) ; e) carte de Giromagny (70, 88 et 90) ; f) carte de Lembach (67) ; g) carte de Lure (70) ; h) carte de Luxeuil-les-Bains (70) ; i) carte de Molsheim (67) ; j) carte de Munster (68) ; k) carte de Neuf-Brisach (68) ; l) carte de Plombières-les-Bains (88) ; m) carte de Remiremont (88) ; n) carte de Saint-Dié (88) ; o) carte de Sélestat (67 et 68) ; p) carte de Thann (68, 88 et 90).

V. Compléments de la prospection géochimique multi-éléments

VI. Prospections alluvionnaires tactiques ou semi-stratégiques

VII. Prospections hydrogéochimiques tactiques du fluor

VIII. Prospections géophysiques au sol

IX. Prospections géochimiques tactiques

X. Sondage Winkie

XI. Sondages Sprague et Henwood

XII. Sondages Stenwick ou "Marteau fond du trou"

XIII. Sondages waggon-drill

XIV. Sondages carottés longs

XV. Fouilles diverses

XVI. Tranchées

XVII. Puits de prospection et prélèvements alluvionnaires

XVIII. Echantillonnage à la Moto-tarière

XIX. Analyses

XX. Géochimie stratégique du fluor

XXI. Cartes géologiques détaillées

XXII. Levés de galeries (géologiques et topographiques)

XXIII. Etudes de chapeaux de fer

XXIV. Récapitulation des dépenses (francs courants)

XXV. Graphique de l'évolution des dépenses (francs courants)

LISTE DES FIGURES HORS TEXTE

1	Carte géologique du massif des Vosges	1/500 000e
2	Carte des prospections alluvionnaires stratégiques	1/500 000e
3	Carte des prospections géochimiques stratégiques multi-élémentaires	1/500 000e
4	Prospections géochimiques semi-stratégiques	1/500 000e
5	Prospections géochimiques tactiques	1/500 000e
6	Campagnes de sondages du BRGM	1/500 000e

I

GENERALITES SUR LA GEOLOGIE

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR LA GEOLOGIE

*****

Comme l'indique bien la carte métallogénique à 1/400.000, les massifs des Vosges (France) et de la Forêt Noire (RFA), séparés par la plaine allongée de Bade-Alsace correspondant à l'effondrement du Fossé rhénan, constituent une boutonnière de terrains anciens, paléozoïques et précambriens, émergeant au centre d'une couverture tabulaire mésozoïque. Leur surrection et l'effondrement du fossé dirigé NNE-SSW sont des évènements contemporains de la tectonique alpine et le modelé actuel de leur relief résulte des effets conjugués de cette dynamique interne et de l'activité d'agents externes : érosion rapide et phénomènes glaciaires bien développés dans les parties moyenne et méridionale du massif vosgien.

Cette boutonnière est de dimensions modestes et les Vosges dites hercyniennes ou cristallines n'ont guère que 120 km de longueur en direction NNE-SSW, avec une largeur maximale de 55 km. Leur morphologie est dissymétrique, tant du sud au nord que de l'est à l'ouest : d'une part, elles s'ennoient en pente douce sous le bassin de Paris, côté versant lorrain, tandis que leur pente est abrupte côté versant alsacien ; d'autre part, l'ensemble du massif s'abaisse vers le NNE, en direction du large sillon tectonisé ENE-WSW qui s'étend de Villé (67) à Saint-Dié (88) ; les crêtes sommitales passent ainsi de 1424 m au Grand Ballon (point culminant) à 980 m près de Sainte-Marie-aux-Mines ; plus au nord, les Vosges cristallines septentrionales présentent une autonomie certaine, marquée par une élévation du relief (1100 m au Signal du Champ du Feu) et l'orientation ENE-WSW de leurs grandes structures. Dans cette même direction, le massif s'ennoie sous des sédiments triasiques et les crêtes s'abaissent progressivement jusqu'au col de Saverne, au-delà duquel s'étendent les Vosges gréseuses septentrionales (appelées aussi la Haardt), dont les altitudes ne dépassent guère 500 m.

Orographie

Principal passage à l'intérieur du massif, le col de Saales (555 m) forme la liaison entre la vallée alsacienne de la Bruche et le bassin de Saint-Dié, arrosé par la Meurthe et ses affluents : la Fave, la Morte, le Rabodeau et la Hure. Vers le sud, sur le versant lorrain, se succèdent les vallées de la Vologne, de la Cleurie et de la Moselotte, affluent de la Moselle, tandis que, sur le versant alsacien, se trouvent les vallées du Giessen, de la Liépvrette, de la Weiss, de la Fecht, de la

Thur et de la Doller affluents de l'Ill, rivière issue du Jura.

Les cinq vallées les plus méridionales portent l'empreinte des glaciations quaternaires, lesquelles sont toutefois plus manifestes sur le plateau de la Haute-Saône, terminaison méridionale des Vosges. Ce plateau, criblé d'étangs et faiblement incliné vers le SW, est entaillé par les vallées de l'Augronne, de la Combeauté, du Breuchin et de l'Ognon, affluents de la Saône. Enfin, dans la trouée de Belfort, le Doubs reçoit le Rahin et la Savoureuse, qui prennent leur source dans le massif escarpé du Ballon d'Alsace.

Subdivisions générales

Malgré les dimensions restreintes, les formations affleurantes présentent une très grande diversité (cf. carte géologique) et il convient de distinguer, dans les Vosges hercyniennes, trois parties principales différentes. Il est d'abord nécessaire de faire une séparation essentielle au niveau de la grande dislocation de Lalaye-Lubine, laquelle est une ligne majeure de suture qui s'étend loin vers l'ouest sous le bassin de Paris et, vers l'est, jusqu'en Bohême où elle prend le nom de "suture de Bohême centrale". Les aires situées de part et d'autre, en ce qui concerne la période anté-houillère, ne sont, en effet, comparables ni par la sédimentation, ni par le métamorphisme, ni par le magmatisme. Elles ont donc du être géographiquement éloignées avant d'être rapprochées et il faut obligatoirement distinguer une partie septentrionale, au nord de la dislocation, et une partie méridionale, au sud.

Cette dernière, qui représente un tronçon de la zone moldanubienne, est, à son tour, généralement subdivisée en deux parties : une partie centrale et une partie méridionale, suivant la présence ou non de synclinaux volcano-sédimentaires viséens, exceptionnellement dévoniens, conservés à l'état non métamorphique. On aboutit ainsi à la subdivision classique en trois grands domaines :

1) **Vosges cristallines du nord (ou septentrionales)**. Ce domaine comprend la portion de socle qui s'étend au nord de la dislocation de Lalaye-Lubine, jusqu'à la couverture permo-triasique des Vosges gréseuses septentrionales. Il est caractérisé par l'absence totale de schistes cristallins de la mésozone ou de la catazone et par celle de granites syncinématiques.

2) Vosges moyennes ou Vosges centrales. Cette partie du massif est constituée essentiellement par des gneiss, des migmatites et des granites et les terrains paléozoïques non métamorphiques n'y ont qu'une importance négligeable (quelques petits bassins houillers limniques et le lambeau viséen de Retournemer). Cette quasi-absence et le grand développement d'un métamorphisme catazonal sont ses principaux caractères originaux.

3) Vosges méridionales. Ce dernier domaine est caractérisé par la présence d'une bande synclinale viséenne fort importante, épaisse de plusieurs milliers de mètres, qui borde au sud le môle morvano-vosgien de la zone moldanubienne, où prédominent les roches granitiques. Les dépôts y présentent bien le faciès "culm" de démolition d'une cordillère en voie de surrection ; ils sont associés à un plutonisme basique à gabbros et produits différenciés et ils sont, à leur tour, jalonnés au sud par un arc discontinu de leucogranites (mis en évidence par la gravimétrie).

Limites

Malgré leurs nettes différences actuelles, la limite entre les Vosges méridionales et les Vosges moyennes est imprécise, car elle n'est pas déterminée par une frontière tectonique. On pourrait fixer la séparation à la limite d'extension des terrains paléozoïques volcano-sédimentaires, mais, comme le montre le lambeau de Retournemer, ces terrains devraient s'étendre plus loin vers le nord et, d'autre part, au nord de la vallée de Munster, le Viséen est affecté par un métamorphisme de haute température dépassant la courbe de l'anatexie et il est ainsi transformé en granites et granodiorites hétérogènes.

La présence ou l'absence de schistes cristallins apparaît plus significative et l'originalité du massif granitique des Ballons peut laisser supposer un fonctionnement autonome du plutonisme varisque dans les Vosges du Sud, motivant l'individualisation de ce domaine. Mais on ne peut pas affirmer que l'autonomie soit totale et exclure l'hypothèse que le granite des Ballons soit une manifestation particulière du granite des crêtes. En fait, on ne connaît pas l'extension réelle des Vosges moyennes vers le Sud, sous le recouvrement viséen.

Par contre, comme déjà signalé, la limite entre Vosges cristallines septentrionales et Vosges centrales est très nette, car elle est marquée par l'importante discontinuité constituée par la suture de Lalaye-Lubine. Le long de cette suture, les gneiss des Vosges moyennes chevauchent la série briovérienne des schistes et phyllades de Villé, laquelle chevauche à son tour la série siluro-

ordovicienne des schistes de Steige, ces deux séries devant être rattachées au domaine septentrional.

La surface de chevauchement principale, orientée ENE-WSW, appelée aussi "ligne de dislocation", "zone-limite de COHEN" ou "première écaille du Climont", est soulignée par une bande étroite de gneiss oeillés, mylonites et blasto-mylonites, qui affleure entre Lalaye, à l'est, et Colroy-la-grande, à l'ouest. Cette bande est associée à un liseré septentrional de phyllonites et les gneiss des Vosges centrales ont probablement fourni une partie du matériel broyé. Des granites ou des gneiss se trouvent à l'origine des blasto-mylonites, formées au cours de plusieurs phases de déformation-recristallisation.

1 - LES VOSGES HERCYNIENNES

1.1 - VOSGES CRISTALLINES SEPTENTRIONALES

Les Vosges cristallines septentrionales, qui appartiennent à la zone saxo-thuringienne interne, englobent le massif du Champ du Feu et les vallées de la Bruche et du Rabodeau. Leur structure originelle apparaît formée par des bandes parallèles orientées NE-SW à ENE-WSW, tronçonnées par des accidents transversaux NW-SE et recoupées par des intrusions tardives. En l'absence totale de migmatites et de gneiss, des plutonites, en partie d'âge dévonien, voisinent avec des formations volcaniques, volcano-sédimentaires, sédimentaires faiblement métamorphiques, qui sont réparties en trois ensembles.

Au sud, dans le sillon tectonisé de la grande dislocation de Lalaye-Lubine, se trouvent deux bandes "schisteuses" juxtaposées, dirigées ENE-WSW, dont la première chevauche la seconde. Il s'agit des schistes et phyllades de Villé et des schistes de Steige.

Les premiers, grâce à des arguments tectoniques et radiométriques, ont pu être rapportés au Précambrien récent et assimilés au Briovérien de Bretagne ; toutefois, leur partie septentrionale, de nature plus détritique (grès, arkoses et psammites), pourrait être plus récente : éocambrienne ou cambrienne. Certains bancs quartzitiques ont livré une faune de petits spongiaires (lithisdés).

Dans le détail, on peut distinguer trois faciès principaux correspondant à une sédimentation de plus en plus fine : le faciès Rain des Allemands, très varié mais essentiellement gréseux ; au-dessus, le faciès Albé, caractérisé par une sédimentation rythmique schisto-gréseuse remarquablement régulière ; enfin, au

sommet, le faciès Honel-Blanc Noyer, formé par une sédimentation essentiellement pélitique.

Dans la partie méridionale, au métamorphisme épizonal "schistes verts", s'ajoute une métasomatose potassique matérialisée par des nodules quartzo-feldspathiques et le développement de micaschistes à grenats. Ces derniers, accompagnés de niveaux quartzitiques, sont intimement liés à des écailles de gneiss laminés, insérées tectoniquement dans la série et la chevauchant dans la surface de suture. La nature de ces écailles appelées "formations du Climont", qui comprennent en particulier des orthogneiss syénitiques ou dioritiques, ne permet pas de les rapprocher du socle moldanubien des Vosges moyennes et elle confirme ainsi l'importance majeure de la suture.

Bordant au nord la série de Villé, le long d'un contact anormal, les schistes de Steige forment une bande qui est connue sur une longueur de 45 km, depuis Andlau, en bordure de la plaine d'Alsace, jusqu'à Saint-Michel-sur-Meurthe, à l'ouest du Massif, où ils réapparaissent en affleurement au-delà du bassin permien de Saint-Dié. Il s'agit d'une formation essentiellement pélitique, constituée par des argilites lie-de-vin et des grès argileux violacés, déposés dans une mer peu profonde. Ces dépôts se sont effectués à l'Ordovicien et au Silurien, comme l'ont démontré tant la géochimie isotopique que des microfaunes de chitinozoaires. Ces sédiments ont ensuite subi un anchimétamorphisme et ils ont été polystructurés par deux schistosités superposées.

Les dépôts terminaux sont formés par des passées calcaires et des roches altérées à faciès ferralitique hyperalumineux, connues actuellement sous la forme respective de cornéennes à diopside et cornéennes à corindon, en raison du métamorphisme thermique subi en bordure, au contact des masses plutoniques. Ces roches annoncent la lacune qui durera au moins jusqu'à la fin du Dévonien inférieur. Enfin, préludant aux manifestations volcaniques dévoniennes, quelques filons de diabase sont intrusifs dans la série.

Les dépôts suivants, dévono-dinantiens, en fait essentiellement dévoniens à la différence des Vosges méridionales, s'étagent depuis le Givétien jusqu'au Viséen inférieur, avec lacune du Tournaisien, ce qui est un phénomène général dans les Vosges. Leurs termes sédimentaires sont les suivants, de bas en haut :

Givétien. Grauwackes et schistes gris et roses, métamorphisés au contact du granite de Fouday-Barenbach ; grauwacke conglomératique à lentilles

de calcaire récifal (conglomérat et calcaire de Russ) ; schistes gréseux et grauwackes à passées conglomératiques.

Frasnien. Schistes phtanitiques noirs à goniatites et plantes ; schistes, grauwackes, phtanites rouges et vertes.

Dévonien supérieur à Viséen inférieur (Famennien ?). Brèche polygénique à éléments de la série frasnienne ; psammites rouges, grauwackes et schistes roses ; conglomérat à niveaux de calcaire récifal ; schistes et phtanites rouges, noires ou vertes, à bancs grauwackeux.

Viséen inférieur. Grauwackes et phtanites grises, schistes verts ; radiolarites ; schistes gris sombre, noirs et roses, à Sphenopteris dissectum et Cardioptens frondosa.

Les roches volcaniques et pyroclastiques constituent essentiellement le massif volcanique de Schirmeck-Moyenmoutier, limité par des contacts faillés complexes. Ce massif est mixte, formé de laves acides et basiques accompagnées d'un important cortège de pyroclastites. Sa structure interne est encore mal connue, mais, pétrographiquement, les roches volcaniques et subvolcaniques qui le composent se regroupent en deux familles : des roches albitophyriques et des roches éruptives banales.

Les roches albitophyriques comprennent des spilites et des kératophyres, tandis que les roches banales forment un abondant cortège de sills et filons intrusifs, qui comporte des roches basiques, des roches intermédiaires et des roches acides. A l'ouest, mention spéciale doit être faite du trapp de Raon-l'Etape, qui représente vraisemblablement une puissante coulée de labradorite avec tufs associés, insérée dans une série de schistes et arkoses fixes. Toutes ces roches, il convient de le signaler, ont subi un métamorphisme thermique, lors de la mise en place des granites hercyniens qui les bordent. Ce métamorphisme est responsable, en particulier, de la formation du skarn de Raon-l'Etape (cf. infra), minéralisé en W et Mo.

En définitive, tout indique que les laves du massif de Schirmeck-Moyenmoutier se sont mises en place dans des conditions sous-marines peu profondes et souvent explosives, en particulier les spilites. Elles présentent un bel exemple d'une série spilite-kératophyre hercynotype et montrent de nombreuses ressemblances avec d'autres massifs volcaniques du même âge connus dans la bande nord de l'orogène varisque.

Dans l'ensemble, les dépôts dévono-dinantiens constituent essentiellement une bande principale qui borde au nord les plutonites, depuis la faille vosgienne, à l'est, jusqu'à Raon-l'Etape, à l'ouest, soit sur une longueur de 40 km ; ils s'étendent largement dans les vallées de la Bruche, du Rabodeau et du ruisseau de Grandrupt, et leurs affleurements sont eux-mêmes limités au nord par les dépôts permiens des bassins de Saint-Dié et du Nideck. En outre, ils constituent une mince bande médiane concordante, depuis Andlau jusqu'à La Petite Fosse, bande probablement dévonienne et principalement pryoclastique.

Plusieurs faits montrent que, contrairement à l'idée généralement admise autrefois, les Vosges cristallines septentrionales ont pu appartenir à la bordure méridionale de l'Europe calédonienne : la fréquence des conglomérats et les dépôts flyschoïdes dans le Dévonien moyen sont l'indice d'une érosion de reliefs importants ; les schistes de Steige et les phyllades de Villé présentent des déformations tectoniques qui ne sont pas attribuables avec certitude au cycle hercynien ; le faciès schisteux sédimentaire du Silurien de Steige est identique au faciès du même âge des schistes du Massif Schisteux Rhénan et des Ardennes ; enfin, le plutonisme de ces Vosges peut présenter un âge en partie dévonien.

Ce plutonisme reflète en partie le chimisme du volcanisme et il est donc à présumer que les deux sont liés (argument pour l'âge dévonien pro parte). De nature tonalitique, comme celui de la partie NW du pluton de Bohême centrale, il est essentiellement dioritique et grano-dioritique et il présente une disposition remarquable en bandes parallèles orientées N60°, recoupées par des intrusions tardives et séparées par la bande médiane pyroclastique (cf. supra).

L'ensemble septentrional comprend les granodiorites du Champ du Feu Nord, de Fouday-Grendelbruch et de la Serva (ou Waldersbach) ; cette dernière est une formation particulière volcano-plutonique, chargée d'abondantes enclaves basiques qui peuvent prédominer sur le liant granitique ; certaines de ces enclaves évoquent les spilites et les diabases du massif volcanique de Schirmeck ou de la bande médiane et elles pourraient être d'âge dévonien. Le grain des ces granodiorites est relativement fin et ces roches montrent une tendance à acquérir une texture granophyrique.

L'ensemble méridional est constitué par la granodiorite du Champ du Feu Sud, la diorite du Neuntelstein, le granite du Hohwald Nord et la granodiorite du Hohwald Sud qui forme la bande la plus méridionale du massif et a développé, dans les schistes de Steige, l'auréole métamorphique rendue célèbre par les travaux de H. ROSENBUSCH.

Dans l'ensemble, ce sont les diorites qui ont pris place les premières dans l'édifice ; le magma dioritique, apparenté aux venues volcaniques, s'est installé dans les formations siluro-dévoniennes en les déformant et en provoquant leur recristallisation en roches grenues ou cornéennes dioritiques. Les bandes granodioritiques (et granitiques) sont postérieures, mais toutefois antérieures au cisaillement de la fin du Viséen. Leurs masses extravasées ont été injectées le long des structures majeures, sous la forme de bouffées successives de granodiorites, granites, monzonites, diorites porphyriques et autres roches de semi-profondeur. C'est en pénétrant les formations sus-jacentes qu'une telle intrusion a été stoppée et a donné naissance à la granodiorite de la Serva, à enclaves semi-basiques et liant granitique. Puis, sont apparus des cortèges filoniens successifs : microdiorites, divers porphyres, microgranites.

Après ces intrusions relativement conformes aux structures préexistantes, des corps granitiques circonscrits, de nature souvent granodioritique mais fortement potassique, sont apparus en climat atectonique. Il s'agit des granites d'Andlau, de Watzwiller et de Senones. Le premier se trouve à l'extrêmité est, où il est encaissé dans les schistes de Steige et limité par la faille vosgienne. Très proche d'un granite monzonitique, il renferme de nombreuses enclaves de cornéennes et de schistes noduleux, ainsi que des enclaves de nature dioritique ou microdioritique. Il présente parfois un faciès de bordure microgrenue et il a induit un métamorphisme de contact dans la série de Steige (cornéennes à andalousite, ...).

Le deuxième forme un petit massif intrusif dans la granodiorite à enclaves de Waldersbach. Sa texture est porphyroïde et il présente des faciès de bordure microgrenus porphyriques, saccharoïdes ou granophyriques. Il contient des enclaves surmicacées, des enclaves de la granodiorite et des septa de lamprophyre porphyrique. Son métamorphisme de contact est marqué par une silicification intense et une recristallisation des minéraux ferro-magnésiens.

Quant au troisième, qui s'étend au sud de Senones (secteur ouest), il s'agit d'un granite porphyroïde formant un massif bien circonscrit qui plongerait vers le nord sous le Dévonien. Il renferme en son sein quelques lamprophyres de type minette (microsyénite micacée) et quelques aplites. Un faciès particulier, appelé "Feuille morte" par les carriers, résulte probablement d'une altération hydrothermale tardive.

Puis, ultérieurement, se mettent en place des intrusions hyperacides hypovolcaniques, associées à des granophyres et des rhyolites. Il s'agit des granites du Kagenfels, de Raon-l'Etape et des Brûlées. Le granite de Raon-l'Etape, à l'extrêmité occidentale, bute au nord contre le Dévonien et disparaît ailleurs sous la couverture permo-triasique. On ne lui connaît pas de cortège filonien, mais, comme dans le granite du Kagenfels, on y trouve de la fluorine (ordre de 0,7 %). Le granite des Brûlées, au nord de la Petite Fosse, renferme des miaroles chargées de minéraux rubéfiés et on peut lui attribuer les filons de microgranite et de granophyre qui présentent une certaine importance à son voisinage.

Quant au granite du Kagenfels, il forme une grande lame filonienne arquée, longue de 15 km et large de 0,5 à 2 km, qui recoupe les différentes bandes du massif du Champ du Feu. Il présente un faciès de bordure granophyrique bien développé et passe, dans sa branche sud, à des faciès subvolcaniques, puis volcaniques. Fluorifère et stannifère, il montre une structure microlitique très caractéristique et son cortège filonien, développé surtout au sud, est constitué par des aplites, des granophyres et des microgranites.

Les trois massifs hypovolcaniques précédents sont tardi-hercyniens, car ils ont précédé de peu les dépôts permiens et ont été en quelque sorte des annonciateurs du volcanisme acide associé à ces dépôts, volcanisme représenté principalement par des ignimbrites et des tufs rhyolitiques intercalés dans la base du Saxonien.

Enfin, une dernière intrusion plutonique, modeste par sa taille (ordre de 1 km^2) mais très importante par sa métallogenèse, est celle du granite du Kreuzweg, daté de 310 MA (fin du Namurien). Ce granite, qui se trouve dans une situation géotectonique particulière, à la limite même des terrains cristallins et de la bande schisteuse qui les borde au sud, est affecté par une altération hydrothermale en masse et il renferme un stockwerk de filets de molybdénite (type gîte porphyrique). Il est à noter que le granite porphyroïde des Ballons (Vosges méridionales), qui présente également une potentialité métallogénique en Mo, serait du même âge namurien.

1.2 - VOSGES CENTRALES OU VOSGES MOYENNES

Comme déjà indiqué, l'originalité des Vosges moyennes réside dans l'absence quasi totale de terrains primaires non métamorphisés et dans l'extension qu'y prennent les séries cristallophylliennes, notamment les gneiss hautement métamorphiques et mobilisés à des degrés divers. Leur limite nord est très nette et

très brutale, puisqu'il s'agit de la suture de Lalaye-Lubine, mais, par contre, leur limite sud est mal définie, marquée par l'apparition du "Culm" viséen des Vosges méridionales ; en fait, celui-ci était autrefois étendu sur une partie des Vosges moyennes, avant d'y être enlevé par l'érosion ou assimilé par des granites. Telle qu'elle est généralement admise, cette limite jalonne la vallée de la Fecht, la ligne de crête à l'ouest de la haute vallée de la Thur et la vallée de la Moselle, avant de se prolonger au sud-ouest vers Luxeuil-les-Bains.

Constituant un tronçon de la zone moldanubienne définie en Bohême centrale, le môle morvano-vosgien présente, dans les Vosges centrales, deux étages structuraux : un socle "prévarisque" métamorphisé déjà vraisemblablement au Silurien (par analogie avec la Forêt Noire et le massif de Bohême) et une couverture varisque généralement métamorphique, dont les premiers termes connus sont d'âge dévonien. Les interprétations antérieures de ce moldanubien supposaient un âge plus ancien (Cadomien) pour le métamorphisme du socle et il en résultait un hiatus considérable de toute la base du Paléozoïque.

Le socle "prévarisque" est représenté par des gneiss et des migmatites, dont les structures anciennes sont orientées N70° à E-W. On y distingue cinq ensembles principaux :

- les gneiss plagioclasiques de La-Croix-aux-Mines : groupe monotone et partie du groupe "varié",
- les gneiss variés du groupe amphibolites-gneiss kinzigitiques-granulites, représentés dans les séries de Sainte-Marie-aux-Mines et de La-Croix-aux-Mines, dans le lambeau du col du Bonhomme et dans les migmatites de Gerbépal et des Trois-Epis,
- les gneiss à biotite et sillimanite des séries de Sainte-Marie-aux-Mines et de Ribeauvillé-Riquewihr, à caractère "flyschoïde",
- les gneiss d'Urbeis, résultant d'une sédimentation quartzo-pélitique remarquablement monotone,
- les gneiss "perlés" du Val d'Ajol.

Les âges relatifs de ces divers ensembles ne peuvent encore être précisés, la série la mieux connue étant celle de Sainte-Marie-aux-Mines, étudiée en détail par P. FLUCK (1980). Cette série débute par une puissante formation d'amphibolites provenant essentiellement d'anciens basaltes hyperalumineux, fréquemment spilitisés, et d'andésites calco-alcalines exprimant un volcanisme de type "arc insulaire" ou "marge continentale". Au-dessus, se trouve d'abord la formation dite des gneiss perlés, composée par des gneiss grossiers à grenats et

sillimanite prismatique, avec intercalations de calcaires métamorphiques, de gneiss calcsilicicatés rares, de leptynites et de petits niveaux d'amphibolites.

Puis, la formation superposée de la Fonderie, ou formation des gneiss kinzigitiques, est constituée par des gneiss fins à grenats et graphite (et sillimanite prismatique), avec intercalations de leptynites. Enfin, terminant la série, se trouvent des gneiss à biotite et sillimanite fibreuse, dans lesquels sont intercalés des quartzites sombres et quelques leptynites.

Les gneiss à grenats sont "relayés" vers le sud par les granulites de la région du col des Bagenelles et un grand massif de leptynites (leptynites de Sainte-Croix-aux-Mines) prend en écharpe la série gneissique au nord. Enfin, à certains niveaux préférentiels, sont intercalées des écailles du manteau sous-continental, représentées par des péridotites à grenats et par des cumulats noritiques variés stratifiés. Des roches plutoniques tonalitiques (diorites, monzonites, monzodiorites) accompagnent les amphibolites et la similarité de leurs amphiboles porte à les considérer comme contemporaines du premier métamorphisme. Quant aux leptynites intercalées à différents niveaux, elles sont issues de quartz-kératophyres et de rhyolites, sauf le massif de Sainte-Croix qui correspond à une alaskite. Structuralement, les formations inférieures chevauchent vers le SE les gneiss à biotite et sillimanite et elles sont elles-mêmes affectées de chevauchements de moindre ampleur.

Le deuxième étage structural, la couverture dévono-dinantienne, est représenté par des schistes et grauwackes viséens, métamorphisés et migmatisés, que l'on retrouve dans la série du Markstein des Vosges méridionales, où ils sont peu ou pas métamorphiques. Cette couverture est conservée vers le nord jusqu'à la ligne de dislocation du Bilstein et, vers l'ouest, jusqu'au delà de la faille Sainte-Marie-aux-Mines-Retournemer.

A la fin du Viséen, les Vosges moyennes se composaient donc d'un socle gneissique et d'une couverture de type "Culm". Une première compression nord-sud est alors responsable de l'écaillage des gneiss (2ème métamorphisme), de chevauchements dans la couverture et de grands décrochements N 35°, tel que celui de la faille de Sainte-Marie-aux-Mines-Retournemer. Puis, une phase de détente permet la mise en place des granites à rattacher au magmatisme des Crêtes, qui groupe le granite des Crêtes sensu stricto et ses faciès de variation toujours à actinote magnésienne.

Il s'agirait à l'origine d'une chaîne de différenciation d'une série alcaline, qui aboutit à des syéno-gabbros. Les vaugnérites* seraient d'anciens filons issus de ce magma, lequel s'est hybridé avec les produits de la fusion crustale pour donner le granite des Crêtes au chimisme si singulier (à la fois très magnésien et très potassique). Dans la chambre magmatique profonde, une différenciation gravitative donne naissance, par décantation, aux durbachites** et mélano-durbachites, injectées ensuite dans les décollements de la série gneissique.

Le granite des Crêtes sensu stricto, mis en place au namurien, est extravasé le long de la faille de Sainte-Marie-Retournemer et il est accompagné d'abondantes venues de microsyénites quartzifères à pyroxène. Les faciès de variation, plus clairs dans l'ensemble, sont distribués dans deux domaines : d'une part, le granite de Rombach-le-Franc et le granite à amphibole de Châtenois, sur le prolongement oriental du massif de Sainte-Marie-aux-Mines ; d'autre part, des intrusions plus ou moins continues, à la limite du socle "prévarisque" (ou des granites issus de sa fusion) et de sa couverture viséenne.

A ce magmatisme des Crêtes, on peut rattacher le granite alcalin (alaskite) orthogneissifié, riche en pneumatolytes, qui est maintenant représenté par le massif de leptynites à muscovite de Sainte-Croix-aux-Mines (cf. supra).

La mise en place de ces granites s'est accompagnée d'une bande centrale de réchauffement est-ouest, large de 20 à 25 km, dans laquelle s'est produite une anatexie du socle et un métamorphisme de contact de la couverture. L'anatexie a formé des granites à biotite et des leucogranites, le métamorphisme des schistes tachetés et des grauwackes métamorphiques.

Les leucogranites, grenus, saccharoïdes ou à grain moyen, portent les noms de granite de Remiremont, dans la zone occidentale, granites du Ventron et

---

* Les vaugnérites, appelées redwitzites dans le massif de Bohême, sont des roches grenues sombres, dont la structure est rendue spectaculaire par des lames de biotite enchevêtrées. Elles comprennent du feldspath K, du plagioclase, de la biotite, de l'actinote, de l'apatite et, éventuellement, du sphène.

** Les durbachites sont des gneiss surmicacés oeillés de microcline ("gneiss oeillés" des anciens auteurs), de composition syénitique. Elles se développent en corps allongés dans toute la série gneissique de Sainte-Marie-aux-Mines.

du Lac Vert, dans la zone axiale, granites de l'Altenberg, du Sattel et de la Furch, dans la zone orientale. On peut leur rattacher les variétés claires des granito-gneiss et les granites saccharoïdes inclus dans les migmatites de Kaysersberg et des Trois-Epis.

Bien qu'hétérogènes dans le détail, tous ces granites présentent des points communs remarquables : finesse du grain, avec absence quasi-totale de phénocristaux ; caractère subalcalin plus sodique que potassique : caractère xénomorphe et parfois poecilitique du feldspath K ; zonation fréquente du plagioclase (An 20 à 5) ; présence constante de muscovite et de nids de pinite.

Le granite de Remiremont apparaît de façon très constante dans un environnement de leptynites ou de migmatites acides ; de même, les granites saccharoïdes de la zone orientale apparaissent en partie dans les migmatites acides des Trois-Epis ou à leur voisinage. Il est donc séduisant de voir dans ces granites une anatexie de croûte à composition granulitique. Le granite d'Epinal, qui apparaît au NW des formations cristallophylliennes, occupe une place à part en raison de sa composition plus potassique et de son grain plus grossier. D'après HAMEURT (1969), ce granite et celui de Remiremont seraient deux produits de l'anatexie différentielle d'un socle leptynitique.

Les granites porphyroïdes à biotite comprennent essentiellement le granite fondamental, qui s'étend de Longemer à Remiremont, ainsi que les granites du Bramont et de la Roche des Fées, qui forment la crête axiale des Vosges. Le granite fondamental se distingue par sa structure cloisonnée et il serait possible d'interpréter les "granito-gneiss" comme le résultat du laminage de ce granite accompagnant le mouvement de la zone occidentale sur la zone axiale. Les deux autres granites passent très progressivement à des leucogranites fins et il est possible d'y voir une légère hybridation de ces derniers avec le magma des Crêtes.

L'anatexie affecte également la couverture viséenne, au nord de la vallée de Munster. Les parties fondues constituent l'encaissant hétérogène granitique ou granodioritique d'enclaves de méta-grauwackes et de méta-shales, tandis que des volumes granitiques plus homogènes, grenus à porphyroïdes, se développent à la semelle de ces migmatites. Une simple fusion n'explique toutefois pas le chimisme nettement granitique de la plupart de ces roches, qui sont en partie contaminées par les magmas porphyroïdes à biotite et le magma des Crêtes.

Une reprise de la compression nord-sud produit un rejeu des décrochements et un chevauchement de grandes nappes du socle (zone occidentale

sur zone axiale, par exemple) ; son amplitude est de 20 à 30 km et, sous ces nappes, dans la bande de réchauffement, on franchit la courbe de l'anatexie et les cornéennes se transforment en migmatites : les migmatites de Kaysersberg. A l'ouest, ces nappes laminent le granite des Crêtes partiellement consolidé.

Toujours au Namurien, une nouvelle décompression s'accompagne d'un axe N60° de magmatisme basique (série calco-alcaline), qui induit une anatexie des gneiss à sillimanite donnant naissance à des granites à mégacristaux : granite à biotite de Thannenkirch et Châtenois et granite du Tholy, que l'on peut inclure dans la famille des monzogranites pauvres en Ca et fortement alumineux. Ils ne possèdent pas de cortège microgrenu, mais peuvent offrir des faciès de bordure aplito-porphyriques. Localement, ils contiennent des enclaves de plutonites basiques, dans lesquelles on a pu mettre en évidence les termes d'une suite calco-alcaline développée à partir de gabbro-diorites.

Une nouvelle compression lamine ces granites à mégacristaux dans les zones de cisaillement (faciès granite des Verreries), avant une dernière détente qui permet la mise en place de leucogranites grossiers, au cours de la phase asturienne. Selon leur chimisme, deux groupes peuvent être distingués : leucogranites à tendance sodique et leucogranites à tendance silico-potassique.

Les premiers comprennent le granite du Valtin, étendu le long de la faille de Retournemer, le granite du Brézouard et le granite laminé du Bilstein. Ils sont accompagnés par un important cortège de filons de microgranites et de granophyres (post-westphaliens et anté-stéphaniens). Les seconds sont représentés essentiellement par le granite de Dambach et le petit massif du Sarrebachthal. Dans ce cas, au contraire, l'existence d'un cortège filonien n'apparaît pas certaine.

Après la mise en place de ces granites supercrustaux, les Vosges moyennes sont désormais sénilisées ; on n'y note plus d'activité métamorphique et l'activité plutonique est restreinte à des émissions volcaniques permiennes peu abondantes, acides, basiques et semi-basiques, généralement aériennes ; enfin, plus tard, à de rares venues basiques contemporaines des émissions de Kaiserstuhl (Forêt Noire).

1.3 - VOSGES MERIDIONALES

Dévono-dinantien

Comme les Vosges septentrionales, les Vosges méridionales sont caractérisées par la présence d'une importante couverture dévono-dinantienne, mais, ici, les roches sédimentaires sont plus jeunes dans l'ensemble, datant du Viséen. Le Dévonien n'y apparaît qu'en deux endroits : une bande étroite aux environs de Belfort (schistes, calcaires à entroques et calco-schistes fossilifères), constituant la limite sud des Vosges, et, au coeur du Massif des Ballons, à la faveur de l'accident tectonique du Treh, une écaille de schistes rouges et verts jalonnant la "ligne des klippes". Ces terrains dévoniens sont plissés et schistosés, leurs déformations s'étant probablement produites pendant la phase bretonne de l'orogenèse varisque, marquée par une lacune générale du Tournaisien.

Le Viséen, quant à lui, forme les puissantes séries du Massif des Ballons sensu lato, disposées en arc de cercle autour des plutonites. Il est constitué par des roches détritiques de faciès Culm, auxquelles sont associées des roches volcaniques et pyroclastiques, toutes ces roches formant plusieurs séries spécifiques. Dans la partie orientale, ces séries sont les suivantes : au nord, la série allochtone du Markstein, charriée sur les séries autochtones suivant la "ligne des klippes" ; au sud, les séries de Thann (Viséen supérieur) et d'Oderen (Viséen inférieur). Dans la partie occidentale, le Viséen supérieur est représenté par la série de Giromagny, dont les termes inférieurs, développés de façon spectaculaire vers l'est, y constituent la série précédente de Thann, tandis que le Viséen inférieur forme les deux séries superposées de Plancher-Bas et de Malvaux, celle-ci reposant vers le NE sur la série d'Oderen.

Dans son ensemble, le Viséen inférieur est caractérisé par une sédimentation franchement marine, associée à un volcanisme de type spilite-kératophyre. Au Viséen supérieur, par contre, des alternances de niveaux marins littoraux et de niveaux continentaux indiquent une sédimentation plus épisodique, liée à un régime instable de cordillère. Le volcanisme y est normal, essentiellement acide et en partie aérien.

Cette brusque discontinuité dans la paléogéographie est due à l'existence d'une phase tectonique intraviséenne (phase sudète I), responsable de l'émersion suivie par l'intrusion tardi-tectonique des termes basiques du granite des Ballons. En conséquence, le Viséen supérieur est discordant sur le Viséen inférieur, et, ainsi, en allant vers l'est, la série de Giromagny repose d'abord sur le sommet de

la série de Malvaux, puis sur sa base et, enfin, sur la série d'Oderen.

La phase orogénique précédente, responsable du changement paléogéographique et de la substitution d'un volcanisme normal à un volcanisme albitophyrique, explique la superposition de deux phases tectoniques dans le Viséen supérieur (phases sudètes I et II) ; elle explique aussi l'intrusion des termes basiques du granite des Ballons à la limite Viséen inférieur-Viséen supérieur.

La série méridionale de Plancher-Bas, limitée au nord par un grand accident inverse le long duquel elle chevauche la série médiane de Giromagny, est simple dans son ensemble. Son sommet est essentiellement volcanique, représenté principalement par des spilites associées à de rares niveaux acides kératophyriques et de fines intercalations de schistes et de grauwackes. Sous cet horizon sommital, la base est constituée par une alternance monotone de schistes et grauwackes, dépourvue de toute activité magmatique. L'ensemble repose au sud et au sud-est sur le Dévonien supérieur du massif de Chagey et des collines belfortaines.

La série de Malvaux, au nord, forme une bande étirée large de 2 km tout au plus, bordant la limite méridionale du granite des Ballons. Elle comprend la succession suivante, de haut en bas :

- un niveau volcano-clastique et clastique, représenté par une alternance de quartzites, de tuffites kératophyriques, de schistes, de grauwackes-rudites à éléments de roches volcaniques ou sédimentaires,
- une épaisse série de tufs kératophyriques et de kératophyres quartziques,
- un niveau à dominance basique : spilites et diabases associées à des pyroclastites,
- des tufs kératophyriques et des kératophyres,
- un épisode volcanique de faciès essentiellement bréchique et à dominance basique : spilites, diabases, trachy-dolérites et roches vitreuses trachytiques ou rhyolitiques avec fines intercalations kératophyriques.

Le granite intrusif du Ballon d'Alsace monte plus ou moins haut dans cette série et la métamorphise.

Les deux séries précédentes présentent une sédimentation marine incontestable et leurs roches volcaniques ou hypovolcaniques ont en commun les caractéristiques des épanchements sous-marins, soulignés par la présence de vacuoles à remplissages de chlorite, calcite et épidote. D'autre part, ce magmatisme, préorogénique, a les caractères minéralogiques et chimiques d'une

association spilites-kératophyres. Ces deux séries appartiennent donc à une même unité stratigraphique : le Viséen inférieur et, d'après la comparaison de leurs caractères respectifs, la série de Plancher-Bas doit être considérée comme l'équivalent des termes inférieurs de la série de Malvaux et comme son complément vers le bas.

La série de Giromagny, datant, elle, du Viséen supérieur, est comprise entre la série de Malvaux, au nord, et la série de Plancher-Bas, au sud. Elle représente la plus grande partie du Culm du versant méridional du Ballon d'Alsace.

La succession complète, observée dans les vallées du Rahin et de la Savoureuse, est très complexe. Elle donne l'image d'une région soumise à une succession d'émersions et de submersions, accompagnées par un volcanisme soit sous-marin littoral, soit aérien. Dans les périodes de rémission de ce volcanisme, une suite de niveaux sédimentaires essentiellement fins et de niveaux principalement grossiers traduit une sédimentation paralique saccadée, où s'imbriquent des niveaux marins, littoraux et lagunaires. Il s'agit, paléogégraphiquement, d'une bordure instable de cordillère.

Dans le détail, la série débute par un volcanisme marin important, comportant à la base des brèches "perlitiques" à éléments dominants de labradorites et trachytes, suivies par des coulées homogènes ou bréchiques de labradorites. Immédiatement au-dessus, se trouvent les formations pyroclastiques littorales de l'épisode du Crémillot, comprenant, à la base, une brèche parfois conglomératique, avec intercalations de coulées de trachy-labradorites, et, au sommet, un niveau lenticulaire gréseux à microconglomératique.

Un premier niveau pélitique d'épaisseur variable, riche en sulfures et matière organique, marque une première période de calme, suivie d'une pulsation provoquant le dépôt de grauwackes-rudites ou -arénites.

Ensuite, se manifeste une tendance à l'émersion, accompagnée d'un 3ème épisode volcanique. Celui-ci est en partie littoral à la base, marqué par des épanchements en milieu aqueux de trachy-andésites et de labradorites bréchiques, aérien au sommet où s'épanchent des trachytes.

Après l'arrêt de ce volcanisme, le bassin s'est approfondi en deux périodes successives : pendant la première, se sont déposées des grauwackes-arénites, puis des grauwackes-lutites ; pendant la seconde, de nouveau des grauwackes-arénites grossières, suivies par une faible épaisseur (25 à 30 m) de

grauwackes-lutites représentant les derniers dépôts lagunaires.

L'histoire marine est dès lors terminée, laissant la place au volcanisme aérien explosif des tufs rhyo-dacitiques du Puix-Gy (plus de 400 m d'épaisseur), qui clôturent la série du Viséen supérieur.

Dans la partie orientale, le Viséen inférieur autochtone est représenté par la série d'Oderen, qui prolonge stratigraphiquement vers le bas celle de Plancher-Bas. Cette série occupe un large domaine sur les deux flancs de la vallée de la Thur, en amont de Willer, et elle présente deux ensembles superposés : à la base, des grauwackes à ovoïdes calcareux affleurant dans une boutonnière anticlinale centrée sur Moosch ; au sommet, des faciès détritiques fins contenant des intercalations conglomératiques et quelques bancs lenticulaires de calcaires bien détritiques.

Les éléments des galets, analogues aux éléments de socle repris dans les conglomérats de la "ligne des klippes", indiquent l'existence, dès cette époque, d'un môle de socle émergé rapproché et, contrairement aux grauwackes, l'ensemble supérieur révèle des manifestations d'un magmatisme du type spilites-illites-kératophyres (tufs kératophyriques, quartz-kératophyres, spilites et diabases intrusives).

Au-dessus, le Viséen supérieur est représenté par la série de Thann, équivalent latéral de la base de la série de Giromagny. Les différences constatées, outre l'éloignement des centres émissifs, ressortent à la paléogéographie et, en particulier, à celle des paléo-fossés et des paléo-reliefs (accumulation des dépôts sédimentaires et des épanchements volcaniques dans les premiers, disparition à l'approche des seconds). C'est ainsi que les formations pyroclastiques littorales de l'épisode du Crémillot, présentes dans la série de Giromagny, à l'ouest, sont représentées latéralement, à l'est, par des ignimbrites à composition de rhyolites latitiques, qui couronnent les sommets du Baerenkopf-Dannenberg. Ainsi, sur le domaine continental, se trouvent des ignimbrites vraies, tandis que, dans le domaine aqueux, existent leurs équivalents volcano-sédimentaires synchrones.

D'une façon générale, durant toute la période active du Crémillot (base du Viséen supérieur), une région occidentale s'oppose à un domaine oriental. La première est un grand bassin à fonctionnement continu, où s'accumulent des dépôts volcaniques et volcano-sédimentaires. Le deuxième est une aire en perpétuelle évolution, hésitant entre un volcanisme plus ou moins sous-marin et une sédimentation nourrie de ces épisodes effusifs, les périodes et les zones

d'exondation pouvant être soulignées par des nappes d'ignimbrites.

Enfin, il est à signaler que les conglomérats du Molkenrain, au nord de Thann, contiennent de nombreux et volumineux galets métamorphiques ou granitiques, indices de la proximité d'une terre émergée où affleurait le vieux socle vosgien. Le seuil paléogéographique du Baerenkopf se prolongeait donc par un môle déjà émergé avant le Viséen, en bordure est duquel se situait le Molkenrain. Ce socle constitue le terrain autochtone sur lequel est charriée la série du Markstein.

Cette série allochtone du Markstein, puissante de plus de 1 000 mètres, est composée essentiellement de grauwackes-brèches, de grauwackes-arénites, de grauwackes-lutites et de schistes, le plus souvent groupés en séquences granoclassées épaisses de quelques mètres. Ces séquences seraient formées par des courants de turbidité et la série du Markstein serait une formation de type flysch.

Les grauwackes-arénites contiennent souvent des ovoïdes à ciment calcaire, de 10 à 20 cm de diamètre. Ces ovoïdes sont caractéristiques de la série et, à proximité du granite, ils sont transformés en cornéennes à épidote et dioptide.

Il pourrait s'agir d'éléments clastiques ou de concrétions calcaires in situ.

La série ne renferme pas de formations volcaniques massives, seulement des éléments bréchiques (tufs albito-phyriques et trachytes alcalins) dans les formations détritiques. Elle ne contient pas non plus de niveaux charbonneux et son âge précis est mal connu, étant toutefois viséen avec une quasi-certitude. De nombreux filons de microgranites basiques traversent le Massif et il est possible que des masses granitiques existent à des profondeurs relativement faibles.

Le chevauchement sur la série d'Oderen, le long de la "ligne des klippes", serait dû à une compression lors de la phase sudète I. Cette ligne est soulignée par de nombreuses écailles tectoniques arrachées au substratum anté-viséen et, dans la "klippe" de Thalhorn (à l'ouest d'Oderen), un affleurement de serpentinite renferme une faible minéralisation en Cu-Ni d'un type jusqu'alors inédit, découverte par le B.R.G.M.

En fin de compte, l'évolution tectorogénique paraît être la suivante :

Après l'orogenèse calédonienne responsable de l'émersion du Dévonien inférieur, le cycle varisque débute par les dépôts marins du Dévonien moyen et supérieur (massif de Chagey, collines belfontaines), accompagnés d'un volcanisme spilite-kératophyre. Puis, la phase bretonne se traduit par une émersion et la lacune du Tournaisien, ensuite de quoi la transgression du Viséen inférieur provoque le dépôt des séries marines d'Oderen, Plancher-Bas et Malvaux, associées à un magmatisme de caractère albitophyrique qui persiste jusqu'à la limite avec le Viséen supérieur. A cette époque, se situent les premières intrusions du granite des Ballons et la phase tectonique sudète I responsable de la schistosité du Viséen inférieur.

Après cette phase, se produit un changement total de régime. La cordillère tend vers l'émersion par oscillations, déterminant une sédimentation épisodique littorale et peu profonde. Le volcanisme devient essentiellement acide et pour partie aérien. Sous ce régime, se déposent les séries de Giromagny, à l'ouest, et de Thann, à l'est.

Puis, à la fin du Viséen supérieur, intervient la phase majeure sudète II, qui affecte tout l'ensemble. Elle détermine, dans le Viséen supérieur, des plis et accidents chevauchants longitudinaux dirigés WSW-ENE, tandis que, dans le Viséen inférieur, elle recoupe l'orientation NW-SE de la phase sudète I (nouvelle orientation NE-SW). Les dernières manifestations sont des décrochements tardifs, dont le type est la faille de l'Ognon, qui redécoupent l'ensemble et le long desquels, plus au nord, s'alignent certains granites des Vosges moyennes. Dans la région de Giromagny, on peut dénombrer six de ces accidents.

Enfin, lors de la phase alpine, les accidents longitudinaux et les décrochements rejoueront et piégeront les minéralisations Pb-Zn-Cu-Ag du secteur de Giromagny-Auxelles-Plancher-les-Mines. Par exemple, le chevauchement E-W de la série de Plancher-Bas sur celle de Giromagny a rejoué en sens inverse, en distension, ce qui a déterminé l'effondrement du compartiment méridional et le contact anormal du Viséen supérieur avec le Permien, contact dans lequel se situent les anciennes mines du Phanitor. Il est certain que la nature alcaline du volcanisme n'est guère favorable à des concentrations syngénétiques importantes et tous les gîtes du Viséen, d'ailleurs de type filonien, sont épigénétiques.

La même succession de phénomènes existe dans le Morvan et dans le nord du Massif Central.

Plutonisme

Le plutonisme varisque, dans les Vosges méridionales, est représenté par le massif granitique des Ballons et par quelques massifs analogues aux granites des Vosges moyennes. Ce sont le granite fondamental (à l'ouest du Thillot), le granite du Bramont et le granite de Goldbach, qui sont des granites porphyroïdes à biotite, localement à amphibole.

Le granite des Ballons est plus original et il peut être considéré comme typique des Vosges méridionales. Il forme un batholite, intrusif dans le Viséen, comprenant diverses roches éruptives grenues (et microgrenues), dont la composition s'étend depuis des gabbros jusqu'à des leucogranites acides. La masse principale est formée par un granite porphyroïde monzonitique à hornblende et biotite, qui constitue les sommets des Ballons d'Alsace et de Servance. A l'ouest, s'étend un granite non porphyroïde, à biotite seule, appelé granite de Corravillers. A l'est, détachés de la masse principale, se trouvent le petit massif de gabbro d'Ermensbach et la monzonite de Sewen.

Sur la bordure sud, se succèdent des syéno-gabbros, des monzonites, des syéno-diorites et un granite peu quartzique, tandis que la bordure nord, à dominante syénitique, est interrompue par des massifs dioritiques ; l'un d'eux, celui de la Tête du Lait, est détaché de la masse principale. A l'intérieur de ces faciès basiques de bordures, existent des orthocumulats gabrro-dioritiques (quelques m^2 à quelques dizaines de m^2). Leur évolution témoigne de la cristallisation fractionnée d'un magma de type basalte tholéitique, contaminé par l'environnement sialique ; cette participation crustale est à mettre en relation avec un diastrophisme contemporain, comme l'atteste la présence de brèches magmatiques.

Les roches du massif témoignent donc d'une lignée évolutive, depuis des gabbros jusqu'au granite porphyroïde, cette lignée se poursuivant vers le pôle acide par le granite de corravillers et divers leucogranites. Il existe une variation progressive continue du chimisme, du granite porphyroïde aux monzonites et syéno-diorites des bordures, et la composition de ce granite est analogue à celle du granite des Crêtes, d'où une possibilité d'interrelation entre les deux.

Comme le montre l'observation des relations mutuelles sur la bordure nord, l'évolution diorite-syénite-granite des Ballons-granite de Corravillers correspond à l'ordre chronologique des intrusions. La succession est la suivante :

- 1 - Massif dioritique de Château-Lambert, avec éventuellement des venues gabbroïques antérieures. On doit y rattacher les petits massifs voisins : Cadet, le Hangy et la Tête du Lait.
- 2 - Syénites quartzifères.
- 3 - Granite porphyroïde des Ballons.
- 4 - Granite de Corravillers et, probablement, leucogranites de la Vieille Hutte et du Haut-du-Them.
- 5 - Microgranite de Couard.

Au point de vue chronologie absolue, divers arguments de terrain et les mesures géochronologiques permettent de caler ainsi la succession : mise en place des faciès basiques de bordure pendant la phase sudète I, entre Viséen inférieur et Viséen supérieur ; intrusion du granite porphyroïde pendant la phase sudète II (limite Viséen - Namurien) ; puis, pendant le Namurien, formation du granite de Corravillers et des leucogranites. Récemment, ANDRE F. et GAGNY Cl. (1982) ont proposé un âge namurien pour le granite porphyroïde, témoin vosgien du volcanisme à potentialité molybdifère du Carbonifère supérieur" ; dans ce cas, ce granite serait pénécontemporain du granite du Kreuzweg des Vosges septentrionales, également molybdifère.

Certaines structures actuelles remontent probablement à l'époque de la mise en place : il s'agit des fractures et des filons d'orientation E-W, orientation correspondant aux directions des axes des plis les plus anciens de la série du Viséen inférieur. Puis, aux époques hercynienne et alpine, le massif a été soumis à un raccourcissement d'ensemble, orienté N 170°, avec une direction d'allongement N 80°. Cette déformation générale a provoqué la création de grands systèmes de fractures N40°, caractérisés par un mouvement général sénestre. A ce système prédominant, s'associe un système complémentaire N 140° et il apparaît un 3ème jeu de fractures E-W, avec décrochements sénestres et dextres.

Le serrage général se traduit également par des chevauchements de panneaux granitiques sur les séries volcano-sédimentaires nord et sud et, dans l'état actuel des connaissances, il est impossible de départager les mouvements purement hercyniens, les mouvements strictement alpins et ceux hercyniens ayant rejoué au Tertiaire. Toutefois, à cette époque, il se réalise une surélévation du Massif, d'ouest en est et du sud au nord, par marches d'escalier et par failles en ciseaux.

Le schéma global précédent s'incorpore, tout au moins au Tertiaire, dans un schéma tectonique beaucoup plus large, à savoir un grand système de décrochement affectant les fossés d'effondrement de l'Alsace et de la Bresse.

2 - HOUILLER

Dans les Vosges, le Houiller, peu représenté, est localisé dans une série de petits bassins résiduels, sans communication entre eux et parfois encastrés entre des failles. Ces bassins se trouvent dans l'extrême sud du Massif : bassin de Ronchamp et bassin caché de Saint-Germain-les-Lure, stéphaniens ; dans la partie nord des Vosges moyennes où ils constituent deux groupes : un groupe méridional namuro-westphalien (lambeaux de Saint-Hippolyte et du Hury) et un groupe septentrional stéphanien (lambeaux de Lalaye et de Lubine-Colroy-la-Grande), auquel on rattache les arkoses du granite de Dambach-la-Ville ; d'autres lambeaux, minuscules, se trouvent pincés dans un petit "sillon houiller" associé au faisceau de fractures de la faille de Sainte-Marie-aux-Mines : le Bonhomme, Echery, Fenarupt et la Hingrie. Enfin, au nord de la dislocation de Lalaye-Lubine, il n'y a plus de Stéphanien : ce sont des dépôts de l'Autunien qui reposent directement sur le socle.

Autrefois (thèse de J. JUNG, en 1928), on considérait que ces lambeaux étaient des témoins d'une couverture étendue, d'abord faillée et plissée par des mouvements tardi-hercyniens, puis largement érodée ; un argument en faveur de cette thèse était le fait que les épaisseurs étaient relativement importantes par rapport aux surfaces. Actuellement, notamment à la suite des travaux de J. DOUBINGER, on sait que les affleurements houillers représentent une série de petits bassins indépendants et, dans le nord des Vosges moyennes, suite à des mouvements de basculement du socle encore accidenté, la zone des lacs houillers s'est déplacée progressivement du sud vers le nord, entre le Westphalien inférieur et l'Autunien.

Bassin de Ronchamp

Le bassin de Ronchamp, le seul qui ait eu quelque importance, repose sur les schistes viséens de la série de Plancher-Bas. Ses dépôts, épais de 200 m environ, débutent par un conglomérat à galets mal roulés (rhyolites, andésites, tufs ...), surmonté par des alternances de grès grossiers, de pélites schisteuses, de schistes à plantes et de veines de houille (faisceau de Mourière). Celles-ci, affleurant au nord de Ronchamp, furent exploitées jusqu'à une profondeur de 1 000 m, au moment de l'abandon en 1958. Le faisceau productif est recouvert par des argilolithes rouges du Stéphanien moyen et cette évolution des faciès, passant des teintes grises aux teintes rouges, indique un changement du climat, qui devient de plus en plus aride et annonce celui du Permien. Des sondages ont reconnu le prolongement vers le sud, en direction du massif de Chagey.

Bassin de Saint-Germain-les-Lure

Sept forages profonds, exécutés entre 1907 et 1929, ont reconnu l'existence du Houiller en profondeur, au NE de Lure, près de Saint-Germain. Ce houiller est comparable à celui de Ronchamp, mais il a été abaissé de 800 à 1 000 m par la faille complexe de l'Ognon.

Lambeau d'Eloie

Ce lambeau de Stéphanien, discordant sur le Dévonien des collines belfortaines, est constitué par des grès et des schistes avec de minces intercalations lenticulaires de houille.

Saint-Hippolyte

Le houiller de Saint-Hippolyte, célèbre par sa teneur en uranium, comporte trois lambeaux principaux qui reposent directement sur le granite de Tannenkirch : les lambeaux de Rodern, du Schaentzel et du Teufelsloch. La sédimentation y aurait commencé très tôt, dès le Wesphalien A sinon au Namurien supérieur, et, conséquence de la phase tectonique de l'Erzgebirge, il y a eu ensuite une lacune jusqu'au Westphalien C. Puis, comme en Lorraine, il manque la partie supérieure du Westphalien D, ce qui est une manifestation de la phase asturienne, accompagnée d'un plutonisme à développement hypovolcanique.

Les dépôts comprennent une série d'arkoses, surmontées par des schistes noirs ou brunâtres uranifères (environ 45 m), à niveaux lenticulaires de houille.

Plus à l'ouest, le lambeau de Westphalien D du Hury est composé par des conglomérats à pâte de schistes sériciteux, des grès grossiers et des schistes à plantes. Il renferme des veines de houille et des indices d'uranium.

Stéphanien lie à la suture de Lalaye-Lubine

Dans la région de Lubine, des lambeaux de Stéphanien B ou C sont conservés dans quatre petits compartiments effondrés, près de Lubine et de Colroy-la-Grande ainsi qu'entre l'Abatteux et le Climont. Ces deux derniers sont constitués uniquement par des arkoses et des conglomérats, tandis qu'à Lubine, au-dessus d'un conglomérat de base, se succèdent, sur une puissance de 50 m, 4 cycles de sédimentation comportant des schistes argileux et sableux à plantes.

A Lalaye, les dépôts de Stéphanien A sont localisés dans un sillon, auquel il convient de rattacher le petit lambeau de la Hingrie (au sud d'Urbeis). Ils comportent de minces couches de houille, autrefois exploitées au Kohlberg, encaissées dans une série alternée de grès grossiers, conglomérats et schistes noirs à plantes.

Au Stéphanien sont également à rapporter les arkoses granitiques du massif de Dambach-la-Ville. Epaisses de 15 m environ, ces arkoses, qui entourent la bordure nord du massif, sont recouvertes par l'Autunien d'Albé.

3 - PERMIEN

Comme on le sait, l'avancée ultime vers le SW de la mer du Zechstein n'a guère dépassé la frontière du Palatinat et le Permien des Vosges, qui présente le faciès "rothliegende" à partir du Saxonien, est entièrement continental, avec des épisodes lagunaires ou lacustres. Il s'est déposé sur une surface pré-permienne bosselée, qui a varié au cours des dépôts, de même que les aires de sédimentation, en raison des mouvements saaliens et des phases associées de volcanisme, surrection et subsidence.

Comme l'indiquent les rubéfactions, le climat, au Saxonien, était devenu de type tropical et les dépressions étaient comblées par des apports détritiques, généralement grossiers, charriés par des torrents qui érodaient les massifs hercyniens contigus. Les volcans, dont les produits acides ou semi-basiques se mêlaient aux sédiments, étaient installés préférentiellement sur de grandes fractures tardi-orogéniques.

Les séries sont plus complètes et plus épaisses sur l'emplacement des anciennes fosses, tandis que, sur les paléo-reliefs, où les dépôts ont d'ailleurs pu être nuls, on ne rencontre que des successions réduites, morcelées par l'érosion.

En ce qui concerne la répartition générale, les structures anté-saaliennes ont certainement joué un rôle primordial : c'est ainsi que la grande ligne de suture ENE-WSW à la limite des Vosges septentrionales et des Vosges centrales, est jalonnée par un alignement de dépressions subsidentes : bassin de Villé, graben synclinal de Colroy-la-Grande, bassin de Saint-Dié. Les autres bassins permiens principaux se trouvent, de même, dans des grabens subsidents qui sont, eux, situés sur les bordures du massif hercynien : il s'agit du bassin du Nideck, sur la bordure nord, du bassin du Val d'Ajol, sur la bordure sud-ouest, et du bassin de Ronchamp-Giromagny, à l'extrêmité de la retombée méridionale.

3.1 - BASSINS DE SAINT-DIE, DE VILLE ET DU NIDECK

Autunien

Déposé consécutivement aux premiers mouvements saaliens, l'Autunien forme d'abord une série lacustre, l'assise d'Albé, dans une dépression subsidente NE-SW du bassin de Villé. Cette série, qui débute par un conglomérat de base, comporte quelques minces veines de houille, ainsi que des bancs de dolomies brunes et de calcaires noirs. Au sommet, des lits de cinérites témoignent d'un premier épisode volcanique intra permien.

Au-dessus, l'assise de Triembach, nettement transgressive vers le sud et l'ouest, où elle atteint le "synclinal" de Colroy-la-Grande, débute aussi par un conglomérat (à galets de rhyolite), auquel succèdent des arkoses grossières, puis des arkoses fines et des schistes à plantes, enfin une formation d'argilites micacées, avec nodules dolomitiques, arkoses et conglomérats rhyolitiques, dans laquelle apparaissent les premières traces du faciès "rotliegende".

Saxonien

Au-dessus, sans discordance apparente, le Saxonien ("Oberrotliegende") présente une assise inférieure volcanique et pyroclastique : l'assise de Meisenbuckel. Celle-ci est largement transgressive vers le sud-ouest, jusqu'au delà de Saint-Dié, et, avec elle, débutent les dépôts d'une nouvelle dépression subsidente NE-SW : le bassin du Nideck. Deux faciès distincts se rencontrent dans cette assise : un faciès volcanique continental (brèches, ignimbrites et cinérites) et un faciès volcano-détritique lacustre (cinérites, pélites cinéritiques, tufs, arkoses, argilites). Dans la dépression du Nideck, elle commence par une brèche d'explosion grossière et elle renferme des ignimbrites hyperacides. Enfin, on y trouve des laves basiques, qui peuvent se situer en dehors de l'aire de sédimentation (auquel cas elles reposent directement sur le socle).

Au-dessus, l'assise de Frapelle est constituée par une série de conglomérats, de fanglomérats, de brèches et d'arkoses, avec des intercalations d'argilites et, localement, de tufs et tuffites dans la partie basale. Ces couches clastiques grossières, souvent silicifiées, témoignent d'un rajeunissement du relief lié à la phase saalienne associée au volcanisme précédent, phase bien connue dans le bassin sarro-lorrain voisin.

C'est après le dépôt de cette assise, à la limite Saxonien-Thuringien, que se situe l'épisode paroxysmal du volcanisme permien, représenté uniquement par des émissions acides : ignimbrites de la formation supérieure du Nideck (190 m), rhyolites de Nompatelize et rhyolites de la vallée de la Plaine. En même temps, les mouvements tardi-saaliens associés provoquent un changement d'orientation du champ de sédimentation, qui prend une direction générale NNE, direction suivant laquelle se relaient trois domaines partiels.

Thuringien

L'assise basale du Thuringien, appelée assise de Champenay, est constituée, dans son ensemble, par des grès feldspathiques ou arkosiques et par des argilites ou des shales sableux, les uns et les autres de couleur brun-rouge. Mais, dans le détail, elle présente des variations dans chaque domaine partiel.

Dans la dépression de Saint-Dié, les grès dominent à la base et les shales au sommet. En outre, dans la partie sommitale, apparaissent quelques lentilles de grès dolomitiques, ainsi qu'un conglomérat-repère. Mais, quand on atteint le flanc sud du paléo-relief de Ban-de-Sapt-Senones, toute l'assise apparaît formée par des grès rougeâtres grossiers, avec de nombreuses intercalations bréchoïdes.

Dans un deuxième domaine partiel, celui de la localité-type sur le flanc nord du paléo-relief, la formation est essentiellement constituée par des grès feldspathiques, dépôt éolien selon certains auteurs (HOLLINGER, 1970) ou dépôt de delta sous-lacustre selon d'autres (G. et C. DUBOIS, 1955). Au NNE, dans le bassin du Nideck, l'assise, d'épaisseur réduite, est formée par des arkoses à la base et des argilites au sommet, les arkoses basales renfermant encore de petites coulées acides. Enfin, les couches de Champenay seraient absentes dans le bassin de Villé, situé momentanément en dehors de l'aire de sédimentation.

L'assise supérieure de Saint-Dié transgresse largement les domaines des assises inférieures et va s'étaler sur la totalité de l'aire de sédimentation permienne, ennoyant les divers paléoreliefs subsistants (dont celui de Ban-de-Sapt-Senones) et reliant les trois bassins de Saint-Dié, de Villé et du Nideck. La formation, qui atteint une puissance maximale de 120 m, est constituée principalement par des grès et des arkoses brun-rouge, mal classés et mal stratifiés, renfermant des lentilles bréchiques ou conglomératiques et, vers le sommet, de nombreuses passées d'argilites sableuses.

Ces grès et arkoses présentent généralement une matrice illitique ferrugineuse, mais parfois un ciment dolomitique (ou calcaire résiduel). En fait, l'abondance relative de la dolomie est un caractère important de l'assise : ce carbonate (ou le calcaire-relique) peut y former lui-même des lentilles individualisées, dont la nature varie entre celle d'une dolomie relativement pure (carrières souterraines de la Culotte, par exemple) et celle d'une arkose dolomitique. Ces lentilles sont localisées préférentiellement dans des horizons déterminés, dont le plus continu se trouve à la base, sur une hauteur de 20 m environ ; un deuxième horizon, discontinu, se rencontre à l'extrême sommet et, beaucoup plus rarement (cas des carrières de La Culotte), des lentilles isolées existent dans la partie moyenne.

Ces roches dolomitiques (ou calcaréo-dolomitiques) de la base et du sommet renferment fréquemment des nodules de cornaline, celle-ci pouvant former à elle seule de petites lentilles de silexites. En outre, confiné dans l'horizon basal et dans la dépression au nord et au nord-est de Saint-Dié, se rencontre un vaste "gisement" de fluorine, associé aux grès carbonatés ou aux silexites.

Cet horizon basal dolomitique existe dans la plus grande partie du bassin de Saint-Dié, mais il manque toutefois dans les régions extrêmes, celle du Nideck et celle de Bruyères, où l'on trouve seulement les couches supérieures les plus transgressives, dépourvues de carbonates. Dans le bassin de Villé, il existe bien un niveau dolomitique et siliceux, mais, d'après sa position stratigraphique, il doit correspondre à l'horizon supérieur de l'assise de Saint-Dié.

Buntsandstein inférieur

Enfin, entre l'assise de Saint-Dié et le conglomérat de base du grès vosgien, il existe ici une formation supérieure, l'assise de Senones, déposée après une phase discrète de mouvements palatins ayant provoqué un basculement vers le NE. Cette formation, qui ennoie pour la première fois les hauteurs du Champ du Feu, présente les caractères des "grès tigrés" de la Forêt Noire et, par analogie, en 1970, HOLLINGER a considéré qu'elle représentait le Buntsandstein inférieur, sous-étage resté inconnu jusqu'alors.

Après son dépôt, l'aplanissement de cette partie septentrionale des Vosges était réalisé et le massif a pu être recouvert par la grande transgression du Buntsandstein moyen, en provenance de l'ouest et du sud-ouest.

3.2 - BASSIN DU VAL D'AJOL

Les dépôts permiens du Val d'Ajol, situés sur la bordure SW des Vosges hercyniennes, à leur contact avec les plateaux triasiques de la Vôge, se trouvent dans un fossé d'effondrement, long de 14 km et large de 4 km, limité par deux grandes failles bordières NE-SW. Ils reposent en discordance sur le socle cristallin et sont eux-mêmes recouverts en discordance par le Buntsandstein moyen. Leur épaisseur atteint 230 m au maximum.

La série stratigraphique comprend deux formations distinctes superposées, toutes deux attribuées maintenant au Saxonien : une formation inférieure pyroclastique et une formation supérieure détritique. La première, dont la puissance varie de 5 m à 70 m, est composée par des matériaux grossiers ayant souvent un caractère ignimbritique. Près de la gare de Faymont, on y a découvert une riche flore fossile, plus ou moins remaniée et silicifiée, témoin de dépôts autuniens complètement masqués ou disparus.

La formation détritique supérieure est, elle, composée principalement de bancs arkosiques rubéfiés, plus ou moins conglomératiques, qui proviennent de l'altération et de l'érosion, sous climat semi-aride, d'une aire essentiellement granitique. Vers le haut, s'intercalent des couches d'argilites micacées, qui deviennent dominantes dans le tiers supérieur.

La faille bordière nord est remplie par un grand dyke de quartz avec barytine accessoire : le dyke de Faymont, et, dans le socle granitique voisin, se trouvent divers filons de barytine, fluorine, quartz et oligiste*. Tous ces éléments se sont formés après le Saxonien et avant le Buntsandstein moyen, donc pendant la phase palatine. En relation avec cette formation, sur une distance du dyke dépassant le kilomètre, les arkoses et les argilites sont silicifiées et leurs diaclases sont tapissées de quartz, barytine et oligiste.

De l'autre côté de la Moselle, sur la rive droite, le petit lambeau permien de la Poirie (3 km^2) constitue un îlot détaché par l'érosion du bassin principal.

---

* Ces filons ont fait l'objet de travaux de la part du B.R.G.M. et ils seront décrits en détail plus loin.

3.3 - BASSIN DE RONCHAMP-GIROMAGNY

Le Permien de ce bassin, situé en bordure sud des Vosges, repose tantôt sur le Viséen inférieur tectonisé de la série de Plancher-Bas et tantôt, dans sa partie ouest, sur du Stéphanien qui recouvre en discordance le substratum volcano-sédimentaire. On peut le subdiviser en deux sous-bassins à évolutions indépendantes, séparés au niveau de Frahier : à l'ouest, celui de Ronchamp, individualisé dès le Stéphanien ; à l'est, celui de Giromagny, beaucoup moins développé, quasi exempt de dépôts stéphaniens et individualisé principalement au Permien. Leur sédimentation gréso-pélitique témoigne d'un court transport en milieu oxydant et les apports sont issus du massif vosgien, mais également, pour une moindre part, d'une ride située au sud.

La succession complète est formée par 6 unités lithostratigraphiques, dont les épaisseurs peuvent être très variables. A la base, se trouvent des conglomérats, des grès grossiers, des silts et des pélites, qui peuvent renfermer, vers le sommet, quelques minces niveaux volcano-sédimentaires. Toutefois, localement, l'extrême-base est formée par des argilites autuniennes fossilifères. La puissance de cette première formation est de 60 m environ.

Au-dessus, se rencontre un ensemble silto-pélitique rouge, avec intercalations de grès grossiers à matrice carbonatée, dont l'épaisseur est très variable, de 80 m à 450 m. La présence de carbonates sous diverses formes (bancs calcaires ou dolomitiques dans le sous-bassin de Giromagny, nodules calcaires...) est caractéristique de cet ensemble, dans lequel peuvent s'intercaler quelques rares niveaux de tufs et tuffites.

Puis, sur une puissance de 80 m, se trouvent des grès feldspathiques grossiers et des conglomérats, avec intercalations de pélites et silts rouges micacés, surmontés par un ensemble massif de grès grossiers et conglomérats indurés très mal classés, dont l'épaisseur varie de 180 m à 250 m.

Au-dessus, des silts et argiles rouges, avec lits verdâtres "réduits" interstratifiés, sont connus sur une puissance de 100 m à 200 m et sont surmontés par des grès rouges et des grès à cornaline (environ 40 m), qui terminent la série dans le secteur sud-ouest du bassin de Ronchamp.

Au sud, dans le massif de Chagey, affleurent des ignimbrites, des laves et des tufs rhyolitiques, altérés et silicifiés, dont le potentiel uranifère a été estimé à 128.000 tonnes de U.

Au sud-est, le petit bassin disjoint de Roppe, limité par la faille vosgienne, disparaît sous les terrains mésozoïques et cenozoïques. Le Permien y présente une épaisseur de 400 m environ et, vers le milieu de la série, sont intercalés 4 à 5 bancs calcaires sur 2 à 3 m d'épaisseur.

4 - VOSGES GRESEUSES

Les Vosges gréseuses, ainsi appelées parce que formées par du Buntsandstein gréso-conglomératique, ont vraisemblablement constitué une couverture tabulaire étendue sur la presque totalité de l'ancienne pénéplaine post-hercynienne. Mais, depuis, cette couverture a été morcelée par le jeu des failles post-triasiques et profondément disséquée par l'érosion post-alpine. Aussi, n'apparaît-elle plus que dans trois domaines distincts :

- sur le versant lorrain et dans la Haute-Saône, une ceinture autour du "demi-horst" des Vosges hercyniennes. Cette ceinture forme une large bande continue depuis Belfort (Vosges gréseuses méridionales) jusqu'au Palatinat (Vosges gréseuses septentrionales), en passant par la "côte" des Vosges gréseuses centrales (Darney, Epinal, Baccarat). Les Vosges gréseuses septentrionales forment un vaste ensemble (60 km x 25 km), étranglé en son centre à la hauteur de Saverne, dans lequel le socle réapparaît en deux minuscules pointements, dans la région de Wissenbourg,
- sur le versant alsacien, les champs de fractures des collines sous-vosgiennes. Il s'agit de lambeaux mésozoïques (Trias et Jurassique) faillés et compartimentés, situés entre les Vosges hercyniennes et la plaine oligocène ou, si l'on préfère, entre la faille vosgienne et la faille rhénane. Ces lambeaux constituent trois unités principales parallèles au fossé rhénan et une quatrième située au niveau de la terminaison méridionale. Ce sont, du nord au sud, les champs de fractures de Saverne, de Ribeauvillé, de Guebwiller-Rouffach et de Vieux-Thann-Belfort,
- à l'intérieur du massif des lambeaux-témoins. Ces lambeaux forment des buttes typiques en forme de trapèze (Le Climont, le Taennchel, ...) et ils reposent tantôt directement sur le socle, tantôt sur le Permien.

Ces accumulations de "grès bigarrés" proviennent du démantèlement d'un relief hercynien qui se trouvait à l'ouest des Vosges, sur l'emplacement du bassin de Paris actuel. Il s'agit du "continent gaulois" (galischer land) formé par un socle granito-gneissique et une couverture siluro-dévonienne. Les produits de son érosion étaient acheminés par un réseau de cours d'eau dans la vaste plaine d'épandage que constituaient les Vosges au début de l'ère Secondaire.

Effectivement, à travers toute la série, se retrouvent deux faciès caractéristiques des paysages fluviatiles : de grandes lentilles gréseuses déposées dans des chenaux et des dépôts plus argileux de flaques d'eau temporaires.

Stratigraphiquement, on peut distinguer les formations suivantes, de bas en haut :

Buntsandstein inférieur

Très répandu dans le Palatinat (grès d'Annweiler), il n'était connu en France que dans l'Alsace septentrionale, dans le triangle Wissembourg-Lembach-Niederbronn, où il atteignait une épaisseur de 50 à 60 m. Mais, depuis 1970, grâce aux travaux de J. HOLLINGER (cf. supra), on sait qu'il existe aussi dans le bassin de Saint-Dié, au-dessus du Permien. Pétrographiquement, il s'agit d'une arkose brun-rouge tachée par des oxydes de manganèse ou de fer, d'où l'appellation de "grès tigrés" (tiger sandstein).

Buntsandstein moyen

Il débute par un conglomérat inférieur, épais de quelques mètres, auquel succède la puissante assise du grès vosgien, dont l'épaisseur décroît régulièrement du NE vers le SW : 400 m près de Wissembourg, 280 m dans le bassin de Saint-Dié, 60 m à Epinal, 18 m à Belfort et 0 m dans les zones de seuils de Darney, Monthureux-sur-Saône et Plombières-les-Bains.

La roche est une arkose parfois conglomératique, à grains de quartz bien roulés, de teinte rose, plus rarement brun rougeâtre. Vers le sommet, elle se charge brusquement en galets de quartz filonien, de quartzites dévoniens et de phtanites siluriennes, et se transforme ainsi en un poudingue appelé "conglomérat principal" ou "poudingue de Sainte-Odile", qui couronne les pitons rocheux. Son épaisseur est très faible au SW, là où il est directement transgressif sur le socle ; elle est maximale vers Epinal et Saint-Dié (50 à 60 m) et décroît ensuite régulièrement vers le NE (15 m à Lembach).

Au-dessus, le Buntsandstein moyen se termine généralement par une "zone-limite violette", qui provient de la pédogenèse des parties sommitales du conglomérat principal (épigénie en carbonates, puis en cornaline).

Buntsandstein supérieur

Il comporte deux assises distinctes :

- à la base, les "couches intermédiaires", puissantes de 20 à 50 m ; elles sont formées par des arkoses micacées, dont la partie supérieure est plus argileuse et plus fine, et elles comprennent, à la base, des couches à "dragées" de quartz ; elles comportent aussi une à plusieurs "zones violettes" intercalées, dolomitiques et silicifiées. Ces couches intermédiaires peuvent former un important métallotecte stratigraphique car ce sont elles qui encaissent les minéralisations stratiformes Pb-Cu de l'anticlinal sarro-lorrain, en Sarre et Moselle. Dans les Vosges proprement dites, toutefois, de telles minéralisations n'ont pas été encore reconnues,
- au sommet, les "grès à voltzia", épais de 15 à 20 m ; la base est massive ("grès à meules") et le sommet plus argileux ("grès argileux"). On y a découvert, dans les Vosges gréseuses septentrionales, une riche faune et une riche flore fossiles qui dénotent, pour le grès à meules, un régime continental deltaïque et, pour le grès argileux, un régime marin peu profond qui va s'affirmer avec le Muschelkalk. En fait, avec le grès à Voltzia supérieur, la mer germanique venant du NE de l'Allemagne envahit définitivement les Vosges.

5 - MUSCHELKALK-KEUPER-RHETIEN

Le Muschelkalk commence par le dépôt des sables du grès coquillier, à faune marine ; puis, à cette sédimentation détritique succèdent les marnes et dolomies du Muschelkalk moyen, avec dépôts d'évaporites au sein des marnes. La transgression s'étend maintenant très loin à l'ouest, donnant naissance, au Muschelkalk supérieur, à des niveaux carbonatés riches en céphalopodes et en crinoïdes. Ces niveaux sont surmontés par le complexe marno-dolomitique de la Lettenkohler, dont les assises terminales sableuses laissent supposer la proximité de terres émergées.

Puis, au Keuper, une puissante formation argilo-marneuse, amorcée pendant la Lettenkohler, est caractérisée par d'importantes masses de sel gemme et d'anhydrite. Ces dépôts lagunaires sursalés avec évaporites témoignent d'une régression marine partielle, mais la transgression reprend au Rhétien, dont les faciès argilo-gréseux présentent de nouveau une faune nettement marine.

6 - JURASSIQUE

Après une Lias marneux et schisteux de type lorrain, le Dogger est caractérisé par des faciès calcaires oolithiques, dans lesquels s'intercalent des formations récifales algaires et coralliennes et des surfaces d'émersion. Des faciès marneux plus profonds marquent le passage au Malm, mais, avec le Rauracien, apparaissent à nouveau des récifs, qui sont démantelés dès le Séquanien riche en calcaires bioclastiques. Après ces derniers dépôts, se réalise l'émersion définitive de la région vosgeso-schwarzwaldienne et, dans toute la région rhénane, jusqu'à ce jour, aucune trace de formations crétacées n'a pu être identifiée.

La sédimentation précédente de l'ère Secondaire, qui atteint une épaisseur de 1 500 m, a été relativement uniforme sur l'ensemble du bloc rhénan. Les lignes isopaques du Lias, comme celles du Trias, suivent la direction varisque NE-SW et montrent une augmentation d'épaisseur vers le nord. Aucune manifestation sédimentologique ne laisse augurer d'un quelconque accident "rhénan".

Si l'ensemble Vosges-Forêt Noire formait un seuil caractérisé par une sédimentation de haut-fond, l'émersion (conséquence de la phase cimmérienne) ne s'est donc produite qu'à la fin du Jurassique, mais elle s'est prolongée pendant tout le Crétacé, longue période marquée par une altération météorique intense. Ensuite, les mouvements prémonitoires de la phase laramienne plissent la couverture mésozoïque en une série de longues rides orientées généralement WSW-ENE. Ces reliefs sont aussitôt attaqués par l'érosion, puis les mouvements tectoniques de la phase pyrénéenne (fin de l'Eocène) font rejouer les anciennes failles du socle et des dépressions subméridiennes, amorces du fossé rhénan, apparaissent à partir du Lutétien, comme conséquence des mouvements d'extension ; l'affaissement, important surtout dans le sud, s'accompagne du rejeu des rides de la surface pré-tertiaire, ce qui isole une série de cuvettes subsidentes. A partir de l'Oligocène, un étroit bras de mer d'origine sub-alpine envahit la dépression à partir du sud-est, commençant l'histoire tertiaire du Fossé Rhénan.

7 - FOSSE RHENAN

Correspondant à la plaine d'Alsace, en France, le Fossé rhénan n'est qu'un tronçon de la ceinture continentale des rifts terrestres. Structure d'âge tertiaire, il coupe l'Europe moyenne "à l'emporte-pièce", entre Bâle, au sud, et Mayence, au nord, sur une longueur de 300 km et une largeur de 35 à 40 km. La symétrie ouest-est est remarquable, tant au point de vue tectonique que

géologique : c'est ainsi que, dans sa partie méridionale, la Forêt Noire fait face aux Vosges. Vers le nord, depuis le Plio-quaternaire, il est relayé par une branche ouest : la dépression de Rhénanie ; vers le sud, le fossé de Dannemarie (au SW de Mulhouse) constitue un relai tectonique vers le fossé de la Saône.

Entre les bordures montagneuses et la plaine du Rhin, s'étend, d'une façon symétrique, une bande étroite d'avant-monts que l'on appelle, en Alsace : collines sous-vosgiennes, champs de fractures ou région du vignoble. Leur bordure externe est constituée par la "faille vosgienne", en fait une série d'accidents qui se relaient et se dédoublent de telle sorte que, du nord au sud, ils décalent le massif ancien vers l'ouest (cf. carte géologique). Dans ces avant-monts, les terrains secondaires, ayant ainsi échappé à l'ablation tertiaire, constituent des mosaïques de compartiments effondrés. Celles-ci sont limitées du côté interne par la "faille rhénane", dirigée NNE, au-delà de laquelle on rencontre les sédiments tertiaires qui constituent le remplissage du fossé.

Ce remplissage est, en fait, très diversifié, car la dislocation axiale du socle a produit des effondrements d'ampleur très variable sur de courtes étendues et, d'autre part, la surface pré-tertiaire était accidentée de nombreuses rides. Il en est résulté un développement irrégulier de bassins et de seuils (fossé de Dannemarie, horst du Sundgau, bassin potassique de Mulhouse, seuil de Colmar, bassin de Sélestat, seuil d'Erstein, bassin de la Zorn, seuil de Haguenau et bassin de Pêchelbronn, du sud au nord).

Après un dépôt continental de "Sidérolithique", constitué par des argiles bariolées contenant des pisolithes d'oxydes de fer * et comblant le plus souvent des cavités des calcaires mésozoïques, on rencontre des placages de calcaire lutétien déposés dans une série de petits lacs. A Bouxwiller, où leur épaisseur atteint 40 m, ils renferment à leur base des argiles à lignite pyriteuses (15 m), qui ont alimenté une petite industrie chimique (fabrication d'alun et de vitriol vert).

Puis, au début de l'Oligocène (Lattorfien), quand un bras de mer d'origine subalpine envahit le fossé, une frange de conglomérat côtiers grossiers se forme au pied des massifs, où une sorte d'avant-fosse est limitée par des failles

---

* Ces pisolithes tiennent 45 % Fe et ils ont fait l'objet de plusieurs exploitations au XIXe siècle, dans la partie sud-ouest de la Haute-Saône, dans le Belfortais,dans le Jura alsacien et en Basse Alsace (Neubourg, Mietesheim, ...).

très actives. Dans le fossé méridional (Mulhouse), se déposent des marnes salifères et bitumineuses, avec deux couches de sels de potasse ; dans le bassin septentrional (Pechelbronn), des marnes sableuses parfois imprégnées de pétrole. Des marnes vertes plus au moins dolomitiques terminent la série, épaisse de 500 à 2 000 m, qui passe à un faciès d'eau douce à limnées. Sur les seuils, tels que le horst du Sundgau (au sud de Mulhouse), la sédimentation est plus carbonatée et détritique.

Puis, après une brève phase d'émersion, au début du cycle rupélien, une nouvelle subsidence se produit et la mer envahit le Fossé à partir du nord. Sur les bords se forment de nouveaux conglomérats côtiers et, au centre, se déposent partout des sédiments de même faciès et d'épaisseur voisine. Ces sédiments constituent la série grise formée, de bas en haut, par des marnes à foraminifères, des schistes à poissons, des marnes à mélettes sableuses et micacées et des marnes saumâtres à cyrènes. Il est à noter que, dans des couches argilo-détritiques grises du Sannoisien, près de Steinbach se trouvent encaissées des minéralisations Pb-Zn-Ba découvertes par la SNEA (P).

Ensuite, la mer se retire progressivement vers le nord et ce sont des formations fluvio-lacustres variées qui occupent le graben. Puis, il se produit un basculement vers le nord, en relation avec la phase tectonique save, et la sédimentation redevient marine au nord, jusqu'à la hauteur de Haguenau. Mais, tout porte à croire qu'il s'agit d'une "mer intérieure", dont la salinité proviendrait du lessivage des importants gisements de sels de l'Oligocène. Les dépôts de cette mer aquitanienne sont représentés par des couches carbonatées dites à cérithes, à corbicules et à hydrobies.

Au Miocène supérieur, seule la dépression centrale est subsidente et il s'y accumule 300 mètres de sables et argiles arrachés aux formations antérieures. Une ligne de partage des eaux se situe au niveau de Colmar : le réseau hydrographique méridional est orienté vers le SE, vers le bassin molassique suisse, tandis que la bassin septentrional est drainé vers l'exutoire de la dépression de Rhénanie.

Puis, les dépôts du Pliocène, étendus sur l'ensemble du fossé, sont relativement peu importants aujourd'hui, car l'érosion en a enlevé une grande partie, sinon la totalité dans le bassin méridional. Ils sont formés par les produits de la longue altération miocène : galets, sables et argiles blanches, riches en fossiles.

Au Quaternaire ancien, le fossé s'affaisse à nouveau ; l'ancienne ligne de partage des eaux s'efface et le Rhin peut de nouveau emprunter le fossé. Au Quaternaire moyen, les Vosges et la Forêt Noire se relèvent et, avec le horst de Mulhouse, elles dominent de plus en plus la plaine où le Rhin édifie ses terrasses successives. Aux périodes glaciaires, le vent amène du loess, formant une épaisse couverture sur cette plaine.

L'accumulation alluviale est extrêmement importante : elle atteint sa valeur maximale à Heidelberg (382 m) et, dans la partie méridionale, elle est localement de 250 m. Ces graviers et sables constituent un réservoir aquifère de tout premier ordre. Actuellement, la morphologie des dépôts quaternaires périglaciaires et fluviatiles permet de mettre en évidence des mouvements récents.

Au Crétacé terminal et durant tout le Tertiaire, ce fossé rhénan a été le siège d'un volcanisme très étendu. Le paroxysme de cette activité volcanique serait contemporain du début de l'affaissement (Eocène moyen et supérieur) et les volcans de cette période sont groupés près de la bordure orientale du fossé septentrional. Ensuite, au Miocène, se sont édifiés les massifs du Vogelsberg et du Kaiserstuhl, célèbres par leur extension et la variété de leurs roches (carbonatites entre autres). En Alsace, par contre, on ne connaît que quelques petits pointements de "basalte", essentiellement groupés en bordure du fossé, près de Ribeauvillé et Colmar.

Des sources thermales, considérées comme des manifestations volcaniques tardives, jalonnent les failles rhénane et vosgienne des deux côtés du Rhin (Wiederbronn, Romanswiller, Monsbronn, ...). Les zones qui renferment ces eaux thermales coïncident avec les zones d'activité sismique.

Par ailleurs, les mesures géothermiques faites sur sondages indiquent un gradient de température anormalement élevé (10/20 m en moyenne). Les courbes isogéothermes montrent que les grandes failles d'effondrement semblent être d'excellents conducteurs du flux de chaleur, par migration d'eaux juvéniles, et il ne serait pas étonnant de trouver là des minéralisations tertiaires, mises en place lors des mouvements de distension au Miocène.

La taphrogenèse du Fossé serait liée à l'orogenèse alpine et sa structure profonde, qui se différencie nettement d'une croûte continentale normale, correspond aux idées actuelles sur l'évolution progressive d'un fossé continental vers un rift océanique. Le remplissage tertiaire, qui indique la valeur de la subsidence, atteint 3 400 m dans le bassin de Mannheim.

Bassin potassique de Mulhouse

Depuis la découverte de la potasse en 1904, au sein d'épaisses séries salifères, les sondages et l'exploitation minière (1.900.000 t/an de K_2O) ont fourni une foule de renseignements géologiques. D'abord, du point de vue structural, le bassin se divise en deux zones : au SW, dans la cuvette de Wittelheim, se trouvent des panneaux monoclinaux inclinés vers l'est, séparés par des failles dont les rejets peuvent atteindre 500 à 600 m ; au NE, y compris dans le domaine allemand, on assiste au développement de la tectonique propre aux masses salines, c'est-à-dire à l'accentuation des replis anticlinaux par des processus diapiriques de fluage ; là où les mouvements sont les plus importants, le sel peut se trouver à moins de 100 mètres de profondeur.

La succession des couches débute par des marnes bariolées gypsifères supportant des marnes dolomitiques (200 m) ; elle se poursuit avec des marnes salifères et bitumineuses (500 m) et elle se termine avec la zone salifère supérieure (400 m), qui renferme la série bitumineuse supérieure à potasse. Cette dernière se trouve dans deux couches : la couche supérieure, , épaisse de 1,50 m à 1,80 m, contient 15 à 20 % K_2O ; la couche inférieure, plus étendue, est puissante de 4 à 5 m et elle titre 22 à 26 % K_2O. Dans le détail, les sels de potassium se trouvent dans des bandes épaisses de quelques centimètres, constituées par de l'argile grise à la base, puis du sel gemme, puis de la sylvinite (mélange de KCl et Na Cl) colorée par du fer oligiste, et, enfin, au sommet, de la sylvine.

Il paraît certain que ces sels sont en position primaire. Les études récentes admettent l'hypothèse d'une lagune, profonde de 40 à 90 m, au fond de laquelle se seraient déposés, par concentration progressive, les chlorures de K et Na. Ces sels ont été datés de 13,8 MA (Miocène inférieur-moyen).

Bassin pétrolifère de Pechelbronn

Ce bassin est sans doute la région la mieux étudiée du fossé et c'est là que sont nés et se sont perfectionnés les procédés géophysiques Schlumberger. Depuis 1745 jusqu'à la fermeture en 1963, la production par mines (450 km de galeries) et par forages (2 000 km) s'est élevée à 3.310^6 tonnes d'huile.

La structure est particulièrement intéressante, car il s'agit d'un domaine périclinal au nord-est du champ de fractures de Saverne, greffé sur le seuil de Haguenau et allongé en direction NNE-SSW sur une longueur de 25 km ; il est, en outre, limité par des zones à subsidence rapide. Des failles très nombreuses,

à direction rhénane dominante, isolent des panneaux monoclinaux à pendage faible vers l'ESE ; leurs rejets sont variables, les valeurs maximales pouvant atteindre 500 m et plus.

Stratigraphiquement, la série débute par une assise dolomitique (Sannoisien ou Lattorfien) ; puis, vient la couche rouge repère, surmontée par les couches de Pëchelbronn inférieures (100 m). Ensuite, les couches moyennes, fossilifères, sont formées par trois assises de marnes grises. Au-dessus, les couches de Péchelbronn supérieures sont très variées et présentent des alternances de faciès d'eau douce et de faciès sursalés. La succession, qualifiée de "normale" car elle se retrouve dans le bassin potassique, comprend 200 mètres de marnes, avec une faune saumâtre, du gypse fibreux et des pseudomorphoses de sel gemme.

Ce sont les couches de Péchelbronn qui ont fourni 92 % de la production et la zone dolomitique à peu près 6,4 %. Le pétrole brut y était concentré dans des lentilles de sables contenant 10 à 12 % de leur poids en huile, plus rarement dans des grès argileux et des conglomérats. Quant à l'asphalte de Lobsann, il proviendrait du lessivage de telles couches pétrolifères, dont les résidus se seraient déposés dans un lac en même temps que le calcaire.

8 - TECTONIQUE

Pour terminer la présentation géologique, il convient de donner quelques indications plus précises sur la tectonique, étant donné son importance pour expliquer l'état actuel des Vosges. A l'intérieur du Massif, comme on le sait, la dislocation de Lalaye-Lubine, qui se prolonge loin vers l'ouest et vers l'est, constitue une "ligne" de discontinuité majeure. Orientée ENE-WSW, on admet maintenant qu'elle représente une suture de collision entre les Vosges septentrionales (zone saxo-thuringienne interne) et le bloc Vosges centrales-Vosges méridionales (zone moldanubienne). Elle constitue une région d'instabilité par excellence, comme le montre la localisation à son niveau d'étroits bassins limniques stéphaniens et autuniens.

Dans les Vosges du Nord, le trait structural majeur est la disposition des diverses unités en bandes parallèles NE-SW, cette disposition correspondant certainement à une prédisposition anté-hercynienne. Ces bandes sont recoupées par des dislocations NW-SE qui n'ont pas affecté les granites intrusifs tardifs ; cette même direction se retrouve pour certaines failles du Dévono-dinantien de la Bruche. Enfin, un faisceau de failles N35°, d'âge hercynien tardif, apparaît dans la partie méridionale du massif du Champ du Feu et se poursuit, au sud, dans les

schistes de Steige et les phyllades de Villé.

Dans les Vosges moyennes, des lames de granites syncinématique matérialisent des surfaces de chevauchement peu inclinées, résultant d'un mouvement de compression du sud vers le nord et provoquant des raccourcissements, ainsi que de grands décrochements N35°, dont la grande faille de Sainte-Marie-aux-Mines-Retournemer. Cette zone de faiblesse a joué à de multiples reprises et elle décale la pénéplaine post-permienne. On peut noter son parallélisme relatif avec l'axe du Fossé Rhénan et elle pourrait appartenir à la famille des accidents qui ont contribué à esquisser ce graben. Des failles transversales de moindre ampleur affectent particulièrement le versant occidental ; certaines apparaissent liées à la mise en place du granite des Crêtes.

Dans les Vosges méridionales, une direction dominante E-W apparaît bien dans la moitié occidentale ; cette direction matérialise la première phase tectonique majeure, la phase sudète I (plis à axes E-W déjetés ou déversés vers le sud), dont l'orientation devient NW-SE au NE de la vallée de la Thur. Cette phase trouve son achèvement dans le chevauchement de la série du Markstein sur la série d'Oderen (toutes deux datées du Viséen inférieur), le long de la "ligne des klippes", au cours d'une phase de compression. Quant à la phase sudète II, bien définie par ses relations avec le granite des Ballons, elle se manifeste par des plis semi-rigides d'axe NE-SW et des basculements de blocs.

Plus tard, la tectonique tardi-hercynienne se manifeste aussi par des basculements de blocs, ainsi que par les plissements des petits bassins stéphaniens antérieurement au dépôt de l'Autunien (phase saalienne précoce) ; puis, par des subsidences intra-permiennes accompagnées d'émissions de volcanites (phase saalienne tardive).

Postérieurement, le rejeu post-triasique de certains accidents du socle paraît bien établi. C'est le cas pour la grande faille de Sainte-Marie-aux-Mines et pour de nombreux décrochements de direction E-W. Mais, d'autres accidents paraissent exclusivement post-triasiques ; les uns prolongent la faille de Sainte-Marie vers le sud (faisceau des failles de l'Ognon), tandis que l'autres, plus ou moins parallèles, constituent des "champs de fractures" internes au socle. Toutefois, de nombreux accidents s'écartent de cette orientation : ils déterminent des quadrillages dans la partie occidentale du Massif (horsts d'Epinal et de Raon-l'Etape) ; l'un d'eux matérialise la bordure nord du bassin permien de Villé.

Toutefois, ce sont les collines sous-vosgiennes qui présentent la plus forte densité de failles, à tel point qu'on les dénomme aussi champs de fractures. Ces "champs", dans lesquels affleurent la série mésozoïque du Buntsandstein au Séquanien, ainsi que l'Oligocène, sont délimités à l'ouest par la faille vosgienne (rejet variant de 100 m à 1 000 m), qui met le socle directement en contact avec le Secondaire ou le Tertiaire. Cet accident majeur est localement souligné par un remplissage de brèche tectonique parfois minéralisée (plomb de Steinbach) et, dans le détail, il est constitué par des failles subparallèles qui se relayent "en baïonnette" ; le massif ancien est ainsi décalé vers l'ouest, quand on se déplace du nord vers le sud.

Vers l'est, la limite est formée par la faille rhénane (rejet > 1 000 m), au-delà de laquelle se rencontrent les terrains du Fossé Rhénan proprement dit. Aux extrêmités de chaque champ de fractures individualisé, les deux failles-limites tendent à se rejoindre pour former un accident unique.

A l'intérieur de chaque "champ", les nombreuses failles qui le compartimentent présentent des directions diverses, d'une part des directions anciennes varisques (NE-SW et NW-SE) et, d'autre part, des directions récentes propres au système rhénan (N10° à 30° et N90° à 110°) ; toutes ces failles ont du fonctionner conjointement. Les compartiments eux-mêmes sont monoclinaux, parfois fortement basculés ; on y rencontre aussi des structures anticlinales et synclinales peu accentuées. La couverture tertiaire, quand elle existe, est réduite aux formations continentales éocènes et aux conglomérats côtiers oligocènes, ces derniers témoignant de la surélévation des marges dont ils sont issus.

A l'intérieur du Fossé, on connaît de nombreuses failles normales avec des inclinaisons assez faibles, dont les directions sont souvent obliques sur celles du Fossé, NW-SE à NNW-SSE, ce qui semble indiquer la persistance d'une tendance au coulissement horizontal sénestre des bordures. Ces failles, principalement antithétiques à regard ouest, déterminent souvent des compartiments intermédiaires relativement surélevés. Dans la partie sud, un compartiment médian surélevé, le "horst de Mulhouse" ou "horst du Sundgau", prend un certain développement ; il fonctionne depuis l'Oligocène inférieur, affecté uniquement par des mouvements verticaux.

Ce sont les dislocations tertiaires qui ont défiguré l'image hercynienne du socle vosgien, en recoupant ou accentuant, selon les cas, ses prédispositions structurales. Ces dislocations ont évidemment trouvé leur expression la plus intense dans l'effondrement du Fossé Rhénan et le relèvement dissymétrique concomitant des massifs anciens des Vosges et de la Forêt Noire.

II

HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION MINIERE

CHAPITRE 2

HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION MINIERE

*****

1 - PERIODES ANCIENNES

Si les trouvailles d'objets divers en bronze sont nombreuses, par exemple les haches des dépôts du Bonhomme, il ne semble pas y avoir eu, dans les Vosges, de métallurgie celtique ou préceltique concernant cet alliage. Les archéologues, par ailleurs, ne signalent aucune découverte d'objets ou lingots en étain ou en cuivre. Par contre, des lingots de fer ont été trouvés à proximité des anciennes exploitations des filons de limonite des grès d'Etival (88).

Comme vestiges sûrs d'exploitations antiques, on ne peut guère citer que les mines romaines du Katzenthal (67), près de Lembach, dans les Vosges gréseuses septentrionales, et, en dehors du Massif proprement dit, celles de Wallerfangen (Cu), dans la Sarre. En outre, une galerie du Val de Villé pourrait être très ancienne, étant donné sa forme particulière et la découverte à proximité de tessons de poteries.

Le trésor de Robache (88), près de Saint-Dié, composé de 10.000 pièces d'argent, suggère la possibilité d'une activité minière gallo-romaine dans cette région. Cette activité, si elle fut, devait vraisemblablement correspondre à une première période d'exploitation des filons Pb-Ag du secteur de La-Croix-aux-Mines.

L'orpaillage dans le Rhin est la seule activité extractive citée par les auteurs romains, notamment Diodore de Sicile, et l'on suppose aussi que les Gallo-romains auraient travaillé à Château-Lambert (70) où ils auraient extrait de l'or (?). En tous cas, les mêmes recherchaient les eaux minérales de Niederbronn et de Westhouse.

2 - MOYEN-AGE

Pour le Moyen-Age, si les écrits sont rares, il reste par contre des traces importantes de travaux miniers. Les premiers dont on ait gardé le souvenir remonteraient au IXe siècle, selon des documents peu sûrs. C'est alors que, à la suite notamment des déforestations effectuées par les moines, on reconnaît l'existence de riches filons argentifères dans une région à l'époque déshéritée, mais

qui deviendra vite riche et prospère, région dans laquelle vont s'édifier les agglomérations de La-Croix-aux-Mines (88), sur le versant ouest lorrain, et de Sainte-Marie-aux-Mines (68), sur le versant est alsacien. Ailleurs, la découverte des amas ferrifères de Grandfontaine (67) remonte au XIIIe siècle.

Vers l'an 963, Saint-Gérard, évêque de Toul, se réservait la dîme sur les produits des mines du "Val de Galilée" (La-Croix-aux-Mines), et il est certain que l'exploitation de l'argent (galène argentifère et minéraux d'argent) revêtit là une importance considérable du XIIème au XIVème siècle, ainsi qu'à Sainte-Marie-aux-Mines dont les historiens situent les premiers travaux au IXème ou au Xème siècle. Les techniques utilisées alors étaient celles des grattages superficiels et des puits à ciel ouvert ("pingen").

Malheureusement, ces puits étaient trop prédisposés à recueillir et accumuler les eaux d'infiltration et cette technique portait le germe de sa propre faillite : inondations et difficultés d'extraction au-delà d'une profondeur de 30 m firent cesser tout travail à Sainte-Marie, au cours du XIVème siècle. On ne dispose d'aucun chiffre sur les produits de cette première période, mais plusieurs documents témoignent de leur importance et d'innombrables vestiges prouvent la vastitude de leur étendue.

Toutefois, la technique de la galerie était parfois utilisée, dans cette période précédant la Renaissance. C'est le cas de la mine d'antimoine du Silberwald (68), près de Munster, où une galerie de 120 m, creusée "en dépit du bon sens", tourne sur elle-même comme un colimaçon, avant d'atteindre le filon à 56 m de l'entrée en ligne droite et à quelques mètres sous la surface. Un autre exemple de galerie primitive est le travers-bancs de l'Engin, à Grandfontaine (67).

3 - SEIZIEME SIECLE

Le siècle de la Renaissance constitue indiscutablement l'âge d'or des exploitations minières vosgiennes. C'est alors que, à la fin du XVème siècle et au début du XVIème siècle, on s'aperçoit que les Vosges regorgent de richesses minérales et les mineurs dès lors affluent de l'Europe entière, notamment de l'Europe centrale. Cet essor s'explique par les grands progrès effectués par les techniques d'exploitation, ajoutés au besoin urgent de métaux précieux et à la valeur de l'argent, principal métal convoité, alors plus cher que l'or.

Les premiers travaux débutent entre 1460 et 1470, dans le Val de Villé (67), à Orschwiller (68), à Munster (68), ainsi que dans les Vosges méridionales, près de Masevaux (68), Steinbach-les-Thann (68) et Plancher-les-Mines (70).

Mais, un district dépasse de loin tous les autres par sa prospérité inégalée, celui de Sainte-Marie-aux-Mines (68), réparti sur les deux rives de la Liépvrette et partagé entre les ducs de Lorraine et les comtes de Ribeaupierre. Cette période faste est annoncée ici par une convention de 1486 entre le seigneur Guillaume de Ribeaupierre et l'archiduc Sigismond d'Autriche. Ce plus vieux document écrit de l'histoire du district régle les modalités de partage des bénéfices "qui proviendraient de l'exploitation de toutes sortes de métaux à découvrir dans le ban de Ribeaupierre". Il faut dire que leurs voisins venaient de découvrir des filons argentifères sur le "versant lorrain" de la vallée de Sainte-Marie et cette convention était un gage de protection de l'archiduc d'Autriche, au cas où la convoitise des ducs de Lorraine leur ferait franchir la rivière-frontière. Plus tard, en 1530, Charles Quint fit des mines de Sainte-Marie, côté alsacien, un fief indivis d'Empire concédé en commun aux archiducs d'Autriche et aux seigneurs de Ribeaupierre.

Quelques chiffres permettent de se faire une idée de l'importance de l'exploitation : 3 000 mineurs employés en 1545, plus de 600 mines et recherches, 12 fonderies en activité nuit et jour ; plus de 150 km de galeries sont creusés au marteau et à la pointerolle et la production annuelle d'argent atteint 3,5 tonnes. C'est pendant cette période que se firent les célèbres trouvailles de blocs d'argent natif et un nouveau champ filonien, celui du Neuberg (Cu, Ag, Co, As), fut découvert en 1550.

Du point de vue technologique, on peut remarquer que les exploitations par puits à ciel ouvert,de type médiéval, sont abandonnées au profit de systèmes souterrains de puits et galeries. Les possibilités d'extraction sont ainsi nettement améliorées et l'extension verticale des travaux peut être considérable (800 m sur le filon Traugott/Mine de Plomb, à Sainte-Marie, en 1580). L'apport technologique dû à l'immigration massive de mineurs qualifiés d'Europe centrale et du Tyrol (Schwaz, Freiberg, Annaberg), améliore les méthodes de travail. Ainsi, les techniques de pompage hydraulique apparaissent-elles dans les Vosges dans la 2ème moitié du XVIème siècle. Les traces de l'introduction de la main-d'oeuvre qualifiée apparaissent dans les chroniques, à travers les noms des mineurs et dans l'iconographie.

Vers la fin du siècle, les puits sont très approfondis (jusqu'à 280 m au-dessous du niveau des vallées), ce qui rend l'extraction coûteuse et amoindrit les bénéfices. En même temps, la valeur de l'argent métal diminue, en raison de la découverte de gros gisements en Amérique (Potosi, ...) et de nouveaux procédés techniques de traitement. Les zones riches sont déjà dépilées et on doit attaquer des zones profondes plus pauvres. Il en résulte une baisse régulière de la production et un déclin de toute l'activité minière. Puis, en 1634, les troubles de la Guerre de Trente Ans ruinèrent toutes les exploitations.

Le district lorrain de La-Croix-aux-Mines (appelé alors "Val de Galilée") connut également une grande activité, célébrée par le "Graduel" du musée de Saint-Dié et les dessins d'Heinrich Gross (1530), antérieurs au "De re metallica" d'Agricola. Ce regain d'activité débuta dans les années 1480, mais, contrairement à Sainte-Marie, l'exploitation fut ici pratiquement ininterrompue depuis le Haut Moyen-Age. La période la plus productive se situe entre 1516 et 1532 : pendant ce laps de temps, plus de 4 000 marcs* d'argent fin étaient envoyés chaque année à l'Hôtel des Monnaies de Nancy. Puis, de 1539 à 1545, le gisement fournit encore 9860 marcs (2413 kg environ). Ensuite, les mines déclinèrent, après la fermeture de nombreux ouvrages, et la production n'était plus que de 800 à 1400 marcs d'argent fin par an (196 à 342 kg environ), avant la cessation de toute activité pour les mêmes causes que Sainte-Marie-aux-Mines (Guerre de Trente Ans).

Cette prospérité du temps de la Renaissance s'étendait aussi aux mines du Val de Villé et Munster ((Heidenbach (68), Silberwald (68)), à celles du vallon de Steinbach (68), de Moosch (68), de la région de Bussang-Le-Thillot (88) et, surtout, dans les Vosges méridionales, au district de Giromagny-Auxelles-Plancher-les-Mines (90 et 70), rattaché à la Maison d'Autriche.

Dans ce dernier secteur, ainsi qu'à Moosch, l'exploitation survivra aux troubles de la Guerre et se poursuivra durant tout le XVIIème siècle. A Giromagny, sous le niveau des eaux, les champs filoniens étaient exploités sur des hauteurs atteignant 500 m.

---

* Il s'agit du marc de Troyes (244,7 g) utilisé en Lorraine : donc 4 000 marcs = 978,8 kg.

4 - DIX-HUITIEME SIECLE

D'une façon générale, il faudra attendre le XVIIIème siècle pour que les populations, décimées par la Guerre de Trente Ans, se reconstituent et que les exploitations minières reprennent vie. A Sainte-Marie, c'est la découverte du cobalt, entraînant une industrie du smalt, qui est à l'origine d'une nouvelle période d'activité. Celle-ci, sans atteindre la prospérité de la Renaissance, se poursuivra avec plus ou moins de bonheur jusqu'à la Révolution de 1789. En plus du cobalt, l'extraction minière intéressait l'argent, le cuivre et le plomb, et les trouvailles étaient encore fréquentes.

A La-Croix-aux-Mines, le "gros filon", sous le règne réparateur du duc Léopold, fournit jusqu'à 1 000 kg d'argent par an ; il y avait alors 400 à 500 mineurs, ainsi que 6 laveries et 3 fonderies. Mais une série de catastrophes (inondations, incendies, ...) met fin, à partir de 1760, à cette prospérité retrouvée.

Les vallées de Villé et de Munster sont abandonnées, ainsi que le secteur de Bussang, mais les mines de Giromagny (90), Auxelles (90), Plancher-les-Mines (70) et Château-Lambert (70) connaissent une reprise, tandis que de nouveaux filons sont découverts et exploités dans la vallée de la Thur, près d'Urbès (68), ainsi qu'à Saint-Bresson (70) et Faucogney (70), sur le versant SW des Vosges.

L'extraction du fer reprend également à Framont (67) et Rothau (67) et elle ne sera interrompue qu'au milieu du XIXème siècle. Le manganèse est exploité à Dambach (67), tant pour la production de l'acier que pour son utilisation en verrerie.

Il convient de noter que l'exploitation minière dans les Vosges, depuis le Moyen-Age jusqu'à la Révolution, s'est trouvée compliquée par la situation politique de cette région. La plus grande partie appartenait à la Maison d'Autriche, tout au moins dès l'époque où l'on possède des documents certains. Une autre partie appartenait aux ducs de Lorraine et une partie plus restreinte aux ducs de Bourgogne. L'évêque de Strasbourg avait en sa possession les mines de la région de Soultzmatt (68). A Château-Lambert, au XVIème siècle, les ducs de Bourgogne extrayaient le minerai de cuivre sur un versant et les ducs de Lorraine sur l'autre. De même, à Sainte-Marie-aux-Mines, comme déjà signalé, les ducs de Lorraine oeuvraient en rive gauche de la Liépvrette, les comtes de Ribeaupierre relevant de l'empereur d'Autriche en rive droite. Les mines de charbon de Saint-Hippolyte (68) étaient en Lorraine, celles voisines de Rodern (68) en Alsace.

Même après l'annexion de l'Alsace par Louis XIV, certaines mines, comme Framont, relevaient encore de seigneurs étrangers. C'est pourquoi, dans son célèbre ouvrage, de DIETRICH (1789), décrivant les mines de fer de la vallée de la Bruche, ne donne pas de détails sur Framont, à part la mine de l'Evêché.

5 - PERIODE MODERNE

L'activité minière dans les Vosges, au XIXème siècle, prospère pour l'exploitation du fer dans les vallées de la Bruche (67) et de la Thur (68), mais les métaux non ferreux connaissent une période de crise. Les sociétés qui se succèdent dilapident leurs capitaux dans le dénoyage et la remise en état des vieux travaux, pour se rendre finalement compte que les Anciens avaient tout dépilé sur des centaines de mètres de hauteur. C'est ce qui se passe à Sainte-Marie-aux-Mines et à la Croix-aux-Mines, les autres districts restant pratiquement inexploités.

Toutefois, une période favorable allait renaître à la fin du siècle et dans la première décennie du XXème. Des recherches intensives aboutissent à la reprise de nombreux gisements et à la découverte du filon Cu-Ag de Saint-Sylvestre, près d'Urbeis (67), productif de 1899 à 1912. Par contre, les gros moyens investis à Sainte-Marie-aux-Mines, où l'on emploie jusqu'à 630 personnes, n'apportent pas les résultats escomptés. A La-Croix-aux-Mines, les travaux repris en 1902 se poursuivirent jusqu'en 1948, avec des périodes d'interruption, sans découvrir de nouveaux panneaux de minerai exploitable.

Des travaux importants sont exécutés à Charbes (67), pour l'antimoine, dans la vallée de Munster (68) et surtout dans les Vosges méridionales, à Steinbach (68), Thann (68), Moosch (68), Hüsseren (68), Mollau (68), Kruth (68) (mine de cobalt) et dans la vallée de Masevaux (68). Cependant, par suite de l'irrégularité des filons, les rendements restaient médiocres et toutes ces mines ont cessé leur activité au bout de quelques années.

Le petit gisement du Mont-de-Vannes (70), près de Mélisey, anciennement exploré pour Pb, Cu et Ag, est repris en 1905 pour sa gangue de fluorine ; toutefois, jusqu'à son abandon définitif en 1920, il ne produit guère que 1718 tonnes de CaF_2.

Le gîte de manganèse du Haut-Poirot (88), près de Gérardmer, est mis en exploitation dans la décennie 1890, époque où le métal connut un regain d'intérêt, en raison des progrès effectués dans l'industrie des ferro-manganèses ; mais, jusqu'en 1910, il ne produit guère que quelques centaines de tonnes d'oxydes,

et les recherches ultérieures (à partir de 1942) n'aboutirent pas à une exploitation.

A Rombach-le-Franc (68), la barytine est exploitée entre 1924 et 1939, puis recherchée après la guerre mondiale jusqu'en 1972 ; le filon du Baudy (70) est repris pour fluorine en 1921 et, à Château-Lambert, on produit un petit tonnage de molybdène entre 1942 et 1944. Dans la Haute-Saône, de même qu'au Mont-de-Vannes, on reprend pour fluorine le filon de Saint-Bresson, d'abord en 1925-26, puis en 1960 ; mais, ces deux reprises ne fournissent que de faibles productions (220 t pour la 2ème) et les travaux furent définitivement arrêtés en 1962. L'arsenic natif est tiré d'une mine de Sainte-Marie (Gabes Göttes), entre 1938 et 1940, et des travaux sont exécutés sans grand succès à Mollau (68), pour Cu, ainsi qu'à Saphoz (70) et Dambach-la-Ville (67), pour Mn.

Après la Guerre de 1939-1945, l'uranium fait l'objet d'une prospection intensive, de la part du CEA puis de la COGEMA, et on le découvre dans un filon de Kruth (68), dans le houiller de Ronchamp (70) et dans celui du Schaentzel (68), près de Saint-Hippolyte, plus récemment dans l'Autunien du bassin de Villé (67), dans le granite des Ballons et dans une brèche du Viséen du Molkenrain (indice du Col Amic (68).

Le B.R.G.M., à la fin des années 1950, étudie les skarns à scheelite des Minières, à Grandfontaine (67), le filon de cobalt de Kruth (68), le filon Cu-As de Gabes Göttes à Sainte-Marie-aux-Mines (68), et il effectue quelques prospections géochimiques tactiques pour rechercher les prolongements éventuels de minéralisations jugées à priori intéressantes (cuivre d'Anozel (88), plomb de Windstein (67), molybdène de Château-Lambert (70).

La Société Minière et Métallurgique du Châtelet (SMMC), puis la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine (SNPA, devenue SNEA (P)), exécutent des travaux à Steinbach-Watwiller (68), pour explorer les indices Pb-Zn-Ba connus dans la brèche de la faille vosgienne et dans le Muschelkalk du champ de fractures de Vieux-Thann ; au cours de cette reconnaissance, des sondages découvrent une importante minéralisation non affleurante encaissée dans le Lattorfien. Tous ces travaux ont bénéficié de l'octroi de deux permis exclusifs de recherches (PER) : celui de THANN, en date du 17-03-1966, et celui de VIEUX-THANN, en date du 30-10-1978. Par ailleurs, la SMMC seule a exécuté de nombreux travaux de recherches (géochimie, géophysique, sondages destructifs et carottés) dans diverses régions, notamment dans celle de La-Croix-aux-Mines (88).

La SNPA seule, puis associée à COMINCO, met en évidence un gisement de scheelite à Auxelles-Haut (90), assez important pour être l'objet actuellement d'une demande de concession (dite LE HAUTOT) ou, à défaut, de permis d'exploitation*. Cette même société, dans le cadre de son P.E.R. du BALLON de SERVANCE, a exécuté de nombreux travaux (dont des sondages carottés) pour la recherche de Mo dans le massif des Ballons, en particulier dans le secteur des Oeillets (70). Encore maintenant, elle explore un indice de cassitérite, celui de la Tête de Charborue (90).

Il convient de noter aussi que, au début des années 1970, lorsque le marché de la fluorine connut une grande expansion, la Société d'Entreprises, Carrières et Mines de l'Estérel (S.E.C.M.E.) manifesta une certaine activité de recherche pour cette substance (hydrogéochimie et sondages percutants), ce qui aboutit à la demande de 3 P.E.R. : CLAIREFONTAINE (88), SEWEN (68) et BERGHEIM (68) ; mais, le marché devenant déprimé à la suite notamment de nombreuses découvertes nouvelles, ces permis furent rapidement abandonnés. Il en fut de même pour le PER de ROUGEMONT-LE-CHATEAU (68), octroyé à la S.M.M Penarroya le 5 janvier 1977 ; ce permis (plomb, zinc, cuivre, argent et métaux connexes) avait été demandé dans l'espoir de découvrir des minéralisations analogues à celles de Steinbach-Watwiller.

La société COMINCO a repris récemment des recherches dans la région de Grandfontaine (67), où elle a obtenu le PER de FRAMONT, le 5 mai 1981 ; ces recherches ne portent pas sur le tungstène, comme les travaux du B.R.G.M. en 1961, mais sur le cuivre et l'argent ; suite à des prospections géochimiques et géophysiques, plusieurs sondages carottés ont été effectués : ils auraient trouvé une nouvelle lentille de pyrite tenant environ 3 % Cu.

Avec les mines de potasse du bassin de Mulhouse, dans le Fossé Rhénan, une seule exploitation est actuellement en activité dans les Vosges proprement dites : celle du filon de fluorine de Maxonchamp (88), près de Rupt-sur-Moselle, dans le cadre d'un permis d'exploitation valable jusqu'en Décembre 1985. Après la dernière guerre, on exploitait des filons Ba-F à Faymont (88), près du Val d'Ajol, mais toute activité y a cessé fin 1969, après une production de 2 000 t de spath métallurgique et de 20 000 t environ de barytine.

---

* On a appris, après la rédaction, qu'une concession du Hautot a été instituée le 7 décembre 1984, pour mines de tungstène et substances connexes.

Enfin, en 1970, le B.R.G.M. a entrepris une prospection générale du Massif, qui s'est d'ailleurs étendue à l'anticlinal sarro-lorrain dans la région de Saint-Avold. Cette prospection a bénéficié, depuis 1975, des crédits de l'Inventaire des ressources minérales du territoire métropolitain, ce qui a permis de la réaliser dans la totalité des zones gîtologiquement intéressantes, à l'exception naturellement des titres miniers existants. Elle a été pratiquement terminée le 31 Décembre 1983, ce qui permet de rédiger actuellement le rapport définitif de fin de travaux.

III

TRAVAUX DU B.R.G.M.

CHAPITRE 3

TRAVAUX DU B.R.G.M.

*****

Comme l'indique l'historique précédent des travaux miniers, le Massif des Vosges, auquel on peut adjoindre son "symétrique" d'Outre-Rhin : la Forêt Noire (Schwarzwald), et, en raison de son voisinage, le bombement de Saint-Avold-Hargarten-aux-Mines (57) de l'anticlinal sarro-lorrain, constitue une petite province métallogénique qui a été l'objet d'une multitude de travaux anciens. Les premiers sont très vieux, comme en attestent des vestiges de mines romaines ou gallo-romaines pour le fer, le cuivre et probablement l'argent, tandis que d'autres sont très récents, comme l'exploitation de fluorine de Maxonchamp (88) ou les recherches d'uranium exécutées par le CEA, puis la COGEMA. La grande densité des minéralisations due, d'une part, à la géologie favorable et, d'autre part, à l'intensité des prospections, apparaît bien sur les diverses cartes gîtologiques éditées par le B.R.G.M. en collaboration avec divers organismes : feuille Vosges de la carte des gîtes minéraux de la France à 1/320.000 ; carte métallogénique des Massifs des Vosges et de la Forêt Noire à 1/400.000 ; enfin, feuille de Strasbourg (Morvan, Vosges et Forêt Noire) de la carte des gîtes minéraux de la France à 1/500 000.

Aussi, même avant la mise en place de l'Inventaire des ressources minérales du territoire métropolitain, en 1975, la région Vosges-anticlinal sarro-lorrain apparaissait-elle comme un terrain de choix pour des travaux de prospection générale, qui débutèrent effectivement courant 1969*. Toutefois, a priori, on doit l'avouer, ce champ de prospection n'était sans doute pas aussi favorable qu'il semblait à première vue : en premier lieu, le nombre élevé lui-même des anciens travaux indiquait que la plus grande partie, sinon la quasi-totalité, des minéralisations affleurantes avait déjà été découverte, explorée ou exploitée, en ce qui concernait principalement le fer, le cuivre, le plomb, le zinc et l'argent, accessoirement le molybdène, l'antimoine, l'arsenic et le cobalt.

---

* Cette date correspond à celle de la fin de la Mission Détroit Poitevin, qui fut relayée par une Mission Vosges-Alsace.

En deuxième lieu, dans le Massif Vosgien proprement dit, presque tous les gîtes et indices connus étaient des filons et même les plus importants d'entre eux, autrefois célèbres : La-Croix-aux-Mines (88), en Lorraine, et Sainte-Marie-aux-Mines (68), en Alsace, n'auraient peut-être pas été exploitables, malgré leur richesse en argent, dans les conditions économiques des années 1970, sans aucune comparaison possible avec celles du Moyen-Age, de la Renaissance ou même du début du siècle : en effet, leurs tonnages de l'ordre de 80 à 100 000 t métal (Pb, accessoirement Cu et Zn, avec toutefois 100 t et 240 t de Ag) sont des tonnages relativement modestes à l'échelle minière actuelle et leur morphologie (dispersion de la minéralisation entre de multiples filons, lentilles ou amas) empêcherait la mise en oeuvre de moyens d'exploitation très mécanisés.

En 3ème lieu, comme conséquence de la surrection tertiaire du Massif, synchrone de l'effondrement du Fossé Rhénan, l'érosion réactivée a entamé profondément le socle cristallin et cristallophyllien, en particulier les granites, atteignant généralement les niveaux "endobatholitique" ou "hypobatholitique" d'Emmons, ce qui devait expliquer la rareté des minéralisations connues préférentiellement liées aux coupoles et apex (gîtes pneumatolytiques, gîtes de départ acide, pegmatites, greisens, skarns). D'autre part, il était probable que certaines manifestations plutoniques avaient été métallogéniquement stériles, étant donné l'absence de cortèges filoniens accompagnateurs : tel était le cas pour les bandes granitiques, dioritiques et grano-dioritiques du massif du Champ du Feu, dans les Vosges septentrionales, ou pour la masse principale du magmatisme des Crêtes, dans les Vosges centrales.

Enfin, et ce n'est pas le moins important, même avec l'appoint du secteur de Saint-Avold, la surface à prospecter était de dimensions réduites, comparée à des territoires tels que le Massif Central ou le Massif Armoricain ; elle l'était d'autant plus qu'une partie des Vosges méridionales, englobant notamment les importants secteurs miniers anciens de Giromagny (90) - Auxelles (90) - Plancher-les-Mines (70) (Pb, Zn, Ag, Cu), de Château-Lambert (70) - Le Thillot (88) (Cu, Mo) et de Steinbach (68) - Watwiller (68) (Pb, Zn, Ag, Ba), était un domaine réservé aux recherches concurrentes de la SNEA (P).

En contrepartie, heureusement, il existait des arguments favorables justifiant une reconnaissance générale à finalité économique. D'abord, on pouvait raisonnablement supposer que, pour diverses raisons d'ordre technologique, les Anciens n'avaient pu mener à bien tous les travaux miniers qu'ils avaient entrepris ; dans certains cas (La-Croix-aux-Mines (88), par exemple)), on pouvait penser que, faute de moyens perfectionnés d'exhaure, ils n'avaient guère pu descendre au-

dessous du niveau hydrostatique ; dans d'autres cas (particulièrement à Lusse (88)), on pouvait admettre que l'abandon était dû à l'apparition prédominante en profondeur d'un minerai : la blende en l'occurrence, qui était sans valeur à l'époque ; on pouvait aussi supposer que, dans l'état sommaire de la minéralurgie ancienne, on avait été obligé de négliger les minerais trop complexes ou trop fins, minerais dont le traitement ne poserait actuellement plus de difficultés.

Il existait aussi la possibilité que, dans certains filons sulfurés, le véritable minerai serait constitué actuellement, en fait, par la gangue, soit de la barytine, soit préférentiellement de la fluorine ; cette idée n'est pas neuve et de telles reprises étaient connues avant l'intervention du B.R.G.M. : par exemple, le gisement du Mont-de-Vannes (70), près de Mélisey, exploité pour Pb-Cu-Ag bien avant le XVIIIème siècle, a été réexploité pour fluorine après 1905 ; il en a été de même, dans les années 1920, pour le gîte Pb-Zn-Cu-Ag du Klosterwald, près de Sewven (68), dont les premiers travaux, de date inconnue, sont certainement très anciens.

Enfin, d'une façon générale, les études géologiques proprement dites ne jouaient guère de rôle : on ouvrait directement des travaux miniers dès que les affleurements étaient découverts et on se contentait de suivre la minéralisation, ainsi que certaines cassures ou failles considérées comme des fils directeurs. On pouvait donc espérer que, grâce aux progrès récents de la gîtologie, des études géologiques détaillées, tant superficielles que profondes (sondages et anciennes galeries), pourraient démontrer des prolongements insoupçonnés des Anciens, malgré leur "flair de bons mineurs".

Pour toutes ces raisons, il convenait de reprendre, dans une optique moderne, l'étude des vieux travaux dans les zones du domaine du B.R.G.M., à commencer par la compilation de la documentation (dont une partie en langue allemande) et les levés géologiques des ouvrages restés accessibles. Cette étude a été menée effectivement dans le cas des anciennes mines les plus importantes (La-Croix-aux-Mines (88), Lusse (88), Heidenkopf (68)), excepté le vaste réseau souterrain de Sainte-Marie-aux-Mines (68), car celui-ci était en cours d'exploration par une équipe de "Spéléologie Minière" dirigée par P. FLUCK, de l'Institut de Géologie de Strasbourg, et nous étions aimablement tenus au courant de l'avancement des travaux. En anticipant, on peut dire dès maintenant que ces études ont été un échec et on s'est aperçu (notamment à Sainte-Marie-aux-Mines) que les Anciens étaient descendus bien au-dessous du niveau hydrostatique et avaient, d'une façon générale, dépilé entièrement le minerai riche.

Par ailleurs, bien que l'on n'y connaissait apparemment que des gîtes de type filonien, concentrés dans les Vosges méridionales, ainsi que quelques lentilles ou amas pyrométasomatiques dans les Vosges septentrionales (à Framont-Grandfontaine et à Raon-l'Etape), l'importante extension des formations volcano-sédimentaires du Dévono-Dinantien était un facteur a priori favorable, car on pouvait espérer y trouver des amas sulfurés Cu-Zn-Pb-Ag, type habituel de gisement lié à ces formations. Au départ, leur absence apparente n'était pas un facteur absolument défavorable, car les recherches effectuées à la même époque dans le Massif Armoricain, où l'on ne connaissait auparavant que des filons Pb-Zn-Ag, découvraient progressivement une province volcano-sédimentaire dévonienne Pb-Zn-Cu-Ag, restée totalement inconnue. Dans les Vosges malheureusement, on sait maintenant qu'une telle province n'existe pas, malgré le caractère pétrographique favorable du volcanisme ; on peut penser, mais ce n'est qu'une hypothèse, que cette absence est liée à la profondeur de l'érosion.

On pouvait aussi espérer découvrir des gîtes stratiformes dans les bordures et les couvertures gréseuses ou carbonatées, plus particulièrement dans la zone des collines sous-vosgiennes alsaciennes, où les failles, qui peuvent constituer des métallotectes tectoniques, sont particulièrement concentrées. De tels gisements sont certainement plus difficiles à trouver que des filons et ils intéressaient moins les Anciens car, si leurs tonnages peuvent être importants, dépassant souvent le million de tonnes, leurs teneurs sont généralement faibles (3 à 5 % métal seulement) et ils sont relativement plus pauvres en argent. Aussi, avaient-ils été certainement moins recherchés ; toutefois, comme déjà dit, la zone connue la plus favorable à leur présence, celle de Steinbach-Watwiller (68), où ont eu lieu effectivement des découvertes importantes, était du domaine de la SNPA. Dans le même ordre d'idées, on a repris la reconnaissance du secteur mosellan de Saint-Avold-Hargarten-aux-Mines, mais, là aussi, les recherches ont échoué, en raison essentiellement des trop faibles teneurs.

D'autre part, malgré l'importance des anciennes recherches, il n'était pas interdit de penser que la "prospection au marteau" pourrait encore aboutir à de nouvelles découvertes, car celle-ci pouvait maintenant être améliorée par l'emploi de la lampe Mineralight, d'une part, et par l'utilisation de réactifs chimiques de terrains, d'autre part. La première, employée pour la recherche des minéraux fluorescents dans l'ultraviolet (de courte ou grande longueur d'onde), est devenue indispensable pour la prospection de la scheelite ; grâce à elle, on s'est rapidement aperçu que ce minéral, mais il avait été peu recherché auparavant, était très répandu dans tout l'ensemble des Vosges dites hercyniennes, alors que le catalogue des espèces minérales d'Alsace de R. WEIL et M. JAROVOY, paru en 1950, n'en

citait qu'une seule occurrence (celle de la mine de la Chapelle, à Framont). En outre, les travaux concurrents de la SNPA, dans les Vosges méridionales, aboutissaient rapidement à la découverte du gisement de CaWo3 d'Auxelles-Haut (90), gisement qui serait exploitable pro parte et qui présentait un type gîtologique inédit pour la région, ce qui était très encourageant pour poursuivre la prospection du minéral.

Quant aux réactifs chimiques de terrain, il s'agit de réactifs colorimétriques spécifiques des minéraux oxydés de Pb, Zn et Sb, lesquels sont généralement difficilement reconnaissables à l'oeil nu ou à la loupe ; un important gisement de Zn et Cd, situé dans le Tarn et maintenant en exploitation, avait été décelé initialement, dans les années 1960, par la mise en évidence de pyromorphite incolore dans les importants affleurements d'un dyke quartzeux, grâce au réactif plomb "jérôme" (solution faiblement acide de IK donnant, par réaction avec PbO, de l'iodure de plomb jaune d'or) ; dans les Vosges, par contre, ces réactifs n'ont permis de découvrir que quelques indices, tel que celui de Ginfosse, situé près de La-Croix-aux-Mines, mais indépendant de ce dernier gîte.

Grâce à des études méthodologiques sur les concentrations ferrugineuses de surface, entreprises au Service Géologique National dans le cadre d'une action concertée de la DGRST, on disposait maintenant de critères, minéralogiques et chimiques, permettant de faire la distinction entre les "bons chapeaux", résultant de l'oxydation de minerais sulfurés, et les "faux chapeaux" correspondant à des formations ferralitiques. Ces critères permettent, en effet, de déterminer, en milieu non carbonaté, le degré de paléoacidité du milieu de formation, degré lié à la présence et à l'importance d'un stock sulfuré sous-jacent. On pouvait ainsi, dans les années 1970, reétudier les échantillons des filons de fer déjà connus, au moyen d'analyses multi-élémentaires et d'examens métallographiques, pour savoir s'ils représentaient ou non des "chapeaux de fer" de gîtes sulfurés.

Ces études ont été effectuées, d'une part, dans le petit district filonien ferrifère de Schirmeck-Rothau (67), Vosges hercyniennes septentrionales, et, d'autre part, dans le secteur nord extrême des Vosges gréseuses septentrionales, près de la frontière du Palatinat, où se trouvent de nombreuses occurrences ferrugineuses liées au système de la faille vosgienne. Seule, la 2ème région présente des critères positifs et, comme confirmation, il y existait, à Katzenthal (67), une petite exploitation de plomb argentifère datant des années 1820.

Enfin, on pouvait toujours espérer des découvertes fortuites, ce qui devait être le cas général pour les Anciens, et de telles découvertes ont effectivement eu lieu, en ce qui concerne l'indice de Lubine (88) et l'indice Ni-Cu de Thalhorn (68), près d'Oderen.

Les arguments pour entreprendre une prospection générale du Massif des Vosges étant ainsi exprimés, il convenait que cette prospection soit aussi exhaustive que possible et il fallait donc essayer de découvrir non seulement les gîtes affleurants éventuellement restants, qui devaient concerner surtout des éléments peu ou pas recherchés par les Anciens, mais aussi les gîtes subaffleurants, recouverts par des formations superficielles autochtones ou allochtones, ainsi même que les gîtes cachés profonds, à condition que ceux-ci provoquent des "anomalies de fuite" à travers des fractures ou des recouvrements poreux, ou bien présentent des masses suffisantes pour se différencier nettement de leur encaissant (cas des anomalies magnétiques ou gravimétriques, par exemple). Pour réaliser un tel inventaire, il existe heureusement des méthodes de prospection indirectes, qui ont été systématiquement utilisées.

La première de ces méthodes est la prospection alluvionnaire, qui a été effectuée dès le début, en 1969, dans le réseau hydrographique de l'ensemble des Vosges, en excluant toutefois les cours d'eau importants. Il s'agit, comme on le sait, d'une méthode très ancienne, employée surtout autrefois pour la recherche d'or natif, de cassitérite et de diamant. En raison de cette ancienneté, elle est parfois considérée comme archaïque et désuète, mais, si elle est effectuée correctement au point de vue prélèvements et bateyage, elle est en fait très performante. Son domaine d'application le plus favorable est celui des régions pénéplanées, aux formes molles et aux faibles dénivellations (le Massif Armoricain, pour citer un bon exemple), et, au départ, on n'était pas assuré de sa réussite dans une région montagneuse au relief rajeuni. En fait, elle a démontré dans les Vosges une grande efficacité.

Elle est préférentiellement applicable aux minéraux stables dispersés mécaniquement, qui se trouvent dans un état minéralogique identique à celui de leur source, mais elle intéresse aussi les minéraux supergènes des éléments dispersés chimiquement (la pyromorphite, par exemple), ainsi que les espèces réputées fragiles, comme la stibine et la molybdénite. Les seules exceptions notables sont les minéraux d'uranium (qui n'intéressent pas le B.R.G.M.) et les minéraux de manganèse (sans intérêt dans les Vosges). Pratiquement, les prélèvements ont été effectués à une maille environ kilométrique, localement plus petite selon la densité du réseau hydrographique.

Outre qu'elle aurait permis de retrouver facilement la plupart des anciens travaux miniers, à l'exception toutefois de ceux de Charbes (Sb), cette méthode a été le point de départ de nombreuses découvertes concernant l'or natif, la cassitérite, la scheelite, le cinabre, la molybdénite, la fluorine et la barytine. En réalité, et cela est dû largement au fait qu'elle a été utilisé la première, bien avant la prospection multi-éléments (1969 contre 1976) et, pour Ca F_2, avant la prospection hydrogéochimique du fluor (courant 1970), étant donné que, d'autre part, quand les prospections ont été simultanées, ses résultats ont toujours été connus les premiers, toutes les découvertes les plus importantes faites dans les Vosges sont à mettre à l'actif de la prospection alluvionnaire (or natif du Trias de Sainte-Barbe (54) ; fluorine du bassin permien de Saint-Dié (88) ; scheelite de Fauru (68) ; scheelite et cassitérite de Soultzbach-les-Bains (68) ; molybdénite de Breitenbach (67) ; stibine et berthiérite du Rain des Allemands (67) ; or natif du bois d'Apremont (70)). La prospection géochimique multi-éléments et la prospection hydrogéochimique de l'ion F^- n'ont alors servi que de confirmation.

Au total, entre 1969 et 1982, on a effectué 8322 batées, au titre de la prospection alluvionnaire stratégique, réparties comme indiqué sur la carte et le tableau annexés et couvrant une superficie de 9200 km^2 environ. Pour des considérations de titres miniers et de travaux concurrents, on a dû commencer cette prospection dans les Vosges septentrionales et non dans les Vosges méridionales, beaucoup plus intéressantes au point de vue gîtologique.

Dans certaines régions morphologiquement favorables, telles que le Massif Armoricain, la prospection alluvionnaire peut être suivie par une prospection éluvionnaire des versants, qui peut permettre de découvrir la minéralisation en place. Dans les Vosges, où le relief est généralement accusé et les recouvrements allochtones fréquents et épais, cette méthode n'a été utilisée qu'exceptionnellement : dans le vallon du Grossthal, près de Soultzbach-les-Bains (68), pour localiser la cassitérite alluvionnaire du granite de la Furch, et le long du dyke quartzeux du bois d'Apremont (70), pour déterminer s'il était ou non à l'origine des indices d'or du secteur.

Une deuxième méthode indirecte, qui a été utilisée systématiquement depuis la mise en oeuvre de l'Inventaire des ressources minérales du territoire métropolitain, en 1976, est la prospection géochimique multi-éléments, prospection devenue opérationnelle à partir de 1968, en raison de la mise au point, dans les laboratoires du Service Géologique National, de méthodes de dosage des éléments-traces par voie physique et de la saisie automatique des résultats d'analyse pour leur traitement informatique.

Pour la prospection stratégique, c'est la spectrométrie d'émission à plasma conductif qui a été plus particulièrement utilisée et qui a analysé systématiquement les 23 éléments suivants : Fe, Mn, Pb, Zn, Cu, Ni, Ag, Cd, As, Sb, Ba, P, B, Be, Sn, Mo, W, Y, Nb, V, Ni, Co et Cr. Ne manquent guère, comme éléments intéressants, que Au, Hg et F, mais les deux premiers sont bien détectés par la prospection alluvionnaire (or natif, cinabre et amalgame) et le troisième peut être facilement prospecté à part (cf infra).

Pratiquement, sur le terrain, les échantillons ont été collectés dans le réseau hydrographique, dans la mesure du possible, en particulier aux mêmes points que les prélèvements alluvionnaires. Les matériaux prélevés, au lieu des graviers, sont les alluvions fines en lit vif, appelées sédiments de ruisseau ou stream-sediments (terme anglais très employé), alluvions considérées comme représentatives de la totalité ou d'une partie de l'aire de drainage du cours d'eau. En outre, comme les réseaux hydrographiques ne sont pas réguliers, pour avoir une répartition uniforme des prélèvements (2 à 3/km^2), on complète l'échantillonnage des cours d'eau par des prélèvements de sols sur alluvions et de sols pris autant que possible dans des dépressions. Naturellement, comme dans le cas de la prospection alluvionnaire, on évite les collecteurs principaux où les apports minéralisés risquent d'être trop dilués par les apports de cours d'eau stériles. On a, de cette façon, entre 1976 et 1982, effectué 15903 prélèvements, répartis comme indiqué sur le tableau et la carte annexés et couvrant une superficie de 5880 km^{2}environ.

Il est à noter qu'une telle prospection pêche plutôt par hypersensibilité et que, contrairement aux anomalies alluvionnaires, toutes les anomalies géochimiques multi-éléments ne sont pas d'origine purement métallogénique : elles peuvent provenir de pollutions tout à fait étrangères, comme celles dues au traitement du vignoble alsacien qui donne de fortes anomalies non seulement en Cu, mais aussi en Zn et Ag, celles provenant de contaminations par les déblais d'anciens travaux miniers et par les travaux de guerre, d'une façon plus générale par les manifestations de l'activité humaine.

Il existe, en outre, des anomalies formationnelles, dont un exemple est l'anomalie Pb de la forêt de Noire Goutte (carte de REMIREMONT, quart NE) ; cette anomalie, très étendue (15 km^2) et de faible amplitude (80 ppm), s'étend sur des roches granitiques de la région de Rochesson, où eurent lieu des recherches pour uranium de la part du CEA : on peut donc penser que l'anomalie est due à du plomb radiogénique. D'autres anomalies certainement formationnelles, concernant W et Sb, se trouvent dans le Permien des bassins de Ronchamp et de Saint-Dié ; on ignore leur provenance. Pour certains éléments (Cu et Zn essentiellement), on peut

éliminer ces anomalies par un traitement par régression.

Les résultats d'analyses ont été interprétés par la Division de Géochimie Appliquée du Département GMX, le but final devant être la mise en évidence d'anomalies métallogéniques contrastées pour un ou plusieurs éléments, à l'exclusion des anomalies formationnelles et des anomalies provenant de pollutions diverses. Cela nécessite, d'une part, la connaissance préalable des causes de ces pollutions (anciens travaux, vignobles, ...) et, d'autre part, l'utilisation de techniques diverses de traitement des données : calcul des paramètres statistiques élémentaires, établissement d'histogrammes, calcul des coefficients de corrélation, analyse factorielle, visualisation des moyennes mobiles,....En fin de compte, 199 anomalies ont été retenues, dont la liste se trouve dans des tableaux hors-texte. Une seule, celle de Nord Osenbach (carte de NEUF-BRISACH), a donné lieu elle-même à des travaux assez importants atteignant le stade des sondages carottés. Tous les autres sondages (et tranchées) ont été effectués en partant initialement soit d'anciens travaux, soit d'indices alluvionnaires, soit d'anomalies hydrogéochimiques du fluor.

Enfin, comme prospection systématique annexe, a été entreprise, à partir de 1973, une prospection hydrogéochimique du fluor spécifique de la recherche de fluorine ; on sait que celle-ci, étant donné sa densité relativement faible, peut s'échapper du bateyage avec les minéraux légers et, d'autre part, F^- n'est pas l'un des éléments dosés par la spectrométrie. Cette prospection complète donc heureusement les deux premières et les analyses de l'ion F^- dans les eaux, dont les teneurs s'expriment en ppb (mg/t), ont pu être facilement et rapidement réalisées sur place, par un simple aide-prospecteur, au moyen d'un ionomètre Orion à électrode spécifique. Dans ce cas encore, il faut éviter les cours d'eau importants et savoir que les résultats peuvent beaucoup varier suivant les saisons, avant et après les périodes de crues. Malgré ces contraintes, cette prospection a confirmé l'existence du gisement stratiforme de fluorine du bassin permien de Saint-Dié et elle a été à l'origine de la découverte de la structure bréchique fluorifère du Langenberg.

Au titre de la prospection générale et de l'Inventaire, 5096 analyses ont été effectuées entre 1973 et 1981 (cf. tableau annexé). En outre, au titre de diverses prospections tactiques, entre 1970 et 1979, 2116 analyses supplémentaires ont été exécutées (cf tableau annexé), ce qui donne un total de 7212 analyses.

La 2ème phase, après la mise en évidence d'une anomalie stratégique, consiste d'abord en une reconnaissance de terrain, afin de déceler les causes éventuelles de pollution et de déterminer si l'anomalie a bien un caractère métallogénique. Dans ce cas, une première prospection "au marteau" peut amener la découverte rapide du type de minéralisation responsable, qui se trouve soit en place, soit dans des éboulis. Comme exemples, on peut citer la découverte de filets quartzeux à molybdénite dans le granite du Kreuzweg (67), celle de placages de scheelite, pyrite, molybdénite et minéraux de Cu dans les diaclases du granite de Natzwiller (67), celle, enfin, de scheelite grossière dans des filonets de quartz et hématite du granite de la Furch (68), près de Soultzbach-les-Bains.

Le caractère métallogénique étant acquis, ainsi qu'éventuellement le mode de gisement, il reste à trouver la minéralisation en place, ce que ne peut réaliser, du moins dans les Vosges, la simple reconnaissance de terrain. Pour cela, dans une première phase dite semi-stratégique, on peut augmenter la densité des échantillons géochimiques multi-éléments (15 à 20/km^2), resserrer la maille des batées (200 à 250 m) et, éventuellement, pour le fluor, celle des prélèvements hydrogéochimiques. Les analyses géochimiques peuvent encore être multi-éléments, mais, généralement, elles ne sont effectuées que pour les quelques éléments présents dans l'anomalie stratégique.

On a ainsi effectué, au total, 2192 analyses "semi-stratégiques", dont 242 multi-éléments, les autres concernant Pb, Zn, Ag, Cu, W, Sn Sb, Mo et Au. Quant aux prospections alluvionnaires semi-stratégiques, évoluant en prospections tactiques, elles ont nécessité 780 batées, réparties en 36 campagnes différentes et effectuées à partir d'anomalies stratégiques intéressant Au, Hg, F, Cu, Pb, Zn, W, Mo, Sn, Be, Ba, As, Ag, Zn, Ti, Ce et La. Certaines, toutefois, ont été effectuées "directement", pour la recherche d'indices signalés dans la littérature (or natif de Fontenoy-le-Château (88) et cinabre de Fayl-Bilot (53)).

Il est à noter que, dans cette prospection générale des Vosges, on n'a utilisé aucune méthode géophysique au cours de la phase stratégique et, dans la phase tactique, ces méthodes ont été peu employées. Cela ressort essentiellement au nombre restreint des types gîtologiques importants, parmi lesquels prédominent largement les filons. En effet, les prospections gravimétriques sont appliquées généralement à la recherche de coupoles granitiques, de massifs d'ultra-basites ou de gros amas sulfurés ; les méthodes magnétiques concernent principalement les amas de magnétite et pyrrhotite ; enfin, une des méthodes les plus employées, la polarisation spontanée (PS), s'applique à la détection des lentilles sulfurées massives. Ces diverses techniques n'ayant guère de champ d'application ici, on a

seulement employé la résistivité et la prospection électromagnétique VLF (very low frequency), outre un essai d'E-M Turam.

La résistivité (profils, sondages électriques, trainés) a été utilisée, à une époque (1971-73) où la seconde méthode n'était pas encore opérationnelle, dans le champ filonien Ba-F de Faymont (88) et à Xonrupt-Longemer (88), où un sondage de recherche d'eau avait découvert de la fluorine dans le granite, plus tard à Lusse (88) en raison de l'échec de la prospection VLF. Celle-ci a été employée à Bussang-Fresse-sur-Moselle (88), à La-Croix-aux-Mines (88), à Lusse (88), au Bramenstein (68), aux Mousses (88) et aux Grand et Petit Langenberg (68).

Au point de vue géophysique, sauf à Lusse et à La-Croix-aux-Mines, les résultats ont généralement été satisfaisants : de nettes anomalies VLF jalonnent les brèches fluorifères des Mousses et de Langenberg, ainsi que la longue structure cuprifère de Bussang-Fresse-sur-Moselle, tandis qu'un nouveau filon était découvert à Faymont, malheureusement stérile. On peut rappeler que la première méthode a été choisie parce que les filons de barytine et de fluorine comportaient une armature de quartz ; quant à la deuxième, comme on le sait, elle met en évidence les salbandes ou les altérations hydrothermales des épontes.

Si les prospections géophysiques ont été rares, les prospections géochimiques tactiques ont été, elles, très nombreuses. Elles ont été effectuées soit à la suite de la découverte d'anomalies stratégiques (géochimiques ou alluvionnaires), soit pour rechercher les prolongements de minéralisations déjà explorées ou de nouveaux gîtes au voisinage des anciens. Elles ont nécessité le prélèvement de 11599 échantillons, au cours de 58 campagnes différentes, intéressant les éléments suivants (seuls ou groupés par 2, 3 ou 4) : Ag, As, Au, Cu, F, Ag, Mo, Pb, Sb, Sn et W.

Leurs résultats ont été souvent "positifs", en ce sens qu'elles ont abouti à la mise en évidence d'anomalies bien différenciées, permettant de poursuivre la reconnaissance au moyen de tranchées et/ou de sondages. Comme exemples, on peut citer : l'anomalie Mo de la ferme Hirra, dans le granite du Kreuzweg (67) ; l'anomalie W de Fauru (68) ; l'anomalie Pb-Zn du Waldacker, à Osenbach (68) ; les anomalies Pb, Sb et Zn du Rain des Allemands (67) ; les anomalies Sn et W de Soultzbach-les-Bains (68). Dans tous ces exemples, il s'agit de minéralisations nouvelles, certaines d'un type jusqu'alors inconnu dans les Vosges (stockwerk à molybdénite de Breitenbach, greisens à cassitérite de Soultzbach).

Pour en terminer avec les prospections géochimiques, il convient de signaler deux prospections stratégiques effectuées pour le seul élément F. La première (523 échantillons) a été effectuée en 1970, époque où la recherche de fluorine connut une brusque expansion, dans un vaste secteur des Vosges méridionales ; mais, en raison de la demande du PER de Clairegoutte par la SECME, cette reconnaissance n'a pu être poursuivie. La seconde (128 échantillons) a été effectuée en 1981, dans le secteur Ibigny (57) où l'on connaissait des anomalies étendues alluvionnaire et hydrogéochimique.

Quand il convient de poursuivre la reconnaissance, après la prospection géochimique tactique ou la prospection géophysique, ou simplement après la découverte d'affleurements minéralisés, on peut immédiatement effectuer des sondages (destructifs ou carottés), mais, dans certains cas, il est préférable et prudent d'effectuer auparavant des tranchées. Dans les Vosges, de telles tranchées ont été creusées : pour échantillonner les carbonates fluorifères du bassin permien de Saint-Dié (88), particulièrement dans un secteur sélectionné (celui de La-Culotte-les-Raids de Robache-Hédibu) ; pour jalonner les affleurements du filon de fluorine sis au lieu-dit "Les Angles", près de Faymont (88) ; pour reconnaître les prolongements du filon quartzeux des Trémeures (88), minéralisé en fluorine, galène et pyromorphite ; pour reconnaître les anomalies géochimiques Hg du Hang ou Han (67) ; pour reconnaître, sur la croupe de la cote 662, près de Lubine (88), des filonets d'hématite, ferbérite et scheelite ; pour jalonner les affleurements de filons et filonets Ba-F sillonnant le Bramenstein, près de Sewen (68) ; enfin, pour reconnaître les anomalies géochimiques suivantes : anomalie W de Fauru (68), anomalies W-Sn de Soultzbach-les-Bains (68) ; anomalie Pb-Zn du Waldacker, près d'Osenbach (68), et, enfin, anomalie Au du Bois d'Apremont, près de Chagey (70). Le volume excavé total de ces tranchées à été de 1431 m^3.

Elles ont généralement fourni des renseignements importants. Celles du bassin permien de Saint-Dié ont montré, de façon irréfutable, l'irrégularité du gisement de fluorine et ses faibles teneurs, ce qui a permis d'abandonner rapidement la reconnaissance, malgré l'importance de l'enjeu. Celles du filon de fluorine "aux Angles" ont montré que ce filon n'était qu'une lentille de faible tonnage, ce qui a été confirmé par un sondage "marteau fond du trou". Celles des Tremeures ont dévoilé que, comme dans l'affleurement de la carrière de l'étang, le filon était presque uniquement quartzeux, fluorine et minéraux de plomb n'y constituant que des traces, et par conséquent dénué de tout intérêt économique.

Les deux tranchées du Hang, elles, ont montré que le cinabre ne formait que de faibles indices, sous forme de remplissages dispersés de minces fissures traversant le Permien ; il était donc superflu d'y exécuter des sondages. Celles de Breitenbach n'ont dévoilé qu'une faible minéralisation en molybdénite, accompagnée toutefois d'une anomalie générale dans le granite ; elles n'ont pas incité, il convient de l'avouer, à poursuivre immédiatement la reconnaissance. Avec les connaissances actuelles, on sait maintenant que l'anomalie Mo était une "anomalie de fuite", axée sur un dyke de lamprophyre traversé par les tranchées, ne donnant évidemment pas l'"image" d'un gisement porphyrique. D'autre part, sur une tranche épaisse de 30 à 40 m, MoS_2 est lessivée, sans qu'il y existe pour autant des minéraux oxydés. Ainsi, à Breitenbach, et c'est une exception, les tranchées n'ont pas éclairci le problème.

Par contre, celles de Lubine ont bien mis en évidence le mode de gisement général du tungstène et elles ont permis d'implanter au mieux les sondages d'exploration en profondeur. Au Bramenstein, les tranchées ont permis de suivre les affleurements des filons et filonets Ba-F du secteur et de constater que ceux-ci étaient irréguliers et minces, inframétriques, ce qui n'a pas incité à entreprendre leur reconnaissance en profondeur. A Fauru, par contre, la présence étendue de scheelite, quoiqu'à faible teneur, a justifié l'exécution de sondages qui ont montré qu'il existait là au moins un gros indice. Les tranchées de Soultzbach-les-Bains, notamment celles de Bilsteckle, ont montré que la cassitérite se trouvait seulement dans des "bouffées" de greisen, à de faibles teneurs, et qu'il était donc inutile de la reconnaître en profondeur. A Osenbach, l'hypothèse d'une "anomalie de fuite" a été confirmée et, enfin, au bois d'Apremont, il a été démontré que l'indice aurifère n'était guère qu'une "curiosité minéralogique".

En outre des tranchées, des puits de prospection (11 puits : 64,20 m : 84,54 m^3) ont été creusés dans un prospect particulier, celui de Sainte-Barbe (54), pour échantillonner des grès vosgiens faiblement aurifères. Dans la même région, on a échantillonné (510 m^3), également pour Au, les alluvions du ruisseau Monseigneur (88).

Enfin, la dernière phase de travaux a été celle de l'exécution de sondages puisque, dans les Vosges, aucun sujet n'est arrivé au stade des travaux miniers. Ces sondages ont été effectués, d'une part, pour reconnaître les anomalies géochimiques, plus rarement géophysiques, mises en évidence par les prospections précédentes, d'autre part pour rechercher les prolongements éventuels, en aval-pendage ou latéralement, de minéralisations déjà explorées ou exploitées. Généralement, il s'est agi de forages carottés, car les avantages des forages

destructifs étaient atténués dans ce massif montagneux, alors que leurs inconvénients subsistaient.

On a, toutefois, effectué quelques campagnes de sondages waggon-drill (3520,80 m) et de sondages Stenwick ou "marteau fond du trou" (1984,20 m). Ces derniers ont été utilisés à Faymont (88), à Mont-de-Vannes (70), aux Trémeures (88) et à Heidenkopf (68), tandis que les premiers ont été employés au Rain des Allemands (67), à La-Croix-aux-Mines (88) et à Lusse (88).

Les sondages Stenwick de Faymont ont permis de jalonner le filon de fluorine du Bas d'Hérival sur une longueur de 850 m, sans que l'on sache toutefois si la minéralisation y présentait des teneurs économiques ; ils ont mis en évidence un "nouveau filon de fluorine", qui s'est avéré être en fait un ensemble de filonets, et ils ont montré que la lentille du lieu-dit "aux Angles" disparaissait rapidement en profondeur. Il en était de même de celle de Mont-de-Vannes (fluorine et sulfures), coincée à une profondeur inférieure à 80 m, ainsi que du filon pauvre Pb-F des Trémeures. Au Heidenkopf, le "filon horizontal" de E. SCHNAEBELE, minéralisé en plomb, a été traversé sur une grande épaisseur, ce qui justifiait l'exécution postérieure de sondages carottés.

Quant aux forages waggon-drill, leurs résultats ont été les suivants : au Rain des Allemands, la campagne a dû être arrêtée en raison de l'absence de récupération inhérente à la nature schisteuse des roches encaissantes. Le granite du Kreuzweg, exploré dans la totalité de ses affleurements, a montré une anomalie générale en Mo, correspondant bien au type porphyrique de la minéralisation, avec une concentration relative dans le secteur de la ferme Hirra, celui où ont été exécutés la plupart des travaux ; mais, il serait imprudent d'affirmer que ce secteur est bien le plus "riche" en MoS_2, en se basant sur les seules analyses de cuttings superficiels. A La-Croix-aux-Mines et à Lusse, aucune minéralisation n'a été décelée sur les prolongements latéraux des anciennes exploitations, ce qui a été confirmé par des sondages carottés.

Ces derniers ont fait l'objet de campagnes plus importantes et on peut les grouper en deux catégories : sondages courts, effectués par une équipe de la Mission, et sondages longs. Les premiers comprennent des sondages Winkie et des sondages Sprague et Henwood, tandis que les seconds ont été effectués soit par le B.R.G.M., soit par la C.F.F.M., soit par la SEERS de Nantes (La-Croix-aux-Mines).

Les sondages Winkie (252,59 m) ont été exécutés les premiers, en 1971, à Mont-de-Vannes (70), Faymont (88), Sickert (68) et Brandeskopf (68). A Faymont, ils ont traversé le puissant filon de fluorine, de part et d'autre des anciens travaux, et ils ont montré la persistance du phénomène de dissolution de cette fluorine. A Mont-de-Vannes, le sondage MV_1 a montré un renflement de la lentille principale en aval-pendage des anciens dépilages, ce qui a justifié une reconnaissance en profondeur par un forage Stenwick. A Sickert, on n'a pas retrouvé les teneurs en plomb signalées (+ 4 %), mais seulement un stockwerk de fissures dans les schistes et grauwackes viséens, dont certaines renfermaient des traces de galène, azurite, malachite et limonite. Au Brandeskopf enfin, la grosse lentille de barytine (et fluorine), objet des travaux de recherches, montrait un net amincissement à une profondeur de 20 m seulement ; les travaux y furent définitivement abandonnés, ainsi d'ailleurs que ceux de Sickert.

Les sondages Sprague et Henwood (1881,90 m) ont été effectués à Lusse (88), Lubine (88), Charbes (67), granite du Kreuzweg (67), La-Croix-aux-Mines (88), Attigny (88), Les Mousses (88), Soultzbach-les-Bains (68), Grand Langenberg (68), Osenbach (68) et Fauru (68).

A Lusse, ils ont permis, par le repérage des vides de galeries, de connaître le trajet exact du filon-faille et ils ont montré, les premiers, le coincement de ce filon dans la direction du NW. A Lubine, ceux effectués pour reconnaître la minéralisation en cuivre des vieux travaux ont montré que celle-ci ne constituait que de petites lentilles à faibles teneurs, tandis que ceux exécutés pour explorer la minéralisation tungstifère récemment découverte ont mis en évidence son coincement rapide en profondeur et sa dispersion, donc son absence d'intérêt économique. A Charbes, des sondages courts ont découvert de nouvelles minéralisations antimonifères dans le secteur du "Trou du Loup", qui, bien que faibles, justifiaient une poursuite de l'exploration par sondages longs dans la zone de l'anomalie géochimique.

Dans le granite du Kreuzweg, ce sont les sondages Sprague et Henwood exécutés en 1978, près de la ferme Hirra qui ont montré que le gisement de MoS_2 était un stockwerk de type porphyrique, ce qui allait entraîner l'exécution de nombreux forages supplémentaires. A La-Croix-aux-Mines, ces sondages, de même que les sondages longs ultérieurs, n'ont pas retrouvé le passage du "gros filon" sur la rive gauche de la Morte, dans un quartier (Saint-Joseph) où pourtant la littérature signale son existence. A Attigny, il s'agissait de la reconnaissance de calcaires du Muschelkalk présumés fluorifères ; les résultats ont été négatifs et la reconnaissance a été arrêtée après un seul forage.

Aux Mousses, les sondages Sprague et Henwood ont bien recoupé la formation bréchique fluorifère jalonnée par une nette anomalie VLF ; mais, en dehors du secteur des anciens travaux, cette structure est pratiquement uniquement quartzeuse. Au Grand Langenberg, où la situation géologique est analogue (brèche quartzo-fluorée bien marquée par une anomalie VLF), quelques passées de fluorine ont justifié l'exécution de sondages plus profonds. A Soultzbach-les-Bains, les deux forages effectués ont été apparemment suffisants, avec les tranchées, pour démontrer que l'indice n'avait pas d'intérêt économique. A Fauru, les trois sondages exécutés en 1982-83 ont trouvé suffisamment de scheelite pour justifier l'exécution d'un sondage plus long. Enfin, au Waldacker, près d'Osenbach, le sondage de 1982 a été négatif, mais il ne permet pas de conclure de façon certaine.

Les sondages carottés longs (8299,78 m), constituant la dernière phase de la recherche, ont été exécutés à Faymont (88), au Heidenkopf (68), à La-Croix-aux-Mines (88), dans le granite du Kreuzweg (68), à Charbes (67), à Lusse (88), au Rain des Allemands (67), à Katzenthal (67), à Fauru (68), au Langenberg (68), enfin à Laudrefang (57), dans le bombement de Saint-Avold de l'anticlinal sarro-lorrain.

A Faymont, plusieurs résultats ont été obtenus : le filon de fluorine du bois de La Vêche conserve une grande épaisseur (15 à 18 m) sur tout le tronçon exploré, mais, à part une courte longueur (30 à 35 m) correspondant aux anciens travaux, la bande de fluorine du toit est largement dissoute et remplacée par un "squelette siliceux" ; le "nouveau filon de fluorine" des sondages Stenwick n'existe pas : il s'agit seulement d'un ensemble de filonets ; le filon de la Poudrière, signalé par une anomalie de résistivité, est uniquement quartzeux, avec traces d'oxydes de fer ; enfin, le filon de barytine, objet principal de l'exploitation, ne présente pas de prolongements latéraux intéressants, en raison de la silicification de sa caisse, mais, par contre, il a été retrouvé à 70 m au-dessous du niveau inférieur, avec une épaisseur accrue (3 m) et une augmentation de sa teneur en CaF_2 ; toutefois, ce filon n'étant pas l'objet de la reconnaissance, son exploration en profondeur n'a pas été poursuivie.

Au Heidenkopf, le puissant "filon horizontal" de E. SCHNAEBELE s'est avéré être une bande bréchique épaisse, sillonnée par des filets de carbonates et quartz, dont quelques-uns renferment des traces de galène, blende et barytine ; les teneurs en Pb ne dépassent pas 0,5 % et, en conséquence, le sujet a été classé "sans intérêt". A La-Croix-aux-Mines, les deux premiers sondages, effectués en 1975, ont montré que la minéralisation se poursuivait loin en profondeur, au moins jusqu'à 330 m (190 m au-dessous des travaux les plus bas), mais sous une forme non

économique ; les sondages ultérieurs n'ont pas découvert de prolongements latéraux minéralisés et ils ont dévoilé le fait que les Anciens avaient dépilé tout le minerai, dans l'emprise de leurs travaux.

Dans le granite du Kreuzweg, les sondages longs ont confirmé la découverte des premiers sondages courts : existence d'un gisement de MoS_2 de type porphyrique, et ils ont montré, en outre, que ce gisement s'étendait à l'ensemble du granite. A Charbes, une autre petite lentille de stibine et berthiérite a été découverte dans le secteur du "Trou du Loup" et, au Rain des Allemands, région voisine dans les mêmes formations géologiques, on a seulement découvert des traces de minéraux de Sb, bien qu'il y existât de nettes anomalies géochimiques. A Lusse, les sondages ont montré que le minerai abandonné par les Anciens était certainement inférieur à 50.000 t. A Katzenthal, on a bien trouvé une minéralisation Pb-Zn associée à la faille vosgienne, au-dessous des vieux travaux pour Fe et Pb, mais une minéralisation infra-économique.

A Fauru, le sondage long a retrouvé des passées scheelitifères, mais on ne peut le considérer comme positif ; toutefois, on ne peut pas conclure de façon définitive, car l'exploration est restée limitée à un petit secteur et le problème de recherche peut être étendu à la bordure du granite voisin du Brézouard. Au Langenberg, les sondages ont seulement mis en évidence une minéralisation fluorée lenticulaire discontinue, de puissance infra-métrique, dont les potentialités limitées n'ont pas justifié une poursuite de la reconnaissance. Enfin, à Laudrefang, secteur de Saint-Avold, les forages ont retrouvé la minéralisation Pb signalée dans un ancien sondage de recherche de houille, encaissée dans le niveau porteur régional (couches intermédiaires du Buntsandstein supérieur), mais trop lenticulaire et trop pauvre pour constituer un gisement.

En ce qui concerne les anciens travaux, on a commencé par compiler et étudier toute la documentation disponible, dont une partie en langue allemande pour les territoires alsacien et mosellan. Ces documents étaient de valeur très inégale : certaines descriptions restaient très sommaires et ne comportaient pas de plans (exemple de Lusse) ; d'autres, au contraire, étaient surabondantes (exemple de La-Croix-aux-Mines), étant par là-même parfois contradictoires ; d'une façon générale, en outre, même dans les temps modernes, elles étaient rédigées par les exploitants et non par des géologues miniers. Ainsi, pour "rétablir la vérité", a-t-on effectué les levés géologiques de tous les ouvrages encore accessibles, levés accompagnés d'études minéralogiques sur des échantillons récoltés souvent sur les haldes. Ces simples études, en particulier celles des sections polies, effectuées par P. PICOT et C. LAFORET, au Laboratoire de Minéralogie du SGN, ont permis

d'augmenter considérablement le nombre des espèces connues, plus particulièrement en ce qui concerne les inclusions microscopiques ; cette connaissance aurait eu un intérêt certain dans le cas d'essais minéralurgiques.

En fin de compte, le réexamen des anciens travaux ne peut être considéré comme entièrement satisfaisant, étant donné le grand nombre d'ouvrages inaccessibles que l'on n'a pas réouverts. D'une façon quelque peu arbitraire, en se basant sur la documentation et sur les levés géologiques partiels, on a effectué des travaux de reconnaissance importants (prospections géochimiques et géophysiques, sondages destructifs et carottés) sur les gisements suivants, déjà mentionnés : La-Croix-aux-Mines (88), Lubine Cu (88), Mont-de-Vannes (70), Heidenkopf (68), Faymont (88) et Les Mousses (88). On n'a rien fait sur le gisement le plus célèbre, celui de Sainte-Marie-aux-Mines, car ses innombrables vieux travaux, réouverts par une équipe locale de "spéléologie minière", montraient l'épuisement total du minerai par les Anciens. On n'a évidemment pas non plus réétudié les gîtes qui se trouvaient dans des territoires couverts par des titres miniers, en particulier l'important groupe Pb-Zn-Cu-Ag de Giromagny (90) - Auxelles (90) - Plancher-les-Mines (70) et le groupe Mo-Cu de Château-Lambert (70) - le Thillot (88) - Les Oeillets (90).

Pour en terminer avec les travaux et méthodes, présentés de façon statistique dans des tableaux annexés, il convient de citer la photogéologie et l'étude des images spatiales, techniques très en vogue qui avaient donné de bons résultats sur les filons de fluorine d'une région voisine : le Morvan. Dans les Vosges, par contre, sans doute en raison de l'étendue du manteau forestier et des recouvrements glaciaires, la photogéologie s'est révélé infructueuse : elle n'a pas permis, par exemple, de tracer l'affleurement du grand dyke siliceux de Faymont, ni permis de tracer le trajet du faisceau de la faille vosgienne, dans les Vosges gréseuses septentrionales. Aussi, n'a-t-elle pas été utilisée directement à des fins minières, ayant servi par contre au levé des cartes géologiques.

Tous les travaux énumérés ci-dessus ont amené la découverte d'un nombre important d'indices nouveaux, parmi lesquels des indices d'un type jusqu'alors inconnu, et ils ont augmenté considérablement le potentiel métallogénique des Vosges en diversifiant la "palette" de ses minéralisations. Il est certain que, toutes considérations économiques mises à part, deux cartes métallogéniques réalisées l'une avant les travaux de la Mission Vosges-Alsace du B.R.G.M. et l'autre après, seraient très dissemblables. Pour être équitable, il convient de mentionner que les travaux contemporains de la SNPA, puis de la SNEA (P), ont également contribué à cette mise à jour de la métallogénie vosgienne.

Parmi les découvertes, les plus intéressantes sont les suivantes :

- en premier lieu, présence d'un gîte porphyrique de Mo ou, si l'on préfère, d'un stockwerk à MoS_2, dans le granite du Kreuzweg (67), dans les Vosges septentrionales : premier gîte de ce type trouvé en France, il présente certains caractères particuliers, différents de ceux des porphyres classiques au point de vue pétrographie et altérations hydrothermales, caractères pouvant être défavorables en ce qui concerne les teneurs en MoS_2 ; néanmoins, sa reconnaissance sera poursuivie dans le cadre d'un Permis exclusif de Recherches (en cours d'instruction) et il est l'objet d'une thèse (Geldron) au G.I.S.,
- présence très répandue de scheelite dans les Vosges dites hercyniennes, tant dans les granites (diaclases, filonnets et filons de quartz avec oxydes de Fe ou oxydes de Mn) que dans les gneiss (réseau de filets et filonnets) et dans le volcano-sédimentaire (skarns et remplissages fissuraux) ; considéré autrefois comme une rareté, le minéral est, en fait, très fréquent et il peut former quelques concentrations, dont la plus ancienne connue est celle des skarns de Grandfontaine (67), étudiés par le B.R.G.M. en 1961 ; la plus importante est certainement celle d'Auxelles-Haut (90), découverte par la SNPA, qui est morphologiquement un stockwerk dans un microgranite silicifié et qui présenterait pro parte un caractère économique (demande en cours d'une concession ou d'un permis d'exploitation*) ; quant aux travaux B.R.G.M. de 1969-1983,leur découverte principale est celle de l'indice de Fauru (68) (filets de scheelite avec ou non fluorine, dans les gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines), avec possibilités d'existence d''autres indices du même type (notamment à Haute-Merlusse (88), dans des gneiss à grenat et cordiérite),
- présence d'un indice original de ferbérite (avec scheelite), près de Lubine (88) ; si la wolframite, essentiellement de la ferbérite, reste très rare, au contraire de la scheelite, elle présente toutefois une occurrence singulière dans les mylonites et blasto-mylonites du chevauchement de la suture de Lalaye-Lubine ; dans cette occurrence, entièrement oxydée, l'hématite associée à la ferbérite

* On a appris, après la rédaction, l'institution d'une concession du Hautot, en date du 7 Septembre 1984, pour mines de tungstène et métaux connexes.

montre des structures énigmatiques, d'aspect organique, dont l'origine n'a pas encore pu être élucidée,

- découverte d'un gisement stratiforme de fluorine dans le bassin permien de Saint-Dié (88) ; ce gisement, de très gros tonnage (3.10^6 tonnes environ de $Ca F_2$) mais de très faible teneur moyenne (4 à 5 % seulement), se trouve en liaison génétique probable avec le volcanisme acide permien et il est encaissé dans des lentilles carbonatées du Thuringien (dolomies et calcaires-reliques) d'origine continentale-lagunaire, ce qui lui donne un cachet particulier,
- découverte, pour la première fois en France, d'un petit indice Ni-Cu ; cet indice se trouve dans un banc de serpentinite appartenant au lambeau de charriage de Thalhorn, près d'Oderen (68), ce lambeau étant un élément de la "ligne des klippes",
- découverte de cinabre, minéral quasi inconnu dans les Vosges auparavant (une seule occurrence signalée par A. LACROIX, dans les mines de Giromagny) ; il présente une concentration particulière dans la haute vallée de la Bruche, près du Hang ou Han (67), et, dans ce cas, il se trouve dans de minces cassures traversant l'Autunien, ce qui rapproche cette occurrence (non économique) des gîtes décrits dans le Permien du Palatinat ; par ailleurs, le minéral est relativement fréquent dans les fonds de batées, associé à de l'or natif et parfois à de l'amalgame (région d'Obernai, par exemple) ; dans ce cas, il dérive probablement de l'or, qui serait argentifère et mercurifère, comme cela avait déjà été signalé outre-Rhin,
- découvertes de cassitérite, minéral jusqu'alors inconnu dans les Vosges ; la première eut lieu dans le vallon de Bornichon (67), près de Barembach, où l'on trouva de la cassitérite disséminée dans le granite du Kagenfels ; le minéral fut ensuite découvert en provenance du granite de Kintzheim (68) et, plus tard, dans des passées greisenisées du granite de la Furch, près de Soultzbach-les-Bains (68) ; enfin, comme l'or natif, il appartient au cortège des minéraux lourds des grès vosgiens ; il est, somme toute, assez fréquent mais toujours en faibles quantités,
- présence d'or natif dans les grès vosgiens, toutefois avec de très faibles teneurs ; étudié dans la forêt de Sainte-Barbe (54), cet or ne se trouverait pas dans les conglomérats ou dans les grès "à dragées", mais dans des bancs de grès fins,
- découverte d'or hercynien, dont la présence était très douteuse, dans le bois d'Apremont (70), près de Chagey ; le minéral, d'origine secondaire probable, se trouve dans un dyke de brèche volcanique

traversant le Viséen ; auparavant, on avait découvert de l'électrum dans la lentille du Lac des Perches (As, Cu),

- présence de niobotantalates, première occurrence signalée, provenant très probablement des pegmatites de la région de Saint-Nabord (88) connues pour leur béryl et leur tourmaline,
- découverte, à partir de la prospection hydrogéochimique du fluor, d'une longue structure bréchique minéralisée en fluorine, celle du Langenberg (68), pouvant a priori renfermer un gisement.

IV

DESCRIPTION DETAILLEE DES MINERALISATIONS

CHAPITRE 4

DESCRIPTION DETAILLEE DES MINERALISATIONS*

******

1 - VOSGES SEPTENTRIONALES

1.1 - PLUTONITES

Avant 1969, dans les plutonites des Vosges septentrionales, un seul gisement de quelque importance était connu : celui des filons de fer de la région de Rothau (67). Deux petits indices de galène, à gangue de quartz et de barytine, se trouvaient dans deux filons isolés, à Grendelbruch (67) et à Moorsbach 67) et un indice d'oxydes de Mn, sous forme de filonnets, à Grandrupt (88). Dans la grotte des Partisans (ancien travail minier situé à 1 km à l'ESE de Rothau), une lentille de pegmatite, aujourd'hui disparue, qui traversait une minette micacée, renfermait, d'après BÜCKING (1918), de la fluorine, de la molybdénite, de la scheelite et du béryl abondant. Ce dernier minéral aurait été également découvert non loin de là, au lieu-dit Les Roches Blanches (67) (communication orale de R. WEIL, Laboratoire de Minéralogie de Strasbourg), mais cet indice a également disparu. Enfin, on connaissait quelques filets de quartz à chalcopyrite et molybdénite dans le granite de Natzwiller (67), notamment près du village de Neuwiller.

Rapidement, dès 1969, la prospection alluvionnaire indiquait la présence de scheelite (avec wolframite très subordonnée) dans ce dernier granite et le minéral y fut découvert, en particulier dans le secteur de la Baraque des Boeufs, tapissant des diaclases et associé ou non à de la pyrite. Des prospections ultérieures amènent la découverte de nouveaux indices de Cu et Mo, mais sans valeur économique, et, en 1970, on trouvait dans le vallon de Bornichon, près de Barembach (67), pour la première fois dans les Vosges, de la cassitérite qui était disséminée dans le filon de granite du Kagenfels. Plus tard, en 1972, une batée renfermant de la molybdénite allait être à l'origine de la plus importante découverte : celle du stockwerk à molybdénite du granite du Kreuzweg (67).

---

* Les minéralisations décrites sont classées suivant leurs appartenances aux différentes unités géologiques du chapitre 1.

1.1.1 - Filons de fer de Rothau - Carte à 1/50 000 de Molsheim

Les premières exploitations du fer de Rothau, de date incertaine, remonteraient au XVIème siècle, d'après de DIETRICH (1789), époque à laquelle existait un haut-fourneau à Rothau. Mais, comme dans les autres mines des Vosges, les travaux ralentirent à la fin de ce siècle et ils cessèrent au début du XVIIème, par suite des troubles de la Guerre de Trente Ans. Ils avaient été effectués dans le cadre de deux concessions : celle de Rothau et celle de Bannwald (ou Banbois).

L'exploitation reprit au XVIIIème siècle, les mines étant la propriété de la famille de DIETRICH, à partir de 1771. Le fer de ces mines jouissait d'une excellente réputation et il était employé, de préférence à tout autre, dans les arsenaux royaux et dans les manufactures d'armes d'Alsace. Mais, les exploitations des concessions de Framont et de l'Evêché, toutes proches, menaçaient de surpasser celles de Rothau et les quatre concessions furent groupées, au début du XIXe siècle, entre les mains d'un certain M.de CHAMPY. Elles périclitèrent en 1870, quand l'Alsace devint allemande.

Les principaux filons et alignements de filons, encaissés dans le granite de Fouday, à l'est, au sud-est et au sud de Rothau, sont au nombre de sept :

- filon de Bannwald ou de Banbois,
- filon des Hussards ou des Houzzards,
- filon du Chênot-Voëte Basse-Wildersbach,
- filon de Remiancôte ou de Rémiangoutte-Saint-Nicolas,
- filon de Minguette,
- filon de Fingoutte-Bas Bacpré-Lumpenmatt,
- filon du Haut-Bacpré.

1. Filon de Bannwald ou Banbois. Ce filon, sur lequel est ouverte l'amorce de galerie appelée "grotte des Partisans", est dirigé NE-SW, avec un pendage NW de 60°, et son épaisseur totale peut atteindre 1,50 m. Il a été exploré sur une longueur de 30 à 40 m et une hauteur de 60 m et les travaux, repris à 3 niveaux, entre 1818 et 1848, ont fourni 1200 tonnes pendant cette reprise. Les travaux inférieurs avaient été tracés au stérile.

Le mur était formé par le granite, minéralisé au contact de la caisse (veinules anostomosées et imprégnations), tandis que le toit était constitué par un filon de "minette" (lamprophyre à biotite), qui pouvait renfermer localement une

minéralisation abondante entre les lits de micas : pyrite, oligiste, magnétite et chalcopyrite ; la pyrite, remplacée partiellement par de l'hématite, était la plus fréquente et la magnétite pouvait être martitisée. Au contact, cette minette était "digérée" par les venues hydrothermales et l'apport massif de sulfures, oxydes, tourmaline et quartz, avait produit une roche mélanocrate dense parcourue de veines quartzo-feldspathiques.

La minéralisation du filon lui-même, observable sur les petites haldes, est constituée essentiellement par de la magnétite, parfois automorphe et partiellement martitisée, sur les agrégats de laquelle est moulée de la pyrite xénomorphe abondante. Cette pyrite présente des traces de pyrrhotite résiduelle et des inclusions de chalcopyrite avec lamelles de cubanite, ainsi que de micro-inclusions (2 à 3 m) d'un tellurure. Quelques lamelles de molybdénite se trouvent dans les oxydes ou dans la gangue quartzeuse.

Dans la "grotte des Partisans", recoupant la minette, une pegmatite à adulaire et fluorine, aujourd'hui disparue, renfermait de la molybdénite, de la scheelite et des cristaux abondants de béryl.

A 200 mètres à l'est, se trouve un deuxième filon de fer, parallèle, et à 100 mètres à l'ouest, un filon de quartz métrique faiblement moucheté de malachite.

2. Filon des Hussards ou des Houzzards. Ce filon prolonge apparemment vers le SW le filon de Bannwald, de l'autre côté de la Rothaine ; il présente un pendage NW de 50° à 60° et sa puissance peut atteindre 1 m. Exploité anciennement, il fut repris sans succès vers la fin du XVIIIème siècle. Dans la partie SW, les travaux de Coutelle (ou Cotelle) avaient exploré une veine puissante de 45 cm, correspondant au même filon selon certains, à un filon séparé selon de DIETRICH. Par ailleurs, cet auteur signale une bande de minette, qu'il appelle mauvais "émeril", au toit du filon des Hussards, et une bande au mur de la veine de Coutelle, qui serait bien distincte.

La minéralisation, bréchique, est constituée par un réseau de veines et plages englobant des fragments silicifiés de granite. Elle est formée essentiellement par de la magnétite en cours de martitisation et une association zonaire d'hématite et goethite, formée par remplacement de la pyrite dont il ne subsiste que quelques reliques. Cette minéralisation est beaucoup plus riche en magnétite que celle du précédent filon.

3. Filon du Chênot-Voëte Basse-Wildersbach. Il s'agit d'un alignement long de 2 km environ, dirigé NE-SW à ENE-WSW, dont les éléments présentent un pendage NW et une épaisseur variable entre 0,50 m et 1 m. Au SW, la mine du Chênot de Minguette aurait exploré deux veines irrégulières, dont l'une épaisse de 60 cm, encaissées dans du granite altéré friable, tandis qu'à Wildersbach, au NE, le gisement était constitué par un ensemble de veinules centimétriques, dont les plus puissantes atteignaient 30 cm ; leurs épontes étaient formées par du granite sableux ou de la minette. Ces derniers travaux avaient produit 14 tonnes, lors de la reprise de 1836-38, tandis que la mine de Voëte Basse, dans la partie centrale, avait fourni 130 tonnes, sur un allongement de 51 m, lors de sa dernière période d'exploitation, entre 1835 et 1842.

La minéralisation, également bréchique, était constituée surtout par de l'oligiste renfermant des restes de magnétite et par de la magnétite martitisée seulement en bordure. De gros cristaux de pyrite étaient remplacés par de l'hématite et il existait certainement, en outre, de l'oligiste primaire. Dans la partie NE (Wildersbach), la paragenèse aurait comporté, en plus, de la sidérite et probablement de la ranciévite. Une analyse très ancienne du minerai massif avait donné 81,5 % oxydes de fer total.

4. Filon de Remiancôte ou Rémiangoutte-Saint-Nicolas. Situé à 300 m au nord du filon de Wildersbach, le filon de Remiancôte, dirigé ENE-WSW à E-W, était un filon très mince (0,15 m en moyenne), encaissé dans du granite et du microgranite ; il était associé, au mur, à un filon de minette, tandis que le granite du toit était imprégné de pyrite. A la mine de Remiancôte, riche en pyrite, le minerai, exploité sur une longueur de 100 m environ, montrait une puissance variable entre 15 cm et 45 cm. A la mine de la Pierre-Taillée, dans le vallon de Saint-Nicolas, le filon principal pouvait atteindre une épaisseur de 45 cm, mais, au moment de l'abandon, en 1819, il était réduit à un filet argileux. Exploré sur une longeur de 115 m et une hauteur de 20 m, il a produit 75 tonnes au XIXème siècle.

La minéralisation est essentiellement formée, d'une part, par de grandes plages d'oligiste, associées intimement à du quartz et renfermant des reliques de magnétite, d'autre part par des cristaux de cette dernière seulement, cernés par un liseré d'hématite. Il existe, en outre, de la pyrite assez abondante, qui peut être transformée en hématite et goethite colloformes. Accessoirement, quelques mouches de chalcopyrite sont disséminées dans la gangue.

5. Filon de Minguette. Ce filon, exploré sur une hauteur de 30 m, se trouve à 200 m au nord du précédent ; sa direction est parallèle, avec un pendage NNW de 80°. L'épaisseur pouvait atteindre 90 cm, mais le minerai était généralement très pyriteux. Au cours de la dernière reprise, entre 1838 et 1844, la production atteignit 270 t.

Encaissé dans le granite pour l'essentiel, ce filon traverse un dyke de microgranite et il est encore associé à une bande de minette. Sa minéralisation, bréchique, est simple : grandes plages d'oligiste avec quelques reliques de magnétite et pyrite généralement très altérée, transformée en hématite et goethite.

6. Filon de Fingoutte-Bas Bacpré-Lumpenmatt. Ce filon, dirigé NE-SW avec un pendage NW, présente une épaisseur moyenne de 0,60 m ; il a été exploré, au moyen de 3 niveaux, sur une hauteur et une longueur de 150 mètres chacun et les derniers travaux, abandonnés en 1845, ont produit 300 tonnes. Il est encore associé à un filon de minette et il ne serait pas unique, mais formé par 3 lentilles rapprochées, plongeant vers le NW de 70° à 80°.

Sa minéralisation est analogue à celle des filons précédents (essentiellement magnétite martitisée et pyrite plus ou moins remplacée).

7. Filon du Haut-Bacpré ou des Hauts-Prés. C'est le filon de l'ensemble situé le plus au sud ; dirigé SW-NE, il est encore accompagné, à son toit, par un filon de minette.

Sa minéralisation, massive, est constituée par de grandes plages d'oligiste englobant quelques mouches de magnétite et par des associations d'hématite et de goethite, correspondant certainement à l'oxydation d'anciennes pyrites.

Filon du Spatzberg. Exploré par deux niveaux, avant 1785, sur une longueur de 150 m, ce filon, épais seulement de 20 à 28 cm, diffère des précédents par sa direction (NW-SE) et par le fait qu'il est encaissé non plus dans le granite de Fouday, mais dans la granodiorite à enclaves de Waldersbach. De DIETRICH (1789) y signale de la minette au toit et sa minéralisation était également formée par des oxydes de fer et de la pyrite, associés à du quartz.

Filons de fer de Waldersbach et de Belmont - Carte à 1/50 000 de SELESTAT. Plus au sud, un filon de fer encaissé dans la granodiorite précédente se trouve dans le village même de Waldersbach. Dirigé NE-SW, il a été l'objet de

travaux très anciens, qui furent repris vers 1785. On ne possède pas de renseignements sur la nature de sa minéralisation.

Non loin de là, près du village de Belmont (ou Schoeneberg), quelques travaux furent entrepris par de DIETRICH, dans la deuxième moitié du XVIIIème siècle, sur un filon d'oligiste et d'hydroxydes, qui se coinça rapidement.

"Filon d'argent" de Belmont. Suivant un rapport daté de 1629 et une note de 1633, il existait à Belmont un filon de "mine d'argent" (plomb argentifère), appelé Sainte-Elizabeth. On y avait creusé un puits de 7 toises (environ 13,50 m) de profondeur, au fond duquel il se partageait en deux veines ; la première était dirigée WNW-ESE. Les traces de ces travaux étaient perdues dès l'époque de de DIETRICH ; néanmoins, une prospection au marteau a permis de trouver quelques échantillons de pyromorphite auprès d'anciennes excavations.

En fin de compte, tous les filons ferrifères du granite de Fouday présentent des caractères communs et significatifs d'une origine commune. Leurs directions sont peu variables, oscillant entre NE-SW et ENE-WSW, et ils sont tous étroitement associés à des filons de lamprophyre à biotite (minette), lesquels, généralement, jalonnent ou biseautent des dykes de microgranite. Par ailleurs, pour l'essentiel, leurs associations minérales sont les mêmes, comportant deux phases : une première phase primaire de haute température, constituée essentiellement par de la magnétite, accompagnée de tourmaline aciculaire et de pyrite, dans une gangue quartzeuse à apatite ; une phase hydrothermale secondaire, qui a provoqué une formation massive d'oligiste, la martitisation de la magnétite et, partiellement, l'oxydation de la pyrite. Très sporadiquement, peuvent se rencontrer, en outre, des traces de chalcopyrite, de cubanite, de molybdénite et de tellurures, mais jamais de blende ni de galène.

A priori, ces filons de fer (oxydé et sulfuré) ne pouvaient guère plus présenter d'intérêt économique et on y a effectué seulement des analyses multi-élémentaires, en même temps que dans le secteur de Katzenthal (Vosges gréseuses septentrionales), sur des échantillons prélevés dans les haldes de Bannwald, des Hussards, de Remiancôte, de Wildersbach, de Lumpenmatt, de Bacpré, de Fingoutte et du Haut-Bacpré, dans le but de vérifier qu'il ne s'agissait pas de "chapeaux de fer" d'une minéralisation sulfurée Pb-Zn-Cu-Ag.

Les résultats, analysés par le Service de Géochimie Appliquée du Département GMX, ont été les suivants :

- pour l'ensemble, les valeurs élevées en silice et relativement basses en fer montrent qu'on se trouve en présence de produits d'oxydation dérivant de roches minéralisées et qu'il ne s'agit pas de "chapeaux de fer" sur minerai massif. Ceci est confirmé par les valeurs résiduelles localement élevées en Al_2O_3, Na_2O et K_2O,

- les éléments Mo, Sn, W et Bi fournissent des teneurs anomales qui reflètent la présence d'une minéralisation apparentée au type "départ acide" et les valeurs en Ag assez surprenantes des échantillons de la "grotte des Partisans" sont probablement à mettre en relation avec la présence signalée d'un tellurure ; les valeurs très élevées en B (> 1800 ppm) s'expliquent par la présence de tourmaline ; quant aux teneurs en Fe, plus élevées qu'à Katzenthal, elles traduiraient la présence de pyrite relativement abondante.

En définitive, il n'existe pas, comme on le pressentait, de minéralisation sulfurée massive Pb-Zn-Cu-Ag et les teneurs en W, Sn et Ag paraissent trop dispersées pour présenter un certain intérêt.

1.1.2 - Granite de Natzwiller - Carte à 1/50 000 de Molsheim : Indices de Mo, Cu, W.

Dans ce petit massif circonscrit de granite porphyroïde, auréolé, sur ses bordures nord, d'une frange microgranitique porphyrique ou à tendance rhyolitique, on connaissait, avant 1969, quelques indices de Mo et Cu, encaissés dans des filonnets ou filets quartzeux très dispersés. Le principal indice de Mo, signalé par BUCKING en 1906, se trouvait à 300 m au SE du cimetière de Neuwiller, à proximité du contact avec la granodiorite de Waldersbach ; il était formé par de grandes lamelles de molybdénite (2 à 3 cm), dans un filonnet de quartz taché par de la molybdite. Les indices de Cu pouvaient être constitués par de la chalcopyrite (avec éventuellement de la pyrite), mais, le plus souvent, ils étaient formés par des enduits de carbonates (azurite et malachite).

Les travaux du B.R.G.M. ont permis d'augmenter sensiblement le nombre de ces indices, mais sans en changer la nature, donc l'intérêt économique, et de découvrir des indices de scheelite dès 1969, suite à la première prospection alluvionnaire. Dans les batées, le minéral provenait, d'une part, du secteur tungstifère déjà connu de Framont-Grandfontaine et, d'autre part, manifestement, du granite de Natzwiller, dont on entreprit la prospection de nuit à l'aide d'une lampe Mineralight. Cette prospection a permis de découvrir rapidement le mode de gisement du minéral : tapissages de diaclases, associés ou non à de la pyrite fine. Ce mode est classique et sans intérêt économique, même dans les secteurs de plus forte concentration relative, tel que celui de la Baraque des Boeufs. Dans

l'ensemble, il apparaît que cette scheelite est plus abondante, tout étant relatif, dans la partie nord du massif, et on peut mentionner que l'on n'a pas trouvé de wolframite, pourtant présente en traces dans les batées.

Plus tard, en 1978, suite à la découverte du stockwerk à molybdénite de Breitenbach, on entreprit une nouvelle prospection détaillée du granite. Cette prospection permit la découverte de 3 indices nouveaux de MoS_2 dans la partie SE du massif, encaissés dans des filets de quartz, ainsi que la découverte d'indices de cuivre (minéraux oxydés tapissant des diaclases) et de filets de pyrite, dans les faciès de bordure microgranitiques. En 1979, poursuivant la prospection, on découvrait deux nouveaux indices cuprifères qui, comme les indices trouvés en 1978, se trouvaient dans la partie SE du massif. Plus tard, dans le cadre de la thèse sur Breitenbach (cf. infra), on découvrit un important feutrage de MoS_2 (1 m^2) dans une diaclase (minéralisation type "moly paint").

Les études pétrographiques concomitantes ayant montré que les faciès de bordure microgranitiques étaient souvent silicifiés et pyritisés, avec l'arrière-pensée de la possibilité d'existence d'un gisement porphyrique, on fit effectuer, au Laboratoire du SGN (C. JACOB), une étude des inclusions fluides des cristaux de quartz d'échantillons prélevés dans la bordure orientale. Ces inclusions sont nombreuses et de types variés et certaines sont intéressantes : inclusions multiphasées à cubes de sel, inclusions biphasées à phase vapeur abondante indicatrices de phénomènes d'ébullition, mais il n'existait pas de tétraèdres de chalcopyrite en phase solide (tétraèdres caractéristiques des gîtes porphyriques). Par ailleurs, la roche encaissante (granite ou microgranite) n'étant pas altérée hydrothermalement en masse, il fallut abandonner l'hypothèse d'un tel type de gîte, tant pour le cuivre que pour le molybdène.

Les minéralisations en Cu, Mo et W du granite de Natzwiller ne pouvaient donc être que de faibles indices et, en conséquence, leur exploration fut arrêtée en 1979. Toutefois, la prospection géochimique stratégique multi-éléments ayant mis en évidence, à l'intérieur du granite anomalique dans son ensemble, un secteur caractérisé par de plus fortes teneurs (ordre de 100 ppm), secteur dans lequel on découvrit de nouveaux indices cuprifères (carbonates de Cu tapissant des diaclases), une prospection complémentaire (88 échantillons) fut effectuée en 1983 dans ce secteur ; mais, ses résultats ne confirmèrent pas l'existence d'une zone enrichie individualisée.

On peut, d'autre part, rappeler que ce granite avait fait l'objet,

antérieurement, de prospections géochimiques de la part de la SNPA (prospections à la maille 200 m x 200 m). Il a donc été particulièrement étudié et l'on est bien assuré de son manque d'intérêt économique.

Enfin, on peut mentionner que quelques indices de cuivre analogues (filonnets de chalcopyrite et carbonates) ont été signalés, en dehors du granite de Natzwiller, dans le granite à enclaves de Waldersbach. L'un d'eux se trouvait près du col de La Perheux (ou Hautperheux) et un autre immédiatement au nord du village de Waldersbach ; on y avait creusé anciennement un puits, dans les haldes duquel de DIETRICH (1789) trouva "du quartz, de la mine de cuivre en forme de poix, du vert de montagne et du mica de fer".

1.1.3 - Granite du Kagenfels - Carte à 1/50 000 de Molsheim : Indices de cassitérite.

Dans la grande lame filonienne de ce granite acide hyperalcalin à fluorine, on connaissait seulement, comme minéralisation, le petit indice de béryl des Roches Blanches, près de Rothau, indice non retrouvé. La prospection alluvionnaire de 1969 permit d'y découvrir, dès 1970, des indices de cassitérite dans le ravin du Bornichon, près de Barembach (partie occidentale du granite). Cette découverte présentait un grand intérêt métallogénique, car il s'agissait de la première occurrence signalée du minéral dans les Vosges* et elle supprimait ainsi une anomalie de ce massif hercynien de l'Europe moyenne.

En l'absence de pegmatites et de greisens, les cristaux du minéral, de taille infra-millimétrique, sont disséminés au sein du granite en tant qu'éléments lourds accessoires**. Leurs teneurs sont beaucoup trop faibles pour pouvoir former un gisement, d'autant plus qu'ils n'existent que sporadiquement. Ils ne sont accompagnés par aucun des minéraux du cortège de l'étain, à part l'occurrence de béryl des Roches Blanches et peut-être celle de la Grotte des Partisans (avec fluorine). Toutefois, la prospection stratégique multi-éléments de la carte de Molsheim ayant mis en évidence une anomalie Sn, accompagnée d'une anomalie Be, dans la région

---

* Peu de temps après, le minéral était "redécouvert" par G. PROPACH (1971).

** Ce mode de gisement est à rapprocher de celui de l'occurrence signalée dans le granite de Triberg, en Forêt Noire. Ce granite est, lui aussi, un granite hercynien post-tectonique, son âge radiométrique étant 290 MA (limite Carbonifère-Permien).

de Bernardswiller (partie orientale du massif), on pouvait supposer a priori qu'il existait un enrichissement en cassitérite (et béryl) dans cette région. Une prospection géochimique complémentaire (91 échantillons) y fut alors effectuée en 1983 ; ses résultats furent négatifs et la prospection du granite fut abandonnée.

Ainsi, le granite du Kagenfels, malgré des caractères a priori favorables (acidité, présence de fluorine, ...), est-il lui-même une région des Vosges pauvre en minéralisation. Toutefois, il peut présenter un intérêt métallogénique certain, car, sous toutes réserves, on peut rattacher à son prolongement caché vers l'ouest la formation des skarns tungstifères complexes de Grandfontaine qui, tout étant relatif, constituent une des minéralisations vosgiennes les plus importantes. On peut y rattacher aussi les indices de scheelite du granite de Natzwiller qui, comme déjà dit, sont localisés dans la partie nord de ce granite, c'est-à-dire dans la partie la plus voisine du filon du Kagenfels.

1.1.4 - Stockwerk à molybdénite de Breitenbach - Carte à 1/50 000 de Sélestat.

Le stockwerk à molybdénite de Breitenbach a été découvert en partant d'un indice alluvionnaire de MoS_2, mis en évidence au cours de la prospection générale de 1972. Ce n'est que beaucoup plus tard, début 1983, que les résultats de la prospection géochimique multi-éléments de la carte de Sélestat ont montré une petite anomalie Mo (3 prélèvements à 14, 11 et 12 ppm), accompagnée d'une anomalie W (3 points à 24, 44 et 44 ppm) et d'une anomalie Ba*, ces anomalies étant décalées à l'aval des affleurements.

L'indice alluvionnaire était très faible, car il s'agissait seulement de quelques lamelles de molybdénite dans une seule batée, mais il était valorisé par la présence de wolframite dans une batée voisine et de scheelite fréquente dans tout le réseau du Breitenbach. Il s'y ajoutait de la barytine, parfois abondante.

Une première prospection au marteau entreprise à la suite permit de découvrir rapidement un indice en place sur le terre-plein de la ferme Hirra : un filet quartzeux renfermant des lamelles de MoS_2 aux épontes, ainsi que quelques indices du même type en éboulis, minéralisés les uns par de la molybdénite et éven-

---

* Cette anomalie est en relation avec une minéralisation différente (filets et filonnets de barytine).

tuellement de la powellite, les autres par de la scheelite et, dans un cas, par de la wolframite. Ces premières découvertes permirent de connaître la roche encaissante de la minéralisation, qui était le granite "hybride" du Kreuzweg, tel que l'avait qualifié J.P. von ELLER (1965). Mais, les indices trouvés étant faibles et épars, on crut d'abord que cette minéralisation était analogue à celle du granite de Natzwiller et qu'elle ne pourrait donc pas présenter d'intérêt économique.

Toutefois, une étude pétrographique sommaire ayant montré que le granite "hybride" présentait des traces d'altération hydrothermale, on décida de poursuivre la reconnaissance en effectuant une prospection géochimique sols Mo, W et Cu, dans le panneau de la ferme Hirra, panneau où avaient été trouvés les premiers indices. Cette prospection, exécutée à la maille de 100 m x 50 m, mit en évidence une anomalie Mo et une anomalie W (pas d'anomalie Cu), qui furent précisées par une 2ème prospection géochimique tactique.

L'anomalie Mo était la plus nette et, délimitée par l'isanomale 15 g/t, elle présentait une longueur de 500 m en direction NNE-SSW, parallèlement à la faille voisine du col du Kreuzweg ; nette par sa forme, elle était, en outre, importante par son facteur de concentration (teneur de 60 g/t pour un fond de 6 à 8 g/t). En fait, avec les connaissances actuelles, on sait maintenant que cette anomalie ne correspond pas directement au gisement en stockwerk, mais qu'il s'agit vraisemblablement d'une anomalie de fuite le long d'un filon de lamprophyre (minette) jalonnant son axe.

Ce filon a été mis en évidence lorsque, pour vérifier l'anomalie, on exécuta, en 1975, deux tranchées dans sa zone apicale, distantes de 200 m. Outre le lamprophyre, reconnu ultérieurement par les sondages Br_1 et Br_2, ces tranchées montrèrent seulement quelques rares filets de quartz à MoS_2. Aussi, leurs teneurs moyennes en Mo étaient-elles faibles, quoique globalement anomaliques : 47 g/t et 39 g/t ; quant aux teneurs en W, elles étaient encore plus basses : 21 g/t et 18 g/t.

Etant donné ces résultats décevants, dus, au moins en partie, au fait, démontré par les sondages, que la molybdénite est lessivée superficiellement, sur une épaisseur de 30 à 40 m, la reconnaissance fut arrêtée et elle l'aurait été définitivement sans doute, si l'on n'avait pas bénéficié des crédits d'Inventaire à partir de 1976. Bénéficiant de ces crédits et, il faut l'avouer, n'ayant pas découvert de sujet nouveau bien intéressant, on reprit les recherches de Breitenbach en 1978, en invoquant deux arguments favorables : d'une part, l'altération hydrothermale du granite du Kreuzweg et, d'autre part, bien que faible, l'existence d'une anomalie géochimique Mo globale dans cette roche. En outre, la forte anomalie géochimique

sols laissait espérer des teneurs plus importantes en profondeur.

Les nouveaux travaux consistèrent d'abord dans l'exécution de 3 sondages carottés, effectués pour reconnaître en profondeur la partie sud de l'anomalie Mo sols (partie choisie pour des commodités topographiques). Dès le premier de ces sondages, la réalité cachée jusqu'alors apparut : l'indice pouvait être très important, beaucoup plus important que les autres minéralisations molybdifères connues dans les Vosges, car il s'agissait d'un stockwerk de filets quartzeux à MoS_2, donc d'un gisement (au sens géologique) présentant une analogie typologique avec les gîtes porphyriques. Cette révélation expliquait l'altération hydrothermale et on pouvait penser a priori que le volume intéressé serait très grand.

En fait, la prospection et la cartographie détaillées effectuées ensuite (par un stagiaire de l'Ecole des Techniciens-Géologues de Nancy) permirent la découverte de nouveaux indices superficiels non en place (molybdénite, scheelite et carbonates de Cu), dans les deux autres panneaux situés au SW et à une centaine de mètres en contrebas. Elles permirent aussi de se rendre compte que le faciès "altéré rose" favorable existait dans la totalité des affleurements, y compris dans le dyke extrême oriental.

Ces résultats incitèrent à poursuivre la reconnaissance et permirent de l'effectuer en "toute connaissance de cause". En effet, on savait déjà que la minéralisation était de type porphyrique et qu'elle intéressait l'ensemble du granite du Kreuzweg, ce qui donnait l'assurance d'un très gros tonnage. Il restait donc à inventorier ce tonnage pour connaître les teneurs, lesquelles devenaient le facteur décisif d'exploitabilité. Pour ce faire, on a exécuté de nouveaux sondages carottés (10 sondages au total : 1927,60 m) et une campagne de forages waggon-drill (47 forages : 1853 m), en majorité dans le panneau supérieur de la ferme Hirra. Enfin, pour étudier la fracturation, phénomène essentiel dans la formation d'un stockwerk, on a fait effectuer (par BRETON, Département Géologie) une analyse structurale sur les carottes préalablement orientées de deux sondages inclinés (Br_7 et Br_9). A la suite de ces travaux, on peut décrire comme suit le gisement* :

Situation géographique et géologique. Du point de vue géographique, le panneau granitique de la ferme Hirra se trouve, entre les cotes 600 et 800 environ,

---

* Une thèse en cours au GIS (par B. GELDRON) apportera certainement d'intéressantes informations géologiques supplémentaires, par exemple sur la présence de greisens minéralisés en MoS_2 et pyrite.

immédiatement au sud-est du col du Kreuzweg situé sur la route N425. Les deux autres panneaux s'étendent au sud-ouest et en contrebas, largement dans le bois communal de Breitenbach, entre les cotes environ 500 et 700.

Du point de vue géologique, le granite encaissant du Kreuzweg se trouve sur la bordure sud extrême du massif du Champ du Feu, au contact immédiat des cornéennes des schistes siluro-ordoviciens de Steige. En fait, à la suite des résultats du sondage Br7 et des levés géologiques détaillés qui s'ensuivirent (par B. GELDRON), ce granite, contrairement aux indications de la carte géologique de Sélestat*, n'est pas directement accolé à la granodiorite du Hohwald sud, mais en est séparé par une lame de ces cornéennes. Il forme ainsi un corps magmatique indépendant et l'hypothèse de J.P von ELLER sur sa formation par exomorphisme de la granodiorite dans les schistes de Steige n'est plus soutenable, ce qui a été confirmé par les études minéralogiques et géochimiques de L. LEBEL.

Sur cette bordure méridionale, les principaux accidents conjugués des dislocations centrales sont orientés environ N30°. Une faille triple de ce système, qui se prolonge jusque dans les phyllades de Villé, affecte plus particulièrement le granite du Kreuzweg et découpe son affleurement en trois panneaux distincts ; en se dirigeant vers l'ouest, les décrochements, dont le plus important atteint 120 m, s'effectuent vers le sud (décrochements sénestres) et, dans la même direction, chaque panneau est abaissé topographiquement. A l 'extrémité occidentale, l'épaisseur diminue considérablement et le granite se réduit à un dyke long de 1 km environ, qui s'éloigne de plus en plus du contact de la granodiorite. La surface totale des affleurements est de l'ordre de 1 km^2.

Dans la succession des plutonites, qui débute par des diorites et se termine par des venues hyperacides hypovolcaniques telles que le granite du Kagenfels, le granite du Kreuzweg daterait de 310 MA (limite Namurien-Westphalien). Il serait ainsi contemporain du granite de Natzwiller et, dans les Vosges méridionales (cf. ANDRE F. et GAGNY C., 1982), du granite porphyroïde des Ballons qui renferme diverses minéralisations en Mo (Château-Lambert, les Oeillets, ...). Cette contemporanéité n'est vraisemblablement pas une simple coïncidence et tous ces granites seraient les témoins d'un plutonisme du

---

* Cette erreur se retrouve dans l'article publié dans la Chronique de la Recherche Minière (n°455, Mai-Juin 1980), article écrit avant l'exécution du sondage Br7.

Carbonifère supérieur à potentialité molybdifère

Pétrographie. Le granite non altéré, tel qu'on peut l'étudier dans les sondages, est une roche grise hétérogranulaire, comportant des phénocristaux millimétriques dans une matrice microcristalline. Sa texture est donc porphyrique et, en raison du volume réduit de la matrice, elle présente un aspect "cloisonné".

Les phénocristaux sont exclusivement, par ordre d'abondance, constitués par des plagioclases (andésine calcique à oligoclase sodique), du quartz, de l'orthose légèrement perthitique et de la biotite. La matrice, elle, est du type liquide résiduel à 3 constituants : elle est formée principalement de cristaux inframillimétriques de quartz et d'orthose, auxquels s'ajoute de l'albite.

La prépondérance du volume des phénocristaux sur celui de la mésostase indique une mise en place dans un domaine hypabyssal profond.

Altérations hydrothermales. En liaison avec la minéralisation de type porphyrique, le granite a subi une succession de transformations, qui vont du faciès sain à la roche la plus altérée : d'abord, des zones sillonnées de filonnets de quartz et de phengites ; ensuite, des zones à albite résiduelle (plus ou moins chlorites), associées à des filets de carbonates et phengites ; enfin, des albitites.

Les premières sont caractérisées par la présence, dans le granite frais, de filonnets de quartz et micas blancs avec quelques sulfures associés (pyrite, parfois molybdénite et rare chalcopyrite). Ces filonnets ne provoquent pas de transformation pénétrante aux épontes et les micas blancs sont de nature phengitique.

Les deuxièmes, les zones à albite résiduelle, constituent la plus grande partie du volume granitique et elles sont parcourues par un réseau dense de fissures submilli_métriques à remplissage de carbonates et de phengites. Elles présentent une couleur rose, caractéristique du faciès transformé, et elles peuvent englober des îlots de granite frais gris, aux endroits où la densité de fracturation est la plus lâche. Il existe donc une relation étroite entre la fracturation, le remplissage des filonnets et l'altération de l'association minérale primaire.

Ce remplissage est entièrement carbonaté, bordé par des phengites aux épontes. La sidérite, l'ankérite et parfois la calcite y coexistent, à l'exclusion du

quartz. Quant aux altérations, elles se présentent suivant le schéma suivant :

biotite -> phengite + ankérite + produits titanés
plagioclase -> albite résiduelle ± phengite
perthite -> non transformée
matrice -> réajustement de la composition de l'albite

Par places, en association avec les minéraux précédents de néoformation, apparaissent des chlorites qui se développent sur les biotites et sur les plagioclases conjointement avec des phengites. La roche prend alors un aspect bicolore rose et vert.

On n'a pas décelé de répartition ordonnée dans l'espace de ces zones à albite résiduelle, car la transformation est strictement liée à la densité de la fracturation, donc aux possibilités de circulation de la phase fluide.

Enfin, les albitites, de teinte rouge pâle, se forment par disparition progressive des phénocristaux de quartz du faciès transformé précédent. Les perthites donnent une albite en échiquier et la phase sodique de la matrice une albite pratiquement pure. Les plagioclases, eux, sont transformés en une albite maclée de composition $An_{0,5}$ - An_1. Quant aux phénocristaux de quartz, complètement déstabilisés, ils sont remplacés par des carbonates, principalement des ankérites et plus rarement des sidérites. La texture porphyrique n'est que faiblement représentée et la roche peut devenir une microbrèche albitique à ciment de carbonates. Comme le faciès précédent, ces albitites, de faible importance volumétrique, ne sont pas distribuées d'une façon ordonnée.

Les fluides des inclusions des cristaux de quartz sont des fluides mixtes CO_2 + H_2O à rapport volumique variable et il apparaît que la transformation du granite, dont l'effet est l'apparition d'une paragenèse à albite, phengite et carbonates, relève d'un processus métasomatique "carbonaté", sous l'action d'un fluide à dominante carbonique. Mais, il est difficile de préciser si la transformation est de type endométasomatique, ou si la phase fluide a interféré avec le bain silicaté pour produire fracturation, bréchification et réaction métamorphique. Dans les deux cas, il est évident que la phase fluide n'est pas exotique par rapport au granite.

Quoiqu'il en soit, les transformations décrites sont différentes des altérations hydrothermales associées classiquement aux porphyres cuprifères ou molybdifères et elles ne présentent pas les zonations caractéristiques ; en particu-

lier, il n'existe pas de noyau potassique, lequel correspond généralement à des enrichissements. Il est à craindre que ce type particulier d'altération ait des conséquences défavorables en ce qui concerne les teneurs.

Altérations secondaires. Aux transformations primaires décrites, peuvent s'ajouter des altérations secondaires qui sont, d'une part, des altérations superficielles et, d'autre part, au moins dans le panneau de la ferme Hirra, des altérations liées à des circulations profondes, qui peuvent atteindre la base du sondage Br_4 (- 300 m). Ces altérations sont marquées par des passées "pourries" argilisées vivement colorées et par des cristallisations grossières de calcite. Les biotites sont décolorées, avec exondation de minéraux titanés, les plagioclases entièrement séricitisés et la trame de la roche est envahie par du carbonate et des produits micacés cryptocristallins. Des hydroxydes de fer souillent les veinules d'ankérite et de phengites. Dans certaines passées à structure bréchique, la roche devient méconnaissable, formée par une association de quartz et fins micas blancs.

Enclaves. Pour terminer la description du granite, il convient de mentionner la présence de nombreuses enclaves de roches sombres microgrenues ou microlitiques, qui peuvent constituer des filons importants (tardifs) ou des inclusions de petite taille (précoces). Le filon le plus remarquable a été rencontré dans les tranchées et dans le sondage Br_1 ; sa longueur est supérieure à 200 m et son épaisseur peut atteindre 5 m. Il présente des contacts faillés, soulignés par de minces bandes de mylonite, et il est subparallèle à la faille NNE-SSW du col du Kreuzweg. Enfin, il jalonne l'axe de l'anomalie que l'on peut alors interpréter comme étant une anomalie de fuite le long de ce filon.

Il a subi une altération hydrothermale prononcée, comme le granite encaissant, et, même en profondeur, il est très transformé, remplacé par une association de carbonates, de chlorite et de séricite, dans laquelle "flottent" des quartz globuleux et des fantômes de plagioclases. L'abondance de la chlorite suggère une abondance initiale de minéraux ferro-magnésiens (parmi lesquels des biotites résiduelles) et, comme minéraux accessoires, on rencontre fréquemment de l'apatite et de la titano-magnétite altérée en leucoxène. Il s'agit donc vraisemblablement d'une kersantite (lamprophyre à biotite et plagioclase) et la présence de quartz globuleux traduit un mélange avec une roche microgranitique, de tels mélanges dans un même filon ayant été signalés ailleurs dans le massif du Champ du Feu (notamment par J. JUNG, 1928).

De nombreuses petites enclaves surmicacées (muscovite et chlorite) représentent une diabase, car elles sont associées à des concentrations de cristaux

de magnétite à noyaux de picotite (spinelle chromifère). D'autres enclaves sont riches en grandes lamelles de biotite et en gros cristaux creux d'apatite ; d'autres, présentant une structure doléritique, peuvent représenter des reliques de diorites quartziques, et, près des bordures méridionales, il doit exister des enclaves de cornéennes.

Tous les filons de lamprophyres sont traversés par des veinules de quartz hydrothermal ou des veinules carbonatées ; quelques-uns, apparemment rares, peuvent être minéralisés en molybdénite ; d'autres veinules, qui se trouvent dans les contacts, peuvent également renfermer MoS_2 ainsi que de la pyrite. Enfin, il existe des filets de quartz dans le granite qui sont interrompus par les lamprophyres. Dans les enclaves surmicacées, on peut rencontrer de la chalcopyrite insinuée dans les clivages du mica, avec du carbonate et de l'anatase.

Etude du stockwerk. Dans tout le secteur exploré, les divers faciès du granite renferment des réseaux de veinules millimétriques, plus rarement des filonnets centimétriques, constituant un stockwerk plus ou moins dense. Les éléments de ce stockwerk appartiennent à divers épisodes tectoniques, comme le montrent leurs relations structurales, épisodes que l'on peut décrire ainsi :

1. Parmi les multiples veinules et fissures rencontrées, les plus anciennes sont des veinules aux épontes mal définies, donc formées par remplacement, qui présentent un remplissage de quartz et de phengites. Ces filets précoces, qui peuvent être recoupés par des filets postérieurs quartzo-carbonatés, ne provoquent aucune transformation (cf. supra) et, en conséquence, ils peuvent se trouver dans le faciès inaltéré du granite. Ils ne renferment pratiquement pas de molybdénite, seulement des agrégats de pyrite et des traces de scheelite. Leur quartz peut diffuser dans le granite et y former des plages de remplacement.

2. On trouve ensuite des veinules remplies de carbonates (ankérite, sidérite, plus rarement calcite) dans leur partie centrale et de phengites aux épontes. Ces veinules carbonatées-micacées ne renferment apparemment pas de minéralisation, mais elles présentent une importance essentielle en ce qui concerne l'altération hydrothermale du granite (cf. supra). Elles ne se rencontrent jamais elles-mêmes dans le granite frais et l'intensité de la transformation est "proportionnelle" à leur densité.

3. Il existe ensuite des filets essentiellement quartzeux ou quartzo-carbonatés (surtout ankérite), postérieurs aux deux types précédents de veinules. Ils présentent au moins deux générations différentes, jouant souvent le rôle de

microfailles par rapport aux veinules antérieures. Ces filets sont quelquefois stériles, mais, toutefois, le plus souvent, ceux de la première génération sont minéralisés par de la molybdénite (avec éventuellement d'autres minéraux), qui forme des lisérés discontinus aux épontes.

4. Terminant la succession, se trouvent de très minces fissures tapissées de séricite, qui peuvent recouper toutes les veinules précédentes et jouer le rôle de plans de séparation.

En outre, il existe des éléments qui, faute d'observations, ne peuvent être classés avec certitude dans la succession. Il s'agit d'abord d'enduits laminés de molybdénite sans gangue, installés dans des plans de glissement, qui, sous toutes réserves, pourraient être postérieurs aux filets siliceux ou silico-carbonatés. Il s'agit ensuite de veinules de barytine, relativement fréquentes, mais de telles veinules (ou des filonnets plus épais) se trouvent aussi dans la granodiorite contiguë et la barytine appartient certainement à une venue distincte, sans relation avec la minéralisation Mo. On peut signaler, enfin, la présence de quelques filonnets de calcite, qui se trouvent dans les zones de circulation altérées et faillées, et celle de quartz grossier toujours stérile.

Il était important, pour la poursuite de la reconnaissance et plus spécialement pour l'implantation des sondages, de savoir si les filets minéralisés présentaient ou non une direction préférentielle, qui aurait pu être celle de la faille triple et des filons de lamprophyres, étant entendu que les sondages avaient démontré que les inclinaisons étaient très diverses, depuis la quasi-verticalité jusqu'à la quasi-horizontalité. C'est pourquoi, on fit exécuter l'étude structurale signalée sur les carottes orientées des sondages Br_7 et Br_9. Cette étude démontra que les filets minéralisés en MoS_2 n'étaient pas liés à un système caractérisable géométriquement et que leurs orientations et leurs inclinaisons étaient très diverses, comme il convient à un véritable stockwerk.

Minéralisation. L'association minérale hydrothermale se trouve préférentiellement dans les faciès transformés du granite, sans pour autant exclure complètement le faciès frais. Elle se rencontre principalement dans certains systèmes de veinules du stockwerk, plus rarement dans des fissures sans gangue et, exceptionnellement, dans le granite lui-même. Elle comprend essentiellement trois minéraux principaux, qui sont, dans leur ordre d'abondance décroissante : la pyrite, la molybdénite et la scheelite. Tous les autres, y compris la chalcopyrite, sont rares et sporadiques.

La pyrite, minéral le plus abondant, peut se trouver dans les veinules précoces à quartz et phengites et, avec ou non de la molybdénite, dans les filets quartzeux et quartzo-carbonatés postérieurs. Comme MoS_2, elle peut former des enduits laminés dans des fissures sans gangue et, enfin, elle peut être disséminée dans le granite.

Elle présente souvent des agrégats plurimillimétriques cataclasés, formés de cristaux subautomorphes, qui peuvent être pénétrés et moulés par de la chalcopyrite. Elle peut se trouver associée à de la scheelite et, plus souvent, à de la molybdénite soit lamellaire, soit cryptocristalline (faciès jordisite) ; dans ce cas, la pyrite, postérieure, est moulée sur des lamelles de MoS_2. Mais il existe des agrégats antérieurs du sulfure de fer, ceux qui se trouvent dans les filets précoces de quartz et phengites, et la pyrite a donc présenté deux phases de cristallisation.

Ses inclusions sont nombreuses et, parmi elles, les plus fréquentes sont : chalcopyrite, chalcopyrite + pyrrhotite, chalcopyrite + cubanite, pyrrhotite, digénite, bornite, galène, chalcopyrite + cuivre gris + galène, cuivre gris, blende, wolframite ; exceptionnellement, se trouvent de l'aïkinite, de la tétradymite, de la cosalite et de la hessite.

Superficiellement ou dans les zones fracturées et altérées profondes, le sulfure est largement remplacé par des encroûtements et des rognons de goethite, associée à de la "limonite" et à de la lépidocrocite à structure fibro-radiée.

Aucune analyse n'a été faite de la teneur en pyrite, mais, à première vue, on peut estimer que sa teneur moyenne ne doit guère dépasser 1 %. Cette teneur serait donc inférieure à celle des gîtes porphyriques classiques, qui est de 3 % au moins, et ce "déficit" en pyrite pourrait entraîner un "déficit" en MoS_2.

La molybdénite, deuxième minéral par ordre d'importance, se présente sous la forme générale de fines lamelles submillimétriques plus ou moins courbées et parfois effilochées ; accessoirement, se trouve de la jordisite cryptocristalline. Les lamelles forment couramment des lisérés discontinus ou des microplages isolées aux épontes de certaines veinules quartzeuses ou quartzo-carbonatées, plus rarement des enduits laminés dans des fissures sans minéraux de gangue ("moly paint" des anglo-saxons), très rarement de petites inclusions dans le granite lui-même.

Elle peut être totalement ou partiellement altérée en powellite jusqu'à une certaine profondeur, mais, dans la zone de lessivage superficielle, on n'a trouvé

aucune trace de molybdite ou ferro-molybdite. Souvent seule, elle peut être parfois associée à de la pyrite postérieure (cf. supra), plus rarement à de la scheelite et de la wolframite, ce dernier minéral pouvant, en outre, être inclus dans la molybdénite.

La jordisite, elle, peut se trouver soit isolée, soit en remplissages fissuraux dans des plages de pyrite, soit en fins agrégats moulant de telles plages. Ces relations avec la pyrite indiquent qu'elle serait postérieure à la molybdénite.

La scheelite, troisième minéral par ordre d'abondance, est relativement fréquente mais toujours en très petites quantités, comme l'indiquent les analyses effectuées et les examens à la lampe Mineralight. Elle peut se rencontrer dans les mêmes veinules que la molybdénite, mais, en outre, dans les filets précoces à quartz et phengites, où elle accompagne la pyrite. Elle est également très rare dans la masse même du granite.

Quant à la wolframite, malgré sa présence dans les alluvions, elle n'apparaît que très sporadiquement et toujours en faibles quantités. Son habitus est celui de fins cristaux aciculaires (5 mm de longueur), en cours de transformation en scheelite, et elle peut se trouver incluse dans des agrégats de pyrite ou de molybdénite.

La chalcopyrite n'apparaît, elle aussi, que très sporadiquement et, dans tous les secteurs explorés, les teneurs en Cu sont très faibles. Elle forme généralement des agrégats xénomorphes pluricristallins, qui peuvent remplir des fissures dans la pyrite, remplacer largement cette pyrite antérieure et en enclaver des îlots. Elle peut être associée à du cuivre gris, à du cuivre gris + galène, à du cuivre gris + bornite, à de la magnétite et à de l'hématite, en outre de la pyrite.

Comme cette dernière, elle renferme souvent de fines inclusions dont les plus fréquentes sont formées par de la cubanite, de la pyrrhotite, de la mackinawite, de la blende et de la galène ; d'autres inclusions, exceptionnelles, sont constituées par de la tétradymite, de la cosalite, de la bismuthinite, de l'emplectite, de la wittichénite, de la hessite et de l'argent natif (taille de 2 µ m). Dans les zones d'oxydation, le sulfure de cuivre est transformé en limonite et covellite et, comme dit plus haut, il peut se trouver également dans les micas des enclaves basiques.

Pour compléter l'association, se trouvent les minéraux sulfurés suivants vraiment très rares : galène, blende, cuivre gris et bornite. La galène peut former

des plages indépendantes dans la gangue ou de minces veinules recoupant la pyrite et elle peut se trouver en inclusions dans cette dernière (inclusions postérieures) ainsi que dans la chalcopyrite. La blende, elle, se trouve soit en agrégats indépendants, soit en inclusions dans la pyrite et dans la chalcopyrite. Quant au cuivre gris et à la bornite, ils peuvent être associés. On pourrait encore citer, comme minéral indépendant, de l'emplectite aciculaire.

Il existe, enfin, des minéraux oxydés qui sont de la magnétite, de l'hématite, du rutile, de l'anatase, du leucoxène et de l'ilménite. La magnétite, parfois incluse dans la pyrite avec de l'hématite, peut se trouver associée à de la molybdénite ; elle montre parfois les structures lamellaires d'anciennes hématites maintenant remplacées. Quant aux minéraux de titane, omniprésents, ils appartiennent au cortège des minéraux lourds du granite et ils proviennent, en partie, de l'altération des biotites. Localement, dans des passées bréchoïdes pyriteuses, peuvent se trouver, en outre, de fines lamelles de graphite. Les minéraux de gangue, dans les veinules, sont très généralement du quartz et de l'ankérite, auxquels peuvent s'ajouter des micas blancs (phengites) et un deuxième carbonate (calcite).

La succession débuterait par une première cristallisation de pyrite, associée aux veinules précoces de quartz et phengites. Puis, se déposeraient la scheelite et la wolframite, qui se trouvent en partie dans ces veinules précoces, suivies par la molybdénite. Ensuite, aurait eu lieu une deuxième cristallisation de pyrite (la plus importante), suivie par une récurrence de MoS_2 sous la forme de jordisite et, pour terminer, par la formation des sulfures de Cu, Pb et Zn, les deux derniers en très faible quantité. Quant à l'âge de ces dépôts successifs, on est seulement assuré (sauf en ce qui concerne la première pyrite et une partie de la scheelite) qu'ils sont postérieurs aux veinules de carbonates et de phengites, c'est-à-dire à l'altération hydrothermale principale du granite, et antérieurs à la formation des fissures tardives séricitisées.

On peut enfin signaler que l'association minérale précédente n'est pas aurifère, toutes les analyses effectuées ayant donné des teneurs $\leq$ 100 mg/t.

Teneurs. De nombreuses analyses pour Mo (dont certaines pour Mo et W ou Mo, W et Cu) ont été effectuées à l'occasion des divers travaux : 31 analyses de rainures dans les tranchées T_1 et T_2, 419 analyses de carottes dans les sondages Br_1 à Br_{10} et 193 analyses de cuttings dans les forages waggon-drill WD1 à WD47. Leurs résultats ont été les suivants :

Tranchées T1 et T2 (longues de 20 m chacune). La teneur moyenne de la tranchée T1 est de 78 g/t MoS_2 et celle de la tranchée T_2 65 g/t. Les teneurs en tungstène sont encore plus faibles : 26 g/t et 21 g/t WO_3.

Forages waggon-drill (WD1 à WD47). La campagne 1979 de forages waggon-drill a été effectuée sur l'ensemble des affleurements, y compris la partie rétrécie occidentale. Cette campagne, intéressant une tranche de terrain superficielle de 40 m d'épaisseur, a montré une concentration relative dans la zone de l'anomalie géochimique Mo de la ferme Hirra ; cette concentration est formée par un groupement de 6 forages dont les teneurs moyennes sont respectivement de 140 g/t, 70 g/t, 70 g/t, 100 g/t, 50 g/t et 35 g/t MoS_2 ; il est donc possible que ce secteur, qui a été le plus exploré (sondages Br_1 à Br_5), soit le plus "riche" relativement.

Un 2ème groupement, moins important (40 g/t, 30 g/t, 30 g/t et 50 g/t), se trouve en amont, à l'est de la villa Mathis, près du contact avec la granodiorite et la lame intercalaire de cornéennes ; il a été reconnu par les sondages carottés Br_6 et Br_7. Enfin, dans le panneau central et le panneau occidental, si l'on n'a pas décelé de concentration, des forages isolés présentent des teneurs nettement anomales : par exemple, 170 g/t dans WD_{38} et 60 g/t dans WD_{29}. Ces anomalies "ponctuelles" ont été reconnues par les sondages Br_8, Br_9 et Br_{10}.

Sondages carottés (Br_1 à Br_{10}). Dans le sondage Br_1 (68,50 m), implanté sur le chemin forestier inférieur, à 70 m au NE de la ferme Hirra, 3 passées seulement, totalisant 1,50 m, ont présenté des teneurs > 0,10 % MoS_2 ; la meilleure est longue de 0,75 m, avec une teneur de 0,225 %. Dans le sondage Br_2 (54,50 m), sur le terre-plein de la ferme Hirra, une passée seulement dépasse 0,1 % MoS_2 ; longue de 0,55 m, sa teneur est de 0,14 %.

Dans le sondage Br_3 (148,70 m), également sur le terre-plein de la ferme Hirra, les passées à teneurs > 0,10 % ne représentent que 2,35 m au total ; la plus longue atteint seulement 0,50 m, avec une teneur de 0,11 % MoS_2. Dans le sondage Br_4 (290,10 m), sur le chemin forestier moyen, à 200 m au NE de la ferme Hirra, les mêmes passées totalisent 3,50 m ; la plus importante est longue de 0,75 m, avec une teneur de 0,23 % MoS_2.

Le sondage Br_5 (300, 85 m), implanté sur le chemin forestier inférieur, à 90 m au nord de Br_1, est le plus intéressant de tous : il présente une passée de 4,30 m à 0,14 % MoS_2, qui est la base d'une passée de 14,05 m à 0,074 % ; en outre, sa teneur moyenne (environ 75 g/t) est la plus élevée de toutes celles des forages

carottés. Le sondage Br_6 (350,10 m), lui, implanté sur le chemin forestier supérieur, à 230 m à l'ESE de la villa Mathis, pour reconnaître la 2ème concentration des forages waggon-drill, n'a présenté aucune teneur > 0,10 % MoS_2 ; sa meilleure passée, longue de 3,85 m, titre seulement 0,066 %.

Le sondage Br_7 (350 m), situé à 210 m au NE de Br_6, sur la bordure méridionale extrême de la granodiorite du Hohwald sud, ne présente, lui non plus, aucune teneur > 0,10 % MoS_2 ; sa meilleure passée, longue de 1 m, titre seulement 0,043 %. Le sondage Br_8 (150,40 m), implanté pour explorer le secteur du forage WD_{38}, dans le panneau central du bois de Breitenbach, ne présente pas, non plus, de teneurs > 0,10 % ; sa meilleure passée, longue de 4 m, titre seulement 0,084 % MoS_2.

Le sondage Br_9 (121 m), implanté dans le panneau occidental pour explorer le secteur du forage WD_{29}, ne présente que des teneurs très faibles ; ses diverses passées analysées, longues de 2 m, titrent au maximum 0,225 % MoS_2. Enfin, le sondage Br_{10}, situé dans le panneau central, ne présente lui aussi que des teneurs très faibles, la meilleure atteignant seulement 0,03 % MoS_2.

Conclusions. En fin de compte, il n'est pas besoin d'insister, toutes les teneurs trouvées sont nettement inférieures à la teneur limite d'exploitabilité, teneur que l'on peut fixer actuellement à 0,3 % MoS_2 environ. A l'échelle d'un sondage entier, la teneur moyenne ne dépasse pas 75 g/t et la meilleure passée traversée (sur une longueur totale forée de 1927,60 m) est longue seulement de 4,30 m, avec une teneur de 0,14 % MoS_2 (dans le sondage Br_5) ; cet enrichissement est dû, d'une part, à une plus grande densité du réseau de fracturation et, d'autre part, à la présence de fissures avec "moly paint" ; on ne peut, en aucune façon, le relier aux enrichissements plus faibles des autres forages. Tout étant relatif, c'est le secteur de l'anomalie Mo de la ferme Hirra qui est le plus "riche" : il présente seul quelques teneurs > 0,10 % MoS_2 et il correspond à une concentration bien marquée des teneurs des forages waggon-drill.

Etant donné ces résultats défavorables, on pouvait se poser la question de l'abandon ou non de la reconnaissance. Les faibles teneurs inclinaient à l'abandon, tandis que le gros tonnage probable incitait à poursuivre ; d'autre part, on avait seulement foré une longueur < 2000 m, longueur ridiculement faible pour explorer un gîte de type porphyrique. La nouveauté de la découverte agissant, par ailleurs, comme stimulant, la décision fut finalement prise de continuer et un permis exclusif de recherches (appelé P.E.R. de Breitenbach) fut demandé le 25 Janvier 1982.

Les premiers travaux prévus dans ce permis consisteront dans l'exécution d'un sondage très long (ordre de 700 m), effectué dans le secteur connu comme étant le plus favorable, celui de l'anomalie de la ferme Hirra. On peut espérer une évolution favorable en profondeur, qui pourrait être liée à une évolution de l'altération hydrothermale. Si l'évolution était défavorable ou s'il ne se manifestait pas de changement, il sera raisonnable d'arrêter définitivement l'exploration après ce sondage long.

1.2 - DEVONO-DINANTIEN VOLCANO-SEDIMENTAIRE

Dans le Dévono-dinantien (essentiellement Dévonien) des Vosges septentrionales, on connaît une concentration de minéralisations dans la région de Framont-Grandfontaine (67) : lentilles d'hématite et pyrite, skarns tungstifères et filons ferrifères. Des minéralisations beaucoup moins importantes se trouvent à Raon-l'Etape (88) (skarns à Mo et W) et de faibles indices à La Grande Fosse (88). La prospection générale et les travaux d'Inventaire du B.R.G.M. n'ont pas abouti à la mise en évidence de nouveaux indices en dehors de ces trois secteurs.

1.2.1 - Framont-Grandfontaine - Cartes à 1/50 000 de Cirey-sur-Vezouze et Molsheim. Lentilles d'hématite et pyrite, skarns tungstifères, filons.

La découverte des mines de Framont (Ferratus Mons) aurait eu lieu vers l'an 1172 et l'installation des forges daterait du siècle suivant. Jusqu'à la Révolution de 1789, ces mines étaient la possession de la principauté de Salm (localité voisine de Framont). Les mines de l'Evêché, dont il n'est fait mention qu'au XVIIème siècle, appartenaient, elles, à l'évêque de Strasbourg.

Pendant la Révolution et après diverses vicissitudes, la propriété de l'ensemble des mines (y compris celles de Rothau) passa aux mains de la famille CHAMPY jusqu'en 1834, année où fut constituée la Société Anonyme des Mines de Framont, qui poursuivit l'extraction pendant une trentaine d'années, jusqu'à l'arrêt de la dernière exploitation (Les Minières), en 1866.

Pendant cette dernière période d'activité, à partir de 1820, la production totale s'est élevée à environ 100.000 t de minerai, dont 90 % pour les lentilles de Grandfontaine (55 % pour le seul gîte des Minières) et 10 % pour les filons. On peut admettre que la production antérieure a été du même ordre de grandeur, compte tenu de l'extension des vieux travaux et, ainsi, ces gisements, considérés autrefois comme importants, ne sont en fait que de petits gîtes qui seraient actuellement inexploitables.

Par la suite, on peut signaler diverses tentatives de reprise, aux Minières, à l'Evêché et à la Mine Jaune, en 1873, 1915 et 1938-43, avec une exploitation limitée de la lentille de pyrite des Minières (quelques milliers de tonnes), en 1939. Plus tard, en raison de la présence signalée de la scheelite, le B.R.G.M. a procédé aux travaux suivants :

- en 1953, étude géologique préliminaire et prospection électro-magnétique,
- en 1957, réouverture et échantillonnage de travaux anciens,
- en 1958, campagne de sondages découvrant la présence de skarns (ou tactites) à fortes teneurs en WO_3,
- en 1961, travaux miniers comportant le fonçage d'un puits de 40 m, avec travers-bancs et traçages au niveau 36, soit 212 mètres de galeries.

Ces travaux n'ont pas confirmé les espoirs provoqués par les sondages : d'une part, le tonnage s'est montré plus réduit que prévu, en raison de l'extension insoupçonnée des anciens dépilages et de la lenticularité de la formation ; d'autre part, la teneur était en réalité (0,2 % WO_3 seulement) beaucoup plus faible que celle escomptée.

Ces résultats ne laissant pas espérer de possibilités économiques, la recherche fut arrêtée et le problème considéré comme classé.

Toutefois, ces dernières années, dans le cadre d'un permis exclusif de recherches (P.E.R. de Framont, en date du 5 mai 1982), la société COMINCO a repris l'exploration. Contrairement au B.R.G.M., elle ne s'est pas intéressé aux skarns à scheelite, mais aux lentilles de pyrite cuivreuse, avec l'arrière-pensée que ces lentilles étaient du "type amas sulfuré", liées directement au volcanisme dévonien. Autant qu'on le sache, des sondages carottés auraient découvert une nouvelle lentille, à 300 m environ de celle des Minières, dont la teneur en Cu serait de l'ordre de 3 %.

Filons ferrifères

Les filons ferrifères encaissés dans le Dévonien, qui ont été anciennement exploités, se trouvent essentiellement dans le massif volcanique de Schirmeck, aux alentours de Framont et Grandfontaine ; la seule exception est le filon de Russ, isolé dans des formations sédimentaires au NE de Schirmeck. Tous ces filons sont au nombre de 9, situés dans les anciennes concessions de Framont et

de l'Evêché.

Dans la concession de Framont se trouvaient :

1. **Le filon du Morveux ou du Bas-Donon.** Situé au nord des Minières, ce filon est dirigé N-S, avec un pendage W ; sa puissance varie entre 0,50 m et 1 m. Encaissé dans des brèches kératophyriques, il renferme essentiellement de l'hématite, accessoirement de la tétraédrite et de la chalcopyrite et, comme produit d'oxydation secondaire, de l'olivénite. Il a été reconnu sur une longueur de 100 m environ et ses anciens travaux ont été repris en 1825-1829 et 1841-1842, périodes au cours desquelles il a produit une centaine de tonnes.

2. **Le filon de Sainte-Barbe.** Encaissé dans les schistes et grauwackes de l'anticlinal des Minières, ce filon est dirigé NW-SE, avec un pendage SW ; sa puissance est faible (ordre de 0,40 m). Il renferme de l'oligiste dans une gangue de quartz et il a été exploré, pour la dernière fois, en 1824-25.

3. **Le filon de l'Ardoisière de la Rosa sur l'Eau.** Peu connu, il s'agit d'un filon d'oligiste à gangue de quartz, encaissé dans les kératophyres. Il a été l'objet de quelques travaux en 1827.

4. **Le filon du Jeune Bois.** Dirigé WNW-ESE, avec un pendage NNE, ce filon, épais de 0,10 m à 0,50 m, a été reconnu sur une longueur de 40 m ; il est associé à un filon de minette et renferme de l'oligiste micacé. Au cours de ses derniers travaux, en 1836-37, il a produit seulement 6 tonnes.

5. **Le filon de Malplaquet.** Situé sur la rive droite du niveau de Goutty, ce filon d'oligiste écailleux n'est reconnu que sur une longueur de 20 m ; il est dirigé WNW-ESE, avec un pendage NNE, et sa puissance varie entre 0,15 m et 1 m. Il a produit 12 tonnes en 1837-38.

6. **Le filon de la Basse Voitel (ou Voete Basse de Framont).** Encaissé dans des kératophyres, ce filon d'oligiste, puissant de 0,80 m, est dirigé WNW-ESE. Il n'a pas fait l'objet de travaux au XIXème siècle.

Dans la concession de l'Evêché se trouvaient :

7. **Le filon de Noire Maison.** Ce filon est situé dans la forêt communale de Noire Maison, près de la Crête, et il est encaissé dans des brèches kératophyriques. Il est dirigé WNW-ESE, avec un pendage NNE de 70° environ, et sa puissance

varie entre 3 m et 7 m, étant de 4 m en moyenne. La minéralisation comprend, dans une gangue complexe de quartz, barytine et calcite, de l'oligiste et de l'hématite, ainsi que des oxydes de Mn : pyrolusite et cryptomélane; ces derniers formaient une bande au toit, épaisse de 0,30 m, et ils étaient assez abondants pour avoir été l'objet d'une demande en concession.

Cette minéralisation était très irrégulière, comportant des passées quasi stériles et des passées renfermant jusqu'à deux mètres de minerai pur. Les derniers travaux du XIXème siècle, d'abord entre 1825 et 1834, ensuite entre 1839 et 1861, ont produit 6000 tonnes ; ils ont été abandonnés en raison de l'appauvrissement. Ce filon est connu sur une longueur de 200 m et une hauteur de 50 m.

8. **Le filon de Passe-Labour.** Situé au-dessus des marbrières de Wackenbach, ce filon était exploité pour le haut-fourneau de Rothau. Plutôt que d'un filon régulier, il s'agissait d'une série de nids et de petites lentilles d'hématite et d'oligiste micacé, dans une gangue argileuse ; leur puissance était très faible, variant seulement entre 5 et 20 cm. Exploré sur une longueur de 130 m et une hauteur de 25 m, ce "filon" a produit 3,5 t au cours de la reprise de 1826-28.

9. **Le filon de Russ** (carte de Molsheim). Isolé à l'est, le filon de Russ est dirigé NW-SE, avec un pendage SW ; sa puissance moyenne est de 0,50 m - 0,60 m. Il est formé par de l'hématite et de l'oligiste micacé dans une gangue barytique abondante, et il pourrait être considéré également comme un filon de barytine. Il a été exploré en 1828-1830, sur une longueur de 108 m.

Bien que n'appartenant pas au groupe étudié à strictement parler, on peut y adjoindre un dernier élément, en raison de son voisinage :

10. **Le filon de Golbery ou Colbery.** Ce filon qui se trouve dans la montagne du Kohlberg, commune de Wisches, présente la particularité de traverser le grès vosgien. Subvertical et dirigé NE-SW, il est constitué par de la goethite empâtant des grains et des galets de grès. Il a été exploité pour l'alimentation du haut-fourneau de Framont et exploré pour la dernière fois en 1826-27. Il est à noter qu'il n'a pas été reconnu en profondeur et l'on ignore quel est son prolongement dans les roches volcaniques dévoniennes.

Comme on peut le constater à partir des descriptions précédentes, les filons ferrifères des concessions de Framont et de l'Evêché diffèrent des filons de Rothau, non seulement par leurs roches encaissantes, mais aussi par l'absence de magnétite et de pyrite. Malgré leur voisinage, l'origine de leurs minéralisations

n'est donc pas identique.

Comme dans le cas de Rothau, l'étude de ces petits filons s'est limitée à l'analyse de quelques échantillons et cette analyse a confirmé qu'il ne s'agissait pas de "chapeaux de fer" de minéralisations sulfurées de métaux de base.

11. Filon de manganèse de Wisches. Bien que sa minéralisation ne soit pas ferrifère, on peut signaler ici l'existence d'un filon d'oxydes de Mn dans la commune de Wisches. Encaissé dans les schistes dévoniens, au lieu-dit Tomerspach, ce filon était dirigé E-W, avec un pendage S de 70°, et il était constitué par un chapelet de rognons, pesant 2 kg à 2,5 kg, dans une caisse quartzo-argileuse épaisse de 0,75 m à 1 m. Les oxydes de Mn étaient souvent compacts, parfois lamellaires ou fibreux, cette dernière variété représentant la meilleure qualité.

Les travaux comportaient, entre autres, une galerie d'allongement de 100 m et le minerai était vendu à Sainte-Marie-aux-Mines, pour le blanchîment. Une demande de concession fut présentée en 1823.

Sur l'autre flanc du vallon, dans la commune de Schirmeck, se trouvait un 2ème filon d'oxydes de Mn, qui était, lui, dirigé N-S. On y avait ouvert, au début du XIXème siècle, une galerie de 24 m et un puits de 5 m ; la minéralisation s'était maintenue dans la galerie jusqu'au 21ème mètre, puis elle s'était mélangée d'oxydes de fer, d'où l'abandon.

Minéralisations fissurales

Avant de décrire la minéralisation principale du secteur, on peut signaler l'existence de minéralisations fissurales découvertes à la suite de la prospection alluvionnaire. Celle-ci, en effet, ayant montré la présence de scheelite en amont des travaux miniers, une prospection au marteau et à la lampe Mineralight permit de découvrir de nouveaux indices du minéral, au-dessus de la RN392 montant au col du Donon, encaissés dans les fissures d'une brèche kératophyrique silicifiée ; la scheelite peut y présenter des cristaux octaédriques et elle est accompagnée par de la pyrite et des traces de molybdénite.

Cette prospection a été abandonnée lorsqu'on eut connaissance de la demande du PER de Framont et, ainsi, l'indice n'a pu être étudié en détail. S'il est probablement lui-même sans intérêt économique, il présente un intérêt métallogé-

nique, car il montre que le phénomène de minéralisation en scheelite a débordé largement le cadre du graben des Minières.

Skarns et amas

Suite aux travaux du B.R.G.M., le gisement principal de Framont-Granfontaine a fait l'objet d'une publication très détaillée (J. BOULADON, L. BURNOL, P. PICOT et P. SAINFELD (1964)), à laquelle nous nous référons entièrement pour la description, faute de disposer des renseignements nouveaux éventuellement apportés par les travaux de la société COMINCO.

Ce gisement principal (skarns et amas) est concentré, à l'ouest de Grandfontaine, dans le vallon des Minières et sur le flanc nord de la Tête Mathis. Un graben, limité par deux failles E-W distantes de 500 à 600 m, a permis la conservation des skarns, qui dessinent deux petites structures, l'une anticlinale au nord et l'autre synclinale au sud. L'ensemble est recoupé par de nombreux petits accidents NW-SE.

Les formations minéralisées reposent sur une série volcanique et sont surmontées par un complexe sédimentaire, toutes ces roches étant d'âge dévonien. La série volcanique du mur comprend essentiellement ici des brèches siliceuses à éléments de kératophyres et de quartzites, avec des intercalations d'andésites, de tufs andésitiques et de "schalsteine*". Elle peut se terminer par un épisode détritique, sous la forme d'une mince bande de grauwacke. Le complexe sédimentaire du toit est formé de schistes et de grauwackes, avec des brèches interstratifiées.

Quant à la formation minéralisée, sa succession complète comporte, du mur au toit : des skarns, des carbonates et des amas ferrifères ou pyriteux. Les skarns, qui apparaissent ici loin de tout contact granitique, ont été formés probablement par la transformation d'un sédiment mixte volcano-sédimentaire, un calcaire ou une dolomie impurs, contaminés par de menus fragments pyroclastiques. Ils comprennent deux types : des skarns à hédenbergite et grenat et des skarns à grenat dominant. Dans les premiers, se trouve de la scheelite grossière (0,5 à 1 mm) et, dans les seconds, de la scheelite fine moins abondante.

---

* Les "schalsteines" sont des tufs basiques à ciment carbonaté, déposés dans l'eau et partiellement remaniés.

Des dolomies sont interstratifiées dans les grauwackes et au toit des skarns et c'est dans le niveau dolomitique principal que se trouvent les amas d'hématite, objets des exploitations anciennes. Ce niveau passe latéralement à des brèches dolomitiques et, plus haut dans les schistes, apparaissent de petites lentilles métriques. L'activité hydrothermale locale se traduit par la formation de quartz, de calcédoine, de pyrite et parfois de scheelite, autour de minces fissures.

Ces dolomies subsistent à l'ouest du gisement, mais, vers le sud, elles passent à des calcaires impurs et, plus loin vers l'est, à la mine de l'Evêché, par exemple, il n'existe plus que des calcaires saccharoïdes qui, comme les dolomies, encaissent un amas d'hématite.

Les principales zones minéralisées forment deux alignements : un alignement nord, avec les travaux des Minières et de la Chapelle ; un alignement sud, comprenant la Mine Grise, la Mine Jaune, la Mine du Curé et un alignement secondaire formé par la Mine Noire et la Mine de Metzger.

Les Minières. L'ensemble des travaux des Minières s'étend sur 150 m de longueur en direction NE et sur 140 m de hauteur, depuis la carrière (cote 575) jusqu'au fond d'un petit bure (cote 433). La minéralisation exploitée dans la carrière, limitée au nord par des grauwackes redressés verticalement contre la faille bordière, comportait essentiellement de l'hématite (oligiste), avec un peu de malachite, chrysocolle et cuivre natif, ainsi que des traces de chalcanthite, chessylite, copiapite, mélaconite, mélantérite et langite. Les minéraux de gangue étaient de la calcite, de l'ankérite, de la sidérite, de la barytine, de la fluorine et du quartz, auxquels s'ajoutaient, dans la zone d'oxydation, de l'aragonite, du gypse, de l'halloysite, de l'alunite, de l'allophane et de l'opale.

Cet amas avait une puissance de 60 à 80 m et il était dirigé ENE, avec un pendage nord de 60 à 70°. De contours très irréguliers, il était divisé en deux parties par une intercalation de pyroxénite épaisse de 20 m. Latéralement, le minerai passait à une brèche et il enclavait des blocs traversés de veinules minéralisées.

Près de la surface, l'extrémité SW de ce gisement (appelée "gîte des Thomas") a été rencontrée dans la galerie de La Chapelle. Là, il est réduit à une épaisseur de 2 m seulement et il remplace irrégulièrement le toit d'une lentille dolomitique, creusée de nombreuses cavités de dissolution. En profondeur, l'amas se poursuit en se rétrécissant jusqu'au 5ème niveau (cote 448).

Dans la galerie des Minières (cote 550), ancienne voie d'accès, d'exhaure et d'extraction, la zone pyriteuse, connue sous le nom de "Chambre Chaude", mesure 30 m x 20 m. A son mur immédiat, se trouvent des skarns fortement silicifiés, à grenat, pyrénéite, chlorite et actinote, imprégnés de pyrite et de scheelite ; la pyrite, la scheelite et le quartz se trouvent aussi dans les minces veinules traversant les kératophyres et même en mouches minuscules imprégnant ces kératophyres. Il est à noter que la dissémination de la pyrite et de la scheelite dans la série volcanique du mur est un phénomène général dans toute la zone minéralisée de Grandfontaine-l'Evêché.

De rares inclusions de pyrrhotite résiduelle et de chalcopyrite se trouvent dans la pyrite, où l'on note par ailleurs la présence de magnétite largement martitisée et de molybdénite très fine. La scheelite, elle, peut renfermer localement de minces lamelles de wolframite et des plages éparses d'oligiste. Cette scheelite, ainsi que la magnétite et la pyrite, a été fracturée et recimentée par un dépôt de quartz, suivi d'un carbonate de fer et de chalcopyrite tardive.

Dans le "hornstatt Vincent" (cote 530), où l'amas pyriteux a une section de 12 m x 12 m, on peut constater qu'une partie de cette pyrite, associée à un peu de marcasite, est une pyrite secondaire, provenant de la transformation d'une ancienne pyrrhotite. Elle se distingue facilement de la pyrite primaire, qui forme des petits cubes inaltérés. Cette dernière est souvent fracturée et injectée par de l'oligiste, accompagnée de quartz et de carbonate.

Ce massif pyriteux, qui se trouve à l'est de l'amas principal d'oxyde de fer, a été reconnu jusqu'à la cote 448 (5ème niveau), où il ne présente plus qu'une section de 9 m x 9 m. La surface maximale se trouve au 1er niveau (Sohle Vincent, cote 508), où elle atteint 1800 m^2.

Les skarns-magasins, qui se trouvent au mur des dolomies et du minerai de fer, ont été bien étudiés grâce aux travaux miniers et aux sondages du B.R.G.M. Leur minéralisation en scheelite est faible, appauvrie à la partie inférieure ; les meilleures teneurs se trouvent dans les 3 ou 4 mètres supérieurs, mais elles n'atteignent en moyenne que 0,25 % WO_3. Le sommet, au contact de la dolomie, est généralement corrodé par un dépôt de pyrite, suivi d'oligiste, de chalcopyrite et de cuivre gris, avec une gangue de quartz. Cette venue, qui se termine par de la dolomie associée à de l'oligiste très fin, se retrouve dans des veinules traversant toute l'épaisseur des skarns et elle comporte localement des minéraux de Bi, ainsi qu'un dépôt tardif de bertrandite, dans de minces fissures chloriteuses.

A la suite de toutes les études effectuées, on a pu établir que la minéralisation comportait deux phases, dont les paragenèses sont les suivantes :

- dans une première phase, succédant à la formation de scheelite :pyrrhotite, magnétite, pyrite, chalcopyrite à étoiles de blende et cubanite,
- dans la deuxième phase (provoquant la transformation de la pyrrhotite en pyrite et la martitisation de la magnétite) : pyrite, oligiste, chalcopyrite, cuivre gris ; gangue de dolomite, de quartz et, enfin, de fluorine ; localement rutile, bismuthinite, bismuth natif, emplectite et tétradymite ; bertrandite et phénacite tardives.

Les minéraux d'oxydation sont variés et abondants et on peut signaler, en outre, la présence de bornite, de chalcopyrite, de cuivre natif, de molybdénite, d'apatite, d'orthose et d'adulaire. Par contre, on n'a jamais trouvé de béryl, ni de cassitérite, ni de tourmaline.

Ce gisement des Minières est le plus important de tous et il a été probablement exploité depuis les origines (12ème ou 13ème siècle). Depuis au XIXème siècle, à partir de 1819, il aurait produit, entre 1825 et 1865, 55000 tonnes environ de minerai de fer, donnant 33 à 34 % de fonte. En outre, entre 1851 et 1857, par suite de l'épuisement progressif de l'oxyde de fer, il aurait fourni 7000 t environ de pyrite. Plus tard, au cours de la dernière reprise, entre 1938 et 1943, il a encore donné quelques milliers de tonnes de pyrite.

Mine Grise et Mine des Soudières ou Mine Grise du Haut. Ces mines sont les travaux les plus occidentaux de l'alignement sud principal. L'amas, dans la Mine Grise, aurait été exploité sur une hauteur de 115 m (entre les cotes 680 et 565). Cette exploitation intéressa d'abord le fer, jusqu'en 1844, puis, de 1851 à 1857, une zone pyriteuse située au mur. Dans la Mine des Soudières, entre 1837 et 1844, on dépilait des zones plus ou moins ferrugineuses, situées également dans le mur. La production totale, au XIXème siècle, a été de l'ordre de 5000 tonnes de minerai de fer et quelques centaines de tonnes de pyrite ; l'amas principal renfermait au maximum quelques dizaines de milliers de tonnes.

Cet amas était épais de 6 à 8 m en moyenne ; orienté ESE-WNW, avec un pendage S de 65°, il se trouvait entre un mur de grenatite ou de brèche kératophyrique et un toit de dolomie. Il était formé essentiellement par de l'oligiste, accompagné de martite et mélangé de pyrite au toit et localement au mur. Comme caractéristique, il renfermait du cuivre en abondance, sous la forme de veinules de cuivre gris avec parfois chalcopyrite et de lentilles de bornite (dont

une lentille de 5 m x 2 m x 1,35 m). On y a signalé, en outre, la présence d'apatite et d'aragonite et celle de bismuth natif dans des géodes de la dolomie du toit.

Dans les déblais, la 2ème phase, celle à cuivre et bismuth, apparaît particulièrement développée ; l'oligiste est abondant, la bornite et la tennantite fréquentes, ces dernières associées localement à de la wittichénite. La scheelite, relativement abondante, est parfois encapuchonnée de fluorine.

C'est la grenatite hématisée du mur (36 % Fe) qui a été exploitée dans la Mine des Soudières et, en 1852, dans la galerie de La Chapelle, on a trouvé, toujours au mur, un amas de pyrite de 15 m x 8 m, mêlée de fluorine.

Mine des Engins. Dans cette mine, on a exploité un amas d'hématite rouge à pendage sud, renfermant de la "limonite" au mur. On y a également dépilé, en 1839-40, la grenatite hématisée du mur présentant des traces de cuivre (malachite et cuivre gris). Mais, cette dernière exploitation n'a guère produit qu'un millier de tonnes de minerai.

Dans les déblais, se trouvent des fragments de quartz à oligiste renfermant de rares mouches de scheelite, avec un peu de pyrite et de chalcopyrite, cette dernière parfois accompagnée de pyrrhotite. L'oligiste, formé le dernier, pénètre dans des fissures du quartz préalablement minéralisé en pyrite, scheelite et magnétite.

Mine Rouge. Cette mine est sans doute la plus ancienne de toutes celles de l'alignement et ses travaux ont été plus superficiels. Le minerai principal était de l'hématite rouge, constituant une lentille puissante de 3 à 4 m ; il se trouvait en contact subvertical avec une grenatite à scheelite et il renfermait des enclaves dolomitiques avec oligiste. La dolomie du toit a également été exploitée, dans la "chambre de castine".

La grenatite, relativement riche, tient 0,25 % WO_3 et, dans les déblais, se trouvent des fragments d'un "greisen pyriteux", formé à partir des tufs kératophyriques. Ce "greisen" présente des teneurs anomales en Li (140 ppm), Sn (60 ppm) et Be (14 ppm), qui témoignent d'un apport pneumatolytique.

Mine Jaune ou Mine Louise. Cette mine a produit une vingtaine de milliers de tonnes, entre 1825 et 1864, rendant 42 % de fonte. L'amas exploité atteignait une longueur de 140 m, avec une puissance moyenne de 7 m (la puissance maximale étant de 30 à 40 m). A l'ouest, il se terminait en biseau, coincé dans des

formations volcaniques ; à l'est, l'exploitation s'était arrêtée sur un massif pyriteux de 6 m.

La minéralisation était formée essentiellement d'hématite brune, avec de la magnétite et un peu de pyrolusite. Dans la dolomie, qui pouvait passer à de l'ankérite ou de la sidérite, se trouvaient de la blende, de la galène et de la chalcopyrite, associées à de la pyrite.

Dans la grenatite du mur, altérée en surface, se rencontre de la scheelite, soit disséminée, soit associée à des veinules de quartz et pyrite. Dans cette même grenatite, de la phénacite a été découverte en 1825 par BEYRICH et on y a signalé l'existence de topaze, fluorine et adulaire.

Travaux du Curé. Ces travaux consistent en deux galeries E-W, creusées à l'extrêmité orientale de l'alignement pour reconnaître l'aval-pendage de la Mine Jaune :

Galerie inférieure (Mine du Curé ou Galerie de Terlingoutte). Cette galerie, exécutée de 1832 à 1835, a été reprise par les Allemands pendant la guerre de 1914-18. Elle traverse essentiellement des brèches kératophyriques, recoupées par des filonets de quartz à pyrite et scheelite. Trois filonets plus épais (10 à 20 cm) montrent un remplissage complexe : quartz, chalcopyrite, pyrite, mispickel, oligiste, neodigénite, bornite à inclusions de wittichénite, bismuth natif et bismuthinite associée à un minéral proche de l'aïkinite.

Dans les échantillons récoltés sur les haldes, on peut reconnaître la superposition de deux phases :

- une première phase à scheelite et molybdénite, avec pyrrhotite, chalcopyrite à étoiles de blende et cubanite,
- une deuxième phase à Cu et Bi dominants, avec pyrite, chalcopyrite, bornite, wittichénite, bismuthinite, galéno-bismuthite, bismuth natif et marcasite tardive.

On peut souligner l'apparition de MoS_2, qui se présente généralement aux épontes des filonets de quartz à scheelite.

Galerie supérieure (Recherche du Curé). Cette galerie, longue de 180 m, a été exécutée en 1940 et elle a été réouverte par le B.R.G.M. Dirigée WNW-ESE, elle traverse des tufs kératophyriques, dans lesquels se trouve une

mince passée de skarn. Ce skarn est minéralisé par de la scheelite grossière (1 à 4 mm), avec de la magnétite, de l'oligiste, de la pyrite à inclusions de pyrrhotite, de la chalcopyrite et parfois de la cubanite. Dans les tufs eux-mêmes, se trouvent de minces veinules renfermant du quartz, de la pyrite et de la scheelite fine.

Alignement sud secondaire. Constitué par la Mine Noire et la Mine de Metzger, cet alignement est caractérisé par l'absence de skarns ; ici, les carbonates (des lentilles calcaires) ou le minerai de fer reposent directement sur les roches volcaniques du mur.

Mine Noire (Schwarzgrube). Cette mine est située à 150 m au SW de la Mine Grise. Au XIXème siècle, elle a produit environ 8000 t de minerai de fer donnant 20 à 27 % de fonte.

L'amas exploité avait la forme d'une plaque subverticale de 1 m d'épaisseur, orientée E-W et coincée entre une faille et les calcaires à intercalations schisteuses du compartiment sud. Il était formé par de l'hématite terreuse, mélangée d'oxydes de Mn (pyrolusite et manganite), avec de la martite et des nids d'oligiste. Cette masse terreuse noire emballait des fragments schisto-grauwackeux du toit et des veines d'oligiste pénétraient dans les calcaires, lesquels furent extraits ultérieurement comme castine.

Dans les déblais, se trouvent des échantillons cuprifères à bornite et cuivre gris accessoire. La bornite remplace localement la pyrite, se transforme partiellement en idaïte et chalcopyrite et s'altère en covellite et digénite. La gangue est formée de quartz, fluorine et calcédoine tardive.

Mine de Metzger. Située 120 m à l'est de la Mine Noire, la mine de Metzger a été exploitée entre 1819 et 1829.

L'amas exploité, orienté E-W comme celui de la Mine Noire, reposait contre une salbande argileuse teintée de noir par des oxydes de Mn ("brand" des anciens mineurs) et, ici, il n'existait apparemment pas de calcaire. La minéralisation était formée par de l'hématite avec un peu de martite, parsemée d'oligiste lamellaire et traversée de veinules de quartz. Elle enclavait des blocs de roche volcanique.

En résumé, la minéralisation du flanc sud de l'anticlinal de Grandfontaine est semblable à celle du flanc nord, du moins en ce qui concerne l'alignement principal. Elle se situe dans la base d'un horizon de skarns (grenatites) reposant sur

des brèches kératophyriques par l'intermédiaire d'un mince niveau de grauwackes. Au sommet de ces skarns, se trouvent les amas ferrifères exploités, qui comportent localement de la phénacite et passent latéralement à des lentilles de carbonates, dans lesquelles se rencontrent préférentiellement les sulfures accessoires (Cu, Pb, Zn, Bi). De la fluorine tardive est constamment présente.

L'alignement secondaire (Mine Noire - Mine de Metzger), étant donné son pendage inverse, correspond probablement à la réapparition du même niveau sur le 2ème flanc d'un petit repli synclinal, adossé à la faille sud du graben. On peut y souligner la richesse relative en oxydes de Mn.

Mine de l'Evêché. Située 1 km à l'est des travaux du Curé, sur le mont Evêché, cette mine est difficile à raccorder aux alignements précédents. Il est possible qu'elle en soit séparée par une ou plusieurs failles.

Les premiers travaux (cf. de DIETRICH (1789)) sont très antérieurs à la Révolution et la reprise de 1824 à 1827 démontra que cette mine de fer était épuisée. Toutefois, lorsque la Société des Mines de Framont s'intéressa à la pyrite, des travaux annexes, en 1851, reconnurent 10.000 tonnes de minerai pyriteux, dont 3000 auraient été extraites en 1869.

Après avoir constaté la présence de skarns à scheelite dans les haldes, les galeries ont été réouvertes par le B.R.G.M., en 1957, et la lentille pyriteuse du niveau supérieur échantillonnée. Les teneurs s'étant avérées intéressantes (0,53 % WO3), on effectua à la suite une prospection électromagnétique et trois sondages. Mais, les résultats furent négatifs et le problème fut classé comme étant sans intérêt économique.

Les travaux anciens d'exploitation ont porté sur un amas ferrifère puissant de 1 m à 5 m et long de quelque 80 m. Cet amas se trouvait au sommet d'un banc de grenatite surmonté par une lentille de cipolin, l'ensemble reposant sur des tufs kératophyriques. La minéralisation comportait surtout de l'oligiste, avec de l'hématite brune, de la magnétite martitisée et de la pyrolusite. Accessoirement, se trouvaient de la pyrite, de la chalcopyrite, de la blende, de la galène, de la sidérite, de la calcite et de la barytine.

Dans la galerie supérieure, qui a exploré un massif pyriteux (25 m x 7 m), la pyrite, accompagnée d'oligiste, imprègne un skarn à épidote et biotite verte, qui renferme de la scheelite relativement abondante, de la magnétite, de la pyrrhotite et de la chalcopyrite. Mais, dans la galerie inférieure (à - 15 m), la

grenatite hématisée reposant sur des tufs clairs ne présente plus de minéralisation en scheelite.

Cette formation de l'Evêché, dans une série à pendage nord, peut être rattachée à la formation des Minières.

En définitive, le gisement de Grandfontaine, qui n'est pas un gisement de contact proprement dit, comporte deux types de minéralisation :

- d'une part, des skarns ferrifères riches en sulfures, qui ont subi une importante altération hydrothermale lors de la mise en place de l'oligiste et des sulfures de Fe, Cu, Bi, ...,
- d'autre part, un chapelet d'amas irréguliers d'hématite, épigénisant des carbonates le long d'une zone bréchifiée au contact des skarns.

Les skarns, altérés et faiblement minéralisés en scheelite, se trouvent au mur de ces amas et, comme une partie était entraînée avec le minerai, elle lui apportait le tungstène qui faisait la renommée des aciers de Framont.

Les skarns ont été formés sous l'influence d'un magma granitique non affleurant (probablement le prolongement ouest du "filon" du Kagenfels), aux dépens de sédiments mixtes volcano-sédimentaires, vraisemblablement assez proches des "schalsteine" (cf supra"). Ils forment un horizon relativement continu, interstratifié entre une série de brèches kératophyriques, au mur, et une série sédimentaire (carbonates, schistes et grauwackes), au toit. Les lentilles carbonatées du toit immédiat se sont prêtées à la mise en place tardive des amas d'hématite et localement de pyrite, qui ont été l'objet des exploitations anciennes.

On peut schématiser ainsi la succession des phénomènes :

1°) **Formation des skarns : minéralisation en scheelite**

Développement de grenat (série grossulaire-andradite), hédenbergite et scheelite ; apparition connexe de pyrrhotite, magnétite, chalcopyrite (à étoiles de blende), cubanite et parfois molybdénite.

2°) **Transformation des skarns : minéralisation ferrifère et polymétallique**

Développement d'ouralite, dolomie, chlorite, épidote et hématite, aux dépens des silicates. Dépôt de quartz, orthose, apatite, adulaire, calcite et fluorine, exceptionnellement topaze et phénacite ; dans certains faciès proches du mur : prehnite, actinote, zoïsite, clinozoïsite, sphène et albite. Transformation de la pyrrhotite en pyrite et de la magnétite en martite. Dépôt massif de pyrite et surtout d'oligiste, avec enrichissements locaux en cuivre (chalcopyrite, cuivre gris, bornite) et en bismuth (bismuthinite, bismuth natif, emplectite, tétradymite, wittichénite), en liaison avec des veinules de quartz à pyrite. Enfin, dépôt très discret de quartz, calcédoine, fluorine, calcite et pyrite, remplissant des fissures tardives.

Bien que les minéralisations de Framont-Grandfontaine soient plus complexes minéralogiquement et chimiquement et que les filons de Rothau (cf. supra) contiennent de la tourmaline, inconnue à Framont, il existe une parenté métallogénique entre ces filons de Rothau et les skarns et amas de Grandfontaine : dans les deux cas, une phase à oligiste succède à une phase à magnétite et les dépôts se terminent par de la fluorine. Ainsi, les filons seraient, eux aussi, en liaison directe avec l'intrusion granitique du Kagenfels et toutes les minéralisations du secteur Framont-Rothau seraient d'âge post-westphalien (peut-être permien).

Il est toutefois possible d'évoquer une autre hypothèse et de dissocier les amas des filons, si l'on admet que ces amas ferrifères et pyriteux, qui ressemblent à ceux du district de Lahn et Dill (RFA), ne sont pas des formations pyrométasomatiques, mais des formations hydrothermales-sédimentaires liées directement au volcanisme dévonien ; les skarns, malgré leur association intime avec ces amas, seraient, de même que les filons, une formation plus tardive d'influence granitique. Cette hypothèse était étayée par le fait que le Dévonien était, en Europe, une époque métallogénique favorable et elle a été l'occasion d'effectuer une reconnaissance d'ensemble des terrains volcano-sédimentaires des Vosges septentrionales, dans le but d'évaluer leurs possibilités en amas sulfurés. Effectuée avec l'aide de G. POUIT (Département GMX), cette reconnaissance a permis les observations suivantes :

- les successions peuvent présenter des variations importantes, en raison d'une topographie volcano-sédimentaire mouvementée (jeu synsédimentaire des failles, ...),

- existence d'un volcanisme spilitique, ensuite surtout kératophyrique, avec, à Schirmeck, une phase siliceuse hydrothermale tardive à laquelle est associée de la pyrite fréquente (sous forme de dissémination et parfois de veinules),
- caractère incertain du volcanisme : tendance alcaline pour Th. JUTEAU et tendance tholéïtique pour F. FONTEILLES,
- cadre géostructural intéressant : soit ophiolitique, soit arc insulaire,
- la plus grande partie des formations sédimentaires ou pyroclastiques recouvre les formations volcaniques et la présence de conglomérats indique une forte tectonique synsédimentaire, qui a pu entraîner une érosion importante du sommet de l'épisode volcanique présentant le plus d'intérêt gîtologique,
- enfin, seule une partie réduite de l'ensemble est observable, en raison de la présence d'une couverture permo-triasique et de celle d'intrusions granitiques ; on ne peut, en particulier, observer les domaines latéraux.

Au point de vue métallogénique, il existerait trois épisodes "télescopés" : le premier volcano-sédimentaire, le 2ème associé à la granitisation hercyniennne et le 3ème lié à la discordance de la surface permo-triasique.

Le premier serait représenté par les minéralisations ferrifères de Framont-Grandfontaine, de caractère stratiforme et constituées par des oxydes de fer (objet des principales exploitations anciennes) associés à des sulfures massifs (pyrite essentiellement). Ces minéralisations présentent des ressemblances avec les amas sulfurés : localisation au sommet d'un puissant empilement volcanique de kératophyres, brèches siliceuses et spilites au passage de ces volcanites à des sédiments, en particulier des carbonates récifaux ; contrôle structural pouvant correspondre à une tectonique synsédimentaire ; présence d'hématite dans les sédiments volcano-clastiques de couverture, attestant l'existence d'une minéralisation syngénétique en fer, en liaison avec le volcanisme kératophyrique ; si des altérations hydrothermales ne sont pas signalées sous les amas, on a cependant mentionné dans les brèches kératophyriques des "veines de pyrite bordées de biotite verte" et un développement de quartz-séricite rapporté à un phénomène de greisenisation ; enfin, l'association d'oxydes et de sulfures de fer est un caractère fréquent des amas sulfurés, ainsi que la présence de barytine et parfois de molybdénite.

On pourrait donc proposer, pour Framont-Grandfontaine, l'hypothèse d'une minéralisation stratiforme volcanogène, en remarquant que l'hypothèse ancienne, le type skarn, reste cohérente. On y observe, en effet, des associations

de faciès minéralogiques et pétrographiques typiques des skarns ou, mieux, des skarnoïdes (grenatites, pyroxénites, scheelite, magnétite, pyrrhotite, molybdénite, minéraux de Cu, Be et F) ; on peut donc admettre l'existence en profondeur d'une coupole granitique (appartenant sans doute au "filon" du Kagenfels) sous le gisement, dont l'influence aurait affecté sélectivement certains niveaux plus réactionnels.

En conclusion, sous toutes réserves, la minéralisation stratiforme de Framont-Grandfontaine pourrait être rapportée à un modèle volcanogène proche des amas sulfurés et elle présenterait le "télescopage" d'une minéralisation volcano-sédimentaire primaire et d'une minéralisation d'influence granitique.

En se basant sur l'association connue Lahn-Dill-Meggen, on pouvait admettre a priori l'intérêt des formations sédimentaires du massif en ce qui concerne les minéralisations distales. Mais, on n'a découvert aucune indication importante de ces minéralisations : seuls, les schistes noirs des carrières Wengen et Petit, près de Hersbach, renferment de la pyrite disséminée et de minces veinules de Cu et/ou Ba avec de l'hématite ; ils sont eux-mêmes pauvres en métaux (48 ppm Cu, 96 ppm Zn, ...). Toutefois, des domaines plus intéressants pourraient être cachés sous la couverture permo-triasique ou avoir disparu par suite des intrusions granitiques.

En définitive, de nombreux caractères du massif volcanique des Vosges septentrionales indiquent un environnement gîtologique relativement favorable à la présence de minéralisations volcano-sédimentaires : volcanisme à spilites et kératophyres, phase hydrothermale siliceuse accompagnée de pyrite, jeu synsédimentaire des failles, hauts-fonds à récifs... D'autre part, certaines minéralisations "stratiformes", comme celle de Framont-Grandfontaine, pourraient bien être associées à ce volcanisme, tout en étant "télescopées" avec une métallogenèse granitique hercynienne. D'autres minéralisations sulfurées (exemple de Lahn et Dill) pourraient se trouver cachées sous le Permo-Trias et, par suite d'une tectonique importante, ayant joué pendant et après le volcanisme, le sommet de la pile volcanique, partie la plus intéressante au point de vue gîtologique, aurait été érodé. Ce serait finalement le secteur de Framont-Schirmeck, couvert par un P.E.R. de la société COMINCO, qui présenterait le plus d'intérêt (et cela quelle que soit l'hypothèse génétique).

Quant au secteur du Rabodeau (cartes de CIREY-sur-VEZOUZE et de SAINT-DIE), où on ne connaît pratiquement pas d'indices, son volcanisme est plus typiquement alcalin et les brèches siliceuses y sont absentes. Ces caractères sont

peu encourageants métallogéniquement.

En anticipant, on peut noter dès maintenant que les terrains volcano-sédimentaires des Vosges méridionales ne sont pas plus intéressants au point de vue gîtes volcanogènes : on n'y connaît que des filons et de rares gîtes de départ acide (Auxelles). Ainsi, malgré la grande importance relative du Dévono-Dinantien dans le Massif des Vosges, celui-ci est pratiquement privé (à l'exception peut-être des amas de Grandfontaine) de gîtes typiquement volcano-sédimentaires, ce qui constitue évidemment un grand handicap métallogénique.

1.2.2 - Raon l'Etape (88) - Carte à 1/50 000 de Saint-Dié : skarns à Mo et W

Les indices minéralisés de Raon-l'Etape, situés immédiatement à l'ESE de la ville, se trouvent soit dans le granite de Raon-l'Etape, soit dans une petite lentille de tactites (skarns), soit dans les "trapps". Le granite, miarolitique, acide et hyperalcalin, appartient à la lignée des granites hercyniens tardifs type Kagenfels. La lentille de tactites, qui se situait dans la "carrière bigarrée", abandonnée depuis longtemps et noyée, appartient à un petit affleurement de Dévonien sédimentaire, constitué essentiellement par des schistes, des arkoses et des conglomérats ; elle devait résulter du métamorphisme de contact d'une petite lentille carbonatée impure (probablement un récif). Quant aux "trapps", exploités depuis 1860* pour l'entretien et la construction des routes et autoroutes, il s'agit de basaltes porphyriques, passant au nord à des brèches magmatiques, puis à des faciès franchement pyroclastiques.

Dans le granite, qui renferme, comme le "filon" du Kagenfels, des inclusions de fluorine, se trouvent des filonets de quartz gris, dont certains contiennent de la molybdénite, du béryl et de la fluorine violette ; d'autres filonets renferment des grains de bismuth natif associé à de la séricite.

Les blocs de tactites de la "carrière bigarrée" étaient constitués essentiellement de clinopyroxène et d'épidote, avec du quartz et de la calcite intersticiels et, comme éléments accessoires, du sphène et de l'apatite. D'autres échantillons renfermaient des grenats ferrifères du groupe andradite-grossulaire, partiellement remplacés par l'épidote et le pyroxène plus ou moins ouralitisé.

---

* L'exploitant actuel, depuis le 1er janvier 1970, est la Société Anonyme des Carrières de la Meilleraie (SACM), dépendant du holding SELLIER-LE BLANC.

La minéralisation de ces roches comprend essentiellement de la scheelite et de la molybdénite : la molybdénite accompagne surtout les parties épidotisées, où elle est associée à de la blende noire à exsolutions de chalcopyrite, de la galène, de la fluorine et de la calcite ; la scheelite, elle, se trouve de préférence dans les grenatites ; accompagnée par une petite quantité de pyrite, elle peut présenter de grosses mouches centimétriques, mais généralement des cristaux millimétriques ; sa fluorescence à la loupe Mineralight est jaune, ce qui indique une variété molybdénifère (seyrigite).

L'hématite est présente partout ; elle apparaît soit comme un élément originel (lits d'hématite dans des tactites rubanées), soit comme un élément filonien, en association avec de la calcite, de la fluorine et des sulfures.

Dans la grande carrière des "trapps", de minces fissures sont remplies par de l'épidote, de la hornblende, de la chlorite et du quartz, avec éventuellement les "minerais" suivants : magnétite, oligiste, pyrite, blende très ferrifère à exsolutions de chalcopyrite, chalcopyrite avec petites étoiles de blende.

En bref, dans le granite la minéralisation est caractérisée par Fe, Mo, Bi et F, dans les tactites par Fe, Mo, W, F, Zb, Cu et Pb, dans les basaltes par Fe, Cu et Zn. Tous ces indices, étroitement apparentés, doivent avoir une origine commune et doivent être rapportés à la métallogenèse granitique. Les uns (granite) seraient pegmatitiques-pneumatolytiques, les autres (tactites) pyrométasomatiques et les derniers ("trapps") catathermaux. Il est à noter que la formation des skarns de Raon-l'Etape sous l'influence d'un granite type Kagenfels est un argument sérieux pour attribuer à ce dernier la formation des skarns de Grandfontaine (cf. supra).

Au point de vue économique, les indices de Raon-l'Etape sont sans intérêt et, à part une visite sur place, aucun travail n'y a été effectué par le B.R.G.M.. C'est J. GEFFROY (CEA) qui les a signalés pour la première fois, en 1973.

1.2.3 - La Grande Fosse - Carte à 1/50 000 de Saint-Dié : Indice de Cu, Pb, Zn, W

Dans la carrière de Beausoleil, ouverte dans les diabases, à 1250 m au nord-est de la Grande Fosse, de la molybdénite avait été signalée en 1951, ce qui avait fait l'objet d'un constat du Service des Mines. Mais, visitée par le B.R.G.M. à la fin de cette même année (cf. L. BURNOL et J. LOUGNON (1952)), on n'a pu y

découvrir que des traces de blende, galène et chalcopyrite, dans des filonnets de calcite, peut-être en relation avec des filons voisins interstratifiés de granite ou microgranite.

Dans le même secteur, près de Bonne Fontaine (1 km à l'est de la Grande Fosse), on avait trouvé, au cours de la même visite, de faibles indices de scheelite dans des petits bancs d'épidotite ou de grenatite, indices qui ne furent pas retrouvés ultérieurement. La prospection stratégique n'ayant fourni aucune anomalie dans cette région, sa prospection détaillée n'a pas été entreprise et, tel qu'il est connu, l'indice n'est guère qu'une "curiosité métallogénique".

1.3 - SCHISTES SILURO-ORDOVICIENS DE STEIGE

On ne connait aucun indice de minéralisation associé aux schistes de Steige, même après achèvement des travaux de prospection générale et d'inventaire.

1.4 - PHYLLADES BRIOVERIENNES DE VILLE

Si les sulfo-antimoniures de plomb, de cuivre et d'argent (boulangérite, bournonite, tétraédrite, pyrargynite, ...) sont fréquents dans les gisements Pb-Zn-Cu-Ag du Massif des Vosges, généralement à l'état de minuscules inclusions sauf exceptions pour le cuivre gris, les sulfures d'antimoine (berthiérite et stibine) sont, par contre très rares. On ne les connaissait guère que dans deux localités, où ils ont été l'objet d'anciens travaux, et les prospections du B.R.G.M. ont seulement permis la découverte de faibles indices dans un secteur déterminé (Rain des Allemands). C'est près de ce secteur et dans le même contexte géologique que se trouvaient les anciens travaux de Charbes (67), ouverts sur des lentilles de berthiérite ou stibine, encaissées dans les phyllades briovériennes de Villé.

Ces minéralisations Sb se trouvent dans le district du socle des Vosges qui présente la plus forte concentration connue de gisements Pb-Zn-Cu-Ag (avec sulfo-antimoniures associés). Il comprend, entre autres, les deux célèbres gîtes argentifères de La-Croix-aux-Mines et de Sainte-Marie-aux-Mines, à 20 km au SW et 10 km au S de Charbes respectivement ; le filon Pb-Ag de Remémont et le filon Pb-Zn-Ag de Lusse (22 km et 10 km au SW) ; beaucoup plus près, les filons Cu de Lubine (6 km au SW), le filon Pb-Ag de Lalaye (2,5 km au SE) et, enfin, à 2 km au S, le champ filonien d'Urbeis, parmi lequel le filon de tétraédrite de Saint-Sylvestre et un petit indice de stibine non en place, près du château de Bilstein.

D'autre part, à la suite d'études précédentes, il apparaissait que toutes ces minéralisations Pb-Zn-Cu-Ag-Sb dérivaient probablement d'un même phénomène métallogénique régional d'âge tardi-hercynien, ayant affecté tant le socle prévarisque des Vosges centrales (La-Croix et Sainte-Marie notamment), que la zone intermédiaire entre ces Vosges et les Vosges septentrionales (Lalaye, Lubine, Urbeis), la série briovérienne (Charbes) et, au-dessus, la couverture stéphano-permienne (Nayemont-les-Fosses, Anozel, Lubine pro parte). Aussi, le secteur de Charbes occupe-t-il une situation géologique a priori favorable et, en conséquence, contrairement au deuxième secteur antimonifère (celui du Silberwald, près de Munster (68)), a-t-il fait l'objet de travaux de recherches (prospections géochimiques et sondages) de la part du B.R.G.M.

1.4.1 - Charbes (67) (Sb) - Carte à 1/50 000 de Sélestat

Géographiquement, les minéralisations Sb de Charbes sont réparties en 3 centres : les deux principaux : Honilgoutte (aujourd'hui Honnegoutte) et le Trou du Loup (Wolfsloch)se trouvent tout près du village, sur le flanc sud de la ligne de crête de La Honel, à une altitude voisine de 500 m ; le 3ème, celui de La Mine, se trouve sur le flanc nord, également vers la cote 500 environ. Quant aux indices du Rain des Allemands, découverts par le B.R.G.M. (cf. infra), ils se situent à 5 ou 6 km au NW de Charbes.

Géologiquement, toutes les minéralisations citées ci-dessus se trouvent dans une même formation : celle des phyllades et quartzo-phyllades de Villé, d'âge Briovérien moyen. Formant une bande allongée en direction WNW-ESE, elle chevauche, au nord, les schistes siluro-ordoviciens de Steige et elle est elle-même chevauchée, au sud, par la zone-limite tectonisée de Lalaye-Lubine, dans laquelle se trouvent les minéralisations de Lalaye, d'Urbeis et de Lubine pro parte.

C'est le faciès sommital Honel-Blanc Noyer (cf. Chap. I) qui encaisse toutes les minéralisations de Charbes. Rappelons qu'il est caractérisé par une sédimentation essentiellement pélitique, avec intercalations de lits siliceux plus abondants dans le type local Blanc Noyer, et sa pétrographie est très simple, comportant seulement deux variétés de roches intimement associées : l'une, dominante, de teinte gris-noir , l'autre, subordonnée, de teinte gris vert, auxquelles la présence fréquente de "quartz d'exsudation" apporte une certaine diversité.

Ces deux roches alternent de façon lenticulaire à des échelles décamétrique, métrique, centimétrique ou millimétrique, la "roche verte" étant toujours accessoire. Elles présentent des plissements et microplissements variés, les plis

cisaillés étant particulièrement développés dans les passées minéralisées.

Malgré leur différence d'aspect macroscopique, les deux variétés sont très semblables et elles sont constituées, l'une et l'autre, par des lits phylliteux dominants associés à des lits siliceux subordonnés (type phyllade), plus rarement à des lits siliceux plus épais (type quartzo-phyllade). Les phyllites sont formées essentiellement par de fines lamelles de séricite, auxquelles s'ajoutent des quantités variables de chlorite et, dans les échantillons gris-noir, des lamelles de graphite responsables de la teinte sombre. Quelques rares plagioclases se trouvent dans les lits quartzeux et, comme minéraux accessoires, on rencontre surtout de la tourmaline et des minéraux de titane (anatase, rutile et leucoxène). Les lits siliceux peuvent renfermer des cristaux de pyrite, appartenant certainement à la minéralisation postérieure, et, dans les lits phylliteux graphiteux, se trouvent de rares et minuscules framboïdes de sulfure.

Les glandules et amandes de "quartz d'exsudation" peuvent être abondants au point de simuler des "pseudo-conglomérats". De taille généralement centimétrique, plus rarement décimétrique, ils présentent, attestant de leur précocité, toutes les traces des déformations des schistes encaissants et, à un degré préférentiel, celles des fracturations. Aussi, dans certains niveaux, les filets sulfurés à gangue de sidérite et de quartz hydrothermal se trouvent-ils presqu'exclusivement dans les glandules siliceux ou à leur contact.

Anciens travaux. Les premiers travaux de Charbes sont très anciens et ils ont été exécutés, à une date inconnue, avant l'emploi de la poudre. Une première mention écrite s'en trouve dans l'ouvrage du baron de DIETRICH (1789) consacré à la Haute et Basse-Alsace. A cette époque, on avait déjà perdu la tradition de l'exploitation de ces mines, ainsi que de celles exécutées au voisinage dans le canton d'Urbeis, mais elles venaient d'être retrouvées et reprises par un certain POMEL qui n'y avait exécuté que peu de travaux, lesquels, aux dires de l'auteur, "lui avaient donné un produit suffisant". Cependant, malheureusement, tous les fonds furent absorbés en "faux frais", en particulier dans le relevage des vieilles galeries. De DIETRICH ajoute qu'il y avait, dans cette mine de "Charpes" (ancien nom de Charbes), des filons encore vierges ou trop peu exploités et il conclut en émettant le voeu qu'"une compagnie puissante entreprenne de continuer l'exploitation".

De fait, les travaux furent repris peu après, vers la fin du XVIIIème siècle, par le directeur de la houillère voisine de Lalaye (Kohlberg), un dénommé CUNY, qui y occupa quelques ouvriers à des recherches. D'après J. Ph. GRAFFE-

NAUER (1806), ces ouvriers étaient parvenus en l'an II dans les travaux antérieurs et, au commencement de l'an III, ils avaient trouvé, à l'endroit appelé "le Trou du Loup", un puits comblé de décombres dont ils avaient vidé la majeure partie. "Le puits était un chef-d'oeuvre de l'art et il était travaillé sans poudre sur un filon d'antimoine dans un roc très dur".

En ce qui concerne le minerai, l'auteur signale qu'il se trouve "tantôt en filon, tantôt en rognons sans suite régulière, encaissé dans un roc bleuâtre schisteux et quartzeux". Les espèces minérales rencontrées étaient les suivantes : antimoine sulfuré aciculaire, en aiguilles divergentes ou fasciculées, "souvent à soies usées", antimoine sulfuré cylindroïde ou à grosses aiguilles et antimoine sulfuré amorphe (?) en masses informes spéculaires et lamelleuses. Sur plusieurs de ces minerais, on pouvait remarquer des traces "d'antimoine hydrosulfuré" ou "kermés minéral natif" (kermésite), qui était d'un brun rougeâtre, tantôt strié ou pulvérulent, tantôt cristallisé.

Les minerais recueillis, "en quantité assez considérable", étaient fondus par le sieur CUNY dans son four à cuire le pain, et en l'an IV, il avait envoyé 12 quintaux d'antimoine à un imprimeur de Saarebourg (Sarrebourg), qui se proposait de l'employer pour ses caractères d'imprimerie. On sait aussi qu'un nommé CONRAD, apothicaire à Villé, en avait employé environ 20 livres pour faire de l'émétique. Toutefois, le minerai retiré de ces recherches était trop peu abondant pour une demande en concession.

Des renseignements plus importants se trouvent ensuite dans l'ouvrage de A. DAUBREE (1852) consacré à la géologie et à la minéralogie du Bas-Rhin. Ce nouvel auteur signale lui aussi l'existence de très vieux travaux percés avant l'emploi de la poudre, et il mentionne des recherches plus récentes, exécutées entre 1839 et 1845. D'après ses textes, ces recherches avaient montré des portions de filons d'une épaisseur de 1 m à 1,50 m, qui, "considérées isolément, fourniraient certainement assez de minerai pour couvrir les frais d'exploitation", mais "ces filons étaient très peu étendus dans le sens horizontal, soit qu'ils se perdent en ramifications, soit qu'ils s'arrêtent brusquement".

Aussi, les trois principaux gîtes reconnus (indiqués sans mention plus précise) n'avaient été suivis par des galeries d'allongement que sur 13 m, 17 m et 32 m ; il s'agissait donc plutôt de courtes lentilles que de filons. Leurs directions étaient variables : l'une était dirigée N20°E, avec pendage 75°W, la deuxième W15°N et la troisième E-W. On n'avait fait aucun travail à cette époque pour s'assurer si ces veines offraient plus de continuité dans le sens vertical et "si elles

se retrouvaient dans l'intervalle de un kilomètre, aux extrémités duquel on avait découvert ces veines riches".

Quant à la minéralisation, on rencontrait des blocs massifs d'antimoine sulfuré pesant souvent plusieurs kilogrammes ; mais, çà et là, le minéral ne se trouvait qu'en petits cristaux capillaires. Aux affleurements, il était associé à du kermés minéral ou oxysulfure rouge (kermésite) et à de l'acide antimonieux (stibiconite) en croûtes amorphes d'un jaune serin. Ce minerai formait des veines "qui se ramifiaient les unes dans les autres en cimentant de nombreux fragments de schistes" (structure bréchoïde). Il était mélangé avec du quartz cristallisé et de la pyrite de fer, du fer spathique et une argile blanchâtre. En outre, ce qui fit l'objet d'une publication particulière du même auteur, celui-ci y avait reconnu un deuxième sulfure d'antimoine, intimement mélangé à la stibine, "d'une couleur gris d'acier et qui n'était pas lamelleux. Il s'agissait de berthiérite "qui renfermait de l'arsenic et une faible quantité de zinc".

Les descriptions précédentes concernent les mines de Honilgoutte et du "Trou du Loup", sur le flanc sud de La Honel. Pour ce qui est des travaux de La Mine, sur le flanc nord, l'auteur signale seulement la présence de haldes avec morceaux de pyrite de fer et des vestiges de puits et galeries, sur lesquels il ne possédait aucun document.

Enfin, une dernière source de renseignements est fournie par l'article de H. UNGEMACH (1906), consacré à la description de l'ensemble des gîtes du Val de Villé. En ce qui concerne plus précisément les gisements antimonifères, parfois aussi zincifères, cet auteur cite cinq localités : Honilgoutte, Trou du Loup (ou Wolfsloch), La Mine, Beheu et Pransureux - et il décrit leur minéralisation comme suit :

Honilgoutte (aujourd'hui Honnegoutte). Les filons de ce secteur, dans le "vallon de Couronne", sont extrêmement divisés et tourmentés : leur épaisseur varie de quelques centimètres à plusieurs mètres. Le filon principal, le filon Georges (Georggang), et les deux plus importants filons latéraux, les filons Henri et Paulette, se dirigent presqu'exactement de l'ouest à l'est ; des filonets, parfois épais mais très courts, ont des directions variées ; ils n'ont parfois qu'une quinzaine de mètres de longueur totale.

Les remplissages (bréchoïdes) se composaient de débris de la roche encaissante, un "schiste argileux vert clair", cimentés par du quartz dans les druses duquel se trouvaient de la berthiérite et rarement de la stibine, en masses fibro-

bacillaires ou en petits cristaux aciculaires. Quelques renflements renfermaient des masses de spath brunissant (sidérite), souvent complètement imprégnées de fines aiguilles de berthiérite. La barytine s'y rencontrait parfois dans les mêmes conditions. De la pyrite était parfois concentrée en masses grenues aux épontes des lentilles, où se trouvaient aussi sporadiquement de grandes quantités de petits cristaux de mispickel.

Cette mine de Honilgoutte, la plus importante, a été reprise pour la dernière fois pendant l'occupation allemande, entre 1894 et 1902, et, jusqu'en 1900, elle avait employé jusqu'à 148 ouvriers. En 1901, sa production avait atteint 2500 tonnes de minerai (à une teneur non indiquée).

Trou du Loup (Wolfsloch). Dans le vallon du "Trou du Loup", à 700 m à l'ouest de celui de Honilgoutte, avaient été découverts deux filons dirigés E.W, "formant ainsi plus que probablement la continuation de ceux de Honilgoutte" (ce qui est malheureusement complètement erroné). Leur remplissage était exactement le même, sauf que la berthiérite semblait y être encore plus prépondérante.

Trois galeries et un puits étaient encore visibles ; l'une de ces galeries avait été déblayée vers 1829 et le filon suivi vers l'est sur une courte distance.

La Mine. A 1 km environ au nord du "Trou du Loup", sur le flanc septentrional de La Honel, se trouve une halde envahie par la végétation, près de la ferme en ruines de La Mine (Cne de Wagenbach) ; cette ancienne exploitation n'est mentionnée dans aucun ouvrage.

A 300 m au sud, un filon avait été découvert en 1900 et, en 1904, on pouvait y voir les entrées de deux galeries obstruées, vers la cote 525, ainsi qu'un petit tas de déblais. Le "filon" se composait d'un certain nombre de veinules, dont l'épaisseur maximale n'atteignait que 3 cm, minéralisées en stibine, blende et pyrite, dans une gangue de quartz. "Blende, stibine et quartz formaient parfois un mélange intime, grenu, présentant un éclat gras assez curieux". Assez rarement, on y trouvait des géodes tapissées de cristaux aciculaires de stibine, mais le "filon" était généralement très pauvre. Quelques filonets non métalliques étaient constitués uniquement par de la dolomite.

Beheu. Une ancienne halde (non retrouvée) se voyait près de la ferme de La Poutrace, dans le vallon de Beheu. Aucune indication n'est fournie sur sa nature.

Pransureux. A 900 mètres au nord, tout près de la ferme de Pransureux, se trouvait également une halde renfermant du quartz filonien chargé de "box-works" provenant de la dissolution de cristaux de calcite ou dolomite. On ne possède aucun renseignement sur les travaux dont proviennent les deux haldes précédentes, mais il est peu probable qu'ils aient jamais intéressé des minéraux d'antimoine.

Les derniers travaux signalés, ceux de 1899-1904, auraient été arrêtés par suite d'une chute des cours de l'antimoine et non par suite de l'épuisement des gîtes. Ils avaient été effectués par la Société des Mines d'argent de Saint-Sylvestre*, titulaire de quatre concessions instituées sous le régime allemand : KATZ (antimoine et soufre), ANTIMON (antimoine et soufre), ANTIMON I (antimoine et zinc) et ANTIMON III (antimoine) - lesquelles furent annulées en 1935. Seule, la concession KATZ (comprenant certainement Honilgoutte) avait donné de bons résultats.

Actuellement, il existe encore quelques travaux accessibles, tant à Honilgoutte qu'au Trou du Loup et à La Mine. A Honilgoutte, le centre principal, se trouvent trois entrées de travers-bancs et un puits, ainsi que des vestiges de travaux sans doute plus anciens, au voisinage des ouvrages supérieurs.

Un premier travers-bancs, inférieur, débouche tout près de la RD 97 ; une halde minéralisée se trouve près de son entrée, ce qui doit indiquer qu'il aurait atteint une minéralisation en antimoine et, si celle-ci est la même que celle des ouvrages supérieurs, sa longueur dépasserait 400 m. Il était accessible en 1957, époque où il fut visité par P. BRANDY et P. SAINFELD, qui purent constater qu'il était obstrué, à une distance de 180 m, par l'éboulement d'un puits (sans doute un puits d'aérage).

Les deux travers-bancs supérieurs, dont les entrées se trouvent à 71 m et 92 m plus haut, ne permettent pas non plus d'atteindre les anciens dépilages, en raison d'importants éboulements. D'après un croquis de l'élévation des travaux du filon principal Georges, l'allongement supérieur, au niveau du travers-banc supérieur, était long de 50 m ; les affleurements présumés devaient se trouver à une vingtaine de mètres au-dessus.

---

* Ainsi nommée parce qu'elle exploitait, à la même époque, le filon de cuivre gris argentifère de Saint-Sylvestre, en contre-bas du col d'Urbeis.

Au-dessous, relié au niveau supérieur par un puits intérieur, un niveau plus important, d'une longueur de 180 m, se trouve à 40 mètres plus bas environ. Au-dessous encore, une amorce de bure (12 m) est indiquée, mais aucun travail n'est figuré au niveau du travers-bancs inférieur.

Pour lever les indéterminations de ces travaux de Honilgoutte, il aurait fallu entreprendre le relevage des éboulements, travail qui n'aurait été justifié que si l'on avait eu des raisons sérieuses de penser qu'il restait encore dans leur emprise un tonnage économique, ce qui n'était pas le cas. Quant aux teneurs, un échantillon "moyen" prélevé sur les haldes a donné une valeur de 6 % Sb ; il est probable que le minerai effectivement exploité avait une teneur au moins égale (blocs massifs signalés, cf supra).

Beaucoup moins importants, les travaux principaux du "Trou du Loup" sont encore accessibles en grande partie. Ils montrent un filon bréchique, épais de 50 cm et dirigé N110G, qui a fait l'objet d'un petit dépilage au-dessus du niveau du travers-bancs d'entrée ; mais, ce filon n'est en fait qu'une courte lentille et, à 15 m seulement du début du dépilage, il est réduit, au niveau de la galerie, à un filonet épais seulement de 2 cm. Plus loin, une mince cassure, dirigée elle NE-SW, renferme localement quelques minéraux d'antimoine.

Plus haut, en contrebas du chemin forestier supérieur, dans un petit thalweg, un filet minéralisé, puissant de 2 à 3 cm et dirigé ESE-WNW, a été reconnu par un puits et deux courtes galeries, sur une longueur de 30 m.

A La Mine, les anciens travaux, à 300 m au sud de la ferme en ruines, ont été réouverts, en 1973, par une équipe de "Spéléologie minière" de Villé. D'après les formes des galeries, ces travaux sont certainement très antérieurs à 1900, contrairement aux indications de H. UNGEMACH, et on y trouve seulement les traces de plusieurs cassures, dont l'une sensiblement N-S et une autre NE-SW, sur laquelle est creusé un petit puits (noyé). Dans la petite halde, près des deux entrées, on ne trouve plus de minéraux d'antimoine, mais, dans des filets carbonatés, de la blende et, localement, des minéraux argentifères.

Comme indiqué, on n'a pas retrouvé trace des anciens travaux de Beheu et Pransureux, mais, sur indication orale, on a découvert une galerie éboulée au lieu-dit La Halle, sur la rive gauche du Giessen, galerie réputée ouverte sur un filon d'antimoine et d'argent. En fait, on ne trouve aucun minerai dans sa petite halde et il n'existe aucune anomalie géochimique à son voisinage. Il doit donc s'agir seulement, comme il en existe ailleurs, d'une amorce de galerie ouverte sur une

cassure stérile.

Travaux du B.R.G.M. Ces travaux, comme déjà proposé dans le rapport de P. BRANDY et P. SAINFELD (1957), ont débuté, en 1974, par une prospection géochimique sols Sb, dans la région comprise entre "le Trou du Loup" et Honilgoutte et s'étendant jusqu'à 700 m à l'est de ce dernier centre. On peut signaler d'emblée que cette prospection n'a mis en évidence aucune anomalie en dehors du voisinage des anciens travaux et, apparemment, ce qui est confirmé par la minéralogie, il n'existe aucune liaison entre les lentilles des deux groupes, contrairement à ce que pouvaient penser les anciens auteurs ; il n'existe pas non plus de minéralisation intermédiaire indépendante et toute la zone à l'est de Honilgoutte est dépourvue de la moindre anomalie (toutes teneurs en Sb < ou égal à 10 g/t).

Par ailleurs, il apparut une disparité totale entre les minéralisations connues et les valeurs des deux anomalies. En effet, celle de Honilgoutte était strictement localisée au voisinage immédiat des vieux travaux et elle ne présentait que des teneurs anomaliques relativement faibles (280 g/t au maximum). Par contre, celle du "Trou du Loup" montrait des valeurs beaucoup plus élevées (6 prélèvements supérieurs à 400 g/t, avec une teneur maximale de 1040 g/t) et elle s'étendait en amont des anciens travaux, donc dans une zone où elle ne pouvait pas, en principe, résulter d'une pollution par ces travaux.

En conséquence, par la suite, abandonnant le secteur de Honilgoutte, effectua-t-on, en 1975, une deuxième prospection géochimique Sb dans le secteur du "Trou du Loup", pour explorer son prolongement vers l'ouest, puis une troisième, en 1976, plus loin sur le même prolongement, de l'autre côté du ruisseau, en même temps qu'un complément dans la partie centrale. Enfin, début 1978, pour "fermer" l'anomalie vers l'amont et préciser le tracé des isanomales, effectua-t-on encore une dernière prospection géochimique, ce qui représentait au total, depuis 1974, 526 échantillons de sols analysés pour Sb. Accessoirement, étant donné la présence de blende et de minéraux de cuivre et de plomb dans l'association minérale, a-t-on fait analyser en outre 398 des échantillons précédents pour Pb, Zn, Cu et Ag, mais les résultats de ces analyses ont été complètement négatifs.

L'anomalie Sb résultante, bien caractérisée, s'étend largement en dehors du secteur proprement dit des anciens travaux. En prenant pour limite l'isanomale 100 g/t, elle présente une longueur de 500 m en direction ENE-WSW et elle déborde nettement les vieux travaux vers l'amont (nord) et vers l'ouest, restant toutefois limitée à la rive gauche. La teneur maximale, dans un endroit non pollué,

atteignait 4900 g/t et une petite tranchée ouverte sur ce "point" fortement anomal permit la découverte de rognons massifs d'oxydes d'antimoine, toutefois non enracinés.

Ainsi, a priori, on était à peu près assuré que des minéralisations vierges devaient encore se trouver dans le secteur du "Trou du Loup" et leur reconnaissance a été effectuée, en 1977 et 1978, au moyen de sondages carottés inclinés, d'abord trois forages courts avec la sondeuse Sprague et Henwood, puis deux sondages longs exécutés par la CFFM, représentant un métrage total foré de 174,70 m + 350,22 m = 524,92 m.

Le premier (Ch_1), sur le chemin intermédiaire, était destiné à recouper le prolongement éventuel vers l'est de la minéralisation principale du "Trou du Loup" ; deux autres (Ch_2 et Ch_4), sur le même chemin, ont exploré la partie supérieure de l'anomalie géochimique, en amont des anciens travaux, tandis que les deux derniers (Ch_3 et Ch_5), sur le chemin inférieur, ont reconnu la zone à l'ouest de ces travaux et le secteur de la petite tranchée du "point 4900 g/t".

Sondage Ch_1. Le sondage Ch_1 a recoupé une minéralisation sulfurée "sensu lato" sur toute sa longueur (55,60 m), associée à une gangue de sidérite dominante et quartz hydrothermal accessoire. Mais, pour l'essentiel, cette minéralisation consiste dans le remplissage d'un réseau général de filets millimétriques, affectant souvent préférentiellement les glandules de "quartz d'exsudation" et composée principalement d'une association de pyrite, marcasite et mispickel ; toutefois, localement, en plusieurs endroits de la coupe, sur une hauteur cumulée relativement importante (5 à 6 m), se trouvent des minéraux d'antimoine ou des minéraux antimoniés (stibine, chalcostibite, berthiérite, antimoine natif) ; mais, ces minéralisations ne peuvent pas a priori présenter d'intérêt économique, car elles se trouvent dans des éléments d'extension certainement très limitée (filonets centimétriques), ou bien (cas des brèches plus épaisses) elles sont très dispersées et leurs teneurs sont certainement faibles ou très faibles.

Par ailleurs, aucune ne peut être identifiée comme étant le prolongement de la lentille du "Trou du Loup" et on peut insister sur le fait que ces minéralisations en antimoine sont constamment accompagnées par une "trilogie" de sulfures : pyrite, marcasite et mispickel et par de la sidérite (avec quartz subordonné). Ces espèces sont, en quelque sorte, des "métallotectes minéralogiques" et leur absence ou leur rareté sont défavorables.

Sondage Ch_2. La minéralisation de ce sondage est bien différente de celle du premier, ne serait-ce que par le fait de la prédominance de la chalcostibite, minéral pourtant rare en général, qui, typiquement, se trouve toujours seule dans des plans de schistosité laminés. Quant aux sulfures de Sb (berthiérite et stibine), on en a recoupé une seule occurrence, dans une petite lentille bréchique épaisse d'une vingtaine de centimètres (qui n'a pas été analysée). Ce forage n'a donc pas rencontré, lui non plus, de minéralisation de valeur économique.

Sondage Ch_3. Ce sondage a été complètement stérile et, corrélativement, il est beaucoup plus pauvre en filets de sidérite et sulfures accompagnateurs (peyrite, mispickel, marcasite, traces de chalcopyrite). Il se trouve dans la partie marginale ouest de la zone favorable aux minéralisations d'antimoine,partie marquée en surface par des teneurs moins élevées de l'anomalie géochimique.

Sondage Ch_4. Ce sondage était très intéressant a priori, car il explorait largement la partie amont "non polluée" de l'anomalie, et il a effectivement rencontré la minéralisation en antimoine (stibine, berthiérite et antimoine natif) la plus importante, accompagnée d'indices accessoires. Cette minéralisation est condensée dans une épaisseur de 2 m environ et son élément principal est une lentille bréchique, dont la puissance réelle doit atteindre 0,90 m ; mais, sa teneur moyenne est faible (2,91 % Sb seulement), avec, toutefois, une partie plus riche au mur (4,47 % Sb sur une épaisseur de 0,50 m).

Il n'est évidemment pas possible de prévoir si cette minéralisation peut présenter des renflements et des enrichissements importants, mais il est certain que, dans la coupe voisine du sondage Ch_2 (distant seulement de 55 m), on n'en a pas retrouvé l'équivalent. Cependant, si l'on admet que, comme dans les travaux du "Trou du Loup" et de Honilgoutte, le pendage est dirigé vers le sud, il est possible que la petite brèche (20 cm) de ce sondage, minéralisée entre autres par de la stibine, de la berthiérite et de la blende, représente le prolongement vers l'ouest et vers l'amont de la lentille principale du forage Ch_4, lentille qui serait relativement plus importante que celle des anciens travaux.

Sondage Ch_5. Quoique passant au-dessous de la tranchée du "point 4900 g/t" et au-dessous de l'entrée des anciens travaux, ce sondage a été presque stérile, ayant seulement trouvé, en deux endroits, quelques agrégats lamellaires de chalcostibite dans des plans de schistosité ; par contre, il a montré de nombreux filets de sidérite et une minéralisation relativement abondante en sulfures du groupe pyrite-marcasite-mispickel, avec apparition à la base de filonets de dolomite.

On peut trouver une explication de cette quasi-stérilité dans le fait que, ayant été contraints d'implanter le sondage dans le chemin inférieur, ce sondage ait traversé la zone intéressante à une trop grande profondeur ; il a, en effet, atteint l'aval-pendage de la tranchée à oxydes d'antimoine à - 80 m et celui de la lentille des vieux travaux à - 140 m. Or, il est bien connu que les minéralisations Sb, d'une façon générale, n'ont pas une grande extension verticale et ce d'autant moins qu'il s'agit de lentilles peu épaisses.

En fin de compte, les travaux effectués dans la région de Charbes (prospection géochimique et sondages) n'ont pas été complètement négatifs. Ils ont démontré que le secteur du "Trou du Loup" renfermait encore des minéralisations vierges, notamment en amont des anciens travaux, et, parmi celles-ci, au moins une lentille bréchique apparemment plus importante que la lentille principale dépilée. Toutefois, les puissances et les teneurs de cette lentille restent certainement modestes et, à elle seule, elle ne peut pas constituer un gisement économique. Il est certain que, en ce qui concerne les volumes, les phyllades encaissantes sont des roches incompétentes défavorables. Quant au secteur de Honilgoutte, la prospection géochimique a apparemment démontré que les minéralisations ne présentaient pas d'extensions latérales et, dans ce cas, les réserves doivent être faibles ou inexistantes, si les teneurs peuvent être plus élevées que dans le secteur du "Trou du Loup".

Minéralogie. A la suite des études effectuées par le B.R.G.M., il est possible de présenter une minéralogie détaillée des minéralisations de Charbes, en remarquant d'emblée qu'il existe des différences significatives entre les associations minérales des trois centres principaux, qui ne présentent donc aucune continuité. Par exemple, la blende, présente à La Mine et au "Trou du Loup", est absente à Honilgoutte. De même, les sulfo-antimoniures associés sont différents et, au point de vue minéraux de gangue, si le quartz prédomine à Honilgoutte, ailleurs il est abandonné aux carbonates. Il convient donc de faire des descriptions minérologiques séparées.

La Mine. Quoique la stibine y ait été signalée, elle n'a pas été retrouvée dans les filonets des déblais, qui renferment essentiellement de la pyrite dominante et de la blende. La pyrite, idiomorphe, peut se trouver également dans les phyllades des épontes, où elle peut inclure des framboïdes sédimentaires, qui ont ainsi servi de "germes de cristallisation". La blende, xénomorphe, est de teinte claire (variété pauvre en fer).

Comme minéraux accessoires se trouvant généralement en inclusions, on rencontre d'abord, sporadiquement, les trois sulfo-antimoniures suivants : boulangérite, bournonite et zinckénite, auxquels peuvent s'ajouter de la covellite, du mispickel, du cuivre gris, de la chalcopyrite et de la galène. Les minéraux de gangue sont du quartz et de la sidérite.

Il est à noter la présence d'un échantillon particulier qui, en plus de l'association minérale décrite (pyrite, blende, bournonite, ...), renferme de l'antimoine natif et une série de minéraux argentifères, tous associés préférentiellement au carbonate : argent natif, dyscrasite, argentopyrite sensu stricto, pyrargyrite, freieslebenite, traces d'andorite et de ramdhorite.

Ces minéraux argentifères n'ont jamais été retrouvés et ils sont probablement exceptionnels. Toutefois, en raison de leur présence, on a effectué autour des travaux, en 1979, une petite prospection géochimique sols Sb-Ag, dont les résultats ont été entièrement négatifs.

Honilgoutte. Ici, la minéralisation principale, dans une gangue essentiellement quartzeuse, est formée par des agrégats de berthiérite finement aciculaire, parfois altérée en oxydes (stibiconite et kermésite) et plus ou moins dissociée en une association de stibine secondaire et de melnicovite-pyrite, qui remplace la bordure de ses agrégats. Il existe, en outre, de la stibine primaire, cristallisée dans des microgéodes, et de l'antimoine natif, sous la forme de microplages indépendantes ou sous celle de micro-inclusions dans la stibine. La berthiérite, elle, peut inclure de rares micro-cristaux d'ullmanite.

Du mispickel, toujours automorphe, est abondant dans les échantillons pauvres en antimoine ; il forme des agrégats dont le centre est occupé par de la marcasite ou par des associations pyrite-marcasite, suggérant un remplacement d'anciennes pyrrhotites. Il existe aussi de la pyrite automorphe dans la gangue quartzeuse, renfermant de minuscules inclusions de pyrrhotite.

L'association comporte, en outre, de la jamesonite rare et indépendante, de la tétraédite et de la chalcopyrite, ainsi que des remplissages fissuraux de marcasite seule.

Cette minéralisation de Honilgoutte n'est ni aurifère, ni argentifère et il est à signaler que l'association trouvée dans la halde du travers-bancs inférieur est particulièrement simple, car elle ne comporte que de la berthiérite, de la stibine et de la pyrite. Sous toutes réserves, il pourrait s'agir d'une minéralisation

différente de celle des travaux supérieurs, mais cette minéralisation éventuelle ne présentant pas d'anomalie géochimique (?), on peut aussi penser à une zonation verticale. Notons, enfin, l'absence totale de blende et la grande prédominance du quartz comme minéral de gangue, tous caractères constituant des différences significatives avec les travaux du "Trou du Loup".

Trou du Loup (Wosfsloch). Ici, le carbonate est beaucoup plus abondant par rapport au quartz et, grosso modo, les associations apparaissent différentes suivant la nature de la gangue, les sulfures d'antimoine étant associés de préférence avec la sidérite, les sulfures et l'arsénio-sulfure de fer avec le quartz.

Ce sont ces derniers minéraux qui sont prépondérants dans l'ensemble et l'association dominante est formée par des agrégats de pyrite et marcasite, parfois des plages composites de marcasite seule, dont les structures évoquent le remplacement d'anciennes pyrrhotites. De la pyrite automorphe craquelée peut se trouver sur le pourtour des agrégats précédents et, dans ses fissures, sont insinuées de petites plages de füllöppite, associée parfois à de la stibine. Il existe aussi de la pyrite idiomorphe disséminée dans la gangue.

Le mispickel, automorphe, est fréquent dans le quartz ; de la marcasite peut se trouver au centre de ses agrégats, lesquels peuvent être bordés, mais rarement, par de la stibine. Cette dernière peut former également des associations avec la blende, dans le carbonate, et elle peut renfermer des inclusions d'antimoine natif ; en outre, elle apparait parfois altérée et plus ou moins remplacée par de la stibiconite. Une partie de cette stibine est secondaire et, dans ce cas, associée à de la mackinawite, elle se trouve en bordure de plages de berthiérite aciculaire. L'antimoine natif, outre ses inclusions, peut former des plages indépendantes atteignant 0,5 mm. La blende, fréquente ici, xénomorphe et de teinte claire, est le plus souvent isolée dans le carbonate, plus rarement associée avec de la stibine. Enfin, l'association minérale comporte de petites quantités de chalcopyrite et de zinckénite.

Sondages. Dans les sondages, où l'on retrouve grosso modo l'association du "Trou du Loup", il convient de signaler la présence supplémentaire de chalcostibite, non rencontrée dans les minéralisations diverses des anciens travaux. Mais, cette absence n'y est sans doute qu'apparente, car, comme déjà décrit, la chalcostibite se trouve essentiellement en dehors des lentilles bréchiques, dans des plans de schistosité laminés, et elle peut ainsi se rencontrer relativement loin de ces lentilles. Etant donné son mode de gisement, il est possible qu'elle participe largement à la formation des anomalies géochimiques.

Après les travaux infructueux effectués à Charbes, les recherches d'antimoine ont été transportées dans la région voisine du Rain des Allemands, où le B.R.G.M. avait découvert des indices en place et mis en évidence des anomalies géochimiques, dans la même unité géologique.

1.4.2 - Rain des Allemands (67) (Sb) - Carte à 1/50 000 de Sélestat

C'est au cours de la prospection alluvionnaire stratégique de la feuille de Sélestat, en 1972, que l'on découvrit des indices de stibine, blende, galène et cinabre, dans le réseau hydrographique du ruisseau de Pransureux, drainant la région du Rain des Allemands. En raison de l'importance de ces indices (surtout ceux de blende et galène), la reconnaissance fut poursuivie en 1973, par une prospection tactique alluvionnaire, une prospection "stream-sediments" et une prospection au marteau qui permit seulement de découvrir des traces de galène et de chalcopyrite, dans une intrusion de dacite altérée hydrothermalement. Cette roche n'étant pas manifestement la source des indices alluvionnaires, largement confirmés par la prospection tactique, on effectua, en 1978, une prospection géochimique de tout le secteur (à la maille 50 m x 50 m), soit 785 échantillons de sols analysés pour Sb, Pb et Zn.

Cette prospection mit en évidence trois importantes anomalies Sb, appelées Ferme Gérardin, la Thalmose et Sapin Géant, présentant des teneurs maximales de 540 à 980 g/t. En outre, l'anomalie de la Thalmose était accompagnée d'une anomalie Pb et d'une anomalie Zn, légèrement décalées.

Les prospections au marteau concomitantes permirent, enfin, de découvrir quelques indices superficiels. L'un d'eux, qui se trouve au-dessus de Sapin Géant, était formé par de la fine stibine aciculaire, encaissée dans des veinules millimétriques de quartz et sidérite accompagnés de traces d'apatite. Ces veinules recoupaient un banc lenticulaire de grès feldspathique, interstratifié dans des quartzo-phyllades du faciès Albé. A la Thalmose, furent trouvés plusieurs indices fissuraux d'oxydes d'antimoine et, aux épontes d'un filon de diabase pyriteuse, des placages de chalcostibite et de famatinite.

Les premiers résultats étant intéressants a priori, car ils montraient la possibilité de minéralisations Sb vierges, on poursuivit la prospection géochimique en 1979, pour "fermer" les anomalies restées "ouvertes" et pour les préciser en resserrant la maille (25 m x 25 m). Ce complément de prospection nécessita le prélèvement et l'analyse (pour Sb, Pb et Zn) de 423 échantillons supplémentaires (1208 au total) et il permit effectivement de "fermer" et de bien préciser les

anomalies :

- à l'ouest, l'anomalie de la Ferme Gérardin s'étend sur la couverture permienne* ; elle présente un alignement de fortes teneurs (160 à 700 g/t) sur une longueur de 500 m en direction N-S et elle se trouve à proximité d'une faille subméridienne mettant en contact anormal le Permien et les phyllades ; la présence de cette faille suggérait que l'anomalie permienne pouvait être une "anomalie de fuite",
- au centre, l'anomalie de la Thalmose, dont la teneur maximale atteint 980 ppm, s'étend sur une longueur de 350 m en direction NW-SE, si l'on prend pour limite l'isanomale 150 g/t,
- à l'est, enfin, l'anomalie de Sapin Géant (teneur maximale de 540 ppm) s'étend sur une superficie de 4 ha et présente un allongement NE-SW.

Pour reconnaître ces anomalies en profondeur, on avait prévu d'y effectuer d'abord une campagne de forages waggon-drill, puis des sondages carottés. Malheureusement, pour des raisons techniques dues probablement à l'intense tectonisation locale des phyllades de Villé, on n'a pas pu exécuter la première campagne prévue et on a seulement pu effectuer 11 sondages waggon-drill, représentant un métrage total de 186,50 m, dont 3 seulement, dans le secteur de la Ferme Gérardin, ont pu dépasser une longueur de 30 m. Le seul renseignement finalement obtenu concernait l'épaisseur de la couverture permienne dans ce secteur, épaisseur dépassant 32 m.

On a alors effectué, au cours du 4ème trimestre 1979, 3 sondages carottés inclinés (un sondage par anomalie), représentant un métrage total de 416,90 m. Le premier, celui de la Ferme Gérardin, long de 121,40 m et incliné à 65 G, à traversé d'abord 32,5 mètres de Permien (alternances de grès micacés verdâtres ou lie-de-vin, d'argiles sableuses grisâtres et de conglomérats roses ou violacés), puis, jusqu'à 119,80 m, une écaille de schistes de Steige (schistes plissés de teintes beige et lie-de-vin), et, enfin, de 119,80 m à 121,40 m, des phyllades noirâtres à amygdales de quartz (faciès Honel de la série de Villé). On peut y noter, entre 103,65 m et 107 m, donc dans l'écaille de schistes de Steige, la présence de microfissures remplies de veinules de quartz, carbonate et sulfures de fer, mais aucune minéralisation antimonifère.

---

* Plusieurs autres anomalies Sb ont été mises en évidence dans la couverture permienne, au cours des travaux ultérieurs d'Inventaire. Leur origine n'a pu être détectée et on peut penser qu'elles sont "formationnelles".

Le deuxième sondage, celui de La Thalmose, incliné à 60 G, est long de 128,95 m. Il présente de nombreuses pertes de carottage (84,75 m seulement récupérés), dues apparemment à la tectonisation et à l'altération profonde des phyllades, et il a traversé une faille à remplissage argileux, ainsi qu'une seconde cassure. Près de la surface (jusqu'à 35,70 m), on peut observer des enduits d'oxydes d'antimoine dans des microfractures, puis (entre 38 m et 42,55 m) des veinules millimétriques de stibine. A proximité de la seconde cassure, les sulfures de fer deviennent abondants, formant des agrégats centimétriques, et on trouve, comme dans le secteur du "Trou du Loup", à Charbes, des "mouches" de chalcostibite dans les plans de schistosité (entre 96,38 m et 108,75 m).

Le troisième et dernier sondage, destiné à reconnaître la partie centrale de l'anomalie Sb de Sapin Géant, est long de 166,55 m et incliné de 60 G. Il a d'abord traversé, jusqu'à 44,80 m, des alternances de bancs métriques de grès à ciment sériciteux et de phyllades vert clair, puis, entre 44,80 m et 63,75 m, une série de phyllades vert clair plissotées (faciès Albé), lesquelles se trouvent en contact faillé (zone broyée argileuse entre 63,75 m et 65,40 m) avec des phyllades noirâtres, microplissotées (faciès Honel), traversées jusqu'à la fin du sondage.

En ce qui concerne la minéralisation, dans les alternances de la partie supérieure (et dans les affleurements), on peut observer, dans les bancs de grès et de phyllades claires, des réseaux de microfractures remplies par du quartz, des carbonates, des sulfures de fer, de la stibine et des oxydes d'antimoine. Cette minéralisation est très irrégulièrement répartie et elle est relativement plus dense dans les bancs de grès ; mais, la passée analysée la plus riche titre seulement 0,5 % Sb.

Plus bas, dans les phyllades du faciès Honel, des micro-veinules quartzo-carbonatées recoupant ces phyllades ou des glandules de "quartz d'exsudation", renferment des sulfures de fer (pyrite et marcasite), ainsi que probablement du mispickel. En outre, entre 103 m et 108,59 m, ces micro-veinules peuvent renfermer en plus des microplages de blende et de bournonite, et, plus bas, entre 116,80 m et 120,25 m, de rares agrégats de chalcostibite se trouvent dans les plans de schistosité.

Ainsi, en définitive, les résultats des sondages du Rain des Allemands ont été négatifs, mais ceux de La Thalmose et de Sapin Géant présentent des ressemblances avec le secteur du "Trou du Loup", dont ils sont distants de 2,5 à 3 km en direction NW. S'il n'ont trouvé que de faibles indices, on ne peut toutefois pas en conclure à l'inexistence de lentilles bréchiques minéralisées du type

Charbes, car, en raison de leurs dimensions réduites, un seul sondage carotté est manifestement insuffisant pour leur reconnaissance. Mais, avec les connaissances acquises, il apparaissait presque certain que ces lentilles éventuelles du Rain des Allemands seraient trop petites pour constituer un gîte économique et c'est pourquoi on a abandonné la recherche dès le stade des premiers sondages.

Métallogéniquement, ces indices du Rain des Allemands, quelque faibles qu'ils soient, dans leur état de connaissance, ont confirmé la "vocation antimonifère" des phyllades de Villé dans le secteur de Charbes sensu lato. Cette "vocation" est également confirmée par les anomalies Sb de la prospection géochimique multi-éléments de la carte de Sélestat, qui couvrent la région étudiée et s'étendent vers le NE jusque dans le secteur de Kuhnenbach (à 2,5 km de Charbes).

Comme déjà mentionné, on peut admettre que la nature incompétente des phyllades est responsable du fait que les éléments minéralisés n'ont jamais que des dimensions modestes : le principal, le "filon Georges" de Honilgoutte, n'atteint pas 200 mètres de longueur et les autres ne sont que de courtes et minces lentilles.

1.5 - LIGNE DE SUTURE DE LALAYE-LUBINE

Chevauchant directement au sud les phyllades de Villé, les gneiss oeillés et blastomylonites de la ligne de suture entre Vosges septentrionales et Vosges centrales sont des roches compétentes qui renferment de nombreuses cassures filoniennes, tant sur le versant alsacien (Lalaye et Urbeis (67)) que sur le versant lorrain (Lubine (88)). D'autres minéralisations, également filoniennes, se trouvent au voisinage dans les terrains adjacents, tant dans les gneiss des Vosges centrales que dans les phyllonites de la zone intermédiaire ; elles dérivent probablement du même phénomène métallogénique et, en conséquence, elles seront étudiées avec celles de la zone-limite proprement dite.

Bien que certains, le filon Saint-Sylvestre tout particulièrement, aient été célèbres à leur époque, ces filons sont tous de petite taille et on n'a pas essayé de reprendre leur étude d'ensemble, d'autant plus que les travaux d'Inventaire n'ont pas laissé soupçonner la présence d'autres minéralisations. Négligeant le versant alsacien, sauf quelques visites sur le terrain, notamment dans la "montagne des Coltes" où l'on pouvait espérer trouver encore de la fluorine, non exploitée par les Anciens, on a seulement effectué quelques travaux dans la commune de Lubine (Vosges), pour Cu et W, qui seront décrits en détail plus bas. Auparavant, nous mentionnerons brièvement les minéralisations connues du secteur d'Urbeis-Lalaye-Fouchy.

1.5.1 - Secteur d'Urbeis-Lalaye-Fouchy (67) - Carte à 1/50 000 de Sélestat

Historique. Les premiers travaux dans la région d'Urbeis sensu lato auraient été effectués, à une date inconnue, au lieu-dit "Molloch", près de Lalaye, et au lieu-dit "La Mine", au nord de Charbes (cf supra). En outre, d'après la tradition rapportée par de nombreux auteurs anciens, en particulier J. Ph GRAFFENAUER (1806), une mine d'or y aurait été exploitée, à une époque très ancienne ; elle était appelée "Porte de fer", en raison du fait que les mineurs en interdisaient l'entrée par une telle porte. Cette mine n'a jamais été retrouvée et on n'a jamais découvert la moindre trace d'or dans les batées du ruisseau d'Urbeis. Il s'agit probablement d'une légende pure.

Une première mention écrite des travaux du secteur date de 1492. Il s'agit d'un document par lequel le seigneur de Bilstein signalait à ses suzerains l'existence d'un filon de minerai sur ses terres. Il est probable que la découverte de ce premier indice ait provoqué une prospection générale de la région et que la plupart des filons existants furent alors trouvés et exploités, d'autant qu'à l'époque, par suite de la pénurie du "métal blanc", l'argent était recherché passionnément tant par les ducs de Lorraine que par la Maison d'Autriche. Ainsi, un document de 1523, conservé aux Archives nationales d'Innsbruck, exprime de grandes espérances sur l'exploitation minière de la vallée de Villé. Un autre document, daté de 1600, parle également de ces mines comme étant possession des Habsbourg. On ne connait cependant pas la liste des exploitations alors en activité. Il est toutefois certain qu'elles étaient beaucoup moins importantes que celles de Sainte-Marie-aux-Mines.

Comme dans cette dernière région, le déclin commence vers 1560-1570, toujours pour les mêmes raisons : épuisement des gîtes ; difficultés croissantes d'exploitation et d'exhaure ; pénurie de bois et, surtout, afflux de grandes quantités d'argent en provenance d'Amérique. La production se ralentit peu à peu et de nombreuses mines furent abandonnées.

Après 1600, les mines d'Urbeis restèrent en sommeil complet jusqu'en 1742, date à laquelle un certain CAMPER obtint la permission de les exploiter à nouveau. Ces derniers travaux sont notamment cités par de DIETRICH (1789) qui écrit : "dans l'étendue de trois lieues aux environs, il chercha en conséquence de ce titre, à relever les mines d'Orbeis (Urbeis) ; il y fit travailler avec perte pendant six ans ; les gens du pays prétendent qu'il n'y a mal fait ses affaires que faute de connaissances et de bonne administration".

Une nouvelle reprise eut lieu ensuite en 1780 et de DIETRICH mentionne à ce sujet : "Tous les bâtiments que M. CAMPER avait fait construire ont été démolis." M. POMEL, de Schelestat (Sélestat), obtint, vers l'année 1780, une permission provisoire de les exploiter. Il s'associa à une demoiselle CHASSEUR de la même ville et intéressa dans son entreprise M. GALETTE, curé d'Orbeis. "Ils firent travailler environ treize mois dans le cours de 1780 et de 1781 et dépensèrent 15 à 16 000 livres pour déblayer 180 toises de galeries et sept toises de puits ; on ne travailla que très peu dans le minerai même". Un an plus tard, ce fut le fiasco financier et les plans établis furent perdus. En 1789, lors de la dernière visite de de DIETRICH, toutes ces mines étaient abandonnées.

Puis, en 1804, le sieur CUNY, directeur des mines de houille de Lalaye, qui avait repris également les travaux de Charbes, fit de nouvelles recherches à Urbeis, notamment au-dessus et en contrebas du château de Bilstein. De nouveaux travaux, sans suite, furent ensuite effectués en 1844-45 (cf DAUBREE, 1852) et, en 1850, DREAU, directeur des forges de Framont, exploitait de la houille au lieu-dit "Revers de Fête" (?). Puis, en 1863, le chevalier HUYSSENE de TERBECQ, habitant Paris, était autorisé à exploiter les gîtes métallifères sur le territoire de la commune d'Urbeis.

Tous les travaux effectués depuis 1742 ont certainement été peu importants. On reprenait surtout les anciens ouvrages, dont les filons étaient en grande partie épuisés.

Ensuite, après la guerre de 1870, 12 concessions furent instituées dans le val de Villé, sous le régime de la loi des mines allemandes. Ce furent : SAINT-SYLVESTRE et BLITZ I (10-7-1894) ; KATZ et DONNER (6-3-1895) ; ANTIMON (12-9-1829) ; DONNER II et BLITZ I (7-3-1900) ; CORNELIA et THEOPHILE (3-5-1900) ; DONNER III (26-10-1900) et ANTIMON III (10-8-1901). Les concessions KATZ et ANTIMON intéressaient Charbes.

Le 3 juillet 1899, fut consituée une société à responsabilité limitée (G.M.B.H), au capital de 1 million de marks, la WEILERTHALER BERGWERKE, à laquelle un dénommé Paul LISTE apportait les 4 premières concessions citées dont il était détenteur et assurait la direction technique de l'entreprise. Les concessions de SAINT-SYLVESTRE et de DONNER furent alors effectivement mises en exploitation, aussi que la concession KATZ, à Charbes. En 1900, il y avait 100 ouvriers à Saint-Sylvestre et à Donner (contre 120 à KATZ). La société dépensait alors 30.000 marks par mois.

En 1901, on établit un atelier de préparation mécanique et, cette année-là, il aurait été extrait 70.000 tonnes de minerai de cuivre et argent (ainsi que 2500 tonnes de minerai d'antimoine), avec un personnel de 190 ouvriers. Mais, en 1902, la concession DONNER cessa d'être exploitée et l'activité de SAINT-SYLVESTRE fut réduite. Elle n'occupait plus qu'une dizaine d'ouvriers en 1904 et sa production fut suspendue en 1905.

La WEILERTHALER BERGWERKE entre alors en liquidation et une nouvelle société fut constituée au capital de 450.000 marks, la SILBERBERGWERKE. Mais, en fait, seule la concession SAINT-SYLVESTRE fut remise en exploitation et, durant sa période la plus active, de 1908 à 1910, 50 à 60 ouvriers y travaillaient au fond et près d'une centaine au jour. En 1908, la production aurait atteint 6000 t de minerai brut, qui auraient fourni 220 t de minerai marchand argentifère, vendues 85.000 marks. Toutefois, le minerai riche devenant de plus en plus rare, les travaux durent être arrêtés en 1912 et la société fut mise en liquidation.

Pendant la guerre de 1914-18, les installations extérieures, situées dans la zone des armées allemandes, furent détruites et les concessions furent annulées le 16 juillet 1926, celles de Lalye le 7 mars 1935.

Par la suite, le désintérêt ne fut cependant pas total. D'abord, en 1924, un certain Eugène FAHRER fut autorisé à exploiter la barytine située sur le terrain communal, mais il ne donna pas suite à cette autorisation. Ensuite, entre 1925 et 1928, une entreprise de Strasbourg exploita les filons de fluorine situés dans la montagne des Coltes. Cette exploitation, essentiellement à ciel ouvert, occupa une dizaine d'ouvriers et sa production, non connue, fut certainement faible (ordre de 1000 tonnes ?). Puis, quelques travaux très peu importants furent exécutés, en 1929 et en 1935, par de nouveaux prospecteurs (MM. GOUEZ et CORNESSE, puis M. MOLLA).

Depuis lors, il n'y a plus eu de travaux miniers, mais on peut signaler que, depuis les années 1970, une section de "Spéléologie Minière" de la MJC de Villé a entrepris la réouverture des anciennes galeries, ce qui a permis de visiter la mine du Champ Brêchetê moyen, la galerie supérieure de la Goutte du Moulin, la mine du Château, la mine Théophile et la galerie supérieure de Schnarupt.

Description sommaire des anciens travaux

a) **Champ Brêcheté.** Les anciens travaux de Champ Brêcheté, dont les traces s'échelonnent sur plus de 200 mètres de distance, sont peut-être les plus anciens de tous ceux du secteur. Ils se trouvent au-dessus et au NE d'Urbeis, sur le versant sud du chaînon, près de la borne 636. De DIETRICH les considère comme étant d'anciennes mines de cuivre et il note que leur exploitation a dû être fort vaste, en raison des affaissements et des haldes considérables. "Il y a aussi quelques haldes dans la même direction, dans la montagne de la Grande Basse, ce qui fait présumer que ces deux travaux pourraient avoir été fait sur le même filon".

Encaissé dans une blastomylonite granitique, ce filon est dirigé NW-SE et, d'après DAUBREE (1852), son épaisseur moyenne était de 0,60 m. Sa minéralisation, d'après le même auteur, comprenait de la tétraédrite, de la chalcopyrite, de la galène, de la stibine et de la blende jaune, dans une gangue de sidérite et de quartz, ainsi que de la limonite et de la pyrolusite comme produits de décomposition. Il est à signaler la présence de la stibine, qui n'a jamais été retrouvée et qui, si elle existait réellement, constituerait un relais vers les gisements de Charbes.

Les traces actuelles de travaux s'étendent depuis une galerie supérieure située presqu'au faîte de la colline, jusqu'à une galerie inférieure qui se trouve immédiatement au-dessous du chemin de Lalaye au Château de Bilstein ; entre les deux, se rencontrent de nombreuses haldes. Dans la galerie supérieure, près de l'entrée, se trouve un dépilage de 15 m x 12 m, dont la largeur varie de 0,30 m à 0,70 m, qui a été taillé à la pointerolle. La galerie basse, complètement éboulée, n'a pu être réouverte en raison de risques d'effondrement du chemin.

Une galerie moyenne a été déblayée en 1976 par le MJC de Villé. Elle a une longueur de 110 m environ et elle suit un filon à gangue quartzo-limoniteuse, orienté NW-SE avec un pendage NE de 50 à 70 G. A l'entrée, ce filon n'est épais que de 5 à 10 cm, mais il présente des élargissements de 40 à 70 cm, sur lesquels sont établis des dépilages montants. La minéralisation, formant des "mouches" dans le quartz drusique grossier, comprend de la galène, de la chalcopyrite, de la pyromorphite, de la cérusite et de la malachite, avec des traces de covellite, d'argyrose, de bournonite, de tétraédrite, de mispickel et de digénite.

D'après l'historique connu, ces mines très anciennes n'ont probablement jamais été reprises. Elles ont fourni probablement du plomb et du cuivre, peut-être de l'argent.

Sur le versant nord de la ligne de crête, correspondant probablement aux travaux de la Grande Basse de de DIETRICH, se trouve une entrée de galerie située à une cinquantaine de mètres au sud de la ferme de Sachelingoutte. Cette galerie, de nouveau éboulée, était longue de près de 300 m, d'après MAURER (MJC de Villé) ; il s'agit probablement d'un travers-bancs destiné à reconnaître les prolongements NW des filons de Champ Brêcheté et de Haute-Landzoll.

b) **Goutte du Moulin.** Ces travaux sont les plus orientaux du secteur d'Urbeis sensu stricto et ils se trouvent à 1200 m au NE du village, dans les gneiss des Vosges centrales, à une centaine de mètres au sud de la zone limite. Ils intéressaient deux filons situés dans le ravin de la Goutte du Moulin et dirigés NNW-SSE, qui auraient fourni du cuivre et de l'argent. Leur remplissage, dans une gangue de quartz et calcite, comprenait de la tétraédrite, de la galène et de la chalcopyrite ; d'après de DIETRICH (1789), le minerai de cuivre (chalcopyrite) se trouvait dans le quartz et celui d'argent gris (tétraédrite) dans la calcite. Certains échantillons étaient fort riches.

Les travaux comprenaient deux galeries, espacées verticalement d'une quinzaine de mètres, et deux "pingen" (puits d'exploitation) situés 20 mètres plus haut. Réouverte en 1976, la galerie supérieure s'est avérée être un travers-bancs long de 81 m, de "taille gothique" (probablement du XVIe siècle), conduisant à deux galeries éboulées. Sur la halde, on trouve de la chalcopyrite, de la galène, de la cérusite et de la pyromorphite.

c) **Montagne des Coltes.** C'est cette "montagne" qui porte les ruines du Château de Bilstein et où se trouvent les exploitations récentes de fluorine. C'est aussi le nom commun des mines qui exploitaient les filons de l'endroit, dont un seul, à vrai dire, était bien connu des auteurs anciens, celui appelé "Blitz".

Ce filon était dirigé NW-SE, avec un pendage NE de 30°, et il fournissait de la chalcopyrite et peut-être de la tétraédrite, dans une gangue de quartz et fluorine. D'après UNGEMACH (1906), il aurait été exploité pendant plusieurs années, à partir de 1895, et ses haldes ont été reprises pour leur fluorine. Toutefois, d'après la forme des galeries encore accessibles, on ne constate aucune trace de travaux récents.

La galerie principale, connue sous le nom de "mine du Château", présente un allongement de 260 m. A 147 m de l'entrée, se trouve un filon de fluorine, dirigé environ E-W et épais de 30 cm, qui pourrait correspondre à l'un des filons cités par UNGEMACH. Un dépilage supérieur, haut de 4 m, est établi sur un

épaississement de la fracture, entre 196,60 m et 201,70 m ; le remplissage, puissant de 0,70 m, est formé par une brèche "granitique" minéralisée en galène, pyrite et rare chalcopyrite, dans une gangue de quartz et calcite. Un second filon croiseur se trouve à 208,80 m ; il s'agit d'une brèche quartzo-pyriteuse orientée N-S, avec un pendage de 90 G W, qui a été suivie par une recoupe de 25 m ; cette brèche pourrait être située dans le prolongement du filon ouest.

D'après UNGEMACH (1906), trois autres filons étaient connus dans la montagne des Coltes. L'un d'eux, à l'est de la galerie Blitz, se trouvait tout près de la ferme Gravier, où l'on voit encore des vestiges de travaux anciens et où ont été ramassés quelques échantillons de stibine. Un autre filon se trouvait à l'ouest et un peu au-dessus des ruines du Château, tout près du contact avec les phyllades de Villé. Enfin, une 4ème veine, selon les dires des habitants, se trouvait au bas de la montagne ; ils l'appelaient "mine du village" ou "mine blanche". Vers 1890, on y avait découvert deux filons, l'un dirigé NNW-SSE, avec pendage W de 42°, l'autre N-S avec pendage W de 55° ; ils contenaient de la galène et de la chalcopyrite dans du quartz.

Il n'est pas possible actuellement d'identifier avec certitude ces filons signalés par UNGEMACH. On connait seulement, à l'ouest des ruines du château, deux filons de fluorine, dont l'un contient en outre de la barytine, dirigés environ N-S et qui ont fait l'objet des travaux superficiels de 1925-1928 (cf. Historique) ; le dernier pourrait correspondre à la "mine blanche". Ils ont été examinés par le B.R.G.M. en 1970, époque où le marché de la fluorine présentait une grande expansion mais, en raison de leur irrégularité, leur étude a été tout de suite abandonnée.

d) **Haute-Landzoll.** Signalés pour la première fois par DAUBREE (1852), ces travaux se trouvent immédiatement à l'ouest de ceux de Champ Brêcheté, tout près de la crête. Du temps de cet auteur, on y voyait une excavation de 50 m de longueur sur 25 m de hauteur, dans laquelle il restait quelques piliers et un puits très profond. Un second filon, situé à 25 m du premier, lui est exactement parallèle, comme en témoignent de nombreuses fouilles.

Actuellement, on ne trouve plus qu'une tranchée de 25 m, profonde seulement de 3 m, et une 2ème tranchée de 15 m, parallèle à la première. Entre les deux, se trouve un puits éboulé, et un 2ème puits, également comblé, se situe à 50 m à l'ouest des tranchées. Une galerie inférieure devait se trouver 100 m plus bas, juste au-dessus du chemin, comme l'indique une halde fournissant du quartz et de la fluorine. A mi-pente, une petite galerie de 5 m, dégagée en février 1977,

montre un filon de fluorine.

On ignore quelle fut l'importance exacte de ces mines et quels minerais on en a tirés.

e) **Théophile**. Le filon Théophile se trouvait à 250 m au nord du filon Cornélia. Il renfermait de la galène et de la chalcopyrite, dans une gangue de quartz ferrugineux. Son ancienne galerie d'exploitation avait été déblayée en partie en 1899 et elle a été réouverte par la MJC de Villé ; dirigée SW-NE, il s'agit d'un travers-bancs long de 265 m, qui recoupe cinq cassures filoniennes suivies par de courts allongements.

La première cassure, large de 60 cm, est dirigée E-W, avec un pendage de 90 G sud. Elle comprend, à son toit, un filonet de calcite de 5 cm et, à son mur, une mince veinule de quartz, calcite, sidérite et limonite, séparés par un remplissage central argileux. La deuxième, puissante de 5 à 10 cm est orientée NW, avec un pendage NE de 90 G ; elle est formée par du quartz ferrugineux. La 3ème, épaisse de 20 à 35 cm et dirigée NW, est remplie d'une brèche quartzo-limonitique renfermant des filets de calcite.

Puis, la galerie suit un filet quartzo-ferrugineux sub-vertical, orienté N 20°E et puissant de 2 à 10 cm, qui croise une fracture dirigée NW, à pendage 80 G NE, large de 30 à 40 cm et remplie par une brèche contenant un filonet quartzeux de 5 à 15 cm. Dans ce filonet, se trouvent des traînées et des nids de chalcopyrite, galène, malachite et azurite, et, dans la brèche et les épontes, des enduits de malachite et azurite.

f) **Cornélia**. Cette mine, dont l'emplacement exact reste inconnu, est citée seulement par UNGEMACH (1906). Il s'agissait d'un filon dans les gneiss, qui affleurait tout près du sommet du Ranchis (aujourd'hui Renchis) et qui aurait fourni de la chalocpyrite. On y avait ouvert, à la cote 510, une courte galerie d'exploitation.

g) Goutte Henry. Il s'agit d'une ancienne exploitation de plomb et d'argent, citée par de DIETRICH, GRAFFENAUER, DAUBREE et UNGEMACH, qui se trouvait dans le vallon de la Goutte Henry, à l'ouest de la montagne des Coltes.

Le filon était dirigé WNW-ESE, avec un pendage de 60 à 70° vers le NNE ; son épaisseur était seulement de 15 cm et il contenait de la galène argentifère,

ainsi que de la sidérite et de la blende. Il fut exploité vers 1780 et repris pour peu de temps en 1844. Ses travaux comprenaient une galerie de 150 m, au fond d'un puits de 26 m. Son minerai devait être pauvre, car de DIETRICH (1789) le désigne comme "mine à boccard".

On distingue seulement actuellement deux entrées effondrées, à 25 m et 80 m de la route D 39, ainsi qu'une halde, à un niveau supérieur, dans laquelle on ne trouve que du quartz ; l'entrée de la galerie principale devait se situer plus au nord. Sur le chemin du vallon, quelques pierres volantes renferment des traces de galène.

h) Saint-Nicolas. L'entrée éboulée de cette ancienne mine se trouve immédiatement au-dessus de la route D39, à 450 m environ à l'ouest de l'église d'Urbeis. Le filon, situé dans les gneiss tout près de la zone de suture, était dirigé NW-SE, d'après DAUBREE. Les minerais indiqués, dont on ne trouve plus d'échantillons, étaient de la chalcopyrite, de la galène argentifère et de la blende en grandes quantités, dans une gangue de quartz et sidérite. L'entrée éboulée laissait filtrer des filets d'eau ferrugineuse, d'où également le nom de "Rouge Eau". Il convient de signaler que cette eau, actuellement, renferme une forte teneur en ion fluor (1100 ppb), ce qui laisse supposer la présence de fluorine (non signalée par les anciens auteurs).

Les premiers travaux, très anciens, furent repris pendant un an, vers 1780, par les explorateurs cités plus haut, puis de nouveau abandonnés. Les travaux comprenaient une galerie et deux puits, profonds de 80' et 30' (24 m et 9 m environ) ; la galerie était, elle, longue de 40 toises (environ 75 m). Au moment de l'abandon, le filon produisait encore "dix-huit pouces (45 cm) de minerai, très riche en plomb et en cuivre".

i) La Chapelle. Le filon de La Chapelle se trouvait dans les gneiss d'Urbeis, à 200 mètres au sud de l'ancienne douane allemande. D'après DAUBREE, il était dirigé NW-SE et il avait fourni de la galène et de la chalcopyrite. Mais, l'emplacement exact de cette mine reste inconnu et, d'après ce même auteur, ce filon pourrait être identique à celui de la mine Donner, qui affleure au NW à peu de distance et présente la même direction.

En outre, on aurait découvert dans son voisinage, en 1845, un filon WNW-ESE qui renfermait de la stibine et de la pyrite dans une gangue quartzeuse. On n'a, depuis, obtenu aucun renseignement sur ce dernier filon, dont la paragenèse, si elle était confirmée, serait intéressante.

j) Aptingoutte. Les anciens auteurs qui citent cette mine ne sont d'accord que sur un seul point : elle a produit du cuivre gris argentifère. Sa situation est, au contraire, fort incertaine. DAUBREE (1852) la place près de Saint-Nicolas, tandis que de DIETRICH (1789) la situe à l'est d'Urbeis, "à une petite demi-lieue du village". D'autre part, BECQUEY (1827) parle de ce filon "comme étant très large mais très pauvre" et ne contenant que de la tétraédrite, caractéristiques comparables à celles du filon de Saint-Sylvestre, qui affleure au nord-ouest du vallon d'Aptingoutte.

k) Schnarupt. Les travaux de Schnarupt sont beaucoup plus récents que les précédents et ils se trouvent loin (750 m) au sud de la zone-limite, dans des gneiss anatectiques à cordiérite, à 600 m environ au SSE de l'église d'Urbeis. Il s'agit de deux filons dirigés N50°E et N25°E, renfermant de la chalcopyrite dans une gangue quartzeuse et barytique. Aux affleurements, se trouvaient des masses importantes de limonite, avec de beaux cristaux d'aragonite.

En 1976, une galerie de 46 m de longueur a pu être dégagée par la MJC de Villé, dans laquelle est visible un petit filon renfermant les minéraux cités. La 2ème galerie n'a pu être réouverte et, à 200 m au SW, il existe une amorce de 4 m. Ces travaux n'ont certainement fourni que très peu de minerai.

l) Noirceux. Encore plus loin de la zone-limite (2 km au sud), dans des gneiss à lithologie variée, un filon, qui se trouve près de la chapelle de Noirceux, Cne de Fouchy, a été exploré par deux vieilles galerie partiellement déblayées. On y avait trouvé de la chalcopyrite dans une gangue quartzeuse, partiellement altérée en limonite et malachite.

La galerie supérieure, encore accessible, a une longueur de 25 m ; elle suit une fracture dirigée NW, avec un pendage NE de 65 à 75 G et une épaisseur de 30 à 45 cm. A son mur, se trouve un filonet de quartz, barytine, limonite, chalcopyrite et malachite, puissant de 10 à 12 cm, et, à son toit, un filonet analogue de 5 cm, les deux étant séparés par une brèche quartzeuse à enduits de malachite. Au front, la fracture se coince et n'a plus que 2 cm de puissance totale.

m) Molloch. Au nord de Lalaye et tout près du village, sur le versant méridional de la montagne de Haut-Champ (Hochacker), dans les blasto-mylonites de la ligne de suture, la mine de Molloch, que les paysans appelaient aussi "Puant Trou", a exploité, près de la chapelle de la grotte, un filon N20° de pendage inconnu. Cette exploitation, fort ancienne, a eu une certaine importance, car elle comportait un puits de 40 toises (environ 75 m) et sept galeries, dont on distinguait

encore les entrées en 1850. Le filon était toutefois fort mince (ordre de 15 cm) et son minerai était de la galène, associée à un peu de chalcopyrite ; selon de DIETRICH (1789), cette galène tenait 4 onces d'argent au quintal (environ 2,4 kg/t).

Non loin de là, à 250 m plus à l'est, dans la carrière de Noiregoutte, GRAFFENAUER (1806) puis DAUBREE (1852) signalent la présence de cobaltite ("mine de cobalt contenant de l'argent"). Ce renseignement paraît très douteux.

n) Donner. Située derrière la maison de l'ancienne douane allemande, au Haut d'Urbeis, la mine Donner ne fut mise en exploitation que tout à la fin du XIXe siècle, en 1894, en même temps que la mine Saint-Sylvestre et par la même société. Cette exploitation dura jusqu'en 1899, avec des interruptions.

Le filon exploité était dirigé N30°W, avec un pendage NE de 70°. Sa puissance variait beaucoup, car il était ramifié ; toutefois, la zone métallifère ne dépassait pas 4 mètres d'épaisseur. La roche encaissante était une blasto-mylonite granitique de la zone-limite.

La minéralisation, dans une gangue de quartz, sidérite et ankérite, était formée par de la galène, de la chalcopyrite et un peu de tétraédrite. Les minerais de cuivre étaient fortement oxydés et altérés en limonite, mélaconite (ténorite) et malachite. Plus tard (cf UNGEMACH (1936), G. BAPST, A. SIAT et R WEIL (1965)), des minéralogistes découvrirent, probablement dans les haldes, une paragenèse wolframifère comprenant de la ferbérite, de la scheelite et de la stolzite. Cette association représente une première venue peu importante, antérieure à la paragenèse Pb-Cu-Ag, et son minéral le plus fréquent est la ferbérite, qui présente des cristaux millimétriques englobés dans du quartz compact ou cristallisés dans des microgéodes de ce quartz ; la scheelite présente également des cristaux dans le quartz, fortement corrodés et fluorescents en jaune orangé (variété molybdénifère) ; d'autres cristaux, plus grossiers et bien formés, se trouvent dans des géodes ; quant à la stolzite, elle apparait exceptionnelle. On peut établir une relation entre cette association tungstifère et l'indice de ferbérite et scheelite de la cote 662, Cne de Lubine (cf. paragraphe suivant), qui se trouve seulement 3 km à l'ouest, dans la même formation géologique.

Dans les veinules métallifères, le premier minéral cristallisé était le quartz (fibreux), puis venaient la dolomite ou l'ankérite, la galène, un second dépôt de quartz (hyalin), la chalcopyrite et la tétraédrite, enfin les produits d'altération. Les veinules non métallifères étaient, elles, remplies par plusieurs bandes alternées de quartz et de sidérite.

Les travaux comprenaient un puits de 45 m et plusieurs galeries d'allongement. Ils auraient été abandonnés par suite d'infiltrations d'eaux. Actuellement, à l'ouest du puits, une galerie superficielle, longue de 25 m, recoupe de nombreux filonets stériles de quartz.

D'après UNGEMACH (1906), un second filon aurait été découvert plus tard, de l'autre côté de la vallée, à une distance de 30 m. Sa direction était très voisine de celui de la mine Donner, mais il était constitué par du quartz et de la fluorine violette, avec un peu de galène. Il pourrait s'agir du filon de la Chapelle (?).

o) Saint-Sylvestre ou Sylvestre. (Carte à 1/50 000 de SAINT-DIE). Comme Donner, cette mine est d'origine récente : elle a été découverte seulement le 31 décembre 1893 (d'où son nom) et mise en exploitation en 1894. Elle se trouve dans le ravin de Revers de Faîte, à 1250 m à l'est du col d'Urbeis et 1 km à l'ouest de la mine Donner. Sa minéralisation n'est pas encaissée dans la zone-limite, mais, immédiatement au nord, dans des schistes noirs oeillés, variante des micaschistes à grenats.

Le filon principal, le filon Paul (Paulgang), a été suivi vers l'ouest jusqu'à la faille mettant en contact les schistes et le Permien ; il est dirigé WNW-ESE, avec un pendage sud de 70° à 75°. Sa puissance est très grande, oscillant entre 5 m et 11 m, en raison du fait qu'il est formé par un faisceau de filonets. Outre de nombreuses veinules adventives, il s'en détache deux branches importantes, les filons Henri et Robert (Robertgang et Heinrichgang), qui atteignent 3 à 4 m d'épaisseur totale. Les schistes lustrés des épontes sont graphiteux et pyriteux et ils peuvent renfermer de la rare chalcopyrite.

La minéralogie de ces filons est complexe et ils ont fourni des minéraux célèbres pour leurs cristallisations. La gangue elle-même était fort variée, comprenant les espèces suivantes : quartz, dolomite, sidérite, ankérite, calcite et fluorine. Quant aux minéraux métalliques, on trouvait principalement de la tétraédrite très prépondérante, de la chalcopyrite beaucoup plus rare, de la galène, de la blende, de la pyrite, de la marcasite, de la smaltite et de l'arsenic natif. La sidérite était le minéral le plus ancien, la calcite, la chalcopyrite, la galène et la blende les plus récents.

Le cuivre gris était déposé soit sur la sidérite, soit directement sur les schistes des épontes, soit sur une mince couche de quartz. Ses cristaux géodiques étaient réputés pour leur taille et pour la beauté de leurs formes et il était

arsenifère et bismuthifère en surface (As : 6,75 % ; Bi : 1,63 % ; Ag : traces), très argentifère en profondeur (Ag : 5,94 % ; As : 1,2 %). Il pouvait être accompagné par toute une série de minéraux rares : argent natif, argentite, bournonite, boulangérite, millérite, érythrite, linnéite, parmi lesquels la célèbre whewellite (oxalate de Ca).

Comme indiqué dans l'historique, ce gisement a été exploré jusqu'en 1913, d'abord par la WEILERTHALER BERGWERKE G.M.T.H., jusqu'en 1906, et, ensuite, après la dissolution de cette société, par la SILBERBERGWERKE St-SYLVESTER de Strasbourg. L'activité y a été relativement importante et il y avait 125 ouvriers en 1908. Le minerai, trié dans un atelier de préparation mécanique, était expédié à Freiberg pour le traitement. Les installations de surface ont été détruites pendant la guerre de 1914-18.

Les travaux comportaient un puits de 132 m (aujourd'hui comblé) et 6 étages de galeries (aux niveaux + 11, 0, - 13, - 33, - 53 et - 72). La galerie A (niveau 0) atteignait 115 m en 1911, la galerie B (niveau - 13) 160 m en 1908 et la galerie C (niveau - 33) 70 m ; quant à la galerie supérieure (niveau + 11), aujourd'hui réouverte, elle mesure 40 m. En contrebas, au niveau du ruisseau, se trouvent deux ouvertures (?).

Cette mine, la plus productive du champ d'Urbeis au point de vue cuivre, a fourni les quantités connues suivantes : 5,4 t de cuivre gris en 1894, 10 t en 1895, 31 t en 1896, 18,4 t en 1902, 19,5 t en 1903 et 28,6 t en 1904, soit, pour les 6 années citées, 111,9 t de tétraédrite tenant en moyenne 3,05 % Ag et 28, 12 % Sb. On ignore les productions (s'il y en eut) des autres années de la période d'activité. De toutes façons, on peut juger, par les chiffres donnés concernant une mine célèbre en son temps, à quel point les conjonctures minières économiques étaient différentes au début du siècle et actuellement.

1.5.2 - Lubine (88) - Carte à 1/50 000 de Saint-Dié

a) Cuivre et Argent

Dans la "zone des écailles" du versant vosgien, les indices de cuivre et argent de Lubine (88), objets de travaux très anciens, se trouvent à 16 km au NE de Saint-Dié, au nord du village de Lubine, principalement dans le vallon du ruisseau des Mines et le vallon affluent de la cote 556.

Historique. On trouve une première mention de ces travaux dans le mémoire de de GENSSANE (1756-1779), qui signale qu'ils avaient été commencés par un sieur Gérard, à qui la concession originelle en avait été faite en 1715 par le duc Léopold de Lorraine ; ils furent ensuite continués par une certaine société SAUR, concessionnaire de toutes les mines du "bailliage" et en particulier de la Croix-aux-Mines. Si l'on en croit les anciennes relations, indique de GENSSANE, "ces mines furent d'abord très riches et, dans les deux premières années de leur exploitation, M. GERARD en retira 25 quintaux* d'argent et cuivre raffiné. Ce filon, suivant leur rapport, avait plus de deux pieds** d'épaisseur. Aujourd'hui, les travaux sont comblés, mais, selon la tradition des gens du pays, il y avait plusieurs galeries percées à différentes hauteurs dans les flancs de la montagne. L'intérieur de ces galeries communiquait à un puits qui avait, à ce qu'on assure, 190 pieds de profondeur".

Cette relation de de GENSSANE est reprise intégralement par de DIETRICH (1800), qui ajoute "D'autres galeries et puits traversent le vallon, dont la direction est sur 3 heures***. Des haldes élevées et nombreuses, placées aux environs des entrées des galeries, attestent aussi bien que le rapport des habitants, l'étendue de cette exploitation maintenant abandonnée. On trouve dans les déblais du spath pesant**** d'une grande beauté, du quartz et du schiste, et, dans ces diverses gangues, des mouches de galène, des parcelles de mine d'argent grise*****, beaucoup de bismuth******, du vert et du bleu de montagne*******".

"De semblables amas de déblais se retrouvent encore sur la montagne du Poulin********, vis à vis de celle du Hang, où ils indiquent l'existence d'anciens travaux ; mais, il paraît que c'était de simples traverses poussées à la

---

* Rappelons qu'à l'époque 1 quintal égalait 100 livres (environ 48 kg)

** 1 pied = 30 cm environ

*** NE-SW

**** Barytine

***** Cuivre gris argentifère

****** Il est à signaler que cet élément n'a pas été retrouvé, malgré l'abondance que lui attribue de DIETRICH

******* Malachite et azurite

******** Il n'a pas été possible d'identifier sur le terrain ces amas de déblais

rencontre des filons et que les puits seuls avaient été approfondis sur leur direction".

Quelques renseignements complémentaires se trouvent dans l'un des voyages minéralogiques de A.G. MONNET (1780), dans lequel il signale que "Lubine est un village remarquable à cause d'une mine de cuivre et d'argent qu'on y exploitait tout près autrefois, c'est-à-dire en 1720, 1730 et 1740. Quoiqu'il soit de l'espèce de minerai qu'on nomme mine d'argent grise, il est néanmoins si pauvre qu'il ne contient pas plus de 2 loths* au quintal, c'est à dire une once poids de marc**. Tout le surplus était de cuivre, d'arsenic et de soufre ; ce qu'il y a de plus singulier encore, elle ne fournissait guère plus de 16 livres de cuivre au quintal. Ce peu de richesse et en même temps sa rareté n'ont pas peu contribué à faire tomber cette exploitation".

Ultérieurement, d'après les archives du Service des Mines, deux demandes d'autorisation d'effectuer des recherches dans la commune de Lubine furent présentées, en 1853 et 1854, par les sieurs VILLARD et DOIGNON et Cie, mais il semble qu'il n'y exécutèrent aucun travail. Plus récemment, en 1910, d'après ces mêmes archives, quelques fouilles furent effectuées concurremment par les nommés PLANCHIER et LANTERNIER, d'une part, MEUNIER, d'autre part. Les premiers auraient repris les vieux travaux du ruisseau des Mines, tandis que le second aurait creusé un puits profond de 7 m, à la base duqel on discernait, dans les schistes métamorphiques, de minces veinules de quartz, carbonate de fer et barytine, mouchetées de cuivre gris. Dans les déblais des anciens travaux, notamment ceux des puits anciens, on trouvait, d'après le même rapport de l'ingénieur des mines, des traces de cuivre et une grande abondance de barytine.

Situation géologique. Tous les indices de Lubine se trouvent dans la suture vigoureusement tectonisée qui sépare les Vosges moyennes des Vosges septentrionales (cf. géologie générale), suture composée par "la zone des écailles". Cette zone chevauche au nord les phyllades de Villé et elle est elle-même chevauchée au sud par les gneiss des Vosges centrales, ces chevauchements étant accompagnés de remontées de "copeaux" du socle profond. Il s'agit donc d'une zone très complexe et c'est ainsi que, à partir du village de Lubine, on trouve les unités suivantes, du sud au nord :

---

* 1 loth : 1/2 once : 15 g environ

** Un marc : 8 onces : 244,7 g

a) Une bande de gneiss des Vosges moyennes, les "gneiss de Colroy-la-Grande", qui jouent ici le rôle des gneiss d'Urbeis du versant alsacien et sont recouverts par un lambeau de Permo-houiller (Stéphanien supérieur et Saxonien).

b) La "zone-limite sensu stricto" de COHEN, ou première écaille du Climont, ou écaille du Revers de Fête, formée par une bande de blasto-mylonites, où le matériel de départ devait être représenté par des granites porphyroïdes et des gneiss. Comme déjà indiqué, cette "dislocation de Lalaye-Lubine" est un des traits structuraux majeurs du socle vosgien.

c) Une passée de schistes et quartzites briovériens, largement phyllonitisés, appelés, sur le versant alsacien, "micaschistes de Lalaye et d'Urbeis". C'est dans cette passée que se trouve, à 3,5 km à l'ENE de Lubine, le filon cuprifère de Saint-Sylvestre.

d) La "2ème écaille du Climont", également bordée au Nord par un liseré de schistes phyllonitisés. Cette 2ème écaille ou "écaille de Droite-de-Fête" est formée par des gneiss à grenat laminés, "oeillés" par du microcline.

e) Une passée de quartzo-phyllades briovériennes de la série de Villé.

f) La "3ème écaille ou formation du Climont", partiellement masquée par un recouvrement permo-triasique. Il s'agit d'orthogneiss, de gneiss amphiboliques, de granites mylonitiques et, localement, d'une syénite orientée.

g) Un liseré septentrional de phyllonites, très largement recouvert par le Permien de la dépression du Han (ou Hang), prolongement oriental du bassin de Saint-Dié, au-delà de laquelle affleure une bande de schistes siluro-ordoviciens de Steige.

Dans cette région des indices de Lubine, la tectonique cassante post-triasique, en fait essentiellement tertiaire, a été particulièrement intense et la région est littéralement morcelée par des failles de directions diverses. Les plus importantes sont dirigées parallèlement au sillon de la dislocation, c'est-à-dire ENE-NSW, et elles délimitent les contacts anormaux des écailles et de la zone-limite ; d'autres accidents, également importants, sont, eux, orientés franchement NE-SW ; ils sont postérieurs aux premiers, du moins dans leur dernier jeu. Il existe, en outre, des failles transversales NNE et NNW, sensiblement contemporaines, qui

seraient les plus récentes. Il est à noter que les lentilles cuprifères sont installées dans des fractures NW-SE, direction tectonique peu représentée dans le secteur, mais bien développée plus à l'ouest, dans le bassin permien de Saint-Dié ; les accidents présentant cette orientation seraient les plus anciens de tous.

Anciens travaux. Dans le vallon du ruisseau des Mines, les travaux les plus importants sont groupés de part et d'autre du ruisseau, près du croisement du chemin du Hang et de l'ancienne route de Saales. On trouve ainsi, sur la rive gauche, dans les phyllonites du liseré septentrional, 3 entrées de travaux en descenderie alignés sur une distance de 50 m environ, suivant une direction N 60 G W. Ces travaux ont reconnu et dépilé un filon lenticulaire à gangue de barytine (au NW) ou de quartz (au SE), minéralisé par des agrégats de cuivre gris. Son pendage est de 55-60 G vers le SW et il se trouve encaissé, probablement dans une faille, entre un mur de quartzite cataclasé taché par des oxydes de fer et un toit formé par un micaschiste feldspathique recoupé par des veinules de quartz.

Près de la surface, l'épaisseur est très réduite (3-4 cm) et le remplissage peut être constitué simplement par des dépôts argilo-ferrugineux ; plus bas, il présente un renflement atteignant 40 à 50 cm, lequel a été l'objet de dépilages actuellement noyés, à une dizaine de mètres de profondeur. Le petit volume des déblais atteste que ces dépilages, longs tout au plus de 50 mètres, ne sont certainement pas très profonds.

En bordure même du chemin, vis à vis de ces travaux, se trouvent deux entrées de galeries. L'une d'elles, tracée dans un "micaschiste" plissé rétromorphosé, est un court travers-bancs qui rejoint les dépilages précédents à 4 ou 5 mètres seulement au-dessous de la surface. La deuxième, ouverte dans un quartzite graphiteux, est une amorce de descenderie.

Sur la rive droite, presqu'en face, une 4ème descenderie est ouverte sur une formation minéralisée qui se trouve probablement dans la même fracture que la lentille de la rive gauche, mais décrochée d'une vingtaine de mètres par la faille senestre NNW du ruisseau des Mines. Il s'agit également d'une petite lentille de quartz, barytine et cuivre gris, présentant localement un pendage plus redressé (75 G vers le SW) ; elle est également très mince en surface (3-4 cm) et, comme la première, elle montre un renflement en descendant, mais celui-ci ne doit guère dépasser 20 cm ; ce renflement a toutefois été exploité, sur une vingtaine de mètres de longueur, par des dépilages actuellement noyés, qui se trouvent à une douzaine de mètres de profondeur. On peut noter, dans les "micaschistes siliceux" du toit, la présence d'enduits de malachite.

Le groupe des travaux du secteur comprend encore 4 puits, aujourd'hui comblés. Le premier, qui figure sur un plan de 1910, se trouve au croisement même des chemins ; il n'existe pas de déblais à son voisinage immédiat et on ignore s'il a rencontré ou non des minéralisations. Les 3 autres se trouvent de part et d'autre de l'ancienne route de Saales ; ils sont alignés en direction N 65 G W sur une distance totale de 50 m environ. Les deux premiers sont "ouverts" dans la couverture permo-houillère, tandis que le troisième montre le passage d'une faille qui met en contact anormal cette couverture et les phyllonites septentrionales. Dans les déblais, outre des fragments de barytine, on trouve quelques échantillons de grès imprégnés de malachite.

Quelques traces d'anciens travaux existent encore dans le vallon. Les premiers sont situés dans un minuscule graben permo-houiller et, dans leurs déblais, on peut encore trouver de rares échantillons de grès imprégnés d'oxydes de cuivre. D'autres échantillons de même nature se trouvent au voisinage de fouilles ouvertes dans le recouvrement stéphanien des gneiss de Colroy-la-Grande, immédiatement au nord du village. Sur le même versant, non loin du sommet de la cote 635, se trouve une galerie (ou tranchée) ouverte dans la bande-limite ; ses déblais montrent de nombreux enduits de malachite. Plus bas sur la pente, il existe encore une ancienne galerie effondrée, accompagnée d'un tas de déblais stériles. D'autres travaux anciens existent aussi sur l'autre versant (rive droite), mais leurs haldes ne présentent aucune trace de minéralisation.

Dans le vallon affluent de la cote 566, les principaux travaux sont représentés par deux puits ouverts dans le Stéphanien supérieur, accompagnés probablement d'une ancienne galerie. Ces deux puits, alignés suivant une direction N80W, sont distants seulement d'une quinzaine de mètres ; dans leurs déblais, on trouve beaucoup de barytine, quelques échantillons de cuivre gris et quelques imprégnations de malachite.

Presqu'en face, sur l'autre rive du ruisseau, se trouve une amorce de galerie précédée d'une longue tranchée, qui a été ouverte dans les phyllades briovériennes plissées et suit une mince cassure N 90 W, à pendage 65 G S. Sur son prolongement vers l'est, à une quarantaine de mètres, se trouve le puits MEUNIER déjà cité, profond de 7 m et présentant à sa base de minces veinules mouchetées de cuivre gris. Un dernier travail, dans ce vallon, se trouve à 150 m au sud des deux premiers puits. Il a été ouvert dans les orthogneiss de la "3ème écaille" et, dans ses haldes, on trouve de nombreux enduits de malachite et de limonite, mais aucune trace de sulfure.

Enfin, en dehors des deux vallons, sur le flanc droit de la vallée du ruisseau du Climont, en face du hameau de La Bassotte, se trouve un dernier travail ancien, peu important, qui a l'apparence d'un dépilage à ciel ouvert. Il est situé sur la bordure nord immédiate d'un dyke de blastomylonite granitique (dans la zone-limite), formant un escarpement dirigé N 65 G W et affecté de nombreuses diaclases N 30 G W. D'après l'examen des déblais, la petite lentille dépilée, puissante de 30 à 40 cm, présentait un remplissage bréchique d'hématite crypto-à microcristalline, ayant l'apparence d'un "chapeau de fer", dans lequel se trouvent quelques agrégats de chalcopyrite et quelques grains de scheelite, ce dernier minéral se rencontrant également dans la blasto-mylonite des épontes. Cette présence inattendue de scheelite permet de faire un rapprochement entre ce "chapeau de fer" de la Basotte et les indices d'hématite tungstifère de Chèvremanne situés à 700 m au NE, dans la même formation géologique.

Toutes les descriptions précédentes d'anciens travaux confirment le fait, déjà souligné par A.G. MONNET (1780), que, comme celles d'Urbeis-Lalaye, les minéralisations filoniennes du secteur ne peuvent présenter aucun intérêt économique. D'une part, il s'agit de lentilles minces de dimensions très modestes et, d'autre part, leur teneur en cuivre gris argentifère doit être très faible, si l'on en juge par les échantillons restants et les dires du même auteur. Aussi, aucun travail n'a été effectué spécialement pour la reconnaissance de ces filons.

Par contre, la découverte d'échantillons gréseux de la couverture imprégnés par des oxydes de cuivre, pouvait laisser espérer a priori la présence de minéralisations associées de type improprement appelé "red-beds", minéralisations pouvant être éventuellement beaucoup plus importantes. C'est pour explorer cette possibilité que le B.R.G.M. a effectué dans ce secteur, en 1976, une petite campagne de sondages courts, accompagnée d'une prospection détaillée et d'un levé de carte géologique à grande échelle. C'est au cours de cette prospection qu'a été découvert, fortuitement, l'indice de tungstène de la cote 662 (cf. Lubine b).

Sondages B.R.G.M. La campagne de sondages B.R.G.M., exécutée avec la sondeuse Sprague et Henwood, a comporté 5 forages inclinés d'une longueur totale de 192,40 m. Leurs principaux résultats ont été les suivants :

Dans le secteur des anciens puits du vallon affluent de la cote 556, la couverture comprend, sur un socle d'orthogneiss traversés par des filets quartzo-carbonatés, une quarantaine de mètres de dépôts essentiellement gréso-conglomératiques, avec de minces intercalations argileuses ; d'après la flore fossile rencontrée, ces dépôts, figurés comme autuniens sur la carte géologique de Saint-

Dié, appartiennent plus probablement au Stéphanien supérieur (déterminations de Ch.GREBER).

La lentille, anciennement exploitée au moyen des deux puits et de la galerie effondrée, se prolongeait dans cette couverture stéphanienne et elle a été dépilée probablement jusqu'à la surface. On a, en effet, traversé, dans la couverture, un vieux dépilage (vide avec morceaux de bois de mine) ; le filon correspondant, à pendage 75 G S, avait une épaisseur de 30 à 40 cm seulement et il était accompagné, à son toit immédiat, par un filet de quartz géodique stérile, un filet de barytine avec grains de cuivre gris et un filonet (6 cm) de quartz géodique avec agrégats du même cuivre gris. Tous ces éléments, parallèles, traversent des conglomérats pyriteux (pyrite sédimentaire) qui ne présentent aucune trace d'imprégnation par des minéraux de cuivre. Ici donc, le gisement, de dimensions très modestes, est uniquement filonien.

Dans le vallon du ruisseau des Mines, la lentille exploitée par les 3 puits alignés se trouvait encaissée dans la faille NW-SE signalée et, ici aussi, elle a du être dépilée jusqu'à la surface. Dans le dépilage traversé, elle était relativement plus épaisse (60 à 70 cm) que les lentilles précédemment décrites, avec un pendage également SW.

Les grès et les conglomérats sont encore complètement stériles, tandis que, dans les phyllonites, se trouvent des minéralisations annexes. La plus importante est représentée par un filon parallèle, puissant de 25 à 30 cm, qui se trouve à 6 m environ au toit ; ce filon, bréchique, renferme, dans une gangue complexe de quartz, barytine et carbonates, les minéraux suivants : cuivre gris dominant ; chalcopyrite ; traces de galène, de bournonite et de bornite ; les enclaves sont des fragments de quartzo-phyllades graphiteuses chargées de produits titanés.

Entre ces filons et la formation dépilée, les phyllonites sont parcourures par des réseaux de veinules quartzo-carbonatées, dont certaines peuvent renfermer des minéralisations : l'une d'elles, par exemple, contient de la pyrite, de la galène, des traces de chalcopyrite, de pyrrhotite et de bravoïte ; une autre, contiguë, comprend, dans du quartz et de la barytine, du cuivre gris dominant, de la chalcopyrite, de la cubanite, de la miargyrite, de la stibine, de l'antimoine natif, de la galène et de la blende rares.

Toutes ces manifestations hydrothermales se poursuivent au delà du filon secondaire et on trouve encore à son toit, dans une passée bréchique, des filonets centimétriques de quartz et carbonates renfermant quelques agrégats de cuivre gris. De même, la passée terminale du sondage est une véritable "hydrothermalite", composée essentiellement de quartz, adulaire et chlorite, recoupée par de nombreuses fissures remplies de calcite.

Ici donc, la minéralisation filonienne paraît être relativement plus intéressante que dans les autres secteurs. La lentille exploitée est plus puissante et elle est accompagnée d'un filon secondaire qui peut être aussi important que la veine des puits du vallon de la cote 566 ; en outre, elle est associée à des manifestations hydrothermales plus étendues, mais non à des imprégnations dans la couverture. Toutefois, il est très probable que ces éléments ne constituent que des lentilles de dimensions restreintes et à teneurs faibles en cuivre. Aussi, pas plus que les précédents, ce secteur ne peut présenter d'intérêt économique.

A 100 m au NE, dans le secteur de l'ancien puits au croisement des chemins, sous le conglomérat de base de la couverture détritique, le socle est encore représenté par des phyllonites à grenats très altérées hydrothermalement, parfois de véritables hydrothermalites, lardées de veinules quartzo-carbonatées et présentant des passées bréchifiées. Le sondage exécuté là, peut-être trop court, n'a pas recoupé de minéralisation, mais il a ainsi démontré l'extension du phénomène hydrothermal dans tout le secteur des phyllades phyllonitisées du vallon du ruisseau des Mines. On peut penser que, comme dans la région de Charbes-Rain des Allemands déjà étudiée, c'est le caractère incompétent des schistes et phyllonites qui est responsable de la dispersion de la minéralisation dans des petites lentilles, des veinules ou des filets.

Minéralogie. Il est intéressant de noter que, considérée dans son ensemble, l'association minérale est très complexe, comportant les espèces suivantes :

Antimoine natif. Arsenic natif. Blende. Bornite. Bournonite. Bravoïte. Chalcopyrite. Cubanite. Cuivre gris : tennantite et tétraédrite, galène, gersdorffite. Marcasite. Miargyrite. Pyrite. Pyrrhotite. Stibine. Quartz. Barytine. Carbonates.

La minéralisation principale est constituée par des agrégats millimétriques de cuivre gris dispersés dans du quartz automorphe ; ces agrégats comprennent de la tétraédrite et, en bordure, de la tennantite enfermant des

petites inclusions d'arsenic natif. Ils sont parfois entourés par un liseré de chalcopyrite renfermant de la cubanite et, plus rarement, de la blende.

Sporadiquement, se trouvent des plages de miargyrite, associées ou non au cuivre gris, et, principalement dans des microgéodes du quartz, de la stibine aciculaire avec fines inclusions d'antimoine natif. Sporadiquement aussi, se rencontrent des grains millimétriques de bournonite, ainsi que des traces de bornite et, dans la tennantite, à côté de l'arsenic natif, de rares cristaux de gersdorffite cobaltifère et ferrifère.

La pyrite peut, elle, se trouver dans les remplissages ou dans la roche encaissante. Dans les premiers, elle est généralement automorphe et associée à de la galène postérieure ; dans les roches, ainsi que dans les enclaves bréchiques, elle forme des agrégats hypidiomorphes grossiers. Certains cristaux de pyrite présentent des zonations de bravoïte, d'autres des cristaux de pyrrhotite résiduelle. Le quartz est le minéral de gangue porteur du cuivre gris.

L'association minérale ainsi décrite présente, toutes considérations quantitatives exclues, certains caractères qui la rapprochent des minéralisations voisines figurant sur les cartes métallogéniques. Il s'agit de la présence d'arsenic natif, de nickel exprimé minéralogiquement (avec traces de cobalt) et de minéraux d'antimoine, tous éléments que l'on rencontre à Lusse, à La Croix-aux-Mines, à Sainte-Marie-aux-Mines et à Charbes*. Il est ainsi probable que toutes ces minéralisations sont apparentées et qu'elles participent d'un vaste phénomène métallogénique commun. D'autre part, comme les filons de Lubine traversent le Stéphanien supérieur, ce phénomène serait tardi-hercynien (phase saalienne ou phase palatine).

Conclusions

A la suite des travaux effectués mentionnés ci-dessus, il apparaît que, malgré la présence de quelques échantillons gréseux imprégnés d'oxydes de cuivre, toutes les minéralisations cuprifères de Lubine sont des filons lenticulaires, tant dans les formations de la couverture permo-houillère que dans celles du socle. Ces

* Il n'est pas exclu que ces éléments figurent aussi dans les minéralisations d'Urbeis, mais celles-ci, en raison de leur manque évident d'intérêt économique, n'ont pas fait l'objet d'études minéralogiques approfondies.

lentilles sont de dimensions modestes, leur épaisseur ne dépassant guère 60 cm (les "2 pieds" des anciens auteurs) et leur longueur une cinquantaine de mètres ; par ailleurs leurs teneurs devaient être faibles (ce qui avait déjà été signalé par A.G. MONNET), si l'on en juge par la dispersion des petits agrégats de cuivre gris. Elles ne peuvent donc présenter aucun intérêt économique.

b) Tungstène

Les indices de tungstène, découverts en 1976 au cours de la prospection des indices de cuivre, se trouvent sur la croupe de la cote 662, au lieu-dit Chèvremanne, à 600 m environ du col d'Urbeis en direction W.SW. En dehors de ces indices, l'exploration entreprise à la suite n'a permis de retrouver aucune autre minéralisation tungstifère, sauf les traces de scheelite signalées plus haut (cf Lubine a) dans le "chapeau de fer" de la Bassotte ; en particulier, les filets d'hématite et les brèches à ciment hématitique qui se trouvent au bas de la hauteur, sont complètement stériles.

Géologie

Les indices de Chèvremanne, ainsi d'ailleurs que le petit filon de la Bavsotte et la minéralisation wolframifère accessoire de la mine Donner (cf. Urbeis), sont encaissés dans la "zone-limite de COHEN sensu stricto", déjà citée plusieurs fois. Ici, sur la croupe de Chèvremanne, la roche principale, généralement teintée par des oxydes de fer, présente une composition granitique (feldspaths potassiques, plagioclases, quartz, muscovite, biotite, apatite, zircon et monazite), modifiée par des déformations successives. D'abord, au cours d'une première phase, il s'est formé un orthogneiss oeillé ("yeux"de feldspaths), dont la structure est caractérisée par le rassemblement des micas en files et traînées séparant des lits quartzeux ou quartzo-feldspathiques ; puis, une phase de cataclase est marquée par la présence d'un réseau très dense de fissures tapissées par de la séricite de néoformation ; enfin, au cours d'une 3ème phase, qui n'est plus générale mais localisée, une seconde cataclase a créé des passées bréchiques, dans lesquelles des fragments de la roche fissurée précédente sont cimentés par une matrice mylonitique, constituée par une association intime d'illite et de quartz crypto-cristallin. Des variations importantes du rapport feldspaths potassiques/plagioclases peuvent indiquer que le matériau originel, à structure microporphyrique, variait de la nature d'une granodiorite à celle d'un granite alcalin.

En plus des deux épisodes cataclastiques mentionnés, le premier représenté par des fissures tapissées de séricite de néoformation et le second par des brèches à ciment quartzo-illitique, il existe, dans la zone sommitale de la cote 662, des épisodes supplémentaires ayant emprunté ou non les mêmes réseaux de fractures, marqués actuellement par des remplissages de minéraux que l'on peut appeler hydrothermaux, parmi lesquels des minéraux de tungstène, objets de l'étude. Leur association comprend, au total, les espèces suivantes : hématite, ferbérite, scheelite, quartz, barytine, fluorine, sidérite, calcite et adulaire. On peut y noter l'absence totale de sulfures.

Description de l'association minérale

Hématite. L'hématite est, avec le quartz, le minéral dominant de l'association hydrothermale et son aire de répartition est beaucoup plus étendue, tant verticalement qu'horizontalement, que celle des minéraux associés de tungstène. En fait, toutes les occurrences de l'oxyde de fer trouvées en dehors du sommet de la hauteur sont stériles et, dans les coupes des sondages (cf. infra), à partir d'une certaine profondeur, si l'hématite persiste bien, la ferbérite et la scheelite disparaissent.

Dans l'ensemble, cet oxyde de fer présente les modes de gisement suivants, plus ou moins associés : filets millimétriques ramifiés, très répandus d'une manière générale ; filonets centimétriques souvent géodiques, dont l'épaisseur ne dépasse guère 4 à 5 cm (exceptionnellement 10 cm) et la longueur 3 à 4 m ; ciment principal de minces passées bréchiques lenticulaires. Les filonets présentent généralement des branches adventives qui les relient aux réseaux de filets et, dans les brèches, l'oxyde de fer du ciment peut pénétrer dans les enclaves, en particulier dans les feldspaths, à la faveur de micro-fissures ; il peut, en outre, envahir de façon diffuse des plagioclases séricitisés.

L'habitus du minéral, dans le ciment des brèches, est généralement celui de l'hématite spéculaire ; dans les filonets, il cristallise fréquement en rosettes fibro-radiées qui peuvent entourer des plages de scheelite, là où celles-ci existent, ou bien peuvent se trouver au centre de ces plages. En outre, on trouve aussi, en alternance, des agrégats de fins cristaux aciculaires, des agrégats "spéculaires" et des agrégats crypto-cristallins : leur présence simultanée côte à côte témoigne de degrés différents de cristallisation, à partir d'un dépôt colloïdal initial attesté par des structures-reliques réniformes et mamelonnées.

Les structures fibro-radiées peuvent se réunir et former des microgéodes internes à bords convexes, dans lesquelles on trouve généralement du quartz, mais aussi de la scheelite et de la ferbérite résiduelle. Les petits cristaux aciculaires peuvent tapisser les parois de micro-druses de quartz et il existe une 2ème génération d'oxyde de fer, qui présente un faciès bien différent, lamellaire ; ces lamelles secondaires d'hématite peuvent remplacer la scheelite et cristalliser dans ses fissures. Enfin, du quartz est souvent associé à l'oxyde de fer ; leurs veinules recoupent les filets sériciteux de la première cataclase ou bien, à la faveur d'un rejeu, les deux minéraux peuvent se trouver dans ces mêmes filets.

Ferbérite. Associée à l'hématite, la ferbérite, plutôt rare dans l'ensemble, se trouve sous la forme de petits prismes automorphes, toujours largement remplacés par de la scheelite et souvent quasi-totalement pseudomorphosés. Ces prismes sont soit inclus directement dans l'oxyde de fer, soit englobés par des agrégats de scheelite situés au voisinage immédiat, soit associés au quartz et à la scheelite des microgéodes internes de l'hématite. Ils sont généralement très petits (1 mm environ de longueur moyenne), avec quelques rares individus plus grossiers pouvant atteindre exceptionnellement 1 cm. L'association constante avec l'hématite suggère fortement que cette dernière a fourni le fer de la ferbérite, mais, contrairement à ce qui peut se produire avec les oxydes de Mn (cas du filon du Haut-Poirot, près de Gérardmer), cet oxyde de fer ne contient pas de tungstène non exprimé minéralogiquement.

Scheelite. La scheelite, non molydbique (fluorescence bleue), est beaucoup plus abondante que la ferbérite et, contrairement à cette dernière, elle n'est pas toujours associée à l'hématite. D'une part, comme indiqué ci-dessus, elle remplace très largement les cristaux du tungstate de fer et, d'autre part, elle constitue des agrégats polycristallins, millimétriques ou plus fins, souvent déposés en bordure de l'hématite ; de tels agrégats peuvent inclure des prismes-reliques pseudomorphosés de ferbérite ou, parfois, des cristallisations fibro-radiées de l'oxyde de fer. Dans certains cas, des petits grains trapus du minéral, associés à de la ferbérite résiduelle, remplacent préférentiellement l'une des bandes des agrégats mamelonnés d'hématite, dont ils épousent les contours. Dans d'autres cas, la scheelite peut former des petites plages intersticielles entre des structures réniformes fibro-radiées de l'oxyde.

Dans les vides, soit des microfissures, soit des microgéodes internes de l'hématite, le quartz hydrothermal est un associé constant de la scheelite. Il peut se développer intersticiellement entre cette scheelite et l'hématite ou dans les agrégats eux-mêmes du tungstate, sous forme de petits cristaux de remplacement

à tendance automorphe. Enfin, rappelons-le, la scheelite peut être également remplacée par la 2ème génération d'hématite.

L'association avec l'oxyde de fer n'étant pas constante, la scheelite peut être absente du ciment ferrifère des brèches, mais se trouver, par contre, dans les fragments enclavés et préférentiellement dans les feldspaths ; dans ce cas, elle peut présenter des individus "squelettiques" lacunaires, correspondant à des débuts de remplacement à partir de clivages ou de microfissures ; elle peut aussi se trouver insinuée entre le ciment et les enclaves.

Dans les passées dépourvues d'hématite, la présence de scheelite est généralement liée à celle de microfissures. Le tungstate y forme de courts et minces remplissages, accompagnés d'un certain remplacement en bordure, sous la forme de cristaux subautomorphes très incomplets ; ces cristaux remplacent fréquemment des feldspaths séricitisés, mais ils peuvent aussi se développer aux dépens de mosaïques de quartz. Quelquefois, ils existent seuls, sans remplissage visible associé.

Il est à noter que cette dernière minéralisation est plus pauvre que celle associée à l'hématite et ses teneurs sont souvent très faibles. Quant à la première, associée à l'oxyde de fer, les analyses effectuées ont montré qu'il n'y a pas de proportionnalité entre les teneurs en WO_3 et les teneurs en F_2O_3, du fait probablement de la présence de scheelite indépendante de la ferbérite ; toutefois, les teneurs les plus élevées en tungstène (WO_3 > 0,7 %) correspondent aux teneurs les plus élevées en hématite.

Barytine. La barytine est un minéral relativement fréquent dans l'association hydrothermale. Elle peut exister dans les filets ou filonets et participer au ciment des brèches. Dans tous ces remplissages, le sulfate, postérieur, occupe les parties centrales, déposé soit directement sur des bandes d'hématite en bordure, soit sur des cristaux de quartz qu'il moule et, dans certains cas, peut largement corroder ; au contraire, une cristallisation postérieure de quartz (peut-être une remobilisation) peut constituer de minuscules cristaux automorphes développés dans les contacts interlamellaires ou dans des fissures de la barytine.

Fluorine. Beaucoup plus rare que la barytine, la fluorine peut se trouver, comme celle-ci, dans des veinules ou dans le ciment des brèches. Elle y montre une nette tendance à l'automorphisme et la barytine, postérieure, est moulée sur ses cristaux cubiques. Parfois, cette fluorine englobe des cristaux

idiomorphes de scheelite, qu'elle peut remplacer plus ou moins.

Carbonates. Les carbonates sont aussi peu fréquents que la fluorine et on ne les a rencontrés que dans deux sondages. Ils y présentent des réseaux ramifiés de très minces filets, ainsi que des veinules parfois géodiques, dont les plus importantes sont bréchiques. Ces ciments bréchiques carbonatés peuvent comporter, en outre, des plages d'hématite et des grains de scheelite dispersés dans l'oxyde ou le carbonate.

Ils sont constitués principalement par des agrégats de cristaux grossiers de sidérite, hypidiomorphes et plus ou moins altérés : le fer exsudé peut cerner leurs contours, souligner leurs clivages ou former un pigment qui donne une teinte brunâtre aux cristaux. Les dépôts associés d'hématite (à distinguer des oxydes exsudés) se trouvent toujours en bordure des veinules, la sidérite remplissant les parties centrales. Dans certains cas, l'association est complétée par une cristallisation postérieure de calcite limpide, qui moule les deux minéraux précédents.

Il est à noter que les veinules carbonatées précédentes peuvent interrompre et décaler des filets remplis de quartz, ainsi que les filets sériciteux de la première phase de cataclase ; par contre, elles sont à leur tour recoupées par des micro-failles tardives remplies de produits phylliteux.

Quartz. Enfin, complétant l'association, le quartz hydrothermal est très fréquent. Il peut former des filets mono-minéraux et, d'une façon générale, il accompagne l'hématite ; postérieur, il est disposé sur les cristaux de l'oxyde et sur des cristaux de scheelite, quand ceux-ci existent. Il est, par contre, antérieur aux autres minéraux de gangue, mais présente toutefois une 2ème cristallisation tardive accessoire (peut-être une remobilisation).

L'ordre de succession, tel qu'il résulte des descriptions, est probablement le suivant :

1. Oxyde de fer (hydrohématite évoluant en hématite) - 2. Ferbérite - 3. Scheelite - 4. Quartz - 5. Fluorine - 6. Barytine - 7. Sidérite plus calcite. Cet ordre est quelque peu compliqué par des dissolutions et recristallisations, intéressant l'hématite (2ème dépôt après la scheelite) et le quartz (2ème dépôt après la barytine). D'autre part, un épisode tectonique mineur a dû séparer la cristallisation des carbonates tardifs de celle des minéraux précédents.

Enfin, malgré la présence de cristaux de scheelite, il est probable que cet indice s'est formé dans des conditions de faible profondeur : en témoignent le dépôt initial du fer à l'état d'hydroxydes colloïdaux et la proximité de la surface structurale anté-permienne. D'autre part, en raison de l'absence totale de sulfures, il provient certainement d'un phénomène métallogénique différent de celui intéressant les minéralisations voisines Pb - Cu - Zn - Ag - Sb. Si l'on s'en rapporte à l'association minérale de la mine Donner (cf. Urbeis), ce phénomène "tungstifère" serait antérieur.

Travaux BRGM

En outre de la prospection au marteau, avec l'aide de la lampe Mineralight, qui a permis de découvrir l'indice, le BRGM a effectué les travaux suivants, en 1976 et 1977 : 5 tranchées (T_1 à T_5) d'une longueur totale de 87 m, représentant 56 m^3 excavés, et 4 sondages carottés inclinés, dont la longueur totale a été de 145,25 m. Tous ces travaux sont situés près du sommet de la cote 662, car, concurremment avec la prospection, les sondages ont démontré que la minéralisation tungstifère restait confinée près de cette partie sommitale. Ce sont tous ces ouvrages qui ont permis d'effectuer la description minéralogique détaillée ci-dessus et de connaître la morphologie de l'indice.

Morphologie

Tel qu'il apparaît à la suite des travaux effectués sur la croupe de Chèvremanne, l'indice est constitué par l'association des trois éléments suivants : filonets et filets d'hématite, brèches à ciment hématitique et souvent barytique et, en ce qui concerne la seule scheelite, imprégnations fissurales très diffuses.

Les filonets et filets d'hématite porteurs de ferbérite et scheelite, généralement vacuolaires et sporadiquement bréchiques (petites enclaves de l'orthogneiss encaissant), sont individuellement très courts et très minces. L'épaisseur du plus puissant d'entre-eux (celui de la tranchée T_1) n'atteint guère que 10 cm et, généralement, cette épaisseur ne dépasse pas 4 à 5 cm dans les renflements. Quant aux longueurs, la plus importante, celle du même filonet, atteint exceptionnellement 5 à 6 m, la longueur la plus courante devrant être de l'ordre de 2 à 3 m seulement. Il est certain que les hauteurs doivent être également très restreintes, du même ordre de grandeur que les longueurs.

Ces filonets présentent en grande majorité une direction NNW-SSE, mais il existe quelques exceptions : le filonet de la tranchée T_2, par exemple, est dirigé N55gW. On peut noter la présence de cassures associées ENE-WSW pouvant interrompre les filonets. Quant à la répartition, elle apparaît hétérogène, avec un petit secteur de concentration relative (dans la région des sondages Ch_3 et Ch_4), et il semble bien que, d'une façon générale, les espacements sont importants : on ne rencontre qu'un seul filonet dans la grande tranchée T_5 (longue de 33 m), ainsi que dans les tranchées T_1 et T_4 (longues respectivement de 12 m et 17 m).

Par ailleurs, tous les filonets d'hématite ne sont pas minéralisés en tungstène et, comme déjà indiqué, ce dernier disparaît systématiquement en profondeur, n'étant guère présent que sur une hauteur totale de l'ordre de 25 m. Un exemple significatif est celui de la coupe du sondage Ch_1, dans laquelle tous les filets de l'oxyde de fer sont stériles au-dessous du filonet principal, recoupé entre 13,85 m et 14,20 m ; il en est de même, rappelons-le, de tous les éléments d'hématite qui affleurent vers le bas de la colline.

Les brèches à ciment d'hématite et souvent barytine forment de courtes et minces lentilles, entremêlées avec les filonets et minéralisées en tungstène dans la même région sommitale. Situées parfois sur le prolongement d'un de ces filonets, mais le plus souvent indépendantes, leur épaisseur maximale n'atteint guère que 10-12 cm, plus rarement 20 cm, et leur longueur moyenne n'excède pas quelques dm : la plus importante reconnue (dans un puits-abri de guerre) est longue de 1,50 m seulement (avec une puissance maximale de 10 cm).

Comme les filonets, les brèches peuvent être interrompues par des cassures ENE-WSW (ou WNW-ESE) et, outre leur stérilisation générale en profondeur, elles ne sont pas toutes minéralisées en tungstène dans la zone d'apparition de ce dernier : par exemple, dans la partie occidentale de la tranchée T_5, une brèche stérile se trouve associée à des roches scheelitifères.

Enfin, les éléments précédents sont entourés par une auréole très diffuse d'imprégnation fissurale en scheelite, pouvant atteindre, plusieurs mètres d'épaisseur, dans laquelle le minéral, parfois cristallisé dans des microgéodes, peut former de minuscules remplissages accompagnés ou non de remplacements (préférentiellement dans des feldspaths), les uns et les autres très dispersés. Cette auréole de scheelite peut intéresser des volumes importants, à la différence des filonets et des brèches, mais, malheureusement, ses teneurs sont toujours très faibles.

On peut, pour terminer les indications d'ordre morphologique, signaler la présence de structures énigmatiques d'aspect organique, qui n'auraient jamais été vues auparavant dans des éléments filoniens. Ces structures, pseudomorphosées totalement en hématite, comme l'indiquent toutes les analyses effectuées, ont été trouvées dans un seul filonet bien minéralisé en ferbérite et scheelite, dirigé NNW-SSE et situé vers le sommet du flanc SE de la croupe. Certaines d'entre elles, aux dires des spécialistes consultés (Mme GIGOT, MM. POIGNAN et WRAY), évoquent des algues fossiles marines, mais, en l'absence de toute trace résiduelle d'organisation interne, aucune affirmation n'est possible. D'autres structures, par contre, ne sont certainement pas des algues.

S'il s'agit vraiment de structures organiques (et l'on ne connaît apparemment pas de structures minérales ayant les formes représentées), leur situation dans le remplissage d'un filonet de fer et tungstène encaissé dans une blastomylonite granitique, apparaît invraisemblable au premier abord, même si ce remplissage s'est effectué dans des conditions superficielles. S'il ne s'agit pas de fossiles végétaux ou animaux, de quoi s'agit-il ? L'"énigme" reste entière*.

Teneurs

Pris individuellement, les filonets et les brèches minéralisés en scheelite et ferbérite résiduelle peuvent présenter des teneurs relativement élevées en WO_3, étant donné par ailleurs leur forte densité : 0,59 % et 0,87 %, par exemple, dans la partie supérieure du sondage Ch_3 ; mais, même dans ce cas, les "auréoles de scheelite" immédiatement associées sont très pauvres (0,09 %, 0,12 % et 0,16 %, dans le même exemple).

Etant donné (cf. supra) la faible densité générale de ces brèches et filonets, il n'est pas besoin d'insister pour affirmer que, à l'exception peut-être de quelques volumes très restreints, les teneurs moyennes de toutes les zones de l'indice seront très faibles, nettement au-dessous de la limite d'exploitabilité. Un bon exemple est celui de la tranchée T_1, où la teneur moyenne atteint seulement 0,23 % sur la longueur de 5 m où se trouve le filonet principal et 0,12 % sur la longueur totale de 17 m. Par ailleurs, comme on le sait, on ne peut espérer aucun

* Une publication sur ce sujet, avec photos à l'appui, doit paraître ultérieurement dans la chronique de la Recherche Minière. Nous espérons que des lecteurs, au vu des photos, pourront apporter la solution de cette "énigme".

enrichissement en profondeur, puisque, dans cette direction, le tungstène disparaît rapidement totalement.

Conclusions

L'indice précédent de tungstène ne peut donc présenter aucun intérêt économique, mais, par contre, étant donné ses caractères bien particuliers, il présente un intérêt métallogénique certain. Il démontre, en effet, qu'il peut exister des types originaux de minéralisation en W et, à l'époque de sa découverte, il constituait un encouragement pour poursuivre les recherches du métal dans le Massif des Vosges, spécialement là où existaient des concentrations alluvionnaires de scheelite ou des anomalies géochimiques.

Revenant à l'indice de la cote 662, on peut remarquer que , ce qui est exceptionnel, il n'est signalé par aucun indice alluvionnaire, alors que la scheelite est si fréquente dans le réseau hydrographique, d'une façon générale. Par contre, la prospection géochimique multi-éléments de la carte de Saint-Dié a mis en évidence une anomalie W (Ba, As), appelée "anomalie du col d'Urbeis" et retenue en première priorité. Cette anomalie comporte, en particulier, un échantillon à 47 ppm W, au pied sud de la colline, et il est probable que la poursuite de son étude aurait permis la découverte de l'indice. Elle montre aussi qu'il doit exister d'autres indices plus à l'est, dans le même contexte géologique, notamment dans le secteur du Loquet (point à 84 ppm) où les blastomylonites présentent également, en affleurement, des filets et filonets d'oxyde de fer. Mais, étant donné les résultats décevants obtenus à Chèvremanne et la similitude morphologique, on n'a pas jugé bon de poursuivre l'exploration.

Barytine. Avant d'abandonner la région de Lubine, on peut encore y signaler la présence de deux filons de barytine. Le premier a été rencontré lors du creusement du tunnel de la voie ferrée Strasbourg - Saint-Dié, aujourd'hui muraillé; des échantillons se trouvent encore chez des collectionneurs.

Le second a été recoupé en surface par une tranchée effectuée en 1973 par Gaz de France. Il se trouve, entre Lubine et Colroy-La-grande, dans le petit vallon de la Neuve-Ville, et il était représenté par quelques blocs décimétriques de barytine massive. En raison de la tranchée du gaz, aucun travail d'exploration n'y a été effectué par le BRGM et on ne le trouve nulle part en affleurement.

2 - VOSGES CENTRALES OU VOSGES MOYENNES

2.1 - GNEISS "PREVARISQUES" DE LA PARTIE NORD ET GRANITES ASSOCIES

Dans les gneiss "prévarisques" de la partie nord des Vosges centrales, se trouvent les deux gisements les plus importants et les plus célèbres du Massif des Vosges : La-Croix-aux-Mines (88), en Lorraine, et Sainte-Marie-aux-Mines (68), en Alsace, accompagnés à leur voisinage de minéralisations de moindre renommée : Lusse (88) et Remémont (88), d'une part, Rombach-le-Franc (68), d'autre part. Il est important de noter tout de suite que les deux célèbres gisements précédents n'ont toutefois fourni que des productions qui, à l'heure actuelle, ne seraient que "moyennes" ; d'autre part, ces productions provenaient, notamment à Sainte-Marie, d'unités filoniennes multiples généralement peu épaisses. Dans ces conditions, on peut se poser la question de savoir si, découverts par exemple au cours des travaux récents d'inventaire, ces deux "gisements" seraient susceptibles d'être mis aujourd'hui en exploitation. Comme autrefois, les fortes teneurs en argent seraient probablement décisives.

Pendant la période 1969 - 1983, on n'a effectué aucun travail à Sainte-Marie-aux-Mines où, d'ailleurs, la prospection générale n'a pas mis en évidence l'éventualité d'un nouveau secteur minéralisé Pb-Zn-Cu-Ag. Cette absence totale d'intérêt s'explique par le fait que, d'abord, le gisement avait déjà été réétudié sans succès par le BRGM (équipe P. BRANDY - P. SAINFELD), vers la fin des années 1950, ensuite, les anciens travaux étaient réouverts, en grand nombre, par un groupe de "Spéléologie Minière" dirigé par P. FLUCK (Docteur es-sciences de l'Université de Strasbourg), lequel nous tenait aimablement au courant de ses découvertes, ce qui nous a permis d'apprendre que les Anciens avaient "tout" dépilé, jusqu'à de grandes profondeurs, y compris les cassures les plus minces.

Par contre, des travaux BRGM importants ont été exécutés à La-Croix-aux-Mines d'abord, à Lusse ensuite. La raison en était double ; d'une part, dans ces deux anciens gisements, pour les raisons exposées plus loin, on pouvait encore espérer a priori la découverte de réserves exploitables. D'autre part, le Conseil Général des Vosges nous avait attribué une subvention de 400 000 F (2 x 200 000 F) pour la recherche minière et, dans ce département, La-Croix-aux-Mines et Lusse étaient manifestement le meilleur point d'application de cette subvention.

Par ailleurs, une nouvelle possibilité de minéralisation, totalement inconnue auparavant, était apparue dans l'ensemble du secteur gneissique précédent, ainsi que dans les granites intrusifs associés. Cette possibilité, mise en évidence par la prospection alluvionnaire et confirmée par la prospection géochimique, était celle de l'existence de gîtes de tungstène à base de scheelite (la wolframite n'apparaissant qu'exceptionnellement dans les fonds de batées). Malheureusement, les travaux effectués à la suite (cf. infra) n'ont découvert que des indices inexploitables, dont le principal est celui de Fauru ou Faurupt (68). Toutefois, on ne peut pas considérer que l'exploration de ce tungstène ait été complètement achevée lors de la fermeture de la Mission Vosges. Mais, les résultats obtenus n'étaient guère encourageants pour poursuivre la prospection.

2.1.1 - La-Croix-aux-Mines (88) (Pb, Zn, Ag, Cu) - Carte à 1/50 000 de Gerardmer

Situation géographique. Le gisement de La-Croix-aux-Mines (ou, jadis, La-Croix-en-Lorraine), dans le département des Vosges, se trouve sur le versant lorrain du Massif, dans la vallée de la Morte ou Morthe (appelée autrefois "val de Galilée"), affluent rive gauche de la Fave. Le village du même nom, à l'origine duquel se trouve une colonie de mineurs du Moyen-Age, occupe le centre de cette vallée, à 10 km environ au SE de la petite ville de Saint-Dié et à 8-9 km au SW de Sainte-Marie-aux-Mines. Si l'on remarque, par ailleurs, la proximité des filons de Lusse, Lubine et Remémont, on remarque tout de suite que ce gisement appartient au principal district minéralisé Pb-Zn-Cu-Ag de l'ensemble du Massif.

Situation géologique. Géologiquement, il est encaissé, pour l'essentiel, dans une unité de gneiss plagioclasiques à cordiérite, dits "gneiss à lithologie monotone", qui sont des équivalents approximatifs des gneiss à sillimanite de Sainte-Marie-aux-Mines et du groupe flyschoïde du Moldanubien de Bohème. Ces gneiss, ainsi que les unités associées de "gneiss à lithologie variée" et de "granito-gneiss", sont traversés par une multitude d'intrusions varisques de toutes tailles, depuis des dykes et des gros filons jusqu'à des filonets décimétriques. Les plus importants sont des corps de microgranite mélanocrate à amphibole et pyroxène (que l'on appellera "microsyénite" pour abréger), considérés comme apparentés au granite des crêtes ; ils sont associés, surtout dans le secteur méridional, à des dykes et filons de microgranite leucocrate à biotite et muscovite et il existe aussi des filons et filonets de granite à cordiérite et/ou andalousite.

Les corps de "microsyénite", ainsi que les intrusions granitiques, présentent une nette orientation préférentielle NW-SE, avec des variations NNW-SSE et WNW-ESE (très rarement E-W), tandis que les dykes et filons de microgranite sont allongés préférentiellement NE-SW. Ils peuvent tous être décrochés par des failles postérieures appartenant à deux faisceaux "conjugués" : NE-SW (avec variation ENE-WSW) et NW-SE (avec variation WNW-ESE).

Toutes ces failles, majeures ou mineures, affectent la formation minéralisée et la découpent en panneaux, ces panneaux étant à la base de la distinction de plusieurs quartiers décrits plus bas. Quant aux intrusions, elles paraissent avoir joué un rôle très important dans la formation du gisement, rôle au moins mécanique. En effet, dans l'état actuel des connaissances, il semble bien que la plupart des colonnes riches et puissantes de galène argentifère étaient accolées, soit "au toit", soit "au mur", à des dykes ou filons de "microsyénite", de microgranite ou de granite. Ce fait a été vérifié par les sondages du BRGM et, en l'absence de tels corps intrusifs, le gisement n'avait pas de "toit" ou de "mur" net, ce que certains auteurs anciens avaient déja remarqué.

Historique. Dans sa "Cosmographia Universalis", Sébastien MUNSTER (1550) situe la découverte du gisement de La-Croix en 1315, mais, en fait, cette découverte a été beaucoup plus ancienne. On pourrait en trouver une première mention dans un document daté de 963, mais ce document est peu sûr et pourrait aussi bien concerner Sainte-Marie ; ce qui est sûr, par contre, c'est que, en l'an 1250, un titre du duc Mathieu II (de Lorraine) accordait déjà des privilèges et immunités aux ouvriers qui travaillaient aux mines trouvées récemment au "Val de Galilée" et principalement au vallon de La-Croix. Ces mines dépendaient alors des ducs de Lorraine, pour les 3/5 et, pour les 2/5 restants, des moines du monastère de Saint-Dié, puis du chapitre qui leur succéda. Une colonie de mineurs fut à l'origine du village et, leur nombre augmentant avec la prospérité de l'exploitation, ils obtinrent en 1342 l'autorisation de construire une église qu'ils bâtirent et ornèrent à leurs frais, sous le vocable de Saint-Nicolas*.

Déja florissantes sous le règne de Jean Ier (1346-1390), ces mines connurent une période très productive dans les années qui suivirent les guerres

---

* Il est à signaler que les vitraux de l'église actuelle, dont la nef est récente, représentent les divers travaux de la mine, inspirés par les dessins célèbres de Heinrich GROSS.

bourguignonnes et la défaite de Charles le Téméraire, à la fin du 15ème siècle, du temps des ducs René II (1473-1508) et Antoine (1508-1544), lesquels s'efforcèrent de développer la production minière dans les Vosges. Dès 1480, René II accordait à Conrad KLOTZ de Keysersperg (Kaysersberg) et à ses parsonniers* "toutes et quelconques mynères de notre pays de Vosges, desia trouvés et à trouver de quelque métal et qualité ce feust, tant à Saint-Nicolas-de-La-Croix, au Chippau** comme ailleurs en tous les pays".

Puis, dans son souci de provoquer une expansion dans ce domaine, le même duc promulguait un nouveau réglement pour les mines de La-Croix (et celles de Sainte-Marie), le 2 juin 1508, règlement qui devait inspirer la plupart des ordonnances postérieures jusqu'à la guerre de Trente Ans. A cette époque, la zone de production s'étendait essentiellement sur la rive droite de la Morthe, autour de La-Croix-aux-Mines, au nord, et du Chipal, au sud.

La presque totalité du minerai alors extrait (tout au début du XVIème siècle) provenait de "la Rouge mine de Saint-Nicolas", en activité depuis plusieurs siècles, et du "porche Saint-Dié", près du Chipal. Avec l'apport des mines "Tous les Saints de Corbey", entre La-Croix et le Chipal, et "Saint-Jacques du Chipal", particulièrement actives entre 1516 et 1519, le "val de Galilée" connut sa plus belle période entre 1516 et 1532. Pendant ce laps de temps, plus de 4 000 marcs*** d'argent fin étaient envoyés chaque année à la Monnaie de Nancy : en 1523, à titre d'exemple, 6 386 marcs (1 564 kg), contre 3 336 (817 kg) en 1513, 448 (109 kg) en 1500 et seulement 277 (67 kg) en 1495. D'après les comptes de l'Hôtel des Monnaies, le profit retiré de l'argent de La-Croix, entre 1532 et 1539, fut de 143 908 francs et 6 deniers et le droit prélevé par le Prince de 43 900 francs. De 1539 à 1545, le gisement fournit encore à Nancy 9 860 marcs d'argent (2 413 kg).

Ensuite, pendant la période 1545-1560 qui marqua un regain de vitalité des mines du val de Lièpvre (Sainte-Marie), les gisements du "val de Galilée", eux, déclinèrent. Dès 1540, on abandonnait provisoirement les porches "Notre-Dame au nord du Chipal" et "Notre-Dame près de Lusse****", vers 1550 "Saint-Jean de

---

* Parsonniers ou comparsonniers : ceux qui prenaient une part dans l'exploitation d'une mine.

** Il s'agit certainement du Chipal.

*** Il s'agit du marc de Troyes utilisé en Lorraine (244,7 g).

**** Ce "porche" ne se trouvait pas dans le "val de Galilée", mais il était exploité par la même compagnie de "parsonniers".

Merlusse", vers 1555 "Saint-Jean des Fossés", entre La-Croix et le Chipal, et vers 1560 "Saint-Dié au Chipal" ; ces deux derniers "porches" avaient largement contribué à la prospérité un quart de siècle auparavant. Donc, vers 1560, les mines en activité étaient réduites à la "Grande Montagne de Saint-Nicolas", dont la production oscillait entre 800 et 1 400 marcs d'argent fin par an (196 à 342 kg), et à quelques puits de peu d'importance : Saint-Thomas, Saint-Dominique, Saint-Jean au Chipal. En 1558, "le val de Galilée" fournit seulement 1 536 marcs, 5 onces et 4 deniers (soit 376 kg) et, en 1559, 1 261 marcs, 11 deniers et 6 grains (soit 309 kg).

Puis, à partir de la décennie 1560-1570, commença le déclin général des mines d'argent. Deux faits furent déterminants pour cela : en premier lieu, l'épuisement des gisements, très sollicités depuis une cinquantaine d'années, cet épuisement n'étant pas compensé par les nouvelles découvertes ; en second lieu, la conjoncture mondiale qui, après avoir favorisé l'expansion depuis la fin du 15ème siècle, la freina singulièrement à partir de 1560 : l'argent devint plus commun et par là même sa production moins rentable, en raison de découvertes de gisements fabuleux en Amérique et de nouveaux procédés techniques.

Toutes les régions minières connurent alors de grosses difficultés en Europe, mais, malgré les conditions défavorables, les ducs lorrains persévérèrent à produire du "métal blanc" et on enregistra encore des livraisons d'argent fin à la Monnaie de Nancy, en provenance de La-Croix, avec même une légère reprise en 1570-1571 :

1561 : 957 marcs (234 kg) ;	1562 : 113 marcs (277 kg) ;
1563 : 876 marcs (214 kg) ;	1564 : 1 021 marcs (250 kg) ;
1565 : 1 008 marcs (246 kg) ;	1566 : 1 055 marcs (258 kg) ;
1567 : 1 126 marcs (275 kg) ;	1568 : ? ;
1569 : 1 185 marcs (290 kg) ;	1570 : 1 767 marcs (432 kg) ;
1571 : 2 023 marcs (495 kg) ;	au total : 12 150 marcs (2 971 kg).

C'est vers cette époque, entre 1566 et 1580, que l'on délaissa les anciennes mines Saint-Jean, Sainte-Barbe, Saint-Thomas, Saint-Dominique au Chipal. Par contre, la "mine de la Crack*", près de la vielle mine Saint-Nicolas,

---

* On ne sait pas, aujourd'hui, situer cette mine avec exactitude.

paraissait, malgré les difficultés provoquées par les eaux, connaître une certaine prospérité (1570 : environ 600 marcs (147 kg) ; 1571, année exceptionnelle : 1 765 marcs (432 kg) ; 1578 : 655 marcs (160 kg)). Pour sa mise en valeur, on avait dépensé, entre 1565 et 1578, la somme considérable de 14 916 F, mais, d'après S. MUNSTER, "elle était tellement productive que, vers 1581, elle donnait par semaine un bénéfice de 1 500 écus d'or, "impensis omnibus deductis". De DIETRICH (1800), qui visita le gisement en 1785, écrit que "ce récit, qui pourrait sembler exagéré, acquiert de la vraisemblance quand on examine le filon de La-Croix, l'un des plus considérables en France par sa puissance et sa continuité".

Plus tard, en 1608, un rapport de la Chambre des Comptes de Nancy indique qu'il existait 13 mines dans le "val de Galilée", mais on n'y produisait presque plus hormis à "Saint-Jean-des-Fossés", "les Rouges ouvrages de Saint-Nicolas" et "la Grande Montagne". En 1624, la Monnaie de Nancy reçut seulement 166 marcs, 7 onces, 16 deniers et 6 grains (41 kg), dont plus de 148 marcs en provenance des "Rouges ouvrages". Cette petite production se maintint péniblement jusqu'en 1634, époque des troubles de la guerre de Trente Ans. Puis, les mines manifestèrent encore une certaine activité, mais les guerres qui terminèrent le 17ème siècle achevèrent de ruiner le pays et firent cesser toutes les exploitations. On peut remarquer que tous les anciens ouvrages datent des longues périodes précédentes, car les mineurs suivants, jusqu'au début du 20ème siècle, ne firent guère que reprendre les vieux travaux.

Ensuite, le règne réparateur du duc Léopold ouvrit une nouvelle période d'activité et, par édit du 16 janvier 1721, confirmé par lettres patentes du 29 juillet 1729, une première concession fut accordée à la Cie SAUR. Pour pénétrer dans les travaux laissés si longtemps à l'abandon, ces nouveaux exploitants durent relever les deux galeries de Saint-Nicolas et de La-Croix et rétablir une ancienne pompe pour dénoyer la Grande Strecke. Il y avait alors, à La-Croix, 400 à 500 mineurs, ainsi que 6 laveries et 3 fonderies qui, en 1724, fournissaient par mois 1 000 quintaux* de plomb et 200 kg d'argent. Entre 1740 et 1759, cette Cie SAUR aurait produit 200 000 quintaux de plomb et environ 1 000 kg d'argent (?). Entre 1751 et 1754, elle vendait tout son plomb raffiné, sans argent ni cuivre, à la Société des Mines de Lièpvre et Sainte-Marie ; ces ventes, selon les mois, portaient sur 2 536 à 3 112 "scheffels**", livrés au col des Bagenelles et payés "4 francs et 3 sols".

---

* A l'époque, 1 quintal = 100 livres ou 200 marcs (48,94 kg).

** Un "scheffel" ou boisseau contenait 26 "pintes" comptées pour 71 livres de métal, en mesure de poids (34,75 kg environ).

Le minerai provenait, d'une part, des massifs négligés par les Anciens au-dessus de la galerie d'écoulement et, pour une autre part, des massifs existant entre cette galerie et la Grande Strecke. Mais, les infiltrations d'eaux dans celle-ci allaient en croissant et, à la suite de pluies violentes, la grande roue du puits de La-croix fut rompue et le matériel noyé dans la Grande Strecke.

La Cie SAUR se trouvant dans l'impossibilité de réparer la machine et sa production étant devenue insuffisante pour les fonderies d'Alsace, la concession fut attribuée à une nouvelle société organisée par le chevalier BRUGGER, qui s'installa à La-Croix en 1755. Cette société reconstruisit la fonderie, avec de nouveaux fours pouvant fondre "l'argent gris" (cuivre gris argentifère) en même temps que le minerai de plomb, et, en 1756, elle termina la galerie d'écoulement. Cette même année, on travaillait dans "le vieux chai* de Saint-Nicolas", où l'on trouvait encore un "assez bon minerai de pilons", et surtout dans "le nouveau chai de la Bley-Strecke", "où il y avait de la belle mine en abondance" ; on travaillait aussi à Saint-Jean, dans les chantiers situés entre les "puits riches" et le puits de la Butte (ou Trommelschacht).

En 1757, la machine du puits de La-Croix ayant été rétablie avec des pompes neuves, la Grande Strecke fut accessible pendant plus de 9 mois. Le "puits de plomb du vieux chai", qui était le plus profond, donnait des cristaux énormes et on ouvrit des chantiers au puits de La-Croix, à 10 toises** au-dessous de la Grande Strecke. Au Chipal, quelques mineurs travaillaient à réparer le percement Notre-Dame, tandis qu'à Trincklat (ou Trinklin) on trouvait, au-dessus de la galerie d'écoulement, de la "mine pure en poussière, mais riche en argent" ; on la sortait dans des chariots appelés "chiens" ou "hundes", doublés de drap. L'année suivante (1758), la production atteignit 1 182 436 livres de plomb, 23 636 de cuivre, 3 123 d'argent (respectivement 587 tonnes, 11,5 tonnes et 1 527 kg) et on livra à Sainte-Marie 1 236 boisseaux de "minerai d'argent gris". Il y avait 134 ouvriers à Saint-Nicolas, 138 à Saint-Jean et 16 au Chipal, plus 24 bûcherons et 36 charbonniers.

Après une série de pluies violentes, en 1759, la grande roue du puits de La-Croix se rompit et culbuta et, en attendant sa reconstruction, on prenait le "minerai à pilons" encore abondant dans des piliers situés au-dessus de la galerie

---

* On appelait "chais" les chantiers de dépilage des colonnes ou amas.

** Il s'agit de la toise de Lorraine (2,30 m environ).

d'écoulement. A Saint-Jean, on avait vidé de sa "riche mine", jusqu'à 4 toises au-dessous de cette galerie, un "serrement*" du gros filon situé entre le "Reichschacht" (puits riche) et le Trommelschacht (puits du tambour), qui ne mesurait que 8 toises et 3 pouces de largeur, sur près de 10 toises de longueur ; ce "chai" devait être ensuite utilisé comme puisard. Au Chipal, on avait déblayé en partie la galerie d'écoulement vers le "fossé" Saint-Jean et, à 12 toises du puits Saint-Jean, on y trouvait de la "belle mine de plomb" dans un chantier de petites dimensions. Enfin, on avait réouvert le "porche" Saint-Marc, derrière la chapelle des mineurs. Pendant toutes ces années, on peut estimer que la société fondait par mois 75 à 100 tonnes de schlich**, dont on retirait le plomb et 120 à 220 kg d'argent.

En 1760, au moment où l'on allait inaugurer la nouvelle machine du "Trommelschacht", un ouragan, dans la nuit du 8 au 9 août, emporta la laverie du Chipal, culbuta cette nouvelle machine et noya deux ouvriers dans les chantiers de Trincklat (Trinklin). Il s'ensuivit une rupture entre les actionnaires lorrains et les actionnaires allemands, qui se montraient fort réticents pour fournir les fonds nécessaires à la remise en état, d'où des querelles et des procès interminables, au cours desquels, en 1767, les bureaux furent ravagés par un incendie qui détruisit la documentation et les plans.

Pendant cette malheureuse période, on se bornait à glaner les minerais laissés par les Anciens dans les chantiers supérieurs à la galerie d'écoulement ("vieux chai de Saint-Nicolas" et "nouveau chai de la Bley-Strecke"). SCHREIBER père, le directeur, étant décédé en 1768, tous les concessionaires suivants, jusqu'en 1860, n'eurent plus qu'une documentation reposant sur les souvenirs des deux fils et sur les manuscrits privés de A.G. MONNET.

C'est, en effet, aux époques des Cie SAUR et BRUGGER que A.G. MONNET (1773-74 et 1780), chargé (avec GUETTARD) de l'Atlas minéralogique de la France, visita fréquemment l'exploitation, de 1736 à 1782. Voici quelques courts extraits de ses manuscrits : "Dans les années 1740-1744 et jusqu'en 1759, il y avait à La-Croix de 400 à 500 mineurs, on y a fait de 400 à 500

---

* Ce "serrement" correspond aux travaux récents du puits Saint-Pierre, à la Fonderie.

** Schlich : concentré de laverie.

millier* de plomb (195 à 245 tonnes) et 3 000 à 5 000 marcs d'argent (734 à 1 223 kg), sans parler de plusieurs quintaux de cuivre qui proviennent des parties de la "mine d'argent grise" qui se trouvent dispersées ça et là et qui donnent l'occasion à la formation de mottes cuivreuses, dans la fonte des parties du minerai de plomb. Mais, cette exploitation est bien déchue depuis 1760 jusqu'à l'année 1782, car elle n'a guère produit au-delà de 800 à 1 200 quintaux de plomb (39 à 59 tonnes) et 400 à 700 marcs d'argent (98 à 171 kg)". D'après HERON de VILLEFOSSE (1827), "à l'époque de 1756, ces seules mines fournissaient annuellement 24 000 quintaux de plomb et 6 000 marcs d'argent (1 174 tonnes et 1 468 kg)".

Après la Cie BRUGGER, la mine fut affermée, en 1777, à des paysans de La-Croix nommés MARGARET, qui y firent travailler pendant 8 années et enlevèrent tout ce qu'ils purent atteindre dans les vieux travaux, en y causant de grands dommages. Le "filon", perforé dans tous les sens, ouvrit un passage facile aux eaux de surface, dont l'affluence devint considérable. Ces cultivateurs-mineurs ne purent heureusement qu'exploiter au-dessus des étages noyés, soit au-dessus de la galerie d'écoulement de La-Croix et au-dessus de la galerie Saint-Jean.

Ensuite, une concession de 25 ans fut accordée au sieur LECLERC de BLAMONT, à partir du 1er janvier 1785. Ce concessionnaire fit exécuter des travaux assez considérables, décrits par LENOIR et GILLET de LAUMONT (an IX), dans un rapport remis à la Commission des Mines en 1799. On peut en citer les extraits suivants : "au commencement de la Révolution, il (LECLERC) avait déjà fait rétablir la fonderie, construire à neuf, en grande partie, 3 laveries, 4 boccards, des halles, ... ; il avait ouvert une tête de galerie muraillée communiquant avec les anciens travaux ; il avait fait en tout près de 1 500 m de galeries sur le filon ou sur des veines latérales. Mais, il n'avait pas osé rentrer au-dessous de l'ancienne galerie d'écoulement et ses travaux principaux sur le filon se sont bornés à en extraire les minerais à boccard négligés par les Anciens. Son extraction annuelle, avec 250 ouvriers, a été d'environ 2 400 myriagrammes (24 tonnes) de plomb marchand et 60 kg d'argent, dont le produit de 24 à 25 000 francs a été insuffisant pour couvrir les dépenses".

Il ne pouvait en être autrement tant qu'on se bornait à exploiter le minerai abandonné par les Anciens, sans rentrer dans les parties intactes au-

---

* 1 millier : 1 000 livres : 489,4 kg

dessous de la galerie d'écoulement. Aussi, LECLERC chercha-t-il à obtenir une avance du gouvernement, un prêt de 160 000 francs, pour exécuter une nouvelle galerie d'écoulement de 3 km de longueur, qui devait aboutir à 22 m en contrebas de la galerie la plus profonde, celle appelée la Grande Strecke. Les circonstances politiques (1793) empêchèrent de prendre une décision et LECLERC dut renoncer à son projet.

Plus tard, la prolongation de la concession (2 400 ha) fut accordée, en 1805, à une seconde Cie LECLERC et, peu après, la loi sur les Mines du 21 avril 1810 en constitua la propriété incommutable à perpétuité, à charge pour le concessionnaire de payer à l'Etat une redevance fixe de 10 centimes par hectare et une redevance proportionnelle qui ne pouvait dépasser 5 % du produit net de l'exploitation. Le canal dit des Allemands, entretenu en bon état, en dépendait également.

En 1810, LECLERC fit appel à un ingénieur bavarois, BADER, pour installer une roue hydraulique sur l'ancien puits du Treibwerk (aujourd'hui puits BADER), destinée à épuiser les eaux de Saint-Nicolas. On put ainsi dénoyer la mine au bout de 26 mois d'effort et, en août 1812, pénétrer dans la Grande Strecke où l'on reprit l'exploitation. C'est au cours de ce dénoyage que fut dressé par REMMEL un plan des anciens travaux, plan qui ne concerne malheureusement que Saint-Nicolas.

Après la réouverture de la Grande Strecke, deux chantiers furent établis dans le "nouveau chai de plomb", appelé aussi "chai de la Bley-Strecke". On y trouvait un excellent minerai dont l'analyse donnait : Pb : 25 %, Cu = 1 % et Ag = 900 g/t. Mais, d'après L. VOLTZ (1819), qui avait visité ces travaux, le rendement des boccards et des tables à percussion était seulement de 6,42 kg de concentrés à 82 % de galène pour 100 kg de minerai (avec 4,6 % de Pb CO_3, 1 % de Cu, 2 % de Zn et 0,08 % de Ag). En même temps, on put identifier, au même étage, le "chai de la Paroisse", le "chai de Saint-Nicolas" et le "vieux chai de plomb". Mais, la galerie fut renoyée à la suite d'un accident subi par la machine en décembre 1812 et, le 31 juillet 1813, un terrible orage détruisit cette machine et le canal d'arrivée des eaux. Les chantiers profonds furent de nouveau totalement inondés et on dut se contenter d'extraire du minerai dans les anciens massifs hors d'eau.

A Saint-Jean, on commença le percement du travers-bancs de la Fonderie qui devait aller, en bifurquant, au nord vers les "chais riches" et, au sud, vers le "chai des Frenchis". Puis, dans le vallon (de Saint-Jean), on entreprit un puits vertical à grande section qui devait avoir 100 m de profondeur. Mais, dès

l'étage -54, on y poussa une "bowette" ou "querschlague" (travers-bancs) directement à la rencontre du gîte, vers le "chai des Frenchis". Ce travail et le travers-bancs de la fonderie étaient prévus pour aborder le "chai" à la même hauteur.

La concession passa ensuite, en 1822, entre les mains de la banque COR et LAGARDELLE. Celle-ci y exécuta de grands travaux jusqu'en 1837 : creusement du percement d'Algoutte (330 m), en aval de la grande galerie d'écoulement projetée autrefois par LECLERC (cf. supra) ; reprise des avancements de la Fonderie et de la "querschlague" vers le "chai des Frenchis" ; exploitation dans le "chai de Trinklin", en passant par le nouveau puits Saint-Jean raccordé (à -30 m) avec la galerie d'écoulement du Chipal ; exploitation dans le "vieux chai de plomb" de Saint-Nicolas, par le puits Samuel, au-dessous de la galerie d'écoulement. Mais, la production restait très faible : en 1824, par exemple, 660 quintaux de "schlich" (à 63 % Pb) et 55 kg d'argent, d'une valeur de 40 000 F. Une autre indication donne, pour la période 1822-1826, un chiffre total de 45 000 F seulement. Finalement, une crise financière, due toutefois à des causes étrangères au gisement de La-Croix, provoqua la liquidation de la banque.

Un nouveau concessionnaire, R. LABARURE, apparaît en 1853. A la suite d'un rapport établi par son conseiller technique, l'ingénieur anglais Sir Richard TAYLOR, il reprit le travers-bancs de la Fonderie jusqu'à son arrivée dans le gîte, mais, faute de capitaux, il cessa bientôt tous travaux et, peu avant la guerre de 1870, il vendit la concession au vicomte HERICARD de THURY, pour la somme de 330 000 F. Celui-ci avait fondé une société, l'union Métallurgique de France, qui se proposait de reprendre les travaux. Mais, minée par les spéculations, cette société sombra avant d'avoir donné un commencement d'exécution à ses projets.

La concession, mise aux enchères, devint ensuite, en 1877, la propriété d'un certain J. DESPECHER demeurant à Paris. Celui-ci la loua, en 1899, à la Société Anonyme des Mines de La-Croix-aux-Mines, créée par un nommé DEMMLER dont la mort provoqua un nouvel arrêt. Les travaux reprirent cependant en 1902, sous la direction de G. ALLEMAND de FONTBONNE. Ce dernier fit foncer un puits vertical de 87 m ; le puits DEMMLER, creuser le travers-bancs du même nom et l'allongement sud du niveau 170, ouvrages qui démontrèrent la continuation de la minéralisation en aval des anciens travaux de la Grande Strecke, mais seulement sur une longueur de 160 m et sans que les veines rencontrées furent tracées.

Bientôt, le capital étant épuisé, la société dut être liquidée. G. ALLEMAND acquit alors la concession pour son propre compte, en 1908, mais ses projets furent contrariés par la guerre de 1914-1918 et, n'ayant pu réunir les sommes nécessaires, il dut céder sa concession, réduite à 770 ha par décret du 12 juin 1913, à la Cie Minière des Vosges (CMV), société anonyme constituée en 1924 ; la cession fut autorisée officiellement par décret du 26 juin 1925.

Cette dernière compagnie a présenté deux périodes distinctes d'activité : la première de 1924 à 1930 et la seconde de 1941 à 1948. Pendant la première, elle exécuta les principaux travaux suivants : relevage du travers-bancs de la Fonderie ; fonçage d'une descenderie appuyée au mur : le puits Saint-Pierre ; recoupes aux niveaux 55 et 88 ; relevage du travers-bancs du Chipal ; équipement et bétonnage du puits Saint-Jean.

Au cours de la seconde période, qui se termina par l'arrêt définitif des travaux miniers le 31 mai 1948, on réalisa, à l'étage 55, la jonction des puits Saint-Jean et Saint-Pierre et du travers-bancs de la Fonderie ; on fonça, dans l'axe d'un ancien dépilage, la descenderie Saint-Jean-des-Fossés (88-130) ; on dénoya le puits DEMMLER et le niveau 170 ; on creusa la descenderie Saint-Nicolas (170-220) et, enfin, on exécuta les dernières galeries des niveaux 170 et 220.

Tous ces travaux furent effectués grâce aux crédits mis à la disposition de la Cie, en application de conventions passées avec l'Etat. Jusqu'au 30 septembre 1947, les dépenses engagées au titre de ces conventions s'étaient élevées à 20 900 000 F pour la CMV et à 13 400 000 F pour l'Etat. A ce moment, par suite de difficultés financières, la SETEM (banque Worms) qui contrôlait la CMV décida d'arrêter les travaux à la date du 1er janvier 1948, si l'Etat n'apportait pas une aide supplémentaire. Toutefois, la Société Minière et Métallurgique de Penarroya accepta, moyennant une option sur le gisement, de payer les travaux pendant 4 mois, à partir du 1er janvier 1948, mais, après un mois de prolongation, elle se désista le 31 mai 1948.

En fin de compte, en ce qui concerne les travaux de la CMV, on peut dire que les crédits ont été épuisés avant qu'on soit parvenu à se faire une opinion sur la valeur du gisement restant. Pour y parvenir, il aurait été nécessaire d'engager de nouvelles dépenses d'un montant tel qu'aucun groupe minier n'a accepté d'en prendre le risque.

Cependant, à la suite d'une option prise en 1967, la Société Minière et Métallurgique du Châtelet (SMMC) exécuta encore quelques travaux de recherches, en 1967 et 1968, en se fixant un objectif nouveau : celui de la reconnaissance du prolongement nord éventuel de la grande structure. Ces nouveaux travaux ont comporté une campagne de polarisation induite (PI ou PP), effectuée par SIEGEL (Canada), des prospections géochimiques sols (analysées seulement pour Pb dans la plupart des cas) et des campagnes de forages inclinés (2 sondages carottés et 53 sondages "marteau fond du trou", d'une longueur variant entre 50 m et 90 m).

Plusieurs anomalies de PP ont été mises en évidence, mais, devant l'insuccès des forages, elles ont été attribuées à la présence de graphite (ce qui reste à démontrer). En dehors des alluvions de la Morte, une seule anomalie géochimique Pb importante (teneurs atteignant 500 ppm) a été décelée, celle des grandes Bollaies, en un endroit où existe un lambeau de Permien. Les sondages exécutés pour sa reconnaissance ont été négatifs et, devant les résultats infructueux de ses travaux, la SMMC s'est retirée à son tour.

On peut toutefois remarquer que certains sondages percutants, si l'on se fie aux analyses des cuttings, ont présenté des teneurs nettement anormales ; par exemple, dans le sondage SP_9 (à l'ouest de Ban-de-Laveline), les chiffres fournis par la SMMC signalent une teneur en plomb de 2,2 % sur une longueur de 23 m (entre 10 m et 33 m) ; dans SP_{10}, voisin de SP_9, il y aurait 11 m à 1 %, dont 1 m à 3,7 %. On peut regretter l'absence d'étude minéralogique de ces cuttings et celle de forages carottés, dans ce secteur où existe une petite anomalie Pb (points atteignant 250 ppm).

Entre temps, la Direction des Mines (Service Métaux et Minerais) avait demandé au BRGM, en décembre 1949, de se livrer à une enquête concernant l'exploitabilité du gisement. Cette enquête fut menée par M. P. LAFFITTE, mais son rapport (décembre 1950) n'eut aucune suite.

A la lecture de l'historique précédent, on peut constater que, au cours des deux derniers siècles, toutes les tentatives de reprise de l'exploitation ont pratiquement échoué. Cependant, tous les rapports sont optimistes et ils préconisent tous de nouveaux travaux, en expliquant les échecs par des difficultés variées : manque de capitaux, difficultés d'exhaure, périodes de guerre, ... Ces difficultés ont certes existé, mais elles n'expliquent pas tout. En effet, toutes les sociétés (y compris la CMV) ont toujours recherché les veines et les colonnes fortement minéralisées, sans tenir compte des minerais environnants plus pauvres qui doivent constituer la grande masse du tonnage. Avec cette optique, on s'est

épuisé à réouvrir les anciens travaux et à partir à la rencontre des amas riches signalés, qui étaient dépilés plus profondément qu'on ne l'imaginait.

Aussi, dénonçant ces erreurs anciennes, E.W MOLLY (1957), après une visite de quelques jours, proposa-t-il de reprendre le problème sous un angle nouveau :

1) explorer le gisement nettement en dessous des anciens travaux (au moins 100 m).

2) chercher à reconnaître non pas uniquement des amas à haute teneur, dont le cubage est probablement limité, mais considérer l'ensemble de la "grande fracture" et déterminer s'il peut exister un très gros tonnage de minerai à moyenne ou basse teneur, au-dessous de l'ancien gisement. Un fait favorable a priori était fourni par les travaux récents les plus profonds (niveaux 170 et 220), qui avaient retrouvé la structure minéralisée en aval des anciens travaux.

Anciens travaux

D'après ce qui précède, les anciens travaux ont été considérables et, comme l'ont démontré les sondages BRGM, ils ne figurent pas tous sur le plan, pourtant très chargé, fourni par la CMV, plan par ailleurs inexact au point de vue longueurs et directions*. Quoiqu'il en soit, on peut remarquer d'abord que les travaux supérieurs des anciens ont été tracés dans l'optique d'un seul et même "gros filon". C'est ainsi que l'on a relié, pour en faire la galerie principale Saint-Nicolas, longue de 1 320 m en ligne droite, 4 tronçons d'allongement tracés à des hauteurs différentes, à partir de puits ouverts au jour sur les divers affleurements minéralisés trouvés à des époques différentes : il est vrai aussi qu'une galerie unique facilitait le roulage et permettait une concentration des ateliers.

La galerie d'écoulement (au début galerie de La-Croix) relie également les trois quartiers, d'un seul tenant, et sa longueur peut être supérieure à celle de la galerie Saint-Nicolas**. Quant à la Grande Strecke, longue seulement de 760 m au total, si elle a été arrêtée à l'extrémité sud du quartier Saint-Nicolas, on sait

---

* Ces inexactitudes proviennent peut-être de l'emploi de l'ancien cadastre comme fond topographique de surface.

** Dans leur rapport de l'an IX, les commissaires LENOIR et GILLET de LAUMONT lui attribuent une longueur de 6 500 m, loin sous la montagne du Noir Bois. On peut douter de la véracité de cette affirmation.

que c'est uniquement pour des difficultés d'exhaure, car elle était destinée à atteindre au moins "les fonds de Corbey" (colonnes des puits riches). Comme il était d'usage à l'époque, ces galeries sont très rapprochées verticalement (au départ 16 m entre Saint-Nicolas et La-Croix et 38 m entre La-Croix et la Grande Strecke qui, au plus profond, se trouve à environ 130 m au-dessous de la surface).

En aval-pendage, après l'abandon du projet de LECLERC, il existait principalement des puits d'extraction rapprochés (puits de plomb), creusés pour dépiler les riches colonnes jusqu'à leur terminaison en profondeur. Ce sont ces puits qui ont été retrouvés, à leur grande surprise, par les concessionnaires les plus récents (G. ALLEMAND et CMV), tant dans le quartier Saint-Nicolas ("puits de plomb" de l'allongement 170 sud ; "puits Fleck" de l'allongement 170 nord) que dans le quartier Saint-Jean ("puits des Anciens" de la descenderie Saint-Jean-des-Fossés ; "grand puisard de 1760" du puits Saint-Pierre). On a pu constater ainsi que, malgré les difficultés certaines d'exhaure, les colonnes riches avaient été entièrement dépilées sur des hauteurs pouvant atteindre 125 m à 135 m.

Seul, le dernier ouvrage de la CMV, l'allongement du niveau 220 (quartier Saint-Nicolas), a effectué une véritable reconnaissance en aval-pendage (50 mètres), reconnaissance qui a montré la disparition à ce niveau de la colonne du "chai de la Bley-Strecke" et son remplacement par une veine très lenticulaire qui, à son tour, soit dit en anticipant, se transforme en profondeur (dans le sondage LCM_2) en une brèche stérile*.

Description du gisement

Etant donné que, pratiquement, tous les travaux anciens (à l'exception du travers-bancs de la Fonderie et de la galerie Saint-François) sont inaccessibles, on doit faire appel essentiellement, pour la description, aux divers auteurs qui ont visité la mine et, en ce qui concerne les travaux récents, aux cahiers d'avancement de la CMV. Comme, par ailleurs, les plans sont incomplets et inexacts, on ne pourra présenter qu'un schéma structural approximatif.

---

* On pourra trouver une description détaillée de tous les travaux miniers dans le rapport BRGM 76 RDM 002 FE.

On peut signaler d'abord que la formation principale présente bien dans son ensemble la direction générale N-S attribuée par les Anciens au "gros filon". Cette formation se trouve principalement sur la rive droite de la Morte, en amont du village de La-Croix, où elle est composée de 4 tronçons principaux décalés par des failles NW-SE ou NE-SW ; ces tronçons sont, du sud au nord : le quartier des Chaumelles (300 m), terminaison méridionale mal connue ; le quartier du Chipal (500 m) ; le quartier Saint-Jean (400 m) et le quartier Saint-Nicolas (450 m).

Plus au nord, décroché par une faille sénestre NW-SE, un dernier tronçon minéralisé (que l'on peut appeler quartier Saint-Joseph), réputé "trop riche en blende", se trouve sur la rive gauche ; sa longueur doit être de l'ordre de 500 m, car il ne dépasse probablement pas les travaux "stériles" de Saint-François, ce qui paraît bien être confirmé par toutes les prospections géochimiques Pb-Zn négatives effectuées sur son prolongement septentrional.

Le réseau de fracturation associé pourrait, lui, se prolonger loin vers le nord, jusqu'à la grande faille de Coinches, sur une longueur totale de 5 ou 6 km, comme le suggèrent certains jalons de mylonites silicifiées (près de Marimont, par exemple). Mais, seule sa partie sud est minéralisée et les anciens travaux connus, entre le puits des Chaumelles et la galerie Saint-François, sont échelonnés sur une distance totale de 2 km environ.

Dans le détail, certaines unités minéralisées (veine du puits Samuel, veines 54 et 55, ...) présentent bien la direction axiale N-S, mais la plupart, notamment les colonnes riches, sont allongées suivant les deux directions "conjuguées" NE-NNE et NW-NNW, ces directions étant, comme on le sait, celles des principales failles et des principaux corps intrusifs.

C'est G. FRIEDEL (1902) qui, ayant pu visiter les travaux de Saint-Nicolas après l'ouverture du puits DEMMLER, mit en évidence le premier cette diversité. Il constata que le gisement n'était pas un filon, mais un "véritable stockwerk" dans lequel, par endroits, la minéralisation était concentrée dans des veines dont les directions, en général, ne coïncidaient pas avec la direction générale. Il put ainsi établir une classification suivant ces directions : veines NW à pendage NE, peu nombreuses mais bien minéralisées, sur lesquelles ont porté les principaux dépilages du quartier ; veines NE à pendage SE, plus nombreuses mais moins riches ; veines N-S très redressées, généralement stériles (avec des exceptions), sauf aux points de rencontre avec les veines des premiers groupes ; enfin, cassures E-W, toujours stériles et crevassées (venues d'eaux).

Entre ces veines, se trouvaient des granites ou gneiss traversés de filonets et plus ou moins kaolinisés, souvent même imprégnés de minerai ou tapissés de galène dans leurs diaclases, sans arriver, toutefois, en général, à des parties exploitables. "Les puissances de 40, 60 ou 80 m, dont parlent les Anciens, doivent s'entendre de la largeur de la zone dans laquelle on peut rencontrer des veines minéralisées plus ou moins riches".

La classification précédente est apparemment valable pour les autres quartiers de la mine, avec toutefois quelques variations (dans le quartier Saint-Jean, par exemple, les principaux dépilages sont orientés NE et non NW) et on peut noter le pendage général vers l'est, ce qui a permis aux Anciens de parler de "toit" et de "mur" du "gros filon".

Les veines minéralisées précédentes, dont le remplissage est bréchique, "ne pouvaient avoir une grande continuité en direction", toujours selon G. FRIEDEL, et elles sont généralement minces (0,50 m à 1 m), avec quelques exceptions favorables (3-4 m pour la veine N-S du puits Samuel, par exemple), leurs longueurs n'atteignant que quelques dizaines de mètres. Mais, elles pouvaient présenter d'importants renflements et enrichissements, qui ont constitué les colonnes riches et puissantes d'où la mine a tiré sa célébrité ; à l'opposé, elles pouvaient évoluer en brèches argileuses stériles, qui servaient de "fils directeurs" pour la recherche.

Les colonnes précédentes pouvaient se trouver, classiquement, aux points d'intersections de deux veines (amas de La-Croix, par exemple), mais, d'après la littérature et les quelques observations possibles (travers-bancs de la Fonderie et sondages BRGM), la plupart devaient être situées au contact de dykes ou filons de "microsyénite" ou de granite leucocrate, qui formaient des "toits" ou des "murs". On peut citer, comme exemples : le "nouveau chai de plomb" et le "vieux chai de plomb" du quartier Saint-Nicolas, accolés à un même "toit" granitique (retrouvé dans le sondage LCM_2, à 150 m en aval-pendage) ; le "chai nord de la butte Saint-Jean" et les deux "chais riches" (même quartier Saint-Jean) adossés à un "mur" de "microsyénite" (visible dans le travers-bancs de la Fonderie et recoupé par le sondage LCM_1, à 380 m de profondeur) ; le "chai nord de la butte Saint-Jean" associé à un "mur" de granite leucocrate visible en affleurement. Il en était de même pour le "chai de Saint-Jean-des-Fossés" et, on peut le soupçonner, pour le "chai des Frenchis". Ainsi, pour une grande partie, ce sont les corps de roches intrusives qui, directement ou indirectement, ont créé la grande richesse ancienne du gisement.

On est maintenant presque assuré, après l'exécution des travaux les plus profonds de la CMV (descenderies Saint-Nicolas et Saint-Jean des Fossés), que les anciens "chais" ont bien dépilé les colonnes dans leur totalité, jusqu'à leur coincement en profondeur, et, par suite, le volume de ces "chais" correspond grossièrement à celui des colonnes. Par ailleurs, les échantillonnages effectués à diverses époques dans les piliers abandonnés ont confirmé la grande richesse de cette minéralisation, car tous ont fourni des teneurs en plomb variant entre 20 et 25 %, le rapport Ag/Pb étant, en moyenne, de 1,3/1 000. On peut alors, en adoptant par précaution, une teneur moyenne de 15 % seulement, évaluer les productions approximatives de ces anciens grands chantiers.

Quartier Saint-Nicolas

Ce quartier a pu produire 37 000 tonnes de plomb, provenant des 5 dépilages principaux suivants : "chai de La-Croix" (6 800 t) ; "chai de la Paroisse" (700 t) ; "chai Saint-Nicolas" (9 000 t) ; "vieux chai de plomb" (6 000 t) ; "nouveau chai de plomb" ou "chai de la Bley-Strecke" (15 000 t). Ce dernier est le plus important de tous les anciens dépilages de la mine et les échantillons de ses piliers ont titré 25 % Pb, 1 % Cu, et 900 g/t Ag. Grâce aux "puits de plomb", il avait atteint en profondeur le niveau 170 de la CMV, niveau également atteint par le "chai de La-Croix", au moyen des ouvrages du puits Fleck. Quant au "chai Saint-Nicolas", il présentait un renflement de 14 m (au niveau Saint-Nicolas), et le "chai de La-Croix" était si vaste "que la grande église du village y serait à l'aise". Il est à signaler qu'une certaine production a été fournie, en outre, par d'autre chantiers de plus petite taille, par exemple ceux de la veine du puits Samuel et des veines 54 et 55.

Quartier Saint-Jean

Ce quartier a pu produire 33 000 tonnes de plomb (même ordre de grandeur que Saint-Nicolas), provenant des 6 dépilages principaux suivants : "grand chai riche" (9 000 t) ; "petit chai riche" (4 500 t) ; "chai nord de la butte Saint-Jean" (3 000 t) ; "chai sud de la butte Saint-Jean" (3500 t) ; "chai des Frenchis" (10 000 t) ; "chai de Saint-Jean-des-Fossés "(3 000 t). En outre, on sait qu'il existait des dépilages plus petits au voisinage du puits Saint-Pierre (colonne Taylor, par exemple) et le sondage LCM_1 du BRGM a rencontré des chantiers ignorés au "toit", vis à vis des "chais riches" situés au "mur". Comme dans le quartier Saint-Nicolas, grâce à des systèmes de puits intérieurs, ces dépilages avaient pu descendre jusqu'à la terminaison aval des colonnes, ce qui a été bien démontré, en particulier, pour le "chai de Saint-Jean-des-Fossés" (par les travaux

CMV de la descenderie du même nom). On peut remarquer que, dans les deux quartiers, la hauteur maximale des colonnes est sensiblement la même : 125 m à 135 m.

Quartier du Chipal

On y connaît seulement deux dépilages de moindre taille, ayant pu fournir 2 000 t de plomb : le "chai de Trincklat ou Trinklin" (750 t) et le "vieux chai Saint-Paul" (1 250 t) ; mais, faute de travaux récents, ce quartier est bien moins connu que les deux précédents et il y existe sûrement d'autres travaux que ceux figurés sur les plans : ainsi, le sondage LCM7 du BRGM a rencontré un travail minier dans le secteur du travers-bancs Notre-Dame, à 100 m au-dessous des travaux connus.

Quartier des Chaumelles

On n'y connaît aucun "chai", bien qu'on y ait extrait "du minerai de plomb analogue à celui du Chipal". On ignore tout de l'allure du gîte dans ce quartier méridional, ce qui laissait un espoir de trouver un prolongement vers le sud.

Quartier Saint-Joseph (rive gauche)

Il n'y a certainement pas eu de dépilage important dans ce quartier et on en connaît la raison, donnée par les inspecteurs des mines de l'époque GUILOT-DUHAMEL et MALLET : "dans cette montagne neuve", sans doute par suite d'un phénomène de zonalité (latérale ou verticale), "la galène s'y trouve mélangée à la blende en telle quantité que cette dernière était une gêne et un désastre pour les fonderies de La-Croix-aux-Mines". Aussi, ce quartier pouvait-il encore renfermer des réserves de plomb et de zinc.

En additionnant les productions partielles estimées précédentes, on obtient une production totale de 72 500 tonnes de plomb, chiffre probablement sous-estimé avec les précautions prises et que l'on peut arrondir à 80 000 t Pb. Quant à l'argent, la principale richesse ancienne, une production supérieure à 100 tonnes est très probable, car, outre la galène argentifère (avec Ag/Pb : 1,3 /1 000), il existait de l'argent natif, des sulfures d'argent et du cuivre gris argentifère. On peut aussi penser raisonnablement que cette mine a produit quelque 1 500 à 2 000 tonnes de cuivre ; par contre, le zinc est resté inexploité.

En plus de ses concentrations dans les veines et colonnes, comme déjà observé par G. FRIEDEL (1902), la minéralisation de la formation principale se présentait aussi sous forme disséminée dans les roches encaissantes (essentiellement des gneiss à cordiérite) : d'une part des filets et microfilets et, d'autre part, des imprégnations diffuses. Les filets (cm) et les microfilets (mm) remplissaient des fissures parallèles aux 3 systèmes principaux de veines (NE-NNE, NW-NNW et N-S), exceptionnellement E-W (dans le travers-bancs DEMMLER), ainsi que des joints dans les gneiss ; ils pouvaient être associés à des "traînées" ou autres dispersions minéralisées dans les roches altérées hydrothermalement, particulièrement les roches silicifiées et kaolinisées.

Ce type dispersé n'est pas quantitativement négligeable, car il peut intéresser des volumes considérables : par exemple, dans le sondage LCM_2 (quartier Saint-Nicolas), où il n'existe pas de "mur", on a rencontré des filets de galène et de blende sur une épaisseur de 100 mètres à partir du granite du "toit" ; mais, d'une façon générale, en raison justement de sa dispersion, ce type ne peut avoir aucun intérêt économique. Toutefois, A.G MONNET signale qu'au voisinage des amas, sur quelques mètres de puissance, il pouvait présenter des concentrations relatives "pouvant être exploitables". Une telle concentration, reconnue par une recoupe, se trouve, par exemple, dans l'allongement 220 sud de la CMV où, au mur immédiat de la lentille du "toit", les gneiss altérés imprégnés présentent, sur une largeur de 5 à 6 m, les teneurs suivantes : Pb : 4,50 % ; Zn : 0,77 % ; Ag : 56 g/t. De telles imprégnations "riches" associées aux colonnes ont pu constituer une partie du "minerai à boccard" des Anciens.

Le dispositif complexe présenté ci-dessus est encore compliqué par l'existence de nombreuses failles appartenant aux deux faisceaux "conjugués" NE-ENE et NW-WNW. Les principales ont provoqué les décalages importants responsables du découpage en quartiers : c'est ainsi qu'une faille sénestre NW-SE, dont le décrochement atteint 300 m, limite au nord le quartier Saint-Nicolas, décalant la formation sur la rive gauche ; de même, une faille dextre importante (250 m de décalage) sépare ce quartier du quartier Saint-Jean ; elle a été bien reconnue par les travaux miniers, dans lesquels elle a reçu le nom de "klüft n° 2" ; de même, il est probable qu'une faille NW-SE, visible en photo-géologie, sépare ce dernier quartier du quartier du Chipal et une autre faille de même direction se trouve probablement entre celui-ci et le quartier sud des Chaumelles. Outre leurs décrochements horizontaux, ces accidents majeurs ont pu provoquer des déplacements verticaux, ce qui pourrait expliquer l'abondance de la blende dans le quartier Saint-Joseph, par suite d'un exhaussement de ce quartier.

De nombreuses autres failles des mêmes faisceaux, provoquent, elles, des rejets décamétriques ; elles sont apparemment responsables des trajets "en ligne brisée" des anciens allongements et de certaines erreurs d'interprétation : par exemple, le "chai de la Bley-Strecke", considéré comme installé "dans un éventrement du mur", est en réalité situé au "toit" ; mais, en venant du "vieux chai de plomb", il a été décalé vers le "mur" par une faille NE-SW. Enfin, les accidents métriques et décimétriques sont innombrables, comme en témoignent les cahiers d'avancement de la CMV et comme on peut le constater dans les quelques ouvrages encore accessibles du travers-bancs de la Fonderie.

Parmi tous ces accidents aux jeux multiples, on peut accorder une attention particulière aux "klüfts" des anciens mineurs allemands. Ces "klüfts", qui peuvent présenter diverses directions et divers ordres de grandeur, sont particularisées par un remplissage d'aspect conglomératique, dans lequel, à côté de fragments argileux, se trouvent des "galets" bien arrondis, dans une matrice laminée argileuse, siliceuse et carbonatée. Les plus importantes connues sont la "klüft n° 1" du quartier Saint-Nicolas, dirigée N-S, et la "klüft n° 2" qui n'est autre que la faille NE-SW séparant le quartier précédent du quartier Saint-Jean, mais, il en existe bien d'autres, telles que le petit tronçon NW-SE des travaux de la Fonderie, celle signalée dans l'allongement 220 sud, celles rencontrées par les sondages LCM_1 et LCM_2, ...

Parmi les "galets" et les éléments bréchiques de ces accidents particuliers, peuvent se trouver des fragments minéralisés plus ou moins abondants, ce qui démontre que la formation des "klüfts" a été postérieure à la mise en place de la minéralisation, postériorité également attestée par la présence de salbandes renfermant des traînées de galène écrasée ressoudée. Mais, ces "klüfts" ne sont pas chronologiquement les derniers accidents, comme en témoignent le tronçon du travers-bancs de la Fonderie limité par deux failles NE et l'interruption signalée de la "klüft n° 1", par un accident également NE. Tous ces phénomènes montrent bien, sans qu'il soit besoin d'insister, la grande complexité de la tectonique cassante, ayant entraîné celle de la formation minéralisée, complexité qui aurait rendu difficile une reconnaissance rationnelle, si l'on avait jamais pensé l'effectuer.

En dehors de la formation principale ci-dessus décrite, le gisement exploité de La-Croix comportait 3 filons annexes, tous dirigés NE-SW et à pendage SE (comme les veines NE), dont on ignore les relations exactes avec cette formation sur laquelle ils seraient branchés. Ces filons sont : le filon de la Paroisse (ou filon oriental), le filon des Aulnats et le filon Saint-Marc.

Le filon de la Paroisse, dont les anciens travaux ont été effectués à partir du quartier Saint-Nicolas, présentait une puissance moyenne de 0,50 m et il était minéralisé en galène compacte ou grenue (puissance réduite de 12 à 16 cm), mais seulement sporadiquement. La galène compacte présentait des cavités remplies d'argent natif capillaire et l'on trouvait aussi des blocs massifs de ce métal (dont l'un de 30 kg). Ce filon, reconnu sur une longueur totale de 170 m, serait vierge au-dessous de la galerie d'écoulement. De 1811 à 1814, les travaux qui y étaient effectués auraient produit, pour un avancement total de 61 m, environ 321 tonnes de "très bonne mine, partie massive et partie mine à boccard".

Le filon des Aulnats, lui, est un filon cupro-argentifère branché au "mur du gros filon" près des anciens travaux de la Stolle. On y avait ouvert 3 "porches" dont on ne connaît plus guère que les noms (Saint-Daniel, Saint-Claude et Sainte-Ursule), et, en 1660, un puit vertical de 20 m (appelé Puits Matton), grâce auquel on sait que la minéralisation était constituée principalement par du cuivre gris argentifère.

Quant au filon Saint-Marc qui, selon certains documents, aurait été retrouvé dans le travers-bancs Notre-Dame du Chipal, il aurait été jusqu'en 1630, d'après les manuscrits de A.G MONNET, un gros producteur d'argent, sinon le plus gros de toutes les mines ouvertes dans la vallée. Mais, après les pillages de la guerre de Trente Ans, en 1634, son exploitation n'a jamais été reprise. La minéralisation consistait principalement en un chapelet de lentilles de cuivre gris argentifère ("argent gris"), dont la puissance variait de 1 cm à 1 m et plus, les autres dimensions étant de l'ordre de 10 m. Toujours d'après A.G MONNET, son minerai, effectivement très riche, titrait 1,5 à 2 % d'argent et 15 à 16 % de cuivre (rapport Ag/Cu : 8 à 13 %) ; aussi, cette mine était-elle considérée comme la plus riche en argent de toute la Lorraine. Pour faciliter la fonte de ce minerai "d'argent gris", on utilisait le plomb provenant du Chipal et des Chaumelles.

Les divers travaux à flanc de côteau sont étagés sur la pente nord de la montagne du Noir Bois, sur une hauteur de 130 m et une longueur de 700 m. Dans ceux des "Halles de Saint-Marc", encore accessibles, on peut constater que l'épaisseur du filon (du moins à ce niveau) était de 60 cm et on peut ramasser des blocs minéralisés en azurite, malachite, cuivre gris, chalcopyrite, chrysocolle, ténorite et sternbergite. Dans le prolongement sur le versant sud, la galerie Sainte-Anne n'a suivi qu'une cassure stérile, ce qui dément l'ancienne affirmation que le filon minéralisé traversait la montagne de part en part.

Minéralogie

Trois minerais principaux ont été exploités anciennement à La-Croix-aux-Mines : la galène argentifère, le cuivre gris argentifère et l'argent natif, mais l'association minérale comprend aussi de la blende, de la chalcopyrite, de la pyrite et de la marcasite, ainsi qu'un certain nombre d'espèces microscopiques mises en évidence par l'étude de sections polies : arsenic natif, bournonite, bravoïte, cobaltite, corynite, gersdorffite, mispickel, safflorite et skuttérudite, auxquelles il convient d'ajouter la sternbergite du filon Saint-Marc. Les minéraux secondaires de la zone d'oxydation sont des hydroxydes de fer (goethite et rare lépidocrocite), de la cérusite, de la pyromorphite, de la covellite, de la malachite, de l'azurite, du dioptase, du chrysocolle et de la ténorite (donc, aucun minéral de zinc). Quant aux minéraux de gangue, ils comprennent essentiellement du quartz et des carbonates (dolomite et sidérite), beaucoup plus rarement de la barytine, auxquels on peut adjoindre des cristallisations fissurales plus récentes de calcite et aragonite.

Jusqu'à la profondeur atteinte par les anciens travaux (280 m au-dessous des affleurements les plus élevés), la galène a été de beaucoup le sulfure prédominant, sous des modes de gisement très divers : filonets quasi-massifs, filets et fines imprégnations, nids et "mouches" dans les remplissages bréchiques, amas parfois considérables renfermant des cavités tapissées de gros cristaux. Les grains sont toujours anisotropes, ce qui dénote la présence probable de Sb dans son réseau, et elle renferme généralement de nombreuses micro-inclusions : cuivre gris et chalcopyrite (les plus fréquentes), pyrite, arsenic natif, pyrite-marcasite associées, skuttérudite, bournonite (très rare), gersdorffite, mispickel et association marcasite-cobaltite (très rare).

Quand de la blende se trouve associée à la galène, celle-ci, postérieure, peut la corroder nettement et elle peut, de même, remplacer la pyrite au contact. D'une façon générale, elle peut mouler des carbonates automorphes et y former des "ponctuations" de remplacement naissant. Certains cristaux, altérés, renferment de la cérusite développée in situ à partir des clivages, accompagnée généralement de goethite.

Cette galène de La-Croix-aux-Mines est argentifère, sa teneur moyenne en argent ayant été estimée à 1,3/1 000 (d'après les analyses de la CMV et plus anciennes). Mais, dans le détail, cette teneur a pu présenter des variations et, comme c'est souvent le cas dans les gîtes filoniens, le sulfure largement cristallisé aurait été nettement plus pauvre que le sulfure finement grenu. C'est ainsi que,

d'après L. VOLTZ (1819), dans le "chai de la Bley-Strecke", la galène à grandes facettes aurait fourni un plomb d'oeuvre qui ne titrait que 300 g/t. Cependant, d'après tous les résultats d'analyse connus, il semble bien que, à l'exception des grosses cristallisations géodiques, toutes les teneurs en argent étaient supérieures à 1 200 g/t (d'où le chiffre adopté de 1,3°/oo).

La blende est surtout abondante dans les travaux profonds du puits DEMMLER, où elle reste toutefois subordonnée à la galène, et, d'après la littérature ancienne, elle était "trop abondante" dans le quartier nord Saint-Joseph. Elle présente deux générations distinctes, séparées par un épisode tectonique : une première blende, sombre et ferrifère, criblée d'inclusions ultra-microscopiques (peut- être de la bournonite), et une seconde blende, claire, qui peut cimenter la première. Elle peut être associée à de la galène (qui peut la remplacer largement), à du cuivre gris et à de la pyrite. Les principales inclusions sont des micrograins de chalcopyrite, de cuivre gris, de mispickel et de galène (débuts de remplacement). Dans certains filonets, le sulfure peut constituer des agrégats massifs centimétriques, associés à du quartz idiomorphe et localement à de la galène et de la pyrite. On ne connaît pas, faute d'analyses, ses teneurs en éléments-traces (Cd, Ag, Ge, ...).

Le cuivre gris, qui était le principal minerai du filon Saint-Marc et du filon des Aulnats, existe aussi partout dans la formation principale. Il peut être associé à des cristaux de pyrite, qu'il moule et remplace, et il peut renfermer de fines inclusions de chalcopyrite, lui-même formant de telles inclusions dans la galène. Le cuivre gris était une variété très argentifère (cf. chiffres cités plus haut) et, à certaines époques anciennes, une partie appréciable de l'argent produit était fournie par un "minerai d'argent gris", provenant tant du filon Saint-Marc que des "chais riches".

La chalcopyrite, relativement fréquente, est souvent associée au cuivre gris, plus rarement à de la galène ou de la blende ; dans les parties oxydées, elle peut être accompagnée par de la covellite, de la cérusite et des hydroxydes de fer. Associée ou non à du cuivre gris, elle constitue de nombreuses micro-inclusions dans la galène et parfois dans la blende, micro-inclusions responsables en partie des petites teneurs en cuivre (ordre de 1 %) toujours constatées dans les analyses.

Actuellement, on ne trouve plus d'argent natif dans les déblais, mais on sait que ce minéral a existé jusque dans le niveau 170 de Saint-Nicolas. Généralement sous forme d'argent capillaire dans des cavités, il constituait aussi quelques blocs massifs, par exemple dans le filon de la Paroisse (cf. supra). Par

contre, la présence de "l'argent sulfuré" signalée par les Anciens n'a pas été confirmée ; cet argent devait se trouver dans les niveaux les plus superficiels.

Peu abondant, mais fréquent, le mispickel présente toujours de très petits cristaux automorphes, soit isolés dans les minéraux de gangue, soit en inclusion dans la galène ou, plus rarement, la blende. Relativement fréquent lui aussi, l'arsenic natif peut constituer quelques microplages indépendantes, mais il se trouve surtout inclus dans la galène.

La pyrite, relativement fréquente dans les gneiss, n'existe que sporadiquement dans la formation minéralisée, sous la forme générale d'agrégats fissurés dans le quartz et les carbonates ; elle peut s'y trouver associée avec de la marcasite ou de la galène postérieure, plus rarement de la blende et du cuivre gris. Certains zonages indiquent la présence de bravoïte et des associations tabulaires avec la marcasite, la transformation d'anciennes pyrrhotites. Les deux sulfures de fer peuvent, enfin, former de fines inclusions dans la galène et dans la blende et quelques néoformations à partir de la chalcopyrite.

La gersdorffite, cobaltifère, se trouve préférentiellement dans le quartz sous forme de microcristaux parfaitement automorphes, plus rarement en inclusion dans la galène ou le cuivre gris ; dans les parties oxydées, elle peut constituer des chapelets de micrograins dans la goethite. La bournonite, très rare, se trouve seulement en inclusion dans la galène (et peut-être dans la blende sombre). Il en est de même de la skuttérudite, dont les inclusions peuvent être associées à celles de la gersdorfitte, tandis que la safflorite, très rare, ne se rencontre que sous la forme de microplages fissurées, envahies par de la galène. Quant à la cobaltite, exceptionnelle, elle forme seulement de rares inclusions dans cette galène, dans lesquelles elle entoure des noyaux de marcasite. Enfin, la corynite présente sporadiquement des groupements de petits cristaux zonés.

Dans la zone superficielle d'oxydation, on a rencontré des minéraux secondaires de plomb, de cuivre et de fer, mais non de zinc. Pour le plomb, le minéral principal était la cérusite, autrefois célèbre et citée abondamment par les anciens minéralogistes ROME de L'ISLE et HAÜY : elle se forme au début in situ à partir des clivages du sulfure, en même temps que des hydroxydes de fer, et, dans certains cas, de la covellite, puis, quand l'altération est plus prononcée, elle peut constituer des cristaux indépendants, dont certains, trouvés dans de grandes cavités, étaient parmi les plus beaux cristaux de plomb blanc qu'ont ait vus (citation de A.G MONNET, vers 1780). En outre, d'après le Dr. CARRIERE (1851), il existait une variété bacillaire et une variété de couleur noire.

La pyromorphite, deuxième minéral d'oxydation de la galène, était encore plus célèbre que la cérusite et on peut considérer que ce gisement a fourni la pyromorphite "type", décrite par l'abbé HAÜY (1801). On en trouve encore dans le "chapeau de fer" de la butte Saint-Jean, "chapeau" formé par un "squelette siliceux" supportant, outre des cristaux de pyromorphite jaune-vert, de la goethite, de la "limonite" et, accessoirement, de la lépidocrocite, la "limonite" s'étant formée principalement à partir de la sidérite.

Quant aux minéraux secondaires de cuivre, le plus fréquent est la covellite, associée à des traces de digénite, qui peut remplacer de la chalcopyrite, de la galène ou de la blende. On peut trouver aussi, essentiellement dans le filon Saint-Marc, de l'azurite, de la malachite, du dioptase, du chrysocolle, de la ténorite et de la sternbergite.

Les minéraux de gangue cités, associés aux sulfures dans les remplissages bréchiques, les filonets et les remplacements, ont cristallisé dans l'ordre suivant : 1. dolomite - 2. sidérite - 3. quartz, la dolomite étant rare. Ils sont tous généralement automorphes au contact des sulfures qui les moulent et, dans certains cas, la sidérite a pseudomorphosé un minéral tabulaire antérieur, qui doit être de la barytine, laquelle a été signalée par le Dr.CARRIERE (1851). Par contre, il semble bien que la fluorine soit totalement absente.

Compte non tenu des remobilisations, on peut, sous réserves, distinguer 5 paragenèses successives dans l'association minérale précédente :

1) Formation des minéraux de gangue dans l'ordre probable : 1. dolomite et barytine - 2. sidérite - 3. quartz, avec remplacement d'une grande partie de la barytine par la sidérite.

2) Formation des sulfures de fer : pyrrhotite, pyrite et marcasite, la pyrrhotite étant ensuite transformée en pyrite ou pyrite et marcasite.

3) Formation, en faibles quantités, des arséniures de cobalt et nickel, associés à du mispickel et de l'arsenic natif.

4) Formation de blende, en deux phases séparées par un épisode tectonique.

5) Formation de galène, de chalcopyrite et de cuivre gris, une petite partie des sulfures de cuivre ayant pu cristalliser antérieurement avec les sulfures de fer.

La présence d'une paragenèse à As natif et à arséniures de Co et Ni incite à effectuer un rapprochement avec la minéralisation de Sainte-Marie-aux-Mines, dans laquelle cette paragenèse (beaucoup plus développée) est également déposée avant les sulfures de Pb, Zn et Cu.

Les deux gisements ne présentent pas de liaison évidente avec le plutonisme et, faute de mesures radiochronologiques, on ne dispose d'aucun argument convaincant pour dater leur mise en place. Toutefois, si l'on admet la "consanguinité" de tous les gisements Pb-Zn-Ag-Cu du district, cet âge serait tardi-hercynien (permien) si l'on se rappelle que les filons cuprifères de Lubine traversent le Stéphanien supérieur.

Travaux BRGM

Généralités. Les travaux du BRGM à La-Croix-aux-Mines, gisement qui intéressa également quelque temps la SNPA (essentiellement d'ailleurs parce qu'elle prenait la suite de la SMM Châtelet), ont été décidés en 1973, année où l'on commença les premières reconnaissances sur le terrain, et terminés en 1979. La mutation de la concession de la CMV à notre profit eut lieu officiellement par décret du 16 février 1978 et, en 1977 et 1978, nous bénéficiâmes de l'appoint d'une subvention de 400 000 F (2 x 200 000 F), accordée par le Conseil Général des Vosges pour la recherche minière dans ce département.

La décision de réétudier d'une façon approfondie ce célèbre gisement fut prise non pas en raison de son importance passée (auquel cas Sainte-Marie-aux-Mines aurait dû avoir la préférence), mais parce que l'on pouvait penser a priori qu'il pouvait y rester encore des réserves importantes et ceci en raison du fait de l'existence assurée des colonnes riches et puissantes dépilées par les anciens "chais". Certes, ces colonnes avaient été certainement entièrement exploitées, mais les travaux les plus profonds, ceux exécutés en dernier lieu par la CMV, notamment le niveau 220, montraient que la minéralisation se poursuivait en profondeur. Etant donné l'ampleur du phénomène métallogénique Pb-Zn-Cu-Ag tant local que régional, il n'était pas interdit de supposer qu'il pouvait exister de nouvelles colonnes plus profondes et leur recherche constituait un objectif en somme prioritaire, dans un département dépourvu de toute minéralisation importante connue autre que La-Croix-aux-Mines.

D'autre part, outre les colonnes riches, il pouvait exister, comme on le savait, des veines, veinules, filets et imprégnations parfois assez abondants pour donner des teneurs d'"importance moyenne", sur des épaisseurs appréciables (5 à 6 m). Bref, il pouvait peut-être se trouver un "2ème gisement" au-dessous de celui déjà exploité, lequel, de toute façon, représentait notre meilleur objectif de recherche et dont la reconnaissance correspondait au voeu souvent formulé, mais jamais réalisé, exprimé par divers auteurs, notamment E.W. MOLLY (1957).

Pour cette reconnaissance, qu'il fallait effectuer nettement au-dessous des anciens travaux, on fit exécuter, par la SEERS (de Nantes), deux sondages inclinés profonds (LCM_1 et LCM_2), respectivement dans les quartiers Saint-Jean et Saint-Nicolas. Ces sondages (cf. infra) démontrèrent que la minéralisation se poursuivait loin en aval-pendage, sans qu'on puisse toutefois pouvoir affirmer qu'elle pouvait y présenter des caractères exploitables, et ils montraient, en outre, qu'en raison de la complexité de la formation du "gros filon", il pouvait rester du minerai inexploité dans l'emprise verticale des vieux travaux. C'est pourquoi on effectua, en 1977 et 1978, 5 sondages plus courts recoupant le gîte dans cette emprise, dans le quartier Saint-Jean et le quartier du Chipal.

Par ailleurs, il apparaissait important d'explorer les prolongements éventuels nord et sud. Au sud, on ne connaissait pratiquement rien sur la nature géologique de la terminaison : on savait seulement que le quartier méridional des Chaumelles avait produit du plomb. Au nord, d'après les auteurs du 18ème siècle, la minéralisation devait se poursuivre sur la rive gauche ; elle avait été rencontrée notamment dans la galerie Saint-Joseph (aujourd'hui galerie d'adduction d'eau inaccessible), mais elle était devenue "trop riche en blende" pour le traitement métallurgique de l'époque. On pouvait alors penser raisonnablement qu'elle était restée largement inexploitée.

Pour aider la reconnaissance de ces prolongements, effectuée en dernier lieu par des sondages carottés, on exécuta auparavant plusieurs petites campagnes de prospection géochimique sols Pb-Zn, une prospection géophysique VLF et une campagne préparatoire de forages waggon-drill.

Enfin, si l'on s'en rapportait en particulier aux résultats obtenus par la SMMC près de Ban-de-Laveline, il pouvait peut-être exister des minéralisations intéressantes en dehors des formations anciennement connues. Donc, bien que toute cette région ait sans doute été activement explorée autrefois, on y effectua une nouvelle prospection détaillée au marteau, avec emploi systématique des réactifs colorimétriques Pb et Zn, accompagnée d'un levé de carte géologique et de petites

prospections géochimiques Pb-Zn. Ces travaux aboutirent seulement à la découverte du petit indice Pb de Ginfosse.

Avant de décrire brièvement les résultats, on peut donner la liste de tous les travaux BRGM évoqués ci-dessus :

Nature des travaux

- Levé d'une carte géologique à grande échelle (1/10 000) de la vallée de la Morte.

- Levé géologique détaillé des deux seuls ouvrages miniers importants encore accessibles (le travers-bancs de la Fonderie, dans le quartier Saint-Jean, et la galerie Saint-François, dans le quartier nord de la rive gauche).

- Levé topographique de surface (exécuté par C. DEREMETZ, Division Sud-Ouest), nécessaire pour l'implantation des sondages et aussi parce que le plan des travaux miniers de la CMV était manifestement inexact, du moins pour les ouvrages superficiels, tant en ce qui concerne les distances que les directions.

- Prospection détaillée au marteau, avec emploi systématique des réactifs colorimétriques pour le plomb et le zinc oxydés, ayant abouti à la découverte du petit indice Pb de Ginfosse.

- Prospections géochimiques tactiques Pb ou Pb-Zn, dans les secteurs de Verpellière (76 échantillons), de Ginfosse (65 échantillons), des Grandes Bollaies (64 échantillons), des Grands Prés (30 échantillons) , de Lauteru ou Lauterupt (80 échantillons), du Chipal nord (40 échantillons) et du Chipal sud (52 échantillons) ; au total 407 échantillons.

- Exécution de 2 sondages longs (LCM_1 : 510,71 m ; LCM_2 : 600 m ; total : 1 110,71 m), en 1975, pour reconnaître l'aval-pendage des quartiers Saint-Jean et Saint-Nicolas.

- Exécution de 5 sondages (LCM_3 à LCM_7 ; total : 861,20 m), en 1977, pour recouper totalement la formation dans l'emprise verticale des anciens travaux effectués dans le quartier Saint-Jean et le quartier du Chipal.

- Nouvelles prospections géochimiques Pb-Zn en 1978 (68 échantillons), exécutées sur les prolongements éventuels : une première ligne au sud, à 600 m au-delà des travaux des Chaumelles ; deux autres lignes au nord, distantes de 200 m, dans le quartier "zincifère" de Saint-Joseph.

- En 1976, exécution de 2 sondages courts à Ginfosse (82,25 m au total).

- Prospection VLF, en 1979, afin de préciser, concurremment avec les prospections géochimiques, l'implantation des sondages destinés à la reconnaissance des prolongements éventuels nord et sud ; au total, 4 profils de 300 m, 2 profils de 400 m et 2 profils de 200 m.

- Exécution de 14 forages waggon-drill (483,60 m au total), sur les mêmes prolongements éventuels sud et nord.

- Exécution de 3 sondages carottés (430,40 m), en 1979, les deux premiers dans le quartier Saint-Joseph et le 3ème dans le quartier des Chaumelles ; total des 10 sondages carottés : 2 402,31 m.

- Enfin, à titre indicatif, dans le quartier nord, tests de géophysique effectués par le Département de géophysique appliquée de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy : sondages électriques, profils électromagnétiques et sondages magnéto-telluriques ; mise en évidence d'une anomalie parallèle à une anomalie géochimique, mais décalée vers l'aval d'une cinquantaine de mètres.

Résultats

Sondage LCM_1. Ce premier sondage de La-Croix-aux-Mines avait été implanté dans le quartier Saint-Jean, pour reconnaître l'aval-pendage du "gros filon" dans le secteur du "Trommelschacht", à 100 m environ au-dessous du niveau inférieur atteint par les Anciens. Mais, par suite de déviations importantes de l'azimut et du pendage, il a, en fait, rencontré la "grande fracture" au nord du puits intérieur Saint-Pierre et à la cote absolue 315 (190 m au-dessous du fond du puisard et 330 m au-dessous de la surface).

Dans la coupe de ce sondage, on peut considérer que le "gros filon" est épais de 45 m et qu'il est délimité par deux épontes de "microsyénite", entre lesquelles les gneiss à cordiérite sont lardés de filons et filonets de granite leucocrate. En relation probable avec la minéralisation, toutes ces roches sont altérées hydrothermalement et renferment de nombreux filets de sidérite et pyrite.

La "microsyénite du mur", qui se trouve, elle, à 380 m au-dessous de la surface, représente certainement le même corps intrusif que celui du puits Saint-Pierre et des puits riches, mais, à la profondeur atteinte, à la place de la formation minéralisée exploitée dans ces ouvrages, on ne trouve plus qu'une passée cataclasée de leucogranite très altéré, sillonnée par un réseau de fissures argileuses et pyriteuses. Donc, ici, les colonnes riches supérieures avaient évolué défavorablement en profondeur, pour se transformer en une simple brèche argileuse.

A l'opposé, au contact de la "microsyénite du toit", se trouvait une formation minéralisée dont on ne connaissait pas l'"équivalent" dans les niveaux supérieurs. Cette formation était représentée par une veine complexe, associée à une "klüft" silico-carbonatée elle-même minéralisée ; l'ensemble était épais de 1,30 m et ses teneurs moyennes étaient les suivantes : Pb : 4,20 % ; Zn : 1,50 % : Ag : 115 g/t ; sauf pour l'argent, ces teneurs étaient du même ordre de grandeur que celles des veines de l'allongement 220 sud de Saint-Nicolas.

La découverte de la minéralisation précédente et d'un "toit" de microsyénite était un fait très important en soi a priori, quelle que soit la valeur économique de cette minéralisation dans le plan du sondage. En effet, dans le secteur au nord, sur une longueur de 250 m environ, les travaux anciens figurés sur le plan de la CMV n'avaient pas atteint ce "toit" et ce serait pour cette raison que les Anciens signalaient un "serrement" du "gros filon" dans le secteur du travers-bancs de la Fonderie. Donc, correspondant à la lentille profonde de LCM_1, on pouvait penser qu'il existait au-dessus, dans ce secteur nord, une ou plusieurs colonnes restées inexplorées au "toit" des anciens travaux. Il s'agissait donc, à l'époque, d'un résultat nouveau qui fournissait une nouvelle direction de recherche, à savoir que, dans l'emprise verticale de leurs travaux, les Anciens auraient ignoré une partie de la minéralisation exploitable. Au sud, par contre, cette minéralisation du "toit", supposée vierge au nord, avait été certainement reconnue et dépilée dans le "chai des Frenchis" et dans l'"amas dit de Taylor".

Sondage LCM_2. Ce 2ème sondage, qui a fourni des résultats très différents de ceux de LCM_1, a été implanté dans le quartier Saint-Nicolas, pour reconnaître l'aval-pendage de la formation minéralisée dans le secteur du "nouveau chai de plomb", à une centaine de mètres au-dessous de l'allongement 220 sud. En fait, étant donné les erreurs topographiques du plan cadastral de 1900, il a reconnu cet aval-pendage plus au nord, entre le "chai Saint-Nicolas" et celui dit de la Paroisse.

Dans ce sondage, on ne trouve absolument pas de "grande fracture" limitée par deux épontes nettes. On peut seulement y distinguer un "toit" formé par un filon de granite leucocrate, mais il n'y existe pas de "mur" ; ce dernier fait, il convient de le signaler, avait déjà été mentionné par le concessionnaire de 1902 (G. ALLEMAND), lors de l'exécution des travaux du travers-bancs DEMMLER.

Le "toit" précédent peut être assimilé très probablement au "toit" aplitique suivi dans la descenderie Saint-Nicolas et dans une partie des allongements 220 et 170 sud. Les indices de minéralisation débutent en fait à quelques mètres au-dessus du granite considéré, sous la forme de minces filets de blende à gangue carbonatée. Puis, le granite est traversé lui-même par des fissures remplies de cristallisations de galène et de blende et il est accompagné à son mur immédiat, par une "klülft" non minéralisée.

Ensuite, sur une distance traversée de 114 m, soit une épaisseur de 80 m environ, la formation gneissique renfermant quelques filons et filonets granitiques, présente de nombreuses fissures et microfissures minéralisées principalement par de la blende, plus rarement par de la galène. Elles sont particulièrement abondantes "au toit", sur une distance d'une vingtaine de mètres, mais leur densité est toujours insuffisante pour qu'elles puissent constituer des passées à teneur économique : pour fixer les idées, la passée la plus "riche", épaisse de 0,50 m , renferme seulement 2,18 % Zn . Il n'est pas exclu que d'autres filets se trouvent au-delà du sondage.

Ce sondage est donc entièrement négatif au point de vue économique, présentant toutefois un intérêt géologique ; d'une part, il montre la continuation de la structure locale (un "toit" de granite) à une centaine de mètres au-dessous du niveau le plus bas de la mine, et, d'autre part, il confirme l'importance du phénomène métallogénique régional : les filets rencontrés de blende et galène sont répartis dans une épaisseur de terrain égale à une centaine de mètres et les plus profonds se trouvent à 350 m environ au-dessous de la surface.

En définitive, les sondages LCM_1 et LCM_2, distants de quelque 800 m, ont montré la poursuite de la minéralisation en aval-pendage, jusqu'à des profondeurs considérables (330 m à 350 m), mais sous deux formes défavorables économiquement : d'une part (LCM_2), du minerai disséminé qui peut être très puissant mais dont les teneurs sont extrêmement faibles et, d'autre part, des veines d'ordre métrique (LCM_1) qui étaient exploitables aux 18ème et 19ème siècles, sous le vocable de "minerai à boccard", mais qui ne le sont plus actuellement.

L'existence du 3ème type associé, celui formé par les amas riches et puissants des grands "chais", reste donc entièrement aléatoire au-dessous du niveau atteint par les anciens travaux. Pour démontrer son existence ou non, il aurait donc fallu exécuter de nouveaux sondages longs, donc très onéreux, et on a fort justement reculé devant la dépense. Toutefois, si une 3ème subvention avait été accordée par le Conseil Général des Vosges, il est probable que l'on aurait effectué un 3ème sondage long, qui aurait pu éventuellement relancer la recherche en profondeur.

Sondages LCM_3 à LCM_7. Comme expliqué plus haut, les résultats du sondage LCM_1 avaient laissé entrevoir la possibilité, sur la foi des plans existants, de minéralisations vierges et peut-être donc d'amas riches, dans l'emprise verticale même des anciens travaux. Ces minéralisations devaient se trouver "au toit" de ces travaux, dans la région de la butte Saint-Jean et peut-être dans le quartier peu connu du Chipal ; dans le quartier Saint-Nicolas, par contre, on savait qu'elles étaient explorées et exploitées (au moins en partie). La non-reconnaissance de telles minéralisations était, en outre, rendue plausible par le fait que, en raison de la topographie (situation sur la rive droite) et du pendage général vers l'est, les anciens travaux miniers avaient toujours abordé la "grande fracture" par le "mur" (ouest) et, étant donné la largeur de cette "grande fracture", on pouvait espérer qu'ils n'avaient pas atteint partout le "toit".

Pour cette nouvelle reconnaissance, 5 sondages (LCM_3 à LCM_7 : 861,20 m) furent effectués en 1977, dans le quartier Saint-Jean et le quartier du Chipal. Ils furent situés et inclinés de façon à recouper la formation vers 80 à 100 mètres de profondeur, c'est-à-dire à un niveau supérieur à celui du coincement des colonnes, et ils furent échelonnés sur une longueur totale de 750 m environ.

Sondage LCM_3. Ce premier sondage de la campagne, dans le quartier Saint-Jean, a été implanté dans le secteur du puits des Allemands, dans le but de reconnaître, à une profondeur d'une centaine de mètres, la minéralisation du "toit" rencontrée à -330 m par le forage LCM_1 (cf. supra). Il a été entièrement foré dans le dyke de "microsyénite" du toit, invisible en affleurement, et il a rencontré des vieux travaux sensiblement au niveau de la galerie de La-Croix, c'est-à-dire à 125 m au-dessous de la surface ; à leur contact, la "microsyénite" est altérée hydrothermalement et elle renferme quelques filets millimétriques de galène et pyrite.

Ainsi donc, ce qui n'est signalé dans ancune description ancienne et n'est pas figuré sur le plan général des travaux, les Anciens connaissaient aussi la "minéralisation du toit" de ce secteur et ils l'ont explorée et exploitée jusqu'à la profondeur de leur niveau inférieur. Au-dessous, on sait qu'elle présente un prolongement important, mais rien ne laisse prévoir qu'elle puisse y présenter des renflements et enrichissements. D'autre part, étant donné ce que l'on sait du contrôle "mécanique" par les corps intrusifs, il est probable que la longueur de cette minéralisation est limitée à la traversée du dyke de "microsyénite".

Sondage LCM4. Ce deuxième sondage du quartier Saint-Jean a été implanté dans le secteur du puits intérieur Saint-Pierre, afin d'y reconnaître, ici aussi, la présence d'une éventuelle minéralisation inexploitée "au toit", hypothèse très plausible du fait que les travaux du travers-bancs de la Fonderie n'avaient apparemment pas atteint un "véritable toit", mais s'étaient arrêtés dans la masse des gneiss.

Ce sondage a rencontré lui aussi des travaux anciens, mais ils ne se trouvent pas au contact d'une roche intrusive formant "toit". Ils se situent à 105 m au-dessous de la surface, entre la galerie Bideau et la galerie d'écoulement de 1756, mais les erreurs topographiques du plan interdisent toute précision.

Donc, dans ce nouveau secteur, les Anciens ont également atteint le "toit" de la minéralisation, bien que ce toit ne soit pas ici défini par un contact. Les résultats de ce 2ème sondage étaient donc aussi défavorables que ceux du premier. En outre, d'après le plan des travaux, malheureusement inexact, cette minéralisation aurait ici complètement disparu à la profondeur de 145 m.

Sondage LCM5. Ce 3ème sondage a été implanté dans la partie nord du quartier du Chipal, à 90 m environ au sud du puits de Trinklin. Il a lui aussi rencontré des vieux travaux, à une centaine de mètres de profondeur ; ceux-ci se trouvent dans le prolongement de la veine reconnue (et exploitée) par les galeries de Trinklin et de Saint-Nicolas-des-Fossés et il n'y a donc pas, dans ce secteur, de minéralisation située "plus au toit". Mais, comme l'indique la position du dépilage rencontré, cette veine a fait l'objet de travaux plus profonds que ceux indiqués sur le plan et il y a certainement eu d'autres chantiers que le seul "chai de Trinklin" cité dans la littérature.

Sondage LCM6. Ce sondage a été implanté pour reconnaître la formation dans le secteur médian du quartier du Chipal, au voisinage du puits Saint-Paul. Il a été arrêté à la distance de 203,40 m, sans avoir rencontré de

travaux anciens ni de veines minéralisées. Ici, malgré la traversée de plusieurs passées bréchiques et de plusieurs failles, il n'y a pas de minéralisation "au toit" de la formation de Trinklin.

Sondage LCM7. Ce dernier sondage a été implanté dans le secteur sud du quartier, celui du travers-bancs Notre-Dame, près de l'extrémité méridionale du plan ; dans ce secteur, les anciens travaux figurés étaient très réduits, avec notamment disparition de la galerie Saint-Nicolas-des-Fossés et de la galerie d'écoulement, arrêtée plus au nord.

Or, à la distance de 197,25 m, le sondage a rencontré un ancien dépilage (ou, ce qui est moins probable, une ancienne galerie) qui, réserves faites sur la précision, se trouve à une centaine de mètres au-dessous de la galerie du "Chipault". Cette découverte était vraiment inattendue et elle démontrait qu'il existait un réseau de travaux profonds restés totalement inconnus. Elle suggérait aussi que, sans atteindre les 6 500 mètres de LENOIR et GILLET de LAUMONT, la galerie d'écoulement pouvait s'étendre plus loin vers le sud que ne l'indiquait le plan ; on pouvait aussi penser que , dans le quartier le plus méridional, celui des Chaumelles, les travaux anciens pouvaient être beaucoup plus développés que le travers-bancs et le puits incliné de 50 m,seuls signalés.

Quoiqu'il en soit, la formation dépilée dans le "vieux Saint-Paul", près de la base du puits Lavoisier, a été, en fait, l'objet d'une exploitation beaucoup plus importante et beaucoup plus profonde, sans doute jusqu'à son coincement en aval-pendage. Il n'y a pas ici, non plus, de minéralisation vierge "au toit" et on doit admettre que, dans les trois quartiers, il n'y a plus de réserves de minerai dans l'emprise verticale des anciens travaux (hauteur de 125 à 135 m).

Prolongement nord. A priori, les réserves les plus accessibles pouvaient se trouver dans le prolongement nord, prolongement décalé sur la rive gauche par une importante faille NW-SE. Il y existait 3 anciens "porches" appelés Saint-Joseph, Saint-François et La Stolle. Celui de Saint-Joseph (galerie d'adduction d'eau actuelle ?) avait été travaillé avant 1480 et réouvert en 1785, à la demande de DUHAMEL fils. On accédait aux travaux par un travers-bancs long de 190 m en ligne droite et, dans ceux-ci, "la minéralisation était aussi abondante que dans la mine Saint-Nicolas ; seulement, en plus de la galène argentifère, il y

avait du plomb blanc*, énormément de blende et des sulfures de cuivre tenant argent".

Au sujet de ces mêmes travaux, GUILLOT-DUHAMEL, inspecteur général des mines, écrivait en 1784 : "si l'on recherche les causes de l'abandon de cette montagne neuve, nous trouvons que c'est uniquement parce que la galène se trouve mélangée à de la blende en telle quantité que cette dernière était une gêne et un désastre pour les fonderies de La-Croix-aux-Mines (il y en avait 3 dans la forêt), la métallurgie de la blende n'étant pas connue à cette époque". Toutefois, quelques années plus tard, de DIETRICH (1800) mentionne que les travaux de Saint-Joseph ont été peu considérables et qu'ils ne montraient que de petites haldes "contenant du minerai de plomb très pauvre".

La galerie Saint-François, à laquelle on travaillait en 1662, "en y espérant de la riche mine", se trouve au bas de la butte de la Béhouille, immédiatement derrière l'usine textile Burlington-Schappe. Elle est entièrement accessible et stérile (à part des traces de carbonates de cuivre), ce qui avait déjà été signalé par les anciens auteurs. L. VOLTZ (1819) y présume que l'extrémité se trouvait dans le filon principal, "lequel serait encore stérile et ébouleux, ce qui n'est pas ordinaire dans la roche de ce filon". Il s'agit en fait d'une zone faillée transversale appartenant au faisceau NW-SE.

Quant à La Stolle, dont on ne connaît plus l'emplacement, les travaux y étaient déjà suspendus en 1667 pour la deuxième fois. Réouverts en 1803, ils comportaient un travers-bancs long de 70 m, qui rencontrait le gîte à 60 m au-dessous de la surface du sol. La largeur de la fracture, dans le prolongement du travers-bancs, était de 27 m et la minéralisation était semblable à celle de Saint-Nicolas, avec, en plus, de la blende. Une autre galerie également appelée "La Stolle" se trouve dans le village même de La-Croix-aux-Mines. Elle a seulement suivi, sur une longueur de 45 m environ, une cassure stérile dirigée NW-SE.

En définitive, on pouvait penser que, dans ce secteur de la rive gauche, il existait un tronçon septentrional, long de 400 à 500 m, resté largement inexploré en raison de la présence gênante de blende abondante. Pour sa reconnaissance, on effectua d'abord des lignes de prospection géochimique Pb-Zn, une prospection géophysique VLF et 11 forages waggon-drill.

---

* Cérusite

La prospection géochimique ne mit en évidence qu'une anomalie Pb faiblement contrastée, qui présentait toutefois un certain intérêt du fait qu'elle correspondait au passage du "gros filon", tel qu'on pouvait l'inférer de la littérature ancienne. La prospection VLF, perturbée par des lignes électriques, ne montra qu'une petite anomalie sur deux profils voisins de 50 m. Quant aux forages waggon-drill, ils n'ont pas rencontré de minéralisation sulfurée (sauf de la pyrite), mais l'un deux a recoupé des roches altérées pouvant correspondre à un "chapeau de fer".

Etant donné ces résultats décevants, on a seulement exécuté deux sondages carottés (75,20 m et 179,90 m), pour terminer l'exploration. Le premier a été arrêté dans une "microsyénite" altérée et fissurée (filets de quartz et de pyrite) et l'on pouvait penser que la minéralisation signalée de Saint-Joseph se trouvait, vers le NW, au mur immédiat de cette "microsyénite".

Le second sondage, destiné à vérifier cette hypothèse, a rencontré principalement de la "microsyénite" fraîche ou altérée, avec de nombreux filets de carbonates, de quartz et de pyrite et, à 107 m, une brèche argileuse (faille transversale ou prolongement stérile du "filon" de Saint-Joseph ?). Quoiqu'il en soit, étant donné les résultats négatifs précédents, on ne pouvait plus guère espérer trouver du minerai exploitable dans ce quartier de la rive gauche et les travaux furent complètement arrêtés après les deux sondages carottés décrits.

Prolongement sud. Les espoirs d'un prolongement dans cette direction provenaient essentiellement du fait qu'il semblait n'y avoir eu que des travaux peu importants dans le quartier méridional des Chaumelles (encore que les résultats du forage LCM7 inclinaient à la prudence), et une première prospection géochimique sols, effectuée en 1976, avait mis en évidence une anomalie géochimique Pb (teneur atteignant 800 ppm), en dehors des alluvions, à 200 m au sud de ces travaux des Chaumelles. On connaissait aussi, sur ce prolongement sud, à 600 m au delà et sur la rive gauche, des traces d'anciennes fouilles, mais une prospection géochimique, exécutée en 1978, concurremment avec l'examen des déblais, avait montré qu'il ne devait s'agir que d'une recherche stérile.

Afin de préciser l'implantation des sondages éventuels, une prospection VLF fut effectuée en 1979 (5 profils échelonnés sur une distance de 300 m environ). Ils ont tous montré des valeurs anomales importantes, qui pouvaient correspondre au trajet d'une zone minéralisée altérée. Ce trajet ne se trouve pas sur le prolongement sud lui-même des travaux connus des Chaumelles, étant décalé vers l'est de 150 m environ, mais ce décalage pouvait être dû à une faille transversale.

Quoiqu'il en soit, il était intéressant d'exécuter une prospection géochimique Pb-Zn dans la zone de cette anomalie VLF. Cette prospection mit en évidence une anomalie Pb (facteur de concentration de 4 à 5), qui formait un alignement long de 150 m avec l'anomalie de 1976. Cette anomalie géochimique était décalée vers l'aval par rapport à l'anomalie VLF, ce qui pouvait être dû logiquement à des glissements suivant la pente et on pouvait considérer qu'on se trouvait dans le cas favorable de la "coïncidence" entre une anomalie géochimique et une anomalie géophysique.

Avant d'exécuter un sondage long traversant la double anomalie, on a effectué une ligne de 3 forages waggon-drill, dont les résultats ont été négatifs. Mais, faute d'entente avec le propriétaire du sol, cette ligne avait dû être placée au sud des anomalies.

Le sondage long carotté (LCM_{10} : 175,30 m) a été lui aussi négatif : il renferme seulement, en plusieurs endroits, des filets de sidérite et de la pyrite et, vers 165 m, il a trouvé une passée bréchique silicifiée stérile. Pour conclure définitivement, il aurait fallu exécuter un sondage supplémentaire sur l'anomalie géochimique de 1976, qui présente les plus fortes valeurs. Mais, de toute façon, le prolongement éventuel au-delà des travaux des Chaumelles ne peut guère dépasser 200 m et l'ensemble des sondages effectués deuis 1975 paraissait bien indiquer que les Anciens avaient dépilé tout le minerai exploitable. Dans ces conditions, la reconnaissance du prolongement sud n'a pas été poursuivie.

En restant dans la même région, on peut signaler que l'on n'a effectué aucun forage pour l'exploration du filon argentifère Saint-Marc, car il était évident que celui-ci ne pouvait plus renfermer qu'un tonnage très faible. En outre, sa grande lenticularité était peu favorable à une exploration par sondages.

Autres travaux

Les Grandes Bollaies. Il s'agissait de confirmer et préciser, dans ce secteur qui se trouve à 3 km environ au nord de La-Croix-aux-Mines, une anomalie géochimique antérieure de la SMM Châtelet. L'anomalie trouvée est de faible amplitude et elle est certainement formationnelle, en relation avec la base d'un lambeau-témoin de Permien*.

---

* Il est à signaler que la base du Trias détritique (Buntsandstein), du moins lorsqu'elle repose directement sur le socle anté-permien, est également marquée par une anomalie géochimique Pb (avec éventuellement de fortes teneurs : 2 à 3 000 g/t).

Les Grands Prés. Dans ce secteur, qui se trouve à 200 m seulement au nord de la galerie Saint-François, une prospection géochimique Pb-Zn avait été effectuée en 1976, dans l'espoir qu'elle indiquerait le passage d'un prolongement nord. Les résultats ont été négatifs, ce qui confirme, concurremment avec la galerie et les sondages (cf. supra), que la minéralisation Pb-Zn ne doit guère se prolonger au-delà des travaux Saint-Joseph. Ainsi, le "gros filon" de La-Croix-aux-Mines aurait une longueur totale de 2 km environ et non de 6 km, comme l'indique la carte géologique.

Lauterupt (ou Lauteru). Dans le vallon de la Basse des Péreux, juste en amont de Lauterupt (3,5 km ENE de La-Croix-aux-Mines), les documents de la SMM Châtelet indiquaient une nette anomalie géochimique Pb, avec de fortes teneurs (isanomale à 2 500 ppm, avec des teneurs isolées plus élevées). Pour confirmer cette "belle" anomalie, une prospection géochimique Pb fut effectuée en 1976, qui ne retrouva pas les valeurs données par la SMMC : sur 80 échantillons, un seul était nettement anomalique (1 200 g/t) et, à son voisinage, on ne remarquait aucune trace d'anciens travaux et on ne trouva pas de minéralisation.

Ginfosse. L'indice de Ginfosse se trouve à l'ouest du hameau du même nom, à 4 km environ au nord de La-Croix-aux-Mines ; géologiquement, il se trouve toujours dans les gneiss à cordiérite, mais au nord de la grande faille NW-SE de Coinches. Il a été découvert en 1974 par la prospection au marteau assistée des réactifs colorimétriques Pb et Zn et il est marqué par une anomalie géochimique tactique Pb peu importante.

En 1976, on l'a reconnu en profondeur au moyen de 2 sondages courts (total : 85,25 m). Ces sondages ont mis en évidence le passage d'une fracture NW-SE (correspondant sensiblement à l'axe de l'anomalie géochimique), située au voisinage d'une faille importante de même direction, bien marquée par un remplissage d'argile blanche ; à son contact, un filon local de "microsyénite" est parcouru par un réseau de filets pyriteux et les joints et fissures des diverses roches recoupées (gneiss et intrusions granitiques) sont souvent tapissés d'enduits de cérusite. De la galène pourrait exister en profondeur, mais il a paru peu justifié d'y effectuer un sondage profond pour vérifier sa présence.

Notre-Dame-de-Benabois. On peut signaler, pour terminer, que l'on n'a pas retrouvé de traces de cet ancien "porche", qui produisait de la "riche galène argentifère" pratiquement sans gangue. Il était situé dans le vallon de Raumont ou du ruisseau de Verpellière, et il s'agissait donc d'une minéralisation distincte de celle du "gros filon".

Conclusions générales

On peut admettre d'abord que la région de La-Croix-aux-Mines a été suffisamment étudiée pour énoncer des conclusions très vraisemblables. Les Anciens ont, apparemment, dépilé tout le minerai exploitable à leurs différentes époques, jusqu'au coincement en profondeur (vers 125-135 m) des minéralisations riches et épaisses, et cela sur toute la longueur du gisement, puisqu'il n'existe pas de prolongements tant vers le nord que vers le sud. Il reste, par contre, des minéralisations en aval, pouvant atteindre de grandes profondeurs (cf. LCM_1 et LCM_2), mais sans présenter de caractères exploitables pour l'époque actuelle. En dehors des anciens travaux, un seul petit indice de minéralisation a pu être découvert, celui de Ginfosse. Il est certain que la vallée de la Morte ne retrouvera jamais l'activité minière du "val de Galilée".

2.1.2 - Lusse (88) (Pb, Zn, Ag) - Carte à 1/50 000 de Saint-Dié

Situation

Les minéralisations de Lusse (88), connues depuis longtemps, se trouvent près du lieu-dit Le Faing des Sarrazins, à 1 500 m au NE du village et à 12 km environ de Saint-Dié en direction ENE. Elles sont ainsi situées dans la région du Massif des Vosges qui renferme la plus grosse concentration connue de gisements et indices de plomb, argent, cuivre et zinc : La Croix-aux-Mines à 8 km au SE, Lubine à 3 km au SE, le filon Saint-Sylvestre à 6 km environ vers l'ENE, ...

Géologiquement, la région est occupée par des gneiss anatectiques à cordiérite et sillimanite (appelés gneiss de Lusse par J. HAMEURT (1967)), mobilisés à des degrés divers et présentant des contacts normaux ou anormaux avec le Permien voisin de la bordure NE du bassin de Saint-Dié (assise de Meisenbuckel du Saxonien). Parmi les contacts anormaux, le plus important est une faille senestre dirigée NW-SE (que l'on peut appeler faille de la Boudière), qui présente un rejet vers le SW et décroche le contact sur une distance de 500 m environ. Cette faille est spécialement intéressante au point de vue gîtologique, car c'est elle qui renferme le filon principal connu. Sur la carte géologique de Saint-Dié, son tracé est arrêté vers l'est dans le vallon des anciens travaux, mais il est quasi certain quelle se prolonge de l'autre côté du vallon, où l'on retrouve sa trace sur le chemin de Lusse à Ordon.

En anticipant, on peut signaler dès maintenant que, contrairement à ses épontes, le remplissage filonien n'est ni broyé, ni laminé. Il est donc certain que sa

mise en place est postérieure au jeu principal de l'accident, c'est-à-dire postérieure au Saxonien basal. A ce point de vue, le filon de Lusse est à rapprocher des petits filons cuprifères d'Anozel (88), Nayemont-les-Fosses (88) et Lubine (88), qui traversent , au moins en partie, la couverture permo-stéphanienne.

Historique

Contrairement au cas des gîtes voisins de La-Croix-aux-Mines et Sainte-Marie-aux-Mines, on possède peu de renseignements sur les travaux effectués à Lusse, même sur les plus récents. D'après G. CABOURDIN (1967), la première mention écrite sur l'ancienne exploitation, qui était rattachée à celle de La-Croix-aux-Mines, daterait de 1540, année où l'on abandonnait provisoirement le "porche Notre-Dame de Faulruz", près de Lusse. Ces travaux reprirent en 1553, jusqu'en 1580, période pendant laquelle on produisit de l'argent : par exemple, 176 marcs* (43 kg environ) en 1562 et 834 marcs (204 kg environ) pour les deux années 1570 et 1571. Au cours de cette même période, les officiers des mines de La-Croix et les "comparsonniers" du "porche Notre-Dame" auraient obtenu, en 1566, l'autorisation d'ériger une fonderie près du village de Lubine et du dit "porche"**, à leurs risques et périls ; mais cette fonderie ne fut sans doute pas construite, car, en 1590, pendant la dernière période, les "parsonniers" de la "Montagne de Samson" (?) demandèrent encore à "lever une fonderie à Lubine".

Les travaux avaient repris en 1583, mais une importante venue d'eau contraignit les mineurs à les abandonner derechef, en octobre 1586. Il fallut installer un autre engin d'exhaure et relever la galerie d'écoulement (erbestolle)***, ce qui coûta la somme de 2 000 F. La mine fut encore reprise, à une date inconnue, car on sait qu'en 1591 son minerai était affiné à Sainte-Croix-aux-Mines (dépendance de Sainte-Marie), puis l'argent acheminé à l'Hôtel des Monnaies de Nancy. On sait aussi que, l'année suivante, les "parsonniers" de Notre-Dame furent suspectés d'avoir vendu 300 marcs environ en Allemagne, "contre la teneur de la permission".

Enfin, en 1594, sous l'impulsion des frères Prechter de Strasbourg, la mine produisit encore 207 marcs d'argent fin (50,6 kg environ), mais, peu après, l'exploitation était arrêtée, car cette fin du XVIème siècle vit le déclin général des

---

* Comme à La-Croix-aux-Mines, il s'agit du marc de Troyes (244,7 g).

** Il est à signaler que le village de Lubine n'est pas voisin du "porche" et se trouve dans une vallée différente.

*** On ignore où se trouvait cette galerie d'écoulement.

mines d'argent européennes, y compris La-Croix-aux-Mines et Sainte-Marie-aux-Mines. En ce qui concerne les travaux miniers, outre le "porche Notre-Dame" et la galerie d'écoulement, G. CABOURDIN signale l'existence de 4 puits, en 1583, atteignant une profondeur totale de 125 m*.

Dans le voisinage de Notre-Dame, mais sur l'autre versant de la vallée de Lusse, à 2,5 km environ au SE, il existait une 2ème mine appelée "Saint-Jean-de Haute-Merlusse"**, qui, elle, fut abandonnée provisoirement en 1550, dix ans après Notre-Dame. Elle fut ensuite reprise, à des dates et pour des durées inconnues, car un rapport de la Chambre des Comptes de Nancy, rédigé en 1608, indique qu'il existait à cette époque, dans le "val de Galilée"***, 13 mines dont 5 seulement "se labouraient", parmi lesquelles "Saint-Jean-de-Haute-Merlusse", reprise et abandonnée plusieurs fois depuis un demi-siècle, car "la dureté de la roche et la menace (?) en rendaient l'exploitation très difficile". Rappelons que, à cette date, Notre-Dame était abandonnée.

D'autres indications sur les anciens travaux de Lusse se trouvent dans l'ouvrage de de DIETRICH (1800) concernant la Lorraine. Cet auteur signale d'abord que MM. DUHAMEL et MALLET, inspecteurs des mines de son vivant, "n'avaient pu retrouver les vestiges de mines de plomb, argent et cuivre, indiqués dans le finage de Lusse, et seule la tradition du pays donne quelques connaissances des mines qui y ont existé et de leur exploitation". Il mentionne ensuite un rapport de la Chambre des Comptes de Nancy, daté du 2 janvier 1571 et consacré à cette exploitation, dont on peut citer textuellement le passage suivant :

"Ils trouvèrent cette mine en forte bonne apparence, de laquelle se tire de jour en jour de la myne, non toutes fois en si grande quantité qu'elle puisse suffire à l'entreteinement des ouvrages qu'il y convient faire incessamment, pour être iceux de très grands fraiz à cause de la profondité des porches et renchéris-

---

* Ce renseignement se trouve apparemment en contradiction avec les résultats des sondages BRGM (cf. infra).

** Il n'a pas été possible de retrouver l'emplacement de ces anciens travaux ; toutefois, les alluvions du vallon renferment de la pyromorphite.

*** Saint-Jean ne se trouvait pas, en fait, dans la vallée de La-Croix-aux-Mines, mais, comme Notre-Dame, il devrait être exploité par des "parsonniers" de cette vallée.

sement de toutes sortes de provisions y nécessaires, tellement qu'au dernier compte rendu par le ferveser de l'icelle montagne, elle est en arrière de 2 600 florins ou environ, encore qu'ez années 1570 et 1571 elle ait rendu en la monnaye de ce lieu 834 marcs argent de cendrée. Et d'autant que pour le profit et advancement de la dite montagne, il convient de chasser un porche dit Saint-Jacques* pour venir au fond à ce de pouvoir plus facilement et à moins de fraiz esprimer les eaux et tirer la mine en hault, auquel porche reste à labourer 130 toises** de longueur".

Quant à la fonderie de ces mines de Lusse, elle se serait trouvée à Lierme (?), dans la terre de Varde-de-Saulcy, "à 2 500 toises sud de Saint-Diez et 3 150 toises de La-Croix". Cet endroit, dont on ne connaît d'ailleurs plus l'emplacement exact, apparaît fort éloigné, mais la fonderie de Lierme traitait certainement aussi le minerai de même nature des travaux de Remémont (10 km au SW de Lusse), qui étaient en activité à la même époque et "dont la fonderie, suivant la tradition du pays, se trouvait dans la vallée de Saint-Diez".

Après une longue période d'oubli, dont témoigne l'article de de DIETRICH (cf. ci-dessus), quelques travaux furent de nouveau entrepris à Lusse, dans les années 1840, par un certain RENAUD de SAINT-AMOUR qui avait acheté le "pré des mines", sur lequel avaient été étalés, depuis une vingtaine d'années, les déblais de l'ancienne exploitation "qui devaient contenir au moins mille voitures de blende riche". Ces travaux furent visités par le Service des Mines le 7 mai 1844, ce qui nous permet d'avoir quelques renseignements sur leur teneur.

Il s'agissait d'une galerie supérieure aux anciens déblais, qui avait mis à jour principalement des veinules de galène ; cette galerie, au moment de la visite, était longue de 20 m et elle suivait un filon vertical N-S ; les veinules se trouvaient dans du "calcaire" qui renfermait aussi des mouchetures de cristaux disséminés ; au front, ce filon avait une épaisseur de 60 cm et il y paraissait un peu plus riche qu'à l'entrée ; les salbandes étaient formées par un "feldspath altéré". Cette galerie était creusée par un seul ouvrier et de façon intermittente. D'après son examen et celui des déblais, le terrain renfermerait un ou plusieurs filons, contenant de la blende, de la galène, du cuivre pyriteux et du cuivre panaché***, dans une gangue

---

* Il s'agit probablement de la galerie d'écoulement mentionnée par G. CABOURDIN.

** 130 toises : 291 m.

*** Ancien nom de la bornite, laquelle n'a d'ailleurs pas été retrouvée, ni dans les déblais, ni dans les sondages.

de calcaire cristallin (?).

D'après ces quelques renseignements, il semblerait que la galerie en question n'ait pas été ouverte sur le filon des Anciens, qui est dirigé NW-SE et n'est pas vertical. On peut penser aussi qu'il y a eu confusion entre le "calcaire cristallin" et la barytine, car on connaît plusieurs filonets distincts de cette gangue plus ou moins minéralisés en galène. Quant à l'emplacement exact de l'ouvrage, d'après le croquis joint à la pétition du 23 juillet 1840, il devrait se trouver au fond du thalweg, au-dessous de l'entrée des dépilages reconnus et en un endroit marqué par un bouleversement de terrain. On ne sait ni quand, ni comment, se terminèrent ces travaux du XIXème siècle.

Ultérieurement, une tentative de reprise eut lieu en 1911, de la part d'un sieur GROSJEAN ; d'après les vieilles gens du pays, il aurait foncé un puits d'une dizaine de mètres juste devant l'entrée actuelle, à l'emplacement d'un chemin qui n'existait pas encore et traverse à cet endroit un petit tas de déblais. A la même époque, toujours d'après des renseignements oraux, une galerie aurait été ouverte sur la rive gauche, derrière la croix, galerie dont on ignore tout. Il en est de même pour un puits situé plus au nord sur la même rive.

En fin de compte, contrairement à La-Croix-aux-Mines, les renseignements sur les anciennes mines de Lusse étaient très fragmentaires : on ne connaissait pas grand chose sur la consistance de leurs travaux et on savait seulement qu'il y eut une certaine production d'argent au XVIème siècle, dont on ne possédait que quelques rares chiffres. On savait aussi que les travaux avaient été contrariés, voire interrompus, par la trop grande affluence des eaux, et que le prolongement projeté de la galerie d'écoulement Saint-Jacques n'avait certainement pas été exécuté. Enfin, après la redécouverte en 1974, à la faveur du creusement d'un étang, des déblais étalés dans le thalweg, on savait que cette minéralisation était très zincifère : en effet, ces déblais, que l'on peut évaluer à 5 ou 6 000 tonnes, renferment essentiellement de la blende sombre, minéral rejeté avec les stériles au XVIème siècle.

On pouvait donc a priori, en se rappelant par ailleurs un phénomène de zonalité verticale bien connu, penser raisonnablement que les travaux avaient été arrêtés en profondeur en raison d'un trop grand enrichissement en zinc, argument plus important que les difficultés d'exhaure, si l'on se fiait à l'expérience de La-Croix-aux-Mines. On pouvait donc espérer que les Anciens, ici, n'avaient pas dépilé le minerai riche sur toute sa hauteur (ce qui fut vérifié par sondages) et des travaux furent alors entrepris par le BRGM pour évaluer les réserves éventuelles.

Ces travaux furent exécutés de 1974 à 1980 et, comme ceux de La-Croix-aux-Mines, ils bénéficièrent, en 1977 et 1978, de l'appoint d'une subvention du Conseil Général des Vosges (400 000 F au total).

Travaux BRGM

Les travaux exécutés par le BRGM ont été les suivants :

- Carte géologique détaillée.
- Prospection au marteau, avec emploi des réactifs colorimétriques Pb et Zn.
- Prospections géochimiques sols Pb-Zn en 1974 et 1976 (186 échantillons).
- Prospection géophysique (VLF + trainée électrique) en 1979.
- Prospection géochimique sols Pb-Zn-Ag (96 échantillons) en 1979.
- Campagne de sondages courts en 1976 (176,60 m au total).
- Exécution de 3 sondages de reconnaissance (436,35 m) en 1978.
- Campagne de forages waggon-drill (19 forages : 747,70 m) en 1979.
- Exécution d'un sondage Sprague et Henwood (47,10 m) en 1979.
- Exécution de 3 forages CFFM (472,15 m) en 1979.
- Exécution d'un dernier sondage (342,75 m) en 1980.

Résultats

Ces travaux BRGM permirent d'abord de reconnaître le passage du filon des Anciens, qui se trouvait dans la brèche de la faille de la Boudière. Ce passage était marqué, sur la rive droite du vallon, par l'alignement de deux puits et d'une entrée supposée de galerie, au bord du chemin actuel de Lusse au Faing des Sarrazins.

Pour obtenir des renseignements plus précis, on essaya, en 1978, de réouvrir cette galerie, ce qui ne fut pas possible en raison d'éboulements. Toutefois, on put constater qu'il s'agissait d'un dépilage, actuellement encombré de déblais, qui avait une puissance de 45 cm, une direction N-40G-W et un pendage SW de 82G ; ce dépilage se dirigeait tout droit sous la ligne des deux puits. A son voisinage immédiat, dans les gneiss argilisés et laminés du remplissage de la grande faille, se trouvaient 3 petites lentilles de barytine, d'une épaisseur maximale de 20 cm, faiblement minéralisées en galène ; ces lentilles, de directions quelque peu divergentes, ont certainement peu d'extension et on ne les a effectivement pas

retrouvées dans les sondages voisins LS_1 et LS_2 ; mais, si l'on se réfère aux travaux du XIXème siècle, il pourrait en exister de plus importantes, ayant des orientations nettement différentes (N-S ?).

Ces premiers résultats permirent d'implanter au mieux une campagne de 3 sondages (LS_5, LS_6 et LS_7), sur la rive droite du vallon. Deux d'entre eux furent effectués pour reconnaître le filon à deux profondeurs différentes au-dessous des travaux du puits P_2 (distant de 25 m de l'entrée du dépilage), le 3ème pour le reconnaître dans la direction NW, à 185 m de ce puits.

Les résultats obtenus ont été importants, tant en ce qui concerne la minéralisation que la teneur des anciens travaux. Dans ce secteur de la rive droite, le filon avait été exploité sur un allongement atteignant au moins 220 m et sur une hauteur de 75 à 80 m à partir du jour. En outre, il n'était pas exclu que, localement, des travaux plus profonds aient été entrepris (cf. puits signalés par G. CABOURDIN).

En ce qui concerne le filon, les 3 sondages ont bien confirmé qu'il était encaissé dans la faille NW-SE de la Boudière, ce qui était a priori favorable au point de vue de son extension, tant latérale que verticale. Cette faille était bien marquée par une passée laminée, altérée et bréchifiée, puissante de plusieurs mètres et limitée par deux salbandes d'argile noire. Les anatectites y étaient cataclasées, voire mylonitisées et plus ou moins transformées en "hydrothermalites".

Le filon principal, recoupé à 80 m et 120 m au-dessous de la surface, montre une caisse "bien réglée", d'une puissance invariable de 0,4 m avec un pendage SW variant entre 75 et 80G. La minéralisation est presqu'entièrement concentrée dans cette mince caisse et, en dehors, on a rencontré seulement quelques filonets : un filonet géodique irrégulier (3 à 8 cm), formé par de la blende et de la galène dans une gangue barytique ; un filonet de galène (4 cm) à gangue de quartz et barytine ; quelques filets de barytine dont l'épaisseur ne dépasse pas 1 à 2 cm ; ...

Minéralogie

Le filon principal, lui, constitué de blende cadmifère et de galène argentifère, avec quelques agrégats sporadiques de chalcopyrite, pour s'en tenir aux principaux minéraux, présente une texture générale rubanée, constituée par une alternance de bandes quasi massives et de bandes pauvres. Mais, leur succession

n'est pas régulière et ces bandes sont lenticulaires dans le détail, leur ensemble formant une caisse régulière de 40-45 cm.

Confirmant les observations des déblais, la blende est le minéral dominant des bandes quasi-massives. Elles est certainement ferrifère (teinte brun sombre) et elle peut constituer elle-même des rubans quasi massifs, dont l'épaisseur peut atteindre 10 cm, mais est réduite parfois à 5 mm ; ces rubans peuvent alterner avec des filets de galène , plus irréguliers, et leur ensemble, formant le minerai riche, peut inclure des enclaves oblongues d'anatectites hydrothermalisées. Le sulfure de zinc précédent est généralement une variété de haute température, qui renferme de nombreuses "gouttelettes" de chalcopyrite d'exsudation. Mais, localement, cette variété est cataclasée et ses fissures sont colmatées par une 2ème variété sans exsolutions. En plus des "gouttelettes", peuvent se trouver des agrégats de chalcopyrite (type de haute température), mais la teneur en cuivre reste toujours faible. Les autres inclusions sont formées par de la galène plus tardive, du quartz idiomorphe, des traces de pyrite xénomorphe et de pyrrhotite altérée. Enfin, on peut rencontrer de faibles quantités de proustite dans les fissures du sulfure.

La galène, deuxième minerai par ordre d'abondance, est étroitement associée à la blende, mais elle peut se trouver aussi dans des lentilles annexes à gangue de barytine. Dans le filon principal, elle forme soit de minces rubans alternant avec des bandes de blende, soit des inclusions dans ces bandes ; d'une façon générale, le sulfure de plomb est quelque peu postérieur et il peut corroder le sulfure de zinc.

Cette galène est très anisotrope, ce qui est significatif de la présence d'une quantité importante de Sb dans le réseau cristallin, et elle peut renfermer de nombreuses inclusions, outre des plages corrodées de blende. On peut y trouver ainsi : du cuivre gris peut-être argentifère (freibergite ?), présentant deux variétés ; des micro-inclusions de bournonite, très abondantes mais très petites (1 à 10 micromètres) ; des micrograins de freieslebénite ; des micro-inclusions bacillaires de polybasite ; de très nombreux micrograins de boulangérite ; des inclusions d'un minéral du groupe gersdorffite-ullmanite, dont les cristaux les plus grossiers peuvent présenter une nette zonation : partie centrale formée par de la corynite et bordures constituées par de l'ullmanite - ou bien être formés uniquement par ce dernier minéral ; des inclusions corrodées de pyrite, dont certaines présentent des zonations internes de bravoïte ; de fines et rares plages de pyrargyrite ; des inclusions ultramicroscopiques d'antimoine natif (ordre de 1 micromètre), confirmant l'abondance de Sb déjà suggérée par l'anisotropie ; des

micro-inclusions d'argent natif ou de dyscrasite ; des traces fissurales de proustite (comme dans la blende) ; un peu d'argyrose de cémentation et, enfin, des cristallisations de cérusite dans les clivages ; ces dernières se trouvent seulement dans les échantillons des déblais et leur formation peut être subactuelle.

La chalcopyrite, à part ses exsolutions dans la blende, n'existe que sporadiquement, soit sous forme d'agrégats inclus, soit sous celle de dépôts fissuraux dans le sulfure de zinc ; elle peut aussi jalonner des contacts blende-galène ou quartz-galène ; enfin, elle peut être cernée par des liserés de cuivre gris.

En outre de ses inclusions dans la galène, la boulangérite peut se rencontrer dans le quartz de la gangue (fins cristaux aciculaires). Il en est de même pour la corynite et l'ullmanite. La pyrite, enfin, est rare dans l'association minérale du filon ; par contre, elle est abondante dans les anatectites encaissantes, où elle forme soit de minces remplissages de fissures, soit des agrégats millimétriques, voire centrimétriques.

Dans le filon, la gangue est constituée par du quartz et des carbonates, mais, répétons-le, il existe aussi de la barytine, qui forme des filonets minéralisés préférentiellement en galène. Les carbonates comprennent, déposés dans l'ordre, d'abord de la calcite ferrifère, ensuite de la sidérite, le quartz hydrothermal terminant la succession. La calcite ferrifère renferme, dans ses clivages, des hydroxydes de fer exsudés, tandis que la sidérite postérieure est remplacée par de tels hydroxydes et par des psilomélanes, qui sont parfois de la todorokite. Il est à noter que la sidérite est souvent absente et la gangue est généralement formée seulement par de la calcite ferrifère et du quartz.

On peut remarquer que tous les minéraux argentifères se trouvent inclus dans la galène, si l'on excepte les traces fissurales de proustite dans la blende. L'argent se trouve donc en relation avec le plomb, avec un rapport Ag/Pb voisin de 2,5 °/oo (cf. infra) ; il doit en être de même de l'antimoine (non analysé).

Au point de vue éléments exprimés minéralogiquement, l'association minérale décrite comporte : Pb, Zn, Cu, Ag, Ni, Sb, As et Fe. Quant à l'ordre des cristallisations (après le dépôt des minéraux de gangue), il paraît être le suivant : pyrite, corynite - ullmanite, blende, chalcopyrite, cuivre gris, galène, bournonite - boulangérite, antimoine natif, pyrargyrite, proustite et argyrose de cémentation. Il est à noter que cette association minérale présente quelques différences notables avec celle de La-Croix-aux-Mines (prédominance de la blende, absence de As natif

mais, par contre, présence de Sb natif, absence de minéraux cobaltifères, ...).

Contre les bandes riches formées par l'association précédente, les intercalations pauvres sont constituées par des "hydrothermalites" schistifiées renfermant seulement des grains dispersés de blende, galène et pyrite.

Teneurs

Au total, les teneurs de l'ensemble de la caisse (0,40 m) sont très élevées pour le plomb, le zinc et l'argent : dans le sondage Ls_5 : Pb : 11 % ; Zn : 33,2 % et Ag : 278 g/t ; dans le sondage Ls_7 : Pb : 14,5 % ; Zn : 21,4 % et Ag : 385 g/t. Les rapports Ag/Pb sont sensiblement les mêmes dans les deux cas : 2,53 °/oo et 2,65 °/oo et l'argent est très certainement associé à la galène (cf. supra).

Le cuivre est toujours peu abondant, même là où existent des agrégats de chalcopyrite ; sa teneur atteint 0,99 % dans le sondage Ls_7 et seulement 650 g/t dans le sondage Ls_5 ; cette teneur aurait pu être plus élevée dans la partie superficielle mais il est peu probable que les Anciens aient jamais exploité le métal. Dosé dans le forage Ls_5, le cadmium y présente une teneur intéressante de 1 760 ppm, ce qui donne un rapport Cd/Zn de 5,3 °/oo (soit 2,8 kg environ de Cd par tonne de concentré à 55 % Zn). Quant au germanium, analysé dans le sondage Ls_7, sa teneur est très faible : 25 g/t.

Connaissant les teneurs et les puissances, il est possible de calculer approximativement les quantités de métal par m^2 de surface du filon. On trouve ainsi : pour le sondage Ls_5 : Pb : 175 kg/m^2 ; Zn : 530 kg/m^2 (donc M : 705 kg/m^2) ; Ag : 440 g/m^2 - pour le sondage Ls_7 Pb : 225 kg/m^2 ; Zn : 335 kg/m^2 (donc M : 560 kg/m^2) ; Ag : 602 g/m^2 et, très accessoirement, Cu : 15 kg/m^2.

Etant donné la qualité de cette minéralisation , on pouvait admettre qu'un tonnage relativement modeste pourrait suffire à constituer un gîte économique. Si l'on se fixe, par exemple, un objectif de 100 000 tonnes Pb + Zn, en admettant que les chiffres précédents puissent être extrapolés (ce qui n'est pas certain), il fallait reconnaître , compte tenu de la partie déjà dépilée, une surface vierge de 160 000 m^2 environ.

Suite des travaux

Pour ce faire, on a exécuté, en 1979, les travaux mentionnés plus haut

(prospection géochimique Pb-Zn-Ag, prospection géophysique, forages waggon-drill et sondages carottés), dont les résultats ont été les suivants :

Secteur du chemin de Dessus-le-Vieux. Dans ce secteur, qui se trouve à 240 m environ au NW du sondage Ls_6 (sondage ayant rencontré des anciens travaux), il apparut une complication tectonique, avec la présence de deux accidents principaux : l'un d'eux représentait le prolongement NW quasi rectiligne de la grande faille de la Boudière et le second, situé au toit, une faille probablement verticale branchée sur la faille précédente ; son rejet est de 45 m environ vers le SSW. Traversée par un forage waggon-drill (à 31,20 m), elle n'a montré aucune trace de minéralisation.

La grande faille, elle, a été recoupée par deux sondages waggon-drill et le forage carotté Ls_8. Elle n'a présenté aucune trace de minéralisation, ni dans les deux premiers, ni dans le 3ème. Son passage est bien marqué, dans ce dernier, par une zone épaisse (quelque 20 m) laminée et fracturée, renfermant de petites passées d'argile noire mais pas de caisse filonienne.

Ainsi, le filon principal de Lusse, encaissé dans la grande faille de la Boudière, se termine, vers le NW, quelque part entre le sondage Ls_6 de 1978 et le chemin de Dessus-le-Vieux.

Chemin du vallon du "pré des mines". Les sondages exécutés ont montré l'existence d'anciens travaux sur le versant est du vallon, situés sur le prolongement des dépilages du versant ouest. Ces travaux avaient atteint une profondeur de 80 m au moins et ils se trouvaient bien dans une passée laminée et fracturée correspondant au passage d'une faille importante. Au mur du filon dépilé, un filonet de barytine renfermait de la pyrite.

"Ligne SE". Cette dernière ligne de sondages se trouve à 200 m environ sur le prolongement SE, au-delà du chemin du vallon. La grande faille, ayant ici un pendage SW de 65G, est bien marquée par une passée épaisse (10 m environ) laminée, fracturée et chargée de dépôts d'argile noire. Mais, elle ne renferme plus de filon minéralisé, seulement de la pyrite et quelques filets de quartz et carbonates ferrifères.

Ainsi, dans la direction du SE, le filon principal se termine à moins de 200 m des travaux du vallon. On est assuré de sa présence seulement sur une longueur de 310 m et on peut admettre, avec vraisemblance, que sa longueur totale doit être de l'ordre de 400 m. Avec ce chiffre, réserves faites sur l'extrapolation,

pour atteindre l'objectif désirable de 100 000 tonnes plomb + zinc (avec environ 80 tonnes d'argent), il faudrait, compte tenu de la tranche superficielle exploitée, que le filon descende à une profondeur de 480-500 m. Il s'agit d'une profondeur considérable, d'autant plus considérable que l'épaisseur est mince (40-45 cm) et la longueur relativement restreinte ; il y avait donc très peu de chance pour que le filon l'atteigne réellement.

Toutefois, si l'objectif des 100 000 tonnes métal paraissait impossible à atteindre, il pouvait apparaître intéressant, étant donné la qualité exceptionnelle du minerai (galène argentifère et blende cadmifère), de connaître l'ordre de grandeur des réserves. Pour ce faire, on prévut l'exécution d'un nouveau sondage destiné à recouper le filon vers 300 m de profondeur, ce qui mettrait en évidence ou non un tonnage possible de quelque 50 000 tonnes Pb + Zn (avec 40 t Ag et 175 t Cd). En cas de succès, un sondage plus profond était à prévoir.

Le nouveau sondage, exécuté en 1980, a été implanté dans le secteur des anciens puits et des deux forages minéralisés de 1978. Il a recoupé la caisse filonienne à une profondeur de 280 m ; à cette profondeur, l'épaisseur était réduite à 25 cm seulement et le remplissage était formé uniquement par du quartz massif et du quartz "haché" (pseudomorphoses de barytine).

Ainsi donc, malheureusement, la caisse s'amincissait et se stérilisait en descendant et la hauteur utile, c'est-à-dire compte tenu de la partie dépilée, était-elle inférieure à 200 m. Dans ces conditions, le tonnage métal (plomb + zinc) restant dans le filon de Lusse est certainement inférieur à 50 000 tonnes et la reconnaissance fut définitivement arrêtée après l'exécution de ce sondage de 1980.

En définitive, les résultats des travaux d'exploration de Lusse n'ont pas été nuls, mais, comme à La-Croix-aux-Mines, ils n'ont pas abouti à montrer la possibilité d'existence de réserves actuellement exploitables.

D'une façon plus générale, on pouvait se poser la question de l'existence d'autres lentilles minéralisées dans la grande faille de la Boudière, notamment dans le prolongement vers le SE. Les prospections géochimiques effectuées ne plaident toutefois pas en faveur de cette existence et le problème n'a pas fait l'objet d'une étude approfondie.

Restant dans le voisinage, on peut signaler l'existence, dans la même formation géologique (gneiss anatectiques à cordiérite et sillimanite), d'une anomalie géochimique Pb, Cu (W, Sn), mise en évidence au cours de la prospection multi-éléments de la carte de Saint-Dié. Cette anomalie se trouve à Lesseux, à 2,5 km environ au SW des anciens travaux de Lusse, et elle était a priori valorisée par la présence d'indices alluvionnaires de blende et de pyromorphite et par la présence d'anciennes fouilles, qui pouvaient être des ouvrages miniers. Mais, la prospection au marteau ne permit la découverte d'aucun indice minéralisé et une prospection géochimique complémentaire, effectuée en 1983, ne confirma pas l'anomalie stratégique.

Enfin, pendant la rédaction du présent rapport, de nouveaux travaux anciens ont été découverts fortuitement (par suite de l'arrachage d'arbres). Non mentionnés dans la littérature à notre disposition, ils se trouvent à 1 km environ au nord du village de Lusse, au lieu-dit Beauchimont. Ils n'ont pas encore été visités parce que noyés.

2.1.3 - Remémont (88) (Pb, Cu, Ag) - Carte à 1/50 000 de Saint-Dié

Les anciens travaux de Remémont (88), commune de Entre-Deux-Eaux, se trouvaient au pied de la butte du Haut-du-Mont, à 6 km au NW de La-Croix-aux-Mines, près du hameau de Lachtol au nom significatif (stollen : galerie). Cette région est occupée par des gneiss à lithologie variée, en contact normal ou anormal avec le Permien du bassin de Saint-Dié, et il n'est pas exclu que le filon exploité se soit trouvé dans un telle faille affectant le Permien (comme à Lusse), plus spécialement dans la faille NE figurée sur la carte géologique de Saint-Dié (?).

Les renseignements sur les anciens travaux sont rares et ce gisement était certainement beaucoup plus petit que ceux de La-Croix-aux-Mines et Lusse. D'après G. CABOURDIN (1969), il y aurait eu deux "porches" en activité au XVIème siècle, époque de grande expansion minière ; ces "porches" étaient appelés Saint-Michel et Saint-Jean. L'exploitation était faite ici aussi pour le compte des ducs de Lorraine et la première livraison d'argent de Saint-Michel, soit 75 marcs (environ 16,8 kg), parvenait à la Monnaie de Nancy le 1er février 1558. On travaillait à Saint-Jean vers 1560 et, suivant la tradition recueillie par de DIETRICH (1800), il y avait, du temps des ducs, une fonderie dans la vallée de Saint-Dié, fonderie qui aurait pu traiter également le minerai de Lusse (cf. Lusse).

Vers la fin du XVIIème siècle, selon ce dernier auteur, la compagnie existante des mines de La-Croix avait essayé de reprendre les travaux ; elle releva une centaine de toises (environ 230 m) d'une vieille galerie (un travers-bancs), mais il aurait fallu continuer sur une distance au moins double pour atteindre le minerai. La compagnie se contenta alors de faire trier et enlever le "minerai à boccard" qui se trouvait dans les haldes. Ce minerai comprenait de la galène, de la pyromorphite, de la cérusite, du cuivre gris argentifère et de la malachite.

Actuellement, on ne voit plus beaucoup de traces de ces travaux : un petit tas de déblais (avec galène et cérusite pauvres) près de la croix du croisement des chemins ; une entrée probable (marquée par une source et deux effondrements alignés) entre les deux fermes voisines ; à 500 m au SE, sous le chemin des Hayottes et à la lisière du bois, une autre entrée, nettement visible, qui doit correspondre au travers-bancs mentionné par de DIETRICH (cf. supra).

Ce secteur de Remémont, occupé aujourd'hui par des lotissements, n'a fait l'objet d'aucun travail de la part du BRGM, à part une reconnaissance sur le terrain. Il n'est pas souligné par une anomalie géochimique stratégique, ce qui paraît confirmer son manque d'intérêt économique.

Pour être complet, on peut signaler que, dans la carrière de dolomie cristalline de Mandray (88), qui fait pendant à la carrière de cipolin du Chipal, se trouve un filon mince (20 à 30 cm) de barytine massive, qui a été reconnu par une amorce de galerie. Ce petit indice se situe à 3 km de La-Croix-aux-Mines, en direction WSW, et à 5 km environ au sud de Remémont.

Pour en terminer avec les minéralisations encaissées dans les gneiss septentrionaux du versant lorrain, il convient de mentionner une occurrence d'un type différent, celle des oxydes de Mn du Repas.

2.1.4 - Le Repas (88) (Mn) - Carte à 1/50 000 de Saint-Dié

Les anciens travaux du Repas, commune de Wisembach (88), ouverts pour la recherche et l'exploitation de minerai de manganèse, se trouvent au-dessus du hameau, sur la rive droite du Blanc Ruisseau et vers la cote 550, à la limite des gneiss à lithologie variée, dans lesquels ils sont encaissés, et d'un lambeau permien détaché du bassin de Saint-Dié. On ne les connaît que grâce à la documentation ancienne du Service des Mines et à un article du Dr.MOUGEOT (1851), car ils n'ont pas été repris dans les temps modernes et ils sont complètement effondrés.

Les premières recherches auraient été effectuées au commencement de la Révolution de 1789, par le sieur LECLERC de BLAMONT, concessionnaire de La-Croix-aux-Mines, dans des terrains communaux connus sous le nom d'Anbach. Ce premier explorateur aurait ouvert une galerie* sur un filon de Mn "qui aurait évolué en filon de Fe", ce qui détermina l'abandon. Puis, en 1816, la consommation et les prix augmentant de jour en jour, les recherches furent reprises par LECLERC, associé aux sieurs Samuel BISCHER, maître-mineur à La-Croix-aux-Mines, et J.B DIEUDONNE, potier à Saint-Dié. Ces travaux aboutirent à une demande de concession le 27 mai 1820, demande rejetée "parce qu'il n'y avait pas lieu à exploiter".

Le gîte aurait été constitué par un filon NE-SW à pendage NW, puissant de près de 1 m. Mais, il était connu sur une longueur d'une dizaine de mètres seulement et une hauteur de quelques mètres. Les travaux comprenaient : une galerie supérieure qui avait suivi le filon sur une longueur de 12 à 15 m, au bout de laquelle il avait été interrompu par une faille verticale ; pour le retrouver, la galerie avait été poursuivie sans succès sur une vingtaine de mètres - un puits profond de 13 m, creusé dans le sol de la galerie, dans lequel le filon se stérilisait en descendant - un percement à -12 m, qui n'avait pas réussi à retrouver le filon perdu de la galerie supérieure.

Cependant, les travaux continuèrent quelques années et un plan daté de 1825 fait état d'une galerie d'écoulement longue de 114 m, creusée dans le mur du filon et aboutissant à un puits de recherche au jour.

On ne sait quand et comment finirent ces travaux de LECLERC et consorts. Mais, vers 1833, ils furent repris par la fabrique des produits chimiques d'Epinal, pour la production de $Ca\ Cl_2$, mais abandonnés dès 1835 "parce que les frais de recherches dépassaient toujours la valeur des produits". Une tentative de reprise, vers 1838, resta infructueuse et la seule année bénéficiaire fut 1834, année où l'on retirait souvent, avec 7 ouvriers, 120 à 150 kg/jour, à raison de 16 F les 100 kg.

Le gîte exploré à cette époque n'était apparemment plus le filon NE de LECLERC. En effet, il est décrit comme étant composé par un faisceau de filonets NW-SE, à pendage NE élevé, dont les épaisseurs variaient entre 1 et 3 cm. Leur

---

* Il est possible que cette galerie soit la galerie "Saint-Barthélémy-au-Repas", signalée parmi les travaux de La-Croix-aux-Mines.

remplissage massif, donnant un minerai pur, était formé par "un minerai en plaques à cassure métalloïde, attaqué par les acides". Les échantillons qui ont pu être étudiés par R. WEIL (Institut de Minéralogie de Strasbourg) étaient composés par un mélange compact de psilomélane et de cryptomélane.

Les derniers travaux, dont on ne possède pas de plan, comprenaient deux excavations à ciel ouvert, l'une au-dessous de l'autre, d'où partaient des tranchées et des amorces de galeries. Mais, les filonets, peu étendues en direction, étaient trop distants pour permettre une exploitation en masse rentable et trop peu importants individuellement pour des dépilages séparés.

Près de cet indice du Repas, qui ne peut présenter le moindre intérêt économique, se trouve une importante anomalie géochimique stratégique W. Aussi, il aurait été intéressant de savoir si ses oxydes de Mn, comme ceux du Haut-Poirot (cf. infra), renfermaient du tungstène, sous forme de scheelite ou de tungomélane. On n'a malheureusement pu retrouver aucun échantillon.

On peut enfin mentionner que deux anomalies géochimiques Pb-Zn-Ag, celles de Raves et de Layegoutte, se trouvent dans le voisinage. Elles ont fait l'objet, en 1983, de prospections complémentaires alluvionnaires et géochimiques, dont les résultats ont été médiocres, et , après une prospection au marteau infructueuse, leur reconnaissance a été abandonnée. On peut toutefois signaler que l'anomalie de Raves est très voisine de l'indice de Ginfosse (cf. La-Croix-aux-Mines) et il pourrait donc exister, dans ce secteur, d'autres petits indices de plomb.

2.1.5 - Sainte-Marie-aux-Mines (68) - (Pb, Ag, Cu, Zn, Co, As) - Cartes à 1/50 000 de Colmar, Gérardmer, Saint-Dié et Sélestat

Le gisement polymétallique de Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin-68) est, en quelque sorte, un "symétrique" alsacien du gîte lorrain de La-Croix-aux-Mines, quoiqu'il en diffère dans le détail. Distant en moyenne de ce dernier de 11 à 12 km à vol d'oiseau, en direction ENE, il est encaissé de même dans une unité de gneiss prévarisques, séparée de l'unité de La-Croix-aux-Mines par une lame de granite des Crêtes qui occupe la ligne de faîte.

Ce gisement est le plus célèbre de tout le Massif des Vosges, en raison de son exceptionnelle richesse en argent ; ce métal était contenu, d'une part, dans de la galène et du cuivre gris argentifères et, d'autre part, il présentait des minéraux nobles abondants, dont des blocs d'argent natif de taille remarquable ;

d'après P. FLUCK et R. WEIL (1975), la production de Ag aurait dépassé 240 tonnes.

Les anciens travaux miniers, non encore totalement inventoriés, sont extrêmement nombreux, car de multiples puits ("pingen") et galeries ("porches") étaient ouverts sur un même filon, les raccords se faisant souterrainement. L'A.S.E.P.A.M (Association Spéléologique pour l'Etude et la Protection des Anciennes Mines), qui réalise l'Inventaire précédent, sous la direction de P. FLUCK, a déjà dénombré plus de 600 haldes situées dans la vallée de la Lièpvrette, le vallon du Rauenthal, le Rain de l'Horloge et le vallon de Fertrupt. Ces divers travaux couvrent une vaste surface : ils s'étendent sur une dizaine de km en direction NNE et leur distance E-W peut atteindre 4 km.

Suivant des considérations historiques et géologiques, on peut diviser l'ensemble précédent en 4 secteurs :

a) Le Versant Lorrain
b) L'Altenberg
c) Le Neuenberg
d) Le Bluttenberg

a) Le Versant Lorrain. On peut lui attribuer ce nom en raison de son ancienne appartenance territoriale au duché de Lorraine. Il s'agit, sur la rive gauche de la Lièpvrette, près de Sainte-Marie-aux-Mines et de Sainte-Croix-aux-Mines, d'un secteur encore mal connu, où la géométrie des filons reste imprécise. Ceux-ci, orientés essentiellement ESE-WNW, sont concentrés tout particulièrement dans le bois de Saint-Pierremont (bois du Prince), où l'on exploitait de très riches mines (Saint-Guillaume, Samson, ...). A 4 km plus à l'est, le faisceau de Musloch-Stimbach est mieux connu, car il fut travaillé en 1900 et il est partiellement accessible par la galerie appelée "Wilhemstollen". La minéralisation est apparentée à celle du Neuenberg (chalcopyrite, cuivre gris, blende, galène).

b) L'Altenberg (la Vieille Montagne). Ce secteur doit son nom au fait que les filons y étaient déjà connus au Moyen-Age. Dirigés N-S et NE-SW, ils se regroupent en un important faisceau, le faisceau Traugott - Mines de plomb, long de 4 km et exploité sur une dénivelée de 800 m. Des branches importantes s'en détachent : Saint-Michel et la Bourgonde.

La minéralisation est globalement monotone ; galène et gangue quasi-unique de sidérite. Dans le détail, la branche Saint-Michel est enrichie en Cu -As et la branche de la Bourgonde est riche en Co. Microscopiquement, l'association est plus variée et elle tend à se rapprocher de celle du Neuenberg. Seulement, l'importance de la venue Pb masque totalement les autres venues présentes (Cu, Co, Ni, As, Ag). La production totale en plomb de ce secteur doit se situer entre 50 000 et 80 000 t.

c) Le Neuenberg (la Nouvelle Montagne). Le nom de ce secteur vient de ce que les filons y ont été découverts plus récemment (1549). Il occupe essentiellement, au sud de Sainte-Marie, la hauteur du Rain de l'Horloge qui sépare la vallée du Rauenthal de celle de la petite Lièpvre, hauteur dont les versants furent le théâtre d'une exploitation intense (environ 200 haldes). Ses filons, dirigés E-W ou WNW - ESE, étaient essentiellement des filons Cu-Ag, avec Co et As accessoires.

d) Le Bluttenberg (nom allemand du Brézouard). Ce dernier secteur est situé à l'extrémité sud du champ filonien. Il reste mal connu, malgré d'intenses travaux de réouverture en cours. Les haldes montrent des échantillons de "chapeaux de fer", où des résidus de minéralisations primaires montrent de la galène et de la chalcopyrite dominantes, dans une gangue de sidérite et de quartz. Les minéraux secondaires de plomb et de cuivre sont nombreux (pyromorphite, anglésite, tsumébite ...).

Au point de vue géologique, les filons du Versant Lorrain sont encaissés essentiellement dans les leptynites de Sainte-Croix-aux-Mines, qui représentent un granite clair orthogneissifié. Les filons du Neuenberg, eux, se trouvent principalement dans les gneiss à grenat et graphite de la Fonderie, qui constituent la formation principale de l'unité de Sainte-Marie-aux-Mines et présentent, au Rain de l'Horloge, le faciès "gneiss rouge" ; au sud du Lernythal, ils passent rapidement à des granulites leucocrates, qui sont dépourvues de minéralisation. Certains filons, toutefois (Saint-Guillaume, par exemple), peuvent pénétrer dans les gneiss à biotite et sillimanite qui bordent à l'est les gneiss à grenats.

Quant aux filons de l'Altenberg, leur localisation est moins stricte. Ils traversent les deux formations gneissiques précédentes, ainsi que la grande formation des amphibolites qui, rappelons-le, est probablement d'origine volcanique (basaltes calco-alcalins et andésites). Enfin, les filons du Bluttenberg sont entièrement encaissés dans le groupe des gneiss à biotite et sillimanite, au voisinage immédiat du granite du Brézouard.

Historique

Les premiers travaux de Sainte-Marie-aux-Mines sont certainement très anciens et, d'une façon très douteuse, l'exploitation de certaines mines aurait pu être entreprise dès l'époque gallo-romaine, aux IIème et IIIème siècles. Plus tard, d'anciens documents signalent que cette exploitation aurait été active dès le Xème siècle et, en 997, un nommé ACHERIE aurait exploité de l'argent avec beaucoup de bénéfice ; ce sont ses descendants qui fondèrent le village d'Echery, au XIIIème siècle.

Pendant cette première période, les découvertes furent nombreuses dans toute la région qui devint prospère et dans laquelle s'édifia l'agglomération de Sainte-Marie. L'exploitation prit une ampleur considérable, mais, conduite surtout par la méthode des puits ("pingen") creusés sur les filons, elle allait se heurter à des difficultés croissantes causées par l'accumulation des eaux, qui noyaient les travaux. Comme, d'autre part, le bois devenait rare (donc cher), ces premières mines furent abandonnées au XIIIème siècle. On ne connaît aucun chiffre de production concernant cette période ancienne, mais plusieurs documents témoignent de son importance. L'un de ces documents est la chronique de HAUBINSACK (écrite vers 1570), qui mentionne l'ancienne mine abandonnée du Vieux Saint-Guillaume (noeud filonien des Mines de Plomb).

Il faut attendre ensuite la fin du XVème siècle et le début du XVIème siècle pour constater une tentative de reprise, lorsqu'on s'aperçut que les Vosges constituaient une riche région minière ; des mineurs affluèrent dès lors de l'Europe entière. Cet essor, à cette époque, s'explique par les grands progrès des techniques d'exploitation, ajoutés au besoin urgent de métaux précieux et à la valeur de l'argent, seul métal convoité, alors plus cher que l'or.

Au temps de Sébastien MUNSTER (1550) qui visita la mine en février 1545, le nombre des mineurs atteignait 3 000 ; il existait plus de 600 mines et recherches et 12 fonderies étaient en activité nuit et jour ; plus de 150 km de galeries avaient été creusés au marteau et à la pointerolle. La production annuelle d'argent, entre 1528 et 1558, atteignait 6 500 marcs (1 590 kg environ) et ce fut l'époque des célèbres trouvailles de Sainte-Marie : un bloc de 300 kg environ fut offert à Charles-Quint. Les travaux étaient répartis sur les deux rives de la Lièpvrette, partagés entre les ducs de Lorraine, rive gauche, et les comtes de Ribeaupierre (ou Rappolstein) dépendant de l'Empereur d'Autriche, rive droite.

C'est également au cours du XVIème siècle que furent découverts les filons du Neuenberg (en 1549) et l'extraction du plomb, du cuivre et de l'argent connut alors une prospérité inégalée. Cette époque bienheureuse est restée gravée dans la mémoire comme une bénédiction de la montagne, une "bergseben".

Mais, vers la fin du siècle, il fallut approfondir les puits (jusqu'à 280 m au-dessous du niveau du fond des vallées), ce qui rendit l'extraction coûteuse et amoindrit les bénéfices. Le coût de la vie augmentait, tandis que la valeur de l'argent métal diminuait. Les zones riches des filons étaient déjà dépilées et on attaquait les zones profondes plus pauvres. Il en résulta une baisse régulière de la production et un déclin général de l'activité minière. Puis, comme ailleurs dans les Vosges, les exactions des Suédois pendant la guerre de Trente Ans, jointes à une épidémie de peste, provoquèrent la ruine des exploitations en 1633.

La reprise de l'activité eut lieu au début du XVIIIème siècle, en 1710, lorsque les sieurs KNOLL, DURINGER et SEDERER reprirent la concession. A cette époque, la découverte du cobalt (pour l'industrie du smalt) entraîna une nouvelle période d'activité pour Co, Pb, Ag et Cu, qui, sans atteindre la prospérité d'antan, se poursuivra avec plus ou moins de bonheur jusqu'à la Révolution de 1789. La mine cobaltifère "Hans von Sachsen" (secteur du Neuenberg) fut rebaptisée Chrétien, en l'honneur de Chrétien II de Birkenfeld, qui avait hérité de son frère, le prince palatin des Deux-Ponts, la seigneurie de Ribeaupierre (ou Rappolstein). On construisit un "moulin à couleurs" et il y eut une petite production de bleu de cobalt jusqu'à une date inconnue. Pendant la même période, on entreprit la galerie profonde du Tiefstollen, qui atteignait plus de 800 m en 1740, sans apporter les résultats escomptés. Il est à noter que, jusqu'à la Révolution précitée, l'exploitation s'était trouvée compliquée par la situation politique du district : comme déjà dit, les ducs de Lorraine possédaient la rive gauche de la Lièpvrette et les comtes de Ribeaupierre la rive droite.

Ensuite, à partir de la fin du XVIIIème siècle et pendant le XIXème siècle, période de crise pour les métaux non ferreux, cinq sociétés différentes dilapidèrent successivement leurs capitaux (comme à La-Croix-aux-Mines) dans le dénoyage et la remise en état des anciens travaux ; elles durent cesser toute activité respectivement en 1797, 1826, 1870, 1883 et 1897. Entre 1806 et 1826, 4 chantiers d'exploitation dans Gabe Göttes (mine du Neuenberg) fournissaient annuellement 60 tonnes de cuivre gris à 40 % Cu et 5 à 6 kg/t Ag ; en outre, de 1822 à 1826, l'arsenic fut exploité apparemment pour la première fois (10 t en 1824).

Puis, une période favorable allait renaître à la fin du siècle et pendant la première décennie du XXème siècle. C'est alors que la société allemande "Markircher Berg-und-Hüttenverein G.m.b.H", dotée d'un matériel moderne et employant jusqu'à 700 mineurs, reprit certains filons du Neuenberg et ouvrit des chantiers notamment à Tiefstollen, à Fürstenstollen, à Gabe- Göttes et à la mine Engelsbourg. En 1899, elle fonça, pour la reconnaissance en profondeur du cobalt de la mine Chrétien, un puits de 125 m appelé "puits de cobalt", au fond duquel des recoupes ne retrouvèrent pas le filon ; en conséquence, ces travaux furent arrêtés en 1902. Quant à la réouverture du long travers-bancs de Tiefstollen, il ne permit aucune découverte nouvelle.

A la même époque (vers 1900), d'autres travaux importants furent entrepris dans les vallons de Stimbach et de Musloch, tel que le percement du travers-bancs appelé "Wilhemstollen". Tous ces travaux considérables occasionnaient des frais trop élevés et ils durent, une fois de plus, être abandonnés en 1907 ; il n'y avait eu en fait de production que pendant l'année 1900 (26,4 t de cuivre gris, 16,4 t de chalcopyrite, 36,2 t de galène et 18,5 t d'arsenic).

Enfin, plus récemment, pendant la période 1932-1940, les travaux de Gabe Göttes furent remis en état et produisirent une trentaine de tonnes d'arsenic natif. Puis, après la dernière guerre, le BRGM, dans le cadre d'une prospection générale du Haut-Rhin, s'intéressa à Sainte-Marie-aux-Mines en 1956-57-58, mais son activité se limita au levé de quelques travaux alors accessibles, notamment ceux du filon précité de Gabe Göttes.

Au cours des derniers travaux de prospection générale du Massif, puis d'inventaire, le gisement de Sainte-Marie-aux-Mines n'a pas été réétudié par la Mission Vosges du BRGM. D'une part, nous étions aimablement tenus au courant des travaux de réouverture de l'A.S.E.P.A.M (cf. supra), travaux qui montraient, de façon manifeste, que tous les filons reconnus avaient été dépilés entièrement, et ce jusqu'à des profondeurs considérables, quel que soit le niveau hydrostatique ; d'autre part, les prospections stratégiques, tant alluvionnaires que géochimiques, n'ont mis en évidence aucun nouveau secteur minéralisé, en dehors des quatre déjà explorés et exploités.

En raison de l'importance passée du gisement, nous en donnerons toutefois ci-après une description sommaire :

Versant Lorrain. Sur ce versant, qui se trouve au nord et sur la rive gauche de la Lièpvrette, de nombreuses mines étaient en exploitation au XVIème siècle, pour le compte des ducs de Lorraine, notamment dans le Bois des Princes (Prinzenwald) ainsi que près de Stimbach (ou Steinbach) et Musloch (ou Meusloch). Elles intéressaient des filons parfois bréchiques, contenant, dans une gangue variée (quartz, calcite, ankérite, barytine), des minerais argentifères de plomb et de cuivre. Il n'existe pas de plan général de ces filons et, seules, quelques portions de galeries sont accessibles ; aussi, ce secteur reste-t-il mal connu.

Dans la forêt de Saint-Pierremont, immédiatement au nord de Sainte-Marie, se trouvaient autrefois des mines célèbres, mentionnées en particulier par G. CABOURDIN (1967) : Saint-Guillaume, réputée la plus riche au XVIème siècle ; Saint-Jean (plomb, cuivre et argent) ; Pfennigthorn ; Kaiser Heinrich et Saint-Daniel (réunies en 1581). D'autres étaient moins rentables ou même infructueuses, telles que Saint-Abraham, Mittelstolle, Armenrott, auxquelles il faut ajouter Saint-Jacques, Saint-Martin et Saint-Barthélémy. La localisation exacte de toutes ces mines reste inconnue et elles sont signalées principalement aujourd'hui par la présence de nombreuses haldes.

Celles-ci sont particulièrement abondantes (au nombre de 23) dans le vallon du Hennon, où se trouvait le filon du Bois du Prince, d'après BÜCKING (1913). Ce filon renfermait de la galène et du cuivre gris, dans une gangue de barytine, et il a été exploité sur une hauteur de 100 m (entre les cotes 500 et 400). D'autres haldes se trouvent à la Goutte des Pommes (ancienne mine Saint-Paul), au lieu-dit "Les Halles", où se rencontrent d'immenses déblais nivelés depuis longtemps, au sud-est du vallon de Bougival, ...

Dans le secteur de Stimbach - Musloch, au NE de Sainte-Croix-aux-Mines, se trouvent de nombreuses mines anciennes. Celle de Sainte-Barbe est la plus haute dans le vallon de Stimbach et sa galerie inférieure a été relevée sur 100 m, en 1900, jusqu'à l'éboulement d'un puits d'aération. Ses deux haldes fournissent de la galène, de la chalcopyrite et du cuivre gris, et le gîte exploité là est situé sur le prolongement de celui dit de Stimbach - Musloch, dont la longueur atteindrait ainsi plusieurs kilomètres. Sur la rive droite du ruisseau de Stimbach, à 200 m au sud de la ferme La Basse, une galerie tortueuse aboutit à un filon de galène et chalcopyrite ; elle est éboulée à 70 m de l'entrée, en atteignant une zone de dépilages importants.

La mine de Stimbach, réouverte en 1899, se trouve sur la rive gauche du ruisseau, à 350 m en aval de la Basse. Un travers-bancs de 36 m atteint le filon, qui n'est autre que le prolongement de celui de Musloch, exploité ici par 3 niveaux (-6, -8 et -16). En 1900, le niveau -6 fut tracé sur une longueur de 120 m en direction SE, dans un riche filon de cuivre gris, galène mouchetée de chalcopyrite et traces de proustite. La roche encaissante était une durbachite*.

Les mines de Musloch, elles, exploitaient toutes le même filon, qui se prolongeait vers le NW jusqu'à la Goutte Martin en passant par Stimbach et, vers le SE, peut-être jusqu'à Crevsepré (au sud de Lièpvre). Leur exploitation remonte à une époque fort ancienne et, au temps de la visite de Sébastien MUNSTER (1545), on y trouvait Sainte-Anne, Saint-Esprit et Saint-Jean, plus tard Saint-Martin et Sainte-Barbe. Le "filon" est, en fait, un faisceau de petits filons parallèles et il présente un pendage NW. On repère sa trace par un alignement de haldes qui sillonnent la montagne séparant Musloch de Stimbach.

Les deux galeries principales de Sainte-Anne ont été réouvertes en 1899. On y trouvait plusieurs filons de galène, avec de la chalcopyrite, de la blende, du cuivre gris et, au niveau +12, de beaux cristaux de bournonite. Cette mine ne comptait pas moins de 16 puits, reliant les niveaux -6, 0, +12 et +22, et une galerie d'écoulement de 650 m débouchait au bord de la route N59.

Dans le but d'atteindre le faisceau filonien précédent de Musloch - Stimbach, un travers-bancs appelé Wilhemstollen fut creusé en direction NE, entre 1902 et 1905. Long de 582 m, il recoupe plusieurs filons de calcite faiblement minéralisés, dont les géodes peuvent renfermer des cristaux de marcasite, galène, arsenic natif, proustite et xanthoconite. A 494 m de l'entrée, se situe un filon perpendiculaire, sur une distance de 97 m vers le NW (Stimbachstrecke) et de 109 m vers le SE (Muslochstrecke). Mais, sa minéralisation était pauvre et dispersée et les travaux furent arrêtés à l'automne de 1905.

Dans le même secteur, se trouvaient encore un certain nombre de mines peu productives : celle de Saint-Antoine, mentionnée comme improductive au XVIIème siècle, se trouvait près du Petit Rombach ; une mine Saint-Paul se trouvait, elle, au Rain de Burbache (ou Berbuche) ; à Danigoutte, on exploitait Saint-Laurent, Saint-Urbain et Notre-Dame. Au Grand Rombach, la mine Saint-

* Gneiss syénitique oeillé de microcline.

Georges a fourni du cuivre aux XVIème et XVIIIème siècles ; actuellement, derrière les premières maisons, un travers-bancs de 100 m atteint un filon de blende noire, qui a été réexploré en 1900 ; on y voit de belles géodes de calcite et des filonets de pyrite et marcasite.

Dans le vallon de la Goutte Martin, les archives mentionnent les mines Saint-Claude (Cu et Pb), Saint-Michel et Finckenstreich ; une vieille halde y est encore visible vers la cote 460. Derrière la ferme de Herrschaft, appelée Hérischaff au XVIème siècle, qui se trouve en haut du vallon de Musloch, se trouvait une mine ouverte sur un filon de galène, blende et chalcopyrite ; les travaux y étaient peu étendus.

A l'entrée du vallon de Triebach, se trouve une galerie correspondant probablement à l'ancienne mine Saint-Jean de Lattenbach et, au début du XVIème siècle, il existait encore, du côté lorrain, des exploitations aujourd'hui inconnues : Glysprey, Phemagenon, Gotzgob, Nouvel-An, ...

Enfin, mais côté alsacien, à 700 m au sud du passage à niveau de Lièpvre, se trouvait l'ancienne mine de Creusepré. Elle exploitait un filon de galène et cérusite, dans une gangue de barytine ; ce filon était dirigé NW-SE (prolongement de celui de Musloch ?) et il a été exploré sur une longueur de 250 m.

Altenberg. Les filons de l'Altenberg, essentiellement plombo-argentifères et dirigés NS ou NNE-SSW, comprennent essentiellement un faisceau principal, le faisceau de Traugott - Mines de Plomb, et deux faisceaux annexes que l'on peut considérer comme des branches du premier : le faisceau Saint-Michel et le faisceau de La Bourgonde. Ils se trouvent au sud de Sainte-Marie-aux-Mines, dans les vallons de Surlatte (ou Saint-Pierre-sur-L'Hâte), de Saint-Philippe et de Fertrupt, ainsi que dans le Blumenthal.

Le faisceau de Traugott, large d'une centaine de mètres, atteint une longueur de 4 km suivant une direction générale N10°. Il se dédouble vers le nord où, à hauteur de Fertrupt, il présente deux branches : la branche Saint-Michel et la branche de Fertrupt ; vers le sud, avant de se poursuivre stérile dans les gneiss à sillimanite, il se réunit au filon des Mines de Plomb orienté exceptionnellement N45°. Des filons plus pauvres existent à l'est de Fertrupt et la partie orientale du secteur est occupée par le faisceau de la Bourgonde, dans le vallon du Langthal.

Dans ce système N-S, en bordure de la formation des amphibolites, la galène (accompagnée de cuivre) succède à une venue Co-As-Ni. Plus à l'est, le

filon NW-SE du Backoffen se rattache au type cupro-argentifère et, à l'extrémité SE du secteur, se trouvent des fractures remplies de barytine et sidérite, dans les gneiss à sillimanite et sur le versant est du Grossthal.

La fracture de Traugott matérialise en partie les plans de chevauchement de certains panneaux gneissiques (en particulier dans le quartier des Mines de Plomb), parallèles aux directions de foliation. En règle générale, on note un enrichissement en Co-Ni-As dans la traversée des passées d'amphibolites et les fractures deviennent quasi stériles quand elles se prolongent dans les gneiss à sillimanite. La minéralisation aurait donc subi un effet topochimique.

L'association minérale comprend principalement de la galène, à laquelle s'ajoutent de la blende, de la tétraédrite, de la chloantite, de la löllingite et de la pyrite accessoires. L'argent (rouge ou natif) y est rare. La gangue est à prédominance de sidérite, avec des concentrations locales de calcite peut-être en relation avec des cipolins.

La minéralisation, lenticulaire et plus ou moins bréchiforme, semble décroître vers la profondeur de 300 m environ au-dessous de la surface topographique, laquelle est inclinée du sud au nord (peut-être décalée par des failles tardives). Sa puissance, variable, peut dépasser le mètre. La zone d'oxydation, où se trouve essentiellement de la limonite à nids de galène, est réduite. Comme déjà indiqué, la production totale de ce secteur doit se situer entre 50 000 et 80 000 tonnes de plomb, auxquelles il faut ajouter une production appréciable d'argent. Une des mines les plus productives était celle de Rumpapump, qui fournissait annuellement, en moyenne, 137,5 t de galène, entre 1547 et 1574.

Les faisceaux de l'Altenberg ont été exploités par de nombreuses mines, que l'on peut énumérer brièvement.

Vallon de Surlatte (ou de Saint-Pierre sur L'Hâte)

Saint-Paul. Dans ce vallon, à la sortie amont de Saint-Pierre, se trouvait la mine Saint-Paul, qui comprenait deux niveaux principaux. Le travers-bancs inférieur avait atteint, à 282 m, un filon de galène très argentifère, exploité d'abord jusqu'à la nappe phréatique, puis au-dessous, après le percement du Fürstenstollen. Saint-Paul inférieur servait également de galerie d'écoulement à la mine très riche de Nothilf (peut-être l'ancien nom des Mines de Plomb). Quant à Saint-Paul supérieur, sur la rive droite du ruisseau, il suivait une veine improductive sur une longueur de 700 m vers le sud. Au voisinage, à Nipperstollen, se trouvent

une petite halde et plusieurs entrées.

Mines de Plomb. Tout en haut du vallon, à la cote 600, se trouvent les nombreuses haldes des mines de plomb. D'après de DIETRICH (1789), l'épaisseur du filon était souvent de plusieurs toises et, à son époque, il donnait 3 000 à 4 000 livres de bénéfice par an, au profit du prince des Deux-Ponts. L'exploitation était conduite au moyen de deux galeries principales superposées, qui traversaient la montagne vers le NE sur une distance supérieure à 1 km. La halde actuelle fournit beaucoup de galène.

Vallon de Saint-Philippe

Sapin vert (Grüntann). Cette mine, l'une des plus anciennes et des plus riches, eut un grand renom aux XVème et XVIème siècles ; sa halde est riche en scories de haut-fourneau.

Traugott (Confiance en Dieu). C'est une des mines les plus anciennes et dont les travaux sont les plus étendus. Le filon principal se divisait en deux branches : une branche ouest suivie sur 340 m et une branche est sur 1 000 m. Au-dessus de la halde principale, se trouvent 25 haldes superposées et les travaux furent poussés jusqu'à la rencontre du filon des Mines de Plomb.

Saint-Martin. Située près de Trangott, il s'agit d'une très vieille mine de plomb et d'argent.

Gamenthal. Cette mine se trouve près de la ferme du même nom et, un peu plus haut, dans la forêt, un filon à ciel ouvert, peu productif, a été exploité par 33 puits voisins.

Les Trois Rois. Il s'agit peut-être de la mine la plus anciennement connue et l'on sait qu'elle était exploitée dès le XVème siècle. Le minerai se présentait en lentilles, souvent exploitées à ciel ouvert. De nombreuses haldes, riches en limonite avec petits cristaux de galène, se succèdent en contrebas jusqu'au Cep de Vigne.

Vieux Saint-Guillaume. A 40 m au-dessous des Trois Rois, le travers-bancs W-E du Vieux Saint-Guillaume atteint un filon exploité par un immense dépilage vers le sud, peut-être jusqu'à Trangott.

Cep de Vigne. Ces travaux, peu productifs, comprennent seulement une petite galerie.

Saint-Philippe. Cette mine, pauvre dans sa partie supérieure, a fourni du cuivre gris argentifère et du cobalt ; on y trouvait aussi de l'arsenic natif.

Blumenthal

Saint-Michel. Cette mine, exploitée dès 1525, devait avoir une importance considérable. La galerie principale était appelée Gesellen Bau et le puits supérieur Grünenwald. On en tirait avec profit de la galène, de l'argent chloruré et du cobalt. Elle était en communication avec la Porte de Fer à Fertrupt et une galerie d'écoulement se dirigeait vers Saint-Philippe. La grande halde actuelle est riche en galène.

Vallon de Fertrupt

Galerie de Suscité. On extrayait de cette mine, au XVIème siècle, de faibles quantités d'argent sulfuré, argent rouge et argent natif. Il n'est pas impossible qu'elle communique avec les mines de Plomb de Surlatte ou la mine de Traugott. Actuellement, une galerie accessible sur 250 m ne montre pas de minéralisation visible et elle aboutit à des éboulements dus à des miroirs de faille.

Mine de Cobalt. Cette mine se trouve à 500 m en aval de la galerie de Suscité. Un travers-bancs de 35 m mène à un filon de direction N-S, qui renferme de la smaltite, de l'érythrite et de l'annabergite.

Backoffen (Le Four). Près d'un four maçonné, dans lequel les anciens mineurs grillaient leur minerai, on exploitait la mine Saint-Daniel, riche en argent sulfuré, argent natif et argent rouge ; vers 1530, on y trouva des blocs d'argent pur pesant un quintal, dont on offrit deux magnifiques échantillons à l'empereur Charles-Quint. De nos jours, toute trace de cette mine a disparu.

Dans le Langthal ou Franciskenthal, se trouvait également une mine Saint-Jacques, qui devait être très riche.

L'Homme mort. Cette mine fut exploitée au XVIIème siècle et peut-être, sous un autre nom, dans des temps plus anciens. D'après HAUSSER, il s'agit de la mine éboulée située sur la rive gauche, à l'embranchement de la Bourgonde avec le Langthal.

Saint-Sang. La mine actuellement connue sous ce nom comprend un travers-bancs E-W de 150 m et des galeries en direction N-S. Aucune minéralisation n'y est visible, à part des traces de löllingite. Du temps de de DIETRICH (1789), ses haldes avaient déjà été emportées par la rivière et on n'est pas assuré qu'il s'agit bien de l'ancien Saint-Sang.

Sainte-Barbe. Cette mine, au XVIème siècle, fut d'abord improductive, puis elle fournit du plomb et de la mine d'argent grise (cuivre gris argentifère) "en quantité telle que les entrepreneurs furent largement dédommagés des sacrifices du passé". Elle doit communiquer avec le Vieux Saint-Guillaume, les Trois Rois et les mines du haut Blumenthal.

Kaibengrube. Dans la forêt en contrebas de Sainte-Barbe, une large dépression correspond à une ancienne exploitation à ciel ouvert d'une lentille de galène avec limonite.

Porte de Fer. Cette mine, très anciennement exploitée sous le nom de Saint-Sylvestre, concernait un filon très court d'argent rouge, dans lequel, vers 1540, on trouva un bloc d'argent natif de 88 kg. Cette mine communiquait avec Saint-Michel au Blumenthal.

Sainte-Anne. Située au-dessous de Sainte-Barbe, la mine Sainte-Anne fut ouverte en 1526 sur une riche veine de cuivre et d'"argent vitreux" (argentite) ; son emplacement exact reste inconnu.

Trois Mines Unies. Il s'agit des mines de Notre-Dame, du Griffon et de Sainte-Catherine, qui s'associèrent pour exploiter un filon d'argentite qui n'était autre que celui de Sainte-Anne.

Saint-Martin. Située au-dessus de Sainte-Anne et des Trois Mines Unies, la mine de Saint-Martin était ouverte sur le même filon "d'argent vitreux".

Rumpapump. Appelée aussi Saint-Léonard, cette mine fut ouverte en 1526 et elle fut visitée en 1545 par Sébastien MUNSTER qui y décrit deux puits profonds de 16 toises chacun, dans lesquels on trouvait de la galène et du cuivre gris argentifère.

Fundgrube. En contrebas de la route de Ribeauvillé, on trouve l'entrée de la mine célèbre de Fundgrube. Cette exploitation, ouverte en 1502, fut la plus brillante de toute la région durant tout le XVIème siècle, sous les noms successifs

de Saint-Guillaume, Zu der Lehnschaft puis, au XVIIème siècle, Lehenschaft. On y trouva en 1539 un bloc d'argent de 3 quintaux. Les neuf puits de Fundgrube poussaient sa profondeur au-dessous du célèbre "Erbstollen", qui asséchait les mines de l'Altenberg.

Erbstollen. La galerie d'écoulement de Fertrupt constitue l'ouvrage le plus considérable qui ait été fait à Sainte-Marie-aux-Mines. Sa longueur totale est de 8 km et elle se divisait en 3 branches, au-dessous de Fertrupt. Creusée de 1527 à 1537, elle fut noyée en 1743 et remise en état en 1766. Sur ses 8 000 mètres de longueur totale, 4 000 étaient boisés. Elle débouchait près de la Lièpvrette, non loin de l'actuel cimetière.

Enfin, dans ce secteur de l'Altenberg, il existait encore un certain nombre de mines restées totalement inconnues et il est à noter que la plupart, connues ou inconnues, ont souvent été rebaptisées. Des appellations telles que l'Homme mort, la Mine de Cobalt, la galerie de Suscité, ne sont apparues qu'au XVIIIème siècle.

Neuenberg. Le secteur du Neuenberg est cantonné aux vallées du Rauenthal et de la Lièpvrette (rive droite), séparées par la crête du Rain de l'Horloge. Ses filons ne furent découverts que tardivement, au milieu du XVIème siècle, et il s'agit certainement du secteur le mieux connu, grâce à des exploitations récentes, des découvertes d'archives et des réouvertures d'anciennes mines.

Les filons principaux, en fait des faisceaux filoniens, sont au nombre de sept, nommés comme suit du sud au nord : Saint-Jean ; Saint-Jacques ; Saint-Guillaume ; Saint-Louis ; Hans Rappoltstein (Maison de Ribeaupierre) ; Chrétien (Hans von Sachsen du XVIème siècle) ; Fürstenstollen - Saint-Paul. Leur longueur varie de 500 m à 2 km et la longueur exploitée atteint 550 m dans le filon Saint-Jean, le plus méridional. Les directions oscillent autour de l'axe E-W, de N80° à N120°, les pendages sont verticaux ou très élevés. Il existe de nombreux filons secondaires, qui n'ont pas été totalement inventoriés.

Ces filons sont spatialement liés à un réseau de failles très nombreuses, à faible pendage, qui les croisent et déterminent un découpage du terrain en lanières, parallèlement à la grande faille de Sainte-Marie-aux-Mines. Les failles du Tiefstollen et des grandes haldes, par exemple, ont été suivies par des allongements sur 1,5 km et 2 km de longueur. Ce serait ce système de fractures qui renfermerait, plus à l'est, les minéralisations de l'Altenberg.

D'une façon générale, la minéralisation, de caractère mésothermal, se répartit en colonnes particulièrement développées au croisement des filons par les failles. Sa grande variété s'oppose à la relative pauvreté des associations du district de l'Altenberg.

Les métaux suivants : Cu, Ag, As, Co, Ni, Pb et Zn sont présents partout, à l'exception de Co et Ni absents dans le filon Saint-Louis (et dans les filons du secteur septentrional "lorrain"), mais ils existent en proportions très variables ; on peut distinguer, en effet, du sud au nord, des filons essentiellement cuprifères (Saint-Jean, Saint-Jacques, Saint-Guillaume), auxquels font suite des filons plombo-zincifères (Saint-Louis, Schnakenthal), cobaltifères (Chrétien), puis, dans le secteur lorrain, plombo-cuprifères.

Filon Saint-Jean. Le filon Saint-Jean est bien connu après la réouverture et l'exploration de ses principales mines : Saint-Nicolas, La Treille, Engelsbourg, Roi Salomon, La Ravine. Il a été suivi sur une longueur de 1 600 m et il était minéralisé dans sa partie occidentale, jusqu'à la faille des Grandes Haldes (faille N40°, à pendage 55°NW). Cette partie riche était orientée N110° et elle était décrochée par plusieurs accidents, dans le quartier Engelsbourg - Saint-Jean.

A l'est de la faille des Grandes Haldes et jusqu'à l'aplomb du Rain de l'Horloge, le filon, dirigé EW, n'était plus que faiblement minéralisé. Côté Rauenthal, la direction redevient N110° et de nombreux accidents provoquent des décalages dans le quartier Schwobenschlag - Kleingrubendim.

Les dépilages sont étagés sur une hauteur dépassant 380 m, depuis le fond des travaux d'Engelsbourg (cote 353) jusqu'au chantier d'Himmlisch Heer (cote 750). Au-dessus, se trouve une zone à barytine et fluorine, qui coiffe le filon.

La minéralisation dépilée était concentrée dans 4 colonnes, qui étaient d'ouest en est : la colonne Saint-Jean ou Grand Dépilage (30 m), la colonne Saint-Nicolas (100 m), la colonne de la Treille (200 m) et la colonne reculée (50 m); la colonne de la Treille était accolée à la faille des Grandes Haldes.

Filon Saint-Jacques. Le filon Saint-Jacques est, en fait, un faisceau de plusieurs filons parallèles, contenus dans une bande de 80 m de largeur, et, contrairement à Saint-Jean, sa minéralisation principale se trouvait dans la moitié est.

Ce faisceau, traversant les deux flancs du Rauenthal et les deux versants du Rain de l'Horloge, a été reconnu sur une longueur de quelque 2 km. Dans sa partie orientale, ont été exploités deux filons principaux subparallèles, distants d'une cinquantaine de mètres au niveau de la mine Gabe Göttes : le filon Gabe Göttes - Saint-Jacques inférieur et le filon Giftgrube.

Le premier, de direction moyenne EW, est lui-même un faisceau inscrit dans une bande épaisse de 20 m. Il n'a été productif qu'à l'est de l'accident appelé faille du travers-bancs Combes, alors que le second, orienté N100°, était productif à l'ouest de cet accident. Toutefois, pour les deux filons, des travaux anciens se trouvent sur leurs prolongements au-delà de la faille.

Le faisceau Saint-Jacques a été exploré sur une dénivelée de 370 m environ, entre les cotes 480 et 850. D'ouest en est, ont été dépilées les colonnes suivantes : colonne Heilig Kreuz ; colonne dédoublée Gabe Göttes - Saint-Jacques ; colonne Giftgrube - Saint-Jacques, accolée à l'est à la faille du travers-bancs Combes ; colonne reculée de Saint-Jacques ; colonne Buchhalterschacht, présentant une minéralisation originale : chalcopyrite dans une gangue de fluorine ; colonne des Grandes Haldes et colonne Warmenberg, la moins riche.

Ce filon complexe Saint-Jacques, appelé aussi filon de Gabe Göttes, est le mieux connu actuellement de tous les filons de Sainte-Marie, en raison de son exploitation récente (jusqu'en 1940). Les principales mines étaient Gabe Göttes, dont la partie située sur la rive droite du Rauenthal s'appelait Heilig Creutz au XVIème siècle, Giftgrube (Saint-Ulrich au XVIème siècle, puis Saint-Jacques supérieur au XVIIIème siècle), Saint-Jacques inférieur et Tiefstollen.

Filon Saint-Guillaume. Il s'agit d'un filon unique, reconnu sur une longueur de 1 700 m. Il est dirigé généralement N100° - 110°, avec des tronçons N125°. Les parties productives se trouvaient sur la rive gauche du Rauenthal et l'exploitation a été continue entre les cotes 500 et 710, les travaux de recherche atteignant la cote 760.

Sa minéralisation était concentrée dans plusieurs colonnes, qui étaient d'est en ouest : colonne de Lingoutte, colonne antérieure, colonne Saint-Pierre, colonne Glück-Auf et colonne des Grandes Haldes. Une zone à barytine coiffe ce filon, dont les principales mines étaient les mines Glück-Auf, Saint-Pierre supérieur, Saint-Pierre inférieur, Saint-Guillaume, Saint-Daniel et Lingoutte.

Filon Saint-Louis. Connu sur une longueur de 1 km, le filon Saint-Louis est formé par une veine unique E-W côté Petite Lièpvre, veine qui se divise vers l'est, côté Rauenthal, en une branche nord et une branche sud. La branche nord comprend 3 tronçons, qui sont d'est en ouest : le "filon nord", de direction E-W ; le tronçon appelé Eisenthür, qui est orienté N100° ; un tronçon stérile E-W ; quant à la branche sud, qui fut la plus productive, elle est dirigée en moyenne N110°.

L'exploitation a atteint une hauteur de 340 m, entre les cotes 466 et 806 ; les parties riches étaient localisées essentiellement entre les cotes 600 et 780.

Les principales colonnes minéralisées étaient, d'est en ouest : la colonne orientale (20 m à 40 m), qui recoupait la faille de Glück-Auf ; la colonne centrale (250 à 300 m) et la colonne occidentale, dont on ne connaît pas la limite ouest.

Les principales mines étaient Saint-Louis inférieur, Saint-Louis supérieur (Eisenthür au XVIème siècle), le Chêne et Saint-Michel.

Filon Hans Rappolstein. D'après les anciens rapports, notamment celui de PRECHTER (1602), ce filon n'aurait contenu que des minerais argentifères riches. Actuellement, on n'y trouve plus que des traces de cuivre gris et de la blende (inutilisée au XVIème siècle).

Il a été reconnu sur environ 500 m de longueur et la hauteur dépilée atteint au moins 135 m, entre les cotes 615 et 750. Sa direction est sensiblement E-W jusqu'à une faille subverticale, au-delà de laquelle elle oscille entre N100° et N110°.

Deux colonnes ont été exploitées : la colonne principale (environ 50 m), qui bute contre la faille des Grandes Haldes, et la colonne occidentale (10 à 20 m). Les anciennes mines étaient au nombre de trois : Hans Rappolstein, Göttes Gab, Kayser Heinrich et Saint-Sigismond réunies.

Filon Chrétien. Ce filon, parfois appelé Saint-Christian par déformation, est connu sur un allongement de 1 200 m au moins. Il a été exploité depuis la crête (cote 689) jusqu'à une profondeur de 120 m au-dessous de Chrétien inférieur, soit sur une hauteur de 300 m environ. La direction dominante est N110°, mais il est haché par une série de décrochements dextres, qui lui donnent une direction apparente N125°. La partie productive orientale est dirigée N120° et, à l'est de la faille du Tiefstollen, le filon prend une direction N-S et devient stérile

sur une longueur de 70 m au moins.

Dans la partie supérieure extrême, il présente des tronçons E-W stériles et des tronçons très barytiques N110°-120°. Côté Petite Lièpvre, on ne connaît qu'une branche N140° remplie de barytine et, selon de DIETRICH (1789), ce filon croiserait celui de Gott Hilft Gewiss. L'exploitation a été effectuée dans deux colonnes : une colonne centrale ayant 100 m de longueur et de hauteur, qui semble buter à l'ouest contre une faille ; une colonne occidentale séparée de la précédente par un intervalle stérile de 300 m, présentant un allongement de 60 m environ.

Au XVIème siècle, la mine principale de ce filon était Hans Von Sachsen. Lors de la reprise de 1711, elle fut rebaptisée Chrétien en l'honneur de Chrétien II de Birkenfeld, qui avait hérité de la Seigneurie de Ribeaupierre (Rappolstein). Il existe actuellement 3 mines anciennes : Chrétien supérieur, moyen et inférieur.

Filon Fürstenstollen - Saint-Paul. Ce filon a été reconnu sur une longueur de 1 km et sa hauteur exploitée est de l'ordre de 230 m, entre les cotes 430 et 660. Il présente deux tronçons distincts : celui occidental de Fürstenstollen est dirigé N135° et celui oriental de Saint-Paul N100°-110°, N125° dans la mine Nipperstollen. L'ensemble semble buter contre une faille subverticale, parallèle au filon des Mines de Plomb.

On ne possède que de vagues indications sur les vieux dépilages. D'après les anciens rapports, la gangue carbonatée était puissante et régulière, mais le minerai ne s'y trouvait que par "renflements isolés, peu nombreux mais riches". Il est possible que les deux branches citées, Fürstenstollen et Saint-Paul, représentent deux filons différents et non deux tronçons d'un même filon.

Bluttenberg. Comme déjà indiqué, ce dernier secteur reste très mal connu, car, s'il fut certainement activement exploité au XVIème siècle, sa redécouverte est récente (début des années 1970) du fait qu'il est isolé à l'extrême sud du district. Il s'étend sur quelques centaines de mètres immédiatement à l'ouest du granite tardi-hercynien du Brézouard (Bluttenberg en allemand) et, à la différence de l'Altenberg, il est situé entièrement dans les gneiss à sillimanite de Sainte-Marie-aux-Mines.

Malgré d'intenses travaux actuels de réouverture (par une équipe de "Spéléologie Minière" de Colmar), on ignore tout de la géométrie et de l'importance des filons de ce secteur. Les 21 haldes repérées montrent une minéralisation de

"chapeaux de fer", avec pyromorphite, mimétite, cérusite, malachite, chrysocolle, azurite, noyaux de galène et de chalcopyrite, gangue quartzeuse et limonitique.

Minéralogie

Le gisement de Sainte-Marie est aussi célèbre par sa minéralogie que par sa richesse en argent et, actuellement, plus de 120 espèces minérales y ont été dénombrées, parmi lesquelles des espèces nouvelles, en ce qui concerne plus particulièrement les minéraux secondaires (notamment les arséniates calciques et calco-magnésiens décrits par R. PIERROT (1964)). D'autres espèces sont encore découvertes actuellement, au fur et à mesure des travaux de réouverture.

De nombreuses études ont été consacrées à cette minéralogie, parmi lesquelles, à une époque récente, les travaux de P. FLUCK (1968) et H. BARI (1982). Il serait fastidieux et superflu de donner la liste complète des minéraux trouvés, mais il paraît intéressant de citer les plus communs, en commençant par les minéraux primaires : Argent natif - Arsenic natif - Bismuth natif - Dyscrasite - Argentite - Galène - Blende - Chalcopyrite - Pyrrhotite - Nickéline - Cubanite - Argentopyrite - Réalgar - Orpiment - Bismuthinite - Pyrite - Löllingite - Safflorite - Rammelsbergite - Pararammelsbergite - Marcasite - Mispickel - Glaucodot - Lautite - Skuttérudite - Chloanthite - Devillite - Péarcéite - Proustite - Pyrargyrite - Xanthoconite - Tétraédite - Tennantite - Aïkinite - Myargyrite - Matildite - Aramayoïte - Pavonite - Emplectite - Casalite - Kobellite - Cuprobismuthite - Hématite - Rutile - Quartz - Fluorine - Calcite - Aragonite - Dolomite - Ankérite - Sidérite et Barytine.

Les plus importants d'entre eux sont :

Argent natif. L'argent natif est le minéral qui est à l'origine de la célébrité de Sainte-Marie-aux-Mines. Bien des chroniques anciennes parlent des fantastiques trouvailles qui ont attiré les mineurs d'Europe Centrale vers les mines du Val de Lièpvre : pour donner un exemple, citons la découverte, le 17 octobre 1581, d'un bloc massif d'argent vierge pesant 2 370 marcs (soit environ 592 kg), dans la mine de La Treille ou Zur Treu (filon Saint-Jean) ; un autre bloc, pesant environ 250 kg, fut trouvé en 1596, dans la mine "Saint-Jacques Lorraine". Pour le reste, l'argent existait sous forme dendritique, filiforme ou capillaire, notamment dans les filons Saint-Louis, Saint-Guillaume et Chrétien.

Cet argent natif est hypogène, comme le prouve son association avec des minéraux métalliques et des minéraux de gangue inaltérés.

Arsenic natif. L'arsenic natif était fréquent dans le filon Saint-Guillaume, notamment dans la mine Glück-Auf, et surtout dans le faisceau Saint-Jacques où il a été exploité, entre 1936 et 1940, dans la mine Gabe Göttes, seule mine ayant produit cette substance. Il y formait des blocs pesant plus de 30 kg et il s'y présentait sous trois faciès : concrétionné, bacillaire et monocristallin.

Bismuth natif. Le bismuth natif, connu depuis longtemps, aurait été parfois abondant, si l'on en croit A.G MONNET (vers 1780). Il se trouvait dans le filon Chrétien, au contact de cristaux de cuivre gris dans la barytine, et dans le filon Gabe Göttes, en inclusions dans As natif.

Argentite. L'argentite, appelée "argent vitreux", a été un important minerai d'argent, associé à l'argent natif et à l'argent rouge, dans la paragenèse "noble" à carbonates. Elle a été exploitée dans les mines Engelsbourg, Chrétien, Saint-Guillaume, Saint-Barthélémy et Fertrupt.

Galène. La galène était, avec le cuivre gris et la chalcopyrite, le minerai le plus abondant à Sainte-Marie et le plus précieux du fait de sa teneur en argent. Elle constituait la minéralisation principale des filons de l'Altenberg (et peut-être du Bluttenberg ?), étant plus rare au Neuenberg et pratiquement absente dans le faisceau Saint-Jacques. Sa teneur en argent était très variable, pouvant atteindre (rarement) 1 % ; les galènes les plus riches étaient celles de Saint-Paul inférieur, du grand Saint-Louis et de certaines mines de Fertrupt. On peut admettre, comme ordre de grandeur et sous toutes réserves, que la production totale en plomb a dû avoisiner 100 000 tonnes.

Blende. Au contraire de la galène, la blende, toujours mielleuse, est rare dans l'ensemble du gisement et il n'y a pas eu de production de zinc. Elle était toutefois relativement abondante dans le filon Saint-Louis (mine Glück-Auf), dans le Fürstenstollen au Rauenthal, dans la mine Langschacht et dans les filons de Musloch, étant actuellement le seul minéral visible à Hans Rappolstein. Elle était souvent accompagnée de galène, cuivre gris, chalcopyrite et argent rouge.

Chalcopyrite. La chalcopyrite est ubiquiste et elle se rencontrait pratiquement dans tous les filons, sauf celui de Hans Rappolstein ; elle était associée généralement à du cuivre gris, de la galène et de la blende. Ses plus beaux cristaux se trouvaient dans le filon Saint-Jacques (Gabe Göttes) et dans la mine Engelsbourg du filon Saint-Jean.

Pyrite. La pyrite est peu abondante dans les filons de Sainte-Marie, beaucoup plus fréquente dans le remplissage des grandes failles, telles que celles du Tiefstollen et de Glück-Auf. Elle peut être associée avec tous les autres minéraux métalliques.

Löllingite. La löllingite, par contre, est fréquente, étant abondante dans les filons Saint-Jean et Saint-Guillaume ; elle y imprègne les gangues de quartz et calcite, associée à du cuivre gris et à des arséniures de Co-Ni. Elle peut se trouver aussi dans les épontes gneissiques, sous forme de minuscules cristaux.

Safflorite et Skuttérudite. La safflorite a été, avec la skuttérudite, le principal minerai de cobalt exploité au XVIIIème siècle dans le filon Chrétien. Elle existe aussi dans la mine Gabe Göttes, associée étroitement à de la rammelsbergite. La skuttérudite, elle, a été exploitée en outre à la Mine de Cobalt et elle se rencontrait à Saint-Philippe et à Saint-Michel du Blumenthal.

Marcasite. Comme la pyrite, la marcasite est rare à Sainte-Marie. Elle se trouvait surtout dans le Wilhemstollen du versant lorrain.

Mispickel. Au contraire de la löllingite, le mispickel est rare. On le trouve, disséminé en cristaux automorphes, dans les gangues des filons Saint-Jacques et Saint-Guillaume, mais il est surtout présent dans le filon de Musloch-Stimbach, associé à l'arséniure précédent de fer.

Lautite. Ce sulfo-arséniure a été découvert en 1906 dans l'arsenic natif de la mine Gabe Göttes, sous la forme de gros cristaux orthorhombiques. Il s'agit de l'un des 3 gisements au monde qui aient fourni le minéral cristallisé.

Proustite. Sainte-Marie-aux-Mines est l'une des plus célèbres localités pour la beauté des échantillons de proustite, dont les trouvailles sont mentionnées dans la littérature ancienne. Ainsi, d'après A.G MONNET (vers 1780), on aurait découvert dans le filon Saint-Jacques, en 1758, "une masse de plus de 50 livres de minerai massif d'argent rouge, mêlé avec du minerai d'argent vitreux". Cette proustite est dépourvue de Sb et, comme confirmation, la pyrargyrite est très rare à Sainte-Marie.

Cuivre gris (Falherz). Le cuivre gris, désigné sous le nom de "mine d'argent grise", a été le plus important minerai de cuivre et d'argent autrefois exploité. Tous les filons du Neuenberg en renferment, les cristaux les plus remarquables provenant de Saint-Jean, Gabe Göttes, Saint-Guillaume et Chrétien.

En règle générale, la tennanite domine au Neuenberg, tandis que la tétraédrite, beaucoup plus argentifère, est prépondérante dans les filons du versant lorrain.

Les minéraux de gangue sont très variés et, d'une façon générale, on rencontre dans tous les filons du quartz, de la calcite, de la dolomite, de l'ankérite et de la barytine. Dans l'Altenberg, la gangue est à prédominance de sidérite, avec des concentrations locales de calcite ; de la fluorine s'ajoute aux minéraux précédents dans les filons sud du Neuenberg et la gangue du filon Chrétien se compose presqu'exclusivement de barytine et de calcite. Les filons Saint-Jean et Saint-Jacques sont à gangue surtout quartzeuse, tandis que les carbonates prédominent dans ceux de Saint-Guillaume et de Saint-Louis ; la dolomite est fréquente dans la paragenèse à carbonates et minéraux d'argent.

La barytine est particulièrement abondante dans la partie haute de tous les filons, sur une hauteur de 200 m environ au-dessous de l'ancienne pénéplaine post-hercynienne ; elle est accompagnée de fluorine au Rain de l'Horloge (cf. supra). Il est à noter que le petit filon de blende du Fürstenstollen, prolongement ouest du filon Saint-Paul, est caractérisé par une absence quasi totale de minéraux de gangue.

Les zones d'oxydation sont généralement réduites ; elles atteignent leur hauteur maximale dans le filon Saint-Jean, où elles dépassent 100 mètres. Elles sont formées principalement par de la goethite et de la "limonite", provenant de l'altération des carbonates ferrifères (spaths brunissants) et elles constituent des masses brun-rouge plus ou moins pulvérulentes ou, plus rarement, des concrétions brun-noir manganésifères. A côté de ces oxydes de fer dominants, plus de 60 minéraux secondaires ont été recensés au seul Neuenberg, dont les célèbres arséniates de Ca et Mg.

Il existe en outre, parfois, une petite zone de cémentation caractérisée par les minéraux suivants : argent natif, à distinguer de l'argent hypogène ; cuivre natif ; covellite ; cuprite ; cotunnite et cérargyrite.

Les minéraux connus des zones d'oxydation sont : des oxydes et hydroxydes : partzite ; limonite ; psilomélane et wad ; gibbsite - des carbonates et sulfates : monohydrocalcite, cérusite, hydrozincite ; gypse, malachite ; azurite ; anglésite ; brochantite ; linarite ; langite ; devillite ; cyanotrichite - des arséniates : annabergite, symplésite, scorodite ; cornubite ; pseudomalachite - cornwallite ; clinoclasite ; strashmirite ; olivénite ; mixite ; agardite ; arsénio-sidérite ; pharmacosidérite ; chalcophyllite ; tyrolite - des phosphates,

molybdates et silicates : pyromorphite ; wulfénite, chrysocolle.

Enfin, depuis l'abandon de l'exploitation minière, des "minéraux de néoformation" ont cristallisé sur les parois des galeries, les boisages, les outils et les échantillons de minerai des haldes. Ces minéraux sont les suivants : arsénolite; "limonite" ; gypse; mirabilite ; jarosite ; calcite ; aragonite ; chalcanthite; paracoquimbite; brochantite ; devillite ; posnjackite ; pharmacolite ; haidingérite ; weilite ; phaunouxite ; rauenthalite ; guérinite ; ferrarisite ; sainfeldite ; picropharmacolite ; talmessite ; fluckite ; macnearite ; roesslerite ; hoernésite ; érythrite et annabergite ; scorodite. Si l'on ajoute aux listes précédentes une dizaine de minéraux restés indéterminés (par suite de leur rareté), on constate que le gisement de Sainte-Marie est à lui seul un "musée minéralogique" renfermant des espèces rares et certaines inédites (la fluckite, par exemple).

Succession

A la suite des derniers travaux de P. FLUCK (1975 et 1977) et de F. RUHLMANN (1978), la succession des paragenèses serait la suivante, dans l'ensemble du gîte :

1) formation 0 : calcite à hématite, quartz calcédonieux.
2) formation 1 : calcite, quartz à cuivre gris, chalcopyrite.
3) formation 2 : arsenic natif, arséniures.
4) formation 3 : galène, blende, cuivre gris.
5) formation 4 : fluorine, barytine.
6) formation 5 : carbonates tardifs (ankérite) avec minéraux nobles d'argent.

1) La formation initiale 0 a été seulement observée il y a quelques années. Elle se présente sous la forme de filonets multiples sinueux de couleur rouge, constitués essentiellement de calcite et d'hématite et associés à un quartz calcédonieux blanchâtre ou rougeâtre. Ces filonets ressemblent à s'y méprendre aux filonets quartzo-hématitiques qui traversent le granite du Brézouard et on peut remarquer qu'ils ont été trouvés dans les filons les plus proches de ce granite (partie est du faisceau Saint-Jean). On peut donc supposer que les minéralisations de Sainte-Marie sont postérieures à cette intrusion granitique, attribuée à la phase asturienne.

2) La formation 1 est surtout caractérisée par sa dominante cuprifère. Les principaux minéraux déposés sont, en effet, de la chalcopyrite en masses

importantes et du cuivre gris. Les gangues principales sont du quartz et de la calcite, auxquelles s'ajoute du "quatz haché" (pseudomorphoses de lamelles de barytine). Deux faits intéressants à noter sont la présence de cubanite, d'une part, et celle d'une série de minéraux bismuthifères, d'autre part.

3) La formation 2 est remarquable par son caractère arsénifère. Elle est développée avec le plus d'ampleur dans la colonne médiane Giftgrube - Saint-Jacques du filon Saint-Jacques et dans le filon Chrétien. Dans le détail, la succession, qui débute par de la rammelsbergite, montre un enrichissement progressif en Co et un appauvrissement concomitant en Ni, puis, après un dépôt de safflorite ferrifère, les arséniures de Co vont être relayés par l'arséniure de fer (löllingite). Enfin, le stock de Ni, Co et Fe étant épuisé, on assiste à une cristallisation massive d'arsenic natif.

Certaines observations (telles que les inclusions d'argent natif dendritique décrites par A.G. MONNET (1780)) montrent l'existence d'une phase argentifère mineure qui commence avec le dépôt de As et se termine après. Les minéraux représentatifs de cette phase sont : argent natif, péarcéite, proustite, xanthoconite, pyrargyrite, miargyrite, aramayoïte et devillite.

4) La formation 3, particulièrement développée dans l'Altenberg, a un caractère plombo-zincifère très prononcé. Le premier minéral déposé, sur une gangue de quartz ou sidérite, est la blende, suivie de galène, cuivre gris et chalcopyrite. A Fürstenstollen, le dépôt de sulfure de zinc s'est fait directement sur la roche.

5) La formation 4 est constituée par un dépôt massif de barytine et fluorine, qui affecte surtout la partie haute des filons. A la mine Buchhalterschacht (faisceau Saint-Jacques), la fluorine inclut des petits cristaux de chalcopyrite.

6) La formation 5 est la "phase carbonatée noble", qui fit la fortune de certaines mines et la célébrité du district de Sainte-Marie. Elle comporte les riches minéraux suivants : argent natif, proustite, pyrargyrite et argentopyrite, dans une gangue de calcite grossière pseudomorphosée en ankérite, dolomite et calcite fine.

Zonalité. Dans le secteur du Rain de l'Horloge, le mieux étudié, il existe une nette zonalité verticale, qui est déterminée par deux facteurs :

- la localisation dans les parties hautes de la barytine et de la fluorine,

- la distribution des zones riches à des niveaux décroissant régulièrement en altitude vers le sud et, dans cette même direction, une augmentation progressive d'épaisseur de ces zones.

Il en résulte que, dans le sens N-S, la limite inférieure de la zone à barytine est oblique par rapport à la limite supérieure de la zone riche : ainsi, dans la zone haute du filon Saint-Louis, la galène et la barytine coexistent, ce qui implique que ce filon ait été autrefois exploité par de nombreux "pingen" (puits à ciel ouvert).

La succession ci-dessus des paragenèses, toutes considérations quantitatives mises à part, présente des similitudes avec celle du gîte de La-Croix-aux-Mines et il est probable que les deux gisements ont été formés au cours d'une même phase minéralisatrice, appartenant à l'orogenèse hercynienne tardive.

Pour terminer, on peut remarquer que ce célèbre gisement de Sainte-Marie ne serait qu'un gîte moyen à l'échelle minière actuelle, abstraction faite de l'argent. D'autre part, s'il était découvert actuellement, sa reconnaissance serait certainement malaisée et onéreuse, du fait de la répartition de sa minéralisation en de nombreux filons eux-mêmes très lenticulaires. On peut donc se poser la question de savoir s'il serait mis en exploitation ; le facteur décisif serait sans doute la teneur en argent.

2.1.6 - Molybdénite du Petit Haut (68) - Carte à 1/50 000 de Géradmer.

Dans la région du Neuenberg, plus précisément dans la vallée de la Lièpvrette, au Petit-Haut, une carrière ouverte dans des amphibolites présente des amandes de calcite et de sphène pouvant renfermer des lamelles grossières de molybdénite. L'occurence n'est guère qu'une curiosité minéralogique, mais elle est associée à un indice alluvionnaire et il est probable que le minéral doit se rencontrer aussi en dehors de la carrière. La prospection effectuée n'a pas permis, toutefois, de retrouver de nouveaux indices.

2.1.7 - Rombach-le-Franc (68) (Ba, Cu) - Carte à 1/50 000 de Sélestat.

Le gîte de Rombach-le-Franc, appelé autrefois L'Allemand-Rombach (Deutsch-Rumbach), se trouve situé au voisinage immédiat des filons du versant lorrain de Sainte-Marie-aux-Mines, à 3,5 km environ au NE de Sainte-Croix-aux-Mines. Mais, contrairement à ces derniers, encaissés dans des leptynites du groupe de Sainte-Marie, il est inclus dans la partie septentrionale du

granite à amphibole des Crêtes.

Il se compose de deux filons subverticaux sensiblement parallèles, orientés N135° à N160° et distants de 300 à 400 m ; ils sont connus sur une longueur de 500 à 600 m. Le granite encaissant est lardé de dykes de microgranites et, au voisinage du filon oriental, un grand accident dirigé N150° à 170° (faille de Lièpvre-Fouchy) met en contact ce granite avec le Permo-Trias du bassin de Villé. Sur cette grande faille est branché un 2ème accident important, appelé faille de Nangigoutte et orienté NE-SW, qui limite les filons vers le NW ; au-delà, ceux-ci n'ont pu être retrouvés.

Les deux remplissages sont différents : celui du filon occidental : le filon de Nangigoutte, renferme de puissantes lentilles de barytine massive, atteignant jusqu'à 7 m d'épaisseur, qui contiennent accessoirement de petites quantités de quartz, d'ankérite, d'hématite rouge et de wad ; dans le filon oriental : filon de Grandegoutte, la minéralisation est moins épaisse, mais plus régulière ; la barytine y est déposée sur du quartz fibro-radié et de l'ankérite relativement abondante et il s'y ajoute, finement disséminée dans le quartz, une venue métallique comportant de la chalcopyrite, de la tétraédrite, de la bornite, de la bournonite et de l'oligiste.

Cette différence pourrait être due à une zonalité verticale, les deux filons étant séparés par une faille tardive probable, ayant un rejet vertical de l'ordre de 80 m ; si l'on tient compte de ce rejet, la zone à sulfures métalliques et ankérite du filon oriental serait inférieure de 40 mètres aux travaux les plus bas du filon occidental. Ce niveau correspond à la base de la zone d'oxydation, à 130 m au-dessous de l'ancienne surface topographique.

Le filon de Grandegoutte a été exploité pour cuivre depuis une époque très ancienne, car on y trouve des travaux (galerie et bure) creusés dans le style du 16ème siècle. Il est connu sur une longueur de 600 m environ, jalonnée par les travaux suivants : au nord, une petite galerie accessible d'une vingtaine de mètres, surmontée par une galerie éboulée à l'entrée ; au centre, une tranchée et la galerie allemande de 150 m, éboulée à l'entrée ; au sud, une ancienne excavation. Plus loin, de part et d'autre, le recouvrement masque tout affleurement. En hauteur, le filon est connu sur 90 m environ, depuis la crête (cote 555) jusqu'au fond du bure allemand (cote 465). La puissance utile variait généralement entre 1 m et 2 m.

La galerie allemande était ouverte à la fin du 19ème siècle, dans le cadre d'une concession pour cuivre (concession Friedrich WILHELM) ; mais, ces travaux furent rapidement abandonnés, car le minerai, oxydé, était très disséminé. Le filon, dirigé N35°W, présentait là un pendage vers le SW de 80° à 85° et une puissance de 0,80 m à 1 m, exceptionnellement 2,50 m. A 60 m de l'entrée, se trouvait un bure de 10 m, au fond duquel était tracé un petit allongement NW de 12 m. Dans cet allongement, le filon avait une épaisseur de 1 m et il renfermait, dispersés dans du quartz gras, de la chalcopyrite et du cuivre gris, partiellement altérés en malachite et azurite.

Ce filon avait, dans l'ensemble, une texture rubanée, comportant des épontes vers le centre : une bande de carbonates ferrifères, parfois bréchique ; une bande mince de quartz ; une bande principale de barytine et, enfin, une croûte mince de quartz plus jeune. Les minéraux de cuivre se trouvaient, en partie, dans la bande de quartz, et, en partie, déposés dessus ; dans ce cas, ils étaient enrobés par la barytine postérieure.

Le filon de Nangigoutte, le filon occidental, est connu, lui, sur une longueur supérieure à 500 m, depuis le travers-bancs nord jusqu'à l'entrée de la galerie de roulage ; de part et d'autre, tout affleurement est également caché. En hauteur, il est connu sur 35 à 40 m seulement, depuis les affleurements de la cote 505 jusqu'au fond du bure niveau -28, cote 470 environ.

La galerie de roulage, cote 495 environ, accessible sur presque tout son parcours, permet de se rendre compte du caractère lenticulaire spectaculaire de la formation barytique, laquelle peut se renfler jusqu'à une épaisseur de 5 ou 6 m, puis s'effiler rapidement et se réduire à une simple cassure ; de telles passées entièrement stériles peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres. De beaux miroirs de faille à stries horizontales témoignent de rejeux directionnels, postérieurement au dépôt de la minéralisation.

Ce filon a été exploité, pour barytine, à des époques plus récentes que le premier. Au 19ème siècle, en 1851, il faisait l'objet de travaux en carrière de la part d'un certain Renaud SAINT-AMOUR, mais celui-ci n'en aurait guère extrait qu'une cinquantaine de tonnes ; le filon, au point d'attaque, avait une épaisseur de 2 m.

Au 20ème siècle, le filon fut d'abord exploité au début des années 1920 et, d'après L. ROYER, il aurait fourni environ 8 000 tonnes jusqu'en 1925, la production journalière atteignant 100 t. Cette production était entièrement dirigée

vers les usines de produits chimiques, car la barytine extraite était de très bonne qualité, donnant par réduction et sans autre opération préalable un produit à 80-85 % Ba S.

Une 2ème période d'exploitation eut lieu entre 1927 et 1931, au cours de laquelle on produisit 12 623 tonnes (1 048 t en 1927, 5 100 t en 1928, 1 225 t en 1929, 3 000 t en 1930 et 2 250 t en 1931). Puis, l'exploitation fut arrêtée pour être reprise en septembre 1937 (chiffres de cette dernière période non connus). Il existait un atelier de broyage à Liepvre et les premiers exploitants formaient une société appelée "Les barytes des Vosges" ; le dernier exploitant, celui de 1937, était un nommé Jean KLEIN de Strasbourg.

Pendant la guerre, en juillet 1942, la société allemande KALI CHEMIE A.G. passa un contrat avec le propriétaire du sol, pour être autorisée à effectuer des travaux de recherche et d'exploitation, dont un bure de 40 m. Puis, après la guerre, dans le cadre de la prospection générale du Haut-Rhin, le gisement fut réétudié par H. CASTRO et P. SAINFELD du BRGM qui, en 1956, calculèrent les réserves suivantes de barytine :

- 284 660 t dans le filon de Nangigoutte, dont 30 100 t possibles, 120 400 t probables et 134 160 t possibles, le tout entre les affleurements et le fond du thalweg.
- 73 100 t dans le filon de Grandegoutte, en minerai probable.

Ces prévisions intéressèrent la Cie PECHINEY et les établissements KUHLMANN qui passèrent un accord avec le BRGM, le 25 mars 1958, pour que celui-ci procède à l'exécution de travaux de recherche pour leur compte. Ces travaux devaient comporter 10 tranchées de 10 m dans la partie nord du filon de Nangigoutte et une galerie en direction de 250 m, leur montant total s'élevant à 9 893 702 francs. Mais, en fin de compte, PECHINEY et KUHLMANN abondonnèrent leur projet et les travaux ne furent pas exécutés.

Ultérieurement, au début des années 1970, une galerie de recherche en allongement fut effectuée par la Société d'Entreprises, Carrières et Mines de l'Estérel (SECME), qui confirma l'extrême lenticularité et montra un coincement général en profondeur des grosses lentilles supérieures. Ces derniers travaux furent donc abandonnés, sans qu'il y ait eu exploitation. Enfin, aucun fait nouveau favorable n'étant intervenu, le gisement n'a pas été réétudié par le BRGM, au cours de la période 1970-1984 ; on s'est contenté d'une visite des travaux de la SECME.

2.1.8 - Dambach-la-Ville (Fe, Mn, Ba) (67) - Carte à 1/50 000 de Sélestat.

Les filons de fer et de manganèse de Dambach-la-Ville sont encaissés dans le granite de Dambach-Scherwiller, granite alcalin à deux micas du domaine de Sainte-Marie-aux-Mines qui forme un massif isolé en bordure de la plaine d'Alsace. Limité à l'ouest et au nord par les sédiments permiens du bassin de Villé, il s'ennoie au sud sous les alluvions du Giessen et de la Lièpvrette et il est brutalement limité à l'est par la faille vosgienne. Le gîte se trouve plus précisément à 1 500 m environ au NW de Dambach-la-Ville, au lieu-dit Kälberhügel.

Historique

Ces filons Fe-Mn sont connus depuis très longtemps et ils ont été exploités pour les deux métaux. D'après G. SCHEIBLING (1949), il existait un haut-fourneau dans la région dès l'an 1200. Puis, après une longue période de silence, on trouve mention d'une exploitation minière en 1736, aux fins de production d'acier ; cette exploitation dura plusieurs dizaines d'années et concerna un filon épais de 1,20 m à 1,50 m. Ensuite, vers la fin du siècle, les verriers s'intéressèrent au manganèse et exploitèrent un des filons jusqu'au début du 19ème siècle, avant que l'abondance croissante du fer ne devint gênante.

Cette activité passée semble avoir eu une ampleur assez considérable, étant donné l'importance des vieux dépilages rencontrés par la société allemande qui reprit les travaux vers 1898 ; cette société creusa de nouvelles galeries et deux puits de 30 m sur deux filons parallèles. Les principaux travaux du 18ème siècle repris pendant cette période de l'époque 1900, se trouvent à l'ouest de l'éboulement terminal des travaux plus récents.

Puis, en 1919, une concession fut demandée par J. WEBER et E. SCHEYEN et, en 1920, une fouille au flanc de la montagne, à 400 m au NW de l'entrée de la mine allemande, mit à jour un filon de quartz épais de 50 à 60 cm, qui présentait deux salbandes d'oligiste et était teinté de vert et de bleu par des carbonates de Cu ; des échantillons choisis donnèrent des teneurs de 21 % Cu. Cette découverte fit l'objet d'une demande en concession non accordée pour Cu et Fe.

En même temps, sous le nom de "mine Joseph", on rouvrit la mine allemande précédente qui, en 1921 et 1922, produisit 77,5 t de minerai de fer et 67,7 t de minerai de Mn. On creusa, en outre, une galerie de 40 m sur un filon Fe très pauvre en Mn, situé dans le Kirchtal au nord de la cote 400 et dirigé NW-SE ; ces travaux portaient le nom de "mine Edmond". Puis, peu après 1930, un certain ZIMMER ouvrit un travers-bancs à 200 m à l'ouest de la mine Joseph, travers-bancs resté stérile.

Les travaux reprirent en 1937, pour le compte de la société SOFIC : on fonça un puits de 27 m dans la mine Joseph et on suivit en traçage deux filons parallèles sensiblement E-W, l'un de fer et l'autre de manganèse. Les travaux rencontrèrent un filon croiseur d'hématite rouge et on exploita (production de 40 t de métal environ) des lentilles manganésifères dont l'épaisseur pouvait atteindre 40 cm.

En 1940, la société Dambach Mines creusa, au niveau -39 m, un travers-bancs inférieur de 300 m, relié par un puits au niveau 0. Puis, un entrepreneur allemand l'exploita pour son compte, de 1941 à 1943. Ces travaux furent les derniers exécutés, car un projet de reprise, en 1948, en vue d'exploiter le fer pour la sidérurgie suisse, n'eut pas de suite, étant donné le manque de réserves (6 000 t à 40 % pour le filon de Mn, 10 000 t pour le filon de fer, 14 000 t pour le filon croiseur).

Structure du gîte

En dehors du petit filon du Kirchtal, on connaît avec certitude quatre filons Fe-Mn : trois filons subparallèles (N90° à 110°) très voisins, connus sur une centaine de mètres de longueur, et un filon croiseur (N10°). Le manganèse est concentré essentiellement dans le filon "E-W" médian (filon B), les autres étant uniquement ferrifères. Dans ce filon manganésifère, dont la direction deviendrait N150° dans sa partie ouest (partie éboulée correspondant aux dépilages du 18ème siècle), on pouvait observer une zonalité : les oxydes de Mn étaient localisés dans les parties hautes et, en profondeur, on passait à un minerai ferrifère.

Minéralisation

Le fer, prépondérant dans l'ensemble, se présente sous la forme d'oligiste écailleux ("fer onctueux") ou d'hématite rouge. Les minerais de Mn sont constitués essentiellement par de la braunite, accompagnée de petites quantités de

manganite, pyrolusite, hollandite et romanéchite ; ils présentaient un aspect terreux (sauf la braunite) et ils étaient appelés "mulm" par les anciens mineurs. En ce qui concerne les gangues, peu abondantes, on trouve du quartz et de la barytine.

Barytine. Si la barytine est rare comme minéral de gangue des filons Fe-Mn, elle est par contre abondante dans toute la partie septentrionale du massif granitique. Elle y forme de multiples filonets, sous forme massive ou crêtée, associée à du quartz précoce et parfois de petites quantités de sidérite ou d'hématite. Leurs directions (NW-SE) seraient concordantes avec celles des filons voisins de pegmatites et d'aplites.

Une occurrence plus importante se situe au lieu-dit Kälberhäusle, 750 m à l'ENE de la cote 400, dans le prolongement occidental du filon de Mn. C'est en ce lieu que, d'après DAUBREE (1852), on avait trouvé autrefois "un gîte de chalcopyrite accompagnée de stibine aciculaire", gîte qui n'a jamais été retrouvé.

Il est à noter que l'association précédente Fe-Mn se retrouve rarement dans un contexte intragranitique. On peut citer seulement le gîte de la Fonderie dans le granite des Ballons, le gîte de Grandrupt dans le granite de Senones et le gîte du Haut-Poirot dans les granites de la région de Gérardmer.

2.1.9 - Tungstène (scheelite)

La présence, jusqu'alors inconnue, de minéraux de tungstène dans les gneiss de la partie septentrionale des Vosges moyennes ou les granites associés, a été mise en évidence par la prospection alluvionnaire stratégique, dès l'année 1972. Ces indices étaient formés quasi exclusivement par de la scheelite, exceptionnellement par de la wolframite, et ils étaient particulièrement fréquents sur la carte de Sélestat 1-2, dans le réseau hydrographique de la Liepvrette, en aval de Sainte-Marie-aux-Mines. Ils étaient accompagnés par des indices de cassitérite et d'or natif qui, eux, provenaient probablement des lambeaux-témoins triasiques couronnant les hauteurs.

La prospection de cette vaste zone à l'aide de la lampe Mineralight aboutit seulement, fin 1974, à la découverte de très faibles indices dans la vallée du Rombach, près du hameau appelé "Sur le chemin de la Hingrie". Ces indices étaient formés par de minces filets de quartz à scheelite, encaissés dans des gneiss amphiboliques ou des amphibolites. Dans le même secteur, près de la ferme Osières, un nouvel indice fut découvert en 1975, dans une cassure traversant les leptynites de Sainte-Croix-aux-Mines.

Ces découvertes sont économiquement insignifiantes et elles ne rendent pas compte de la fréquence de la scheelite. Il existe certainement d'autres indices dans la région, mais, pour les découvrir, la simple prospection étant manifestement insuffisante, il aurait fallu effectuer, pour commencer, une importante prospection géochimique. Or, le type des quelques minéralisations trouvées n'incitait pas à entreprendre des travaux détaillés.

Plus tard, les prospections alluvionnaires des cartes de Gérardmer et de Colmar mirent en évidence de nombreux indices nouveaux de scheelite (et rarement de wolframite), dans la même bande septentrionale des Vosges moyennes. Parmi ceux-ci, l'indice de Fauru ou Faurupt (cf. infra) se distinguait par sa densité et ses teneurs particulièrement élevées.

La présence largement répandue du minéral dans la zone précédente fut ensuite confirmée par la prospection géochimique multi-éléments, qui mit en évidence les anomalies suivantes :

- Carte de Sélestat : anomalie W du Grand Rombach (voisine des indices découverts signalés) ; anomalie W, (As) de Rotzel ; anomalie W, (As) de Kintzheim ; anomalie W, Pb, Ag, Cu de Musloch.

- Carte de Saint-Dié : anomalie W, (Sb, Pb, Cu, Sn) de Wisembach, très importante (12 échantillons) ; anomalie W, (Ba, As) du col d'Urbeis, englobant l'indice décrit de Chévremanne ; anomalie W, Pb, (Sn) de Colroy-la-Grande ; anomalie Pb, Cu (Sn, W) de Lesseux.

- Carte de Gérardmer : anomalie W du Chauffour, dans les gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines, près du contact avec le leucogranite du Brézouard ; anomalie W, Cu, Pb de Faurupt, confirmant les indices alluvionnaires du ruisseau.

- Carte de Colmar : anomalie W de Grossthal ; anomalie Pb, Zn, (W, As) de Taenchel et anomalie W de Nicolas.

Les seuls travaux importants effectués sur tous les indices précédents de tungstène, ont été ceux de Faurupt.

2.1.10 - Faurupt ou Fauru (68) (W) - Carte à 1/50 000 de Gérardmer.

Historique des travaux. L'indice de Faurupt, comportant de la scheelite très abondante et de la wolframite très rare, a été découvert par la prospection

alluvionnaire stratégique de 1976 et il a été confirmé par la prospection géochimique multi-éléments.

En raison du manque d'affleurements (région couverte de prairies), la prospection à la Mineralight s'avéra inefficace : on découvrit seulement deux faibles indices, l'un au voisinage immédiat de la ferme de Faurupt, sous la forme d'un filet carbonaté scheelitifère traversant des gneiss chloriteux, le second à 1 km plus au nord, près du Haut-Pré, dans une roche granulitique.

En 1979, une prospection géochimique tactique à la maille rectangulaire 50 m x 25 m fut entreprise dans le secteur des indices (399 échantillons analysés pour W) et, dans la partie la plus anomalique, une prospection géochimique complémentaire fut effectuée à la maille 25 m x 12,5 m (69 échantillons, donc 468 au total).

A la suite de ces deux prospections, il apparut une anomalie géochimique W complexe couvrant une superficie de 6 ha environ. Dans une teneur de fond variant entre 4 et 20 g/t, cette anomalie est délimitée par l'isanomale 80 g/t et elle s'étend en direction NNE sur une longueur de 500 m. Dans le détail, elle présente des dentelures et, à son intérieur, dans sa partie basse, des valeurs élevées, comprises entre 400 et 800 g/t, forment de petites anomalies secondaires maximales dirigées NE-SW. Dans leur zone, un minuscule affleurement de gneiss granitisé chloriteux est traversé par des filets de fluorine et des filets quartzo-carbonatés contenant des cristaux plurimillimétriques de scheelite.

En 1981, on effectua une tranchée longue de 92 m (211,6 m^3) et dirigée NW-SE, destinée à recouper transversalement la plus importante des petites anomalies maximales. Cette tranchée traversa une faille à remplissage épais d'argile noire : au SE, se trouvaient des gneiss stériles très micacés et chloriteux, avec bancs interstratifiés de leptynites ; au NW, des gneiss-granulites granitisés et parfois silicifiés, minéralisés très irrégulièrement en scheelite et fluorine formant le remplissage de fissures et de filets épais de 1 à 10 mm et plus ou moins dispersés ; localement, un peu de scheelite était disséminée dans le gneiss.

Cette passée minéralisée fut échantillonnée par rainurage, les échantillons individuels ayant 2 m de longueur. Puis, malgré les faibles teneurs, on exécuta, dans le même secteur des valeurs géochimiques maximales, 4 sondages carottés inclinés représentant un métrage total de 488,76 m, à la suite desquels l'exploration fut arrêtée.

Situation géographique et géologique. L'indice des sondages de Faurupt, commune du Bonhomme (68), se trouve au voisinage immédiat de la ferme du même nom, à quelque 1 500 m au SE du col des Bagenelles. Les anciens travaux du Bluttenberg (district de Sainte-Marie-aux-Mines) se trouvent en amont vers le NE, à une distance de 1 km environ ; ils sont probablement responsables de l'anomalie géochimique Pb-Cu qui accompagne l'anomalie W.

Au point de vue géologique, l'indice est encaissé dans la série gneissique de Sainte-Marie-aux-Mines, non loin de la lame granitique du Bilstein et du massif circonscrit du Brézouard (ou Bressoir) : la première se trouve à 750 m seulement au SE et le second à 1 500 m au NE. Les "gneiss" de Sainte-Marie encaissant l'indice sont représentés par un faciès granitisé affectant les gneiss perlés à grenats et les granulites du col des Bagenelles, largement rétromorphosées. Les gneiss à sillimanite se rencontrent immédiatement à l'est, en contact anormal le long d'une faille NE-SW appartenant au faisceau de Retournener - Sainte-Marie-aux-Mines : cette faille a été recoupée par la tranchée du BRGM, dans laquelle les gneiss à sillimanite sont stériles.

Pétrographie

Les roches encaissantes, qui sont souvent déformées, fracturées ou broyées et peuvent être silicifiées, présentent une teinte générale vert sombre, due à la présence abondante de chlorites ; elles ont généralement un aspect d'ortho-gneiss et montrent, de façon irrégulière, des passées claires granitisées.

La pétrographie est formée essentiellement par du quartz et des plagioclases à la limite oligoclase-andésine (An : 30 environ), auxquels s'ajoutent, en moindre abondance, de l'orthose perthitique, de la chlorite, de la biotite (chloritisée) et de la sillimanite très rare. Dans certains bancs, les grenats (chloritisés) sont très abondants et il peut exister des lits graphiteux ; les feldspaths sont largement altérés en séricite et les minéraux accessoires sont le zircon, l'apatite et l'anatase (provenant de la décomposition des biotites).

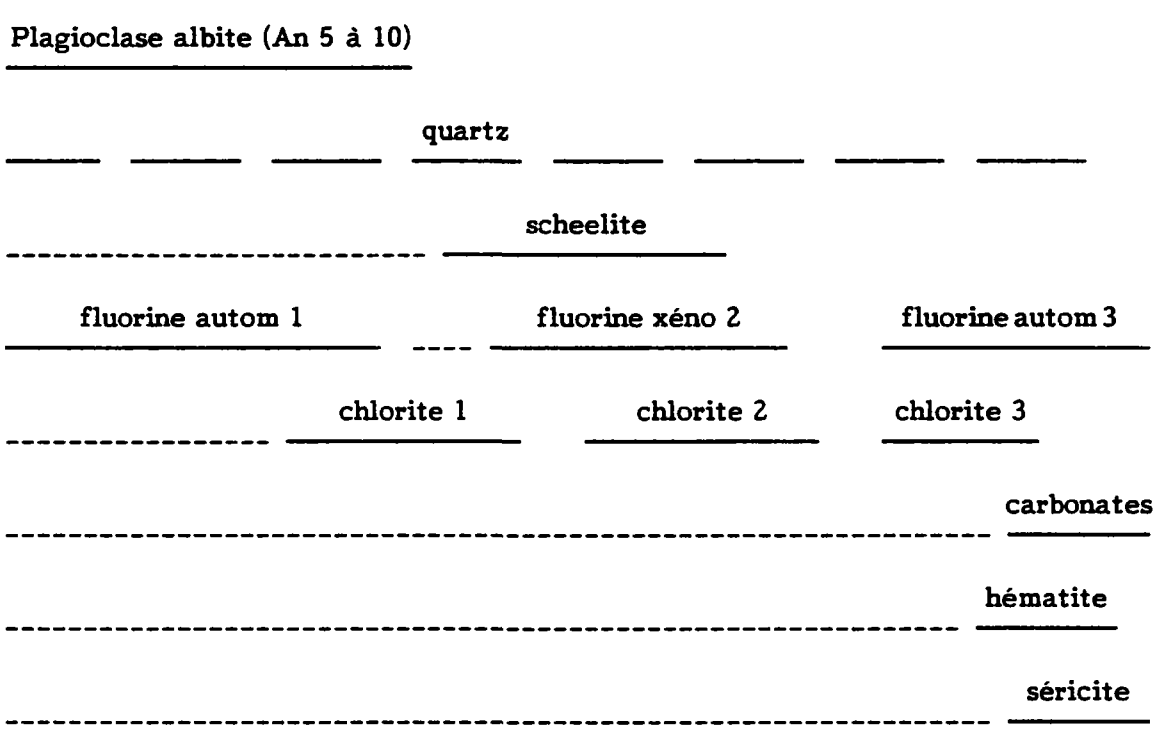
La granitisation, très irrégulière, se traduit par l'apparition de digitations quartzo-feldspathiques, subconcordantes avec la foliation ou franchement discordantes ; les feldspaths dominants y sont tantôt des plagioclases du même type que ceux de la granulite, tantôt des feldspaths potassiques, auquel cas les minéraux accessoires sont du sphène, de l'allanite et de l'apatite abondante.

Minéralisation

De nombreuses veinules millimétriques, exceptionnellement centimétriques, peu continues, rectilignes ou sinueuses, traversent la masse de la roche et, quand leur réseau est très dense, elles déterminent des passées bréchiques dans lesquelles les éléments, y compris les parties granitisées, peuvent être broyés, voire mylonitisés et transformés en hydrothermalite (mélange de quartz, muscovite, chlorite, calcite et fluorine).

Mentionnons tout de suite qu'il n'a pas été fait de mesures à l'aide de l'orienteur de carottes et, par suite, on ignore si les filets précédents constituent un véritable stockwerk désordonné ou s'ils présentent une direction préférentielle (on peut penser à la direction tectonique principale NE-SW).

Les remplissages sont divers et, seule, une petite partie des veinules renferme de la scheelite. En outre de ce tungstate, se trouvent de la fluorine, des carbonates, des chlorites, du quartz, des feldspaths blancs ou rouges et, sporadiquement, de l'hématite. Cette association a été étudiée en détail par P. RICHEZ (1984) qui a pu établir l'ordre de succession suivant :



La scheelite se trouve souvent en bordure de filets de carbonates, accompagnée de fluorine et de quartz ; le quartz est déposé directement sur les épontes et la scheelite est enveloppée par de la fluorine xénomorphe. D'autres

remplissages minéralisés sont plus complexes et peuvent se présenter ainsi : directement sur l'éponte, des albites entourées de fluorine et scheelite automorphes ; puis, des petits cristaux de chlorite, accompagnés par du quartz ; puis, de la fluorine xénomorphe recouvrant la scheelite et la fluorine automorphes ; ensuite, une chlorite en gros cristaux (genre pennine) ; enfin, une chlorite verdâtre vermiculée. La scheelite est à tendance automorphe contre la fluorine et la chlorite, xénomorphe contre le quartz.

Toutes les veinules ne sont pas synchrones : certaines recoupent des veinules antérieures, qu'elles peuvent légèrement décrocher. Les plus anciennes montrent souvent un remplissage quartzo-feldspathique (albite rose), pouvant renfermer, en outre, des gerbes de chlorites et parfois des prismes brisés d'épidote ; tous ces minéraux peuvent être traversés par des microfissures sériciteuses. Des filets plus récents peuvent contenir une 2ème génération d'albite, des cristaux de quartz, de la scheelite et de la fluorine ; à leur intersection avec les filets plus anciens, peuvent se développer des plages de quartz secondaire. Enfin, des veinules tardives, recoupant toutes les précédentes, sont remplies par de la séricite et des carbonates, lesquels sont, de toute façon, toujours postérieurs à la fluorine et à la scheelite.

Si l'on admet que l'albite des filets dérive du plagioclase An 30 de la roche, cette transformation donnerait la source du calcium de la fluorine et de la scheelite. Mais, il ne s'agit que d'une hypothèse.

Teneurs

On a analysé des échantillons prélevés par rainurage dans la tranchée et des carottes de sondages.

Tranchée. La minéralisation en scheelite, décelée à l'aide de la lampe Mineralight, est strictement localisée au NW de la faille, dans les granulites rétromorphosées. On a analysé 15 échantillons (longueurs de 2 m), qui ont tous donné des teneurs faibles en WO_3 : 84 g/t, 440 g/t, 224 g/t, 137 g/t, 121 g/t, 256 g/t, 312 g/t, 244 g/t, 425 g/t, 170 g/t, 271 g/t, 390 g/t, 362 g/t, 141 g/t et 875 g/t ; le dernier, qui est le plus "riche" relativement, est le plus proche de la faille (10 à 12 m).

Comme l'"épaisseur" minéralisée était importante dans la tranchée (54 m) et que l'on pouvait penser que la partie superficielle avait subi un certain

lessivage on pouvait espérer touver en profondeur des teneurs plus élevées sur des puissances qui ne soient pas négligeables. C'est pourquoi la reconnaissance fut poursuivie par l'exécution de 4 sondages carottés, destinés à recouper l'aval-pendage de la bande minéralisée de la tranchée et à explorer les deux anomalies maximales situées plus au nord.

Sondage FAU_1. Ce sondage, incliné de 80G vers le SSE, est long de 92,60 m. Il montre un partie supérieure très fissurée jusqu'à 57,45 m, puis une partie inférieure plus compacte, ne renfermant plus que de rares filets de scheelite et fluorine. On y a prélevé 10 échantillons, jusqu'à la distance de 35,60 m, dont les résultats d'analyse ont été les suivants :

0 - 6 m (6 m)	: 65 g/t WO_3
6 m - 12 m (6 m)	: 140 g/t WO_3
12 m- 15,50 m (3,50 m)	: 95 g/t WO_3
15,50 m - 16,90 m (1,40 m)	: 900 g/t WO_3
16,90 m - 18,50 m (1,60 m)	: 550 g/t WO_3
18,50 m - 19,50 m (1 m)	: 3 000 g/t WO_3
19,50 m - 20,50 m (1 m)	: 700 g/t WO_3
20,50 m - 21,80 m (1,30 m)	: 3 800 g/t WO_3
21,80 m - 26,30 m (4,50 m)	: 550 g/t WO_3
27,90 m - 35,60 m (7,70 m)	: 700 g/t WO_3

La passée la plus "riche", entre 18,50 m et 21,80 m (3,30 m), présente seulement une teneur de 0,26 % WO_3, c'est-à-dire une teneur inexploitable. Elle pourrait correspondre, sous toutes réserves, au prolongement de la passée de la tranchée ayant la teneur la plus élevée (2 m à 875 g/t WO_3).

Les échantillons précédents ont également été analysés pour fluorine, leurs teneurs en Ca F_2 étant les suivantes, dans le même ordre : 0,44 % ; 0,66 % ; 0,56 % ; > 2 % ; 1,70 % ; > 2 % ; 1,70 % ; > 2 % et > 2 %.

On peut constater qu'il n' y a pas de proportionnalité entre Ca F_2 et Ca WO_3 et les teneurs en fluorine sont également faibles ; celles dépassant 2 % n'atteignent certainement pas 5 % et le sondage est négatif pour la fluorine comme pour la scheelite.

Sondage FAU_2. Implanté à 65 m au nord de S_1 et incliné de 65G vers le SSE, ce 2ème sondage est long de 66,34 m. Il a exploré l'anomalie maximale centrale.

Il est bien fissuré sur toute sa longueur, mais, si la fluorine persiste, la scheelite devient très rare dans sa moitié inférieure. Aussi, les échantillons, au nombre de 3, ont-ils été prélevés dans sa moitié supérieure (entre 13,10 m et 15,10 m, 15,10 m et 16,80 m, 26,40 m et 27,70 m). Leurs teneurs sont très faibles : 920 g/t, 1 210 g/t et 560 g/t WO_3, et le sondage FAU_2, comme le sondage FAU_1, est négatif.

Sondage FAU_3. Situé à 45 m environ au nord de FAU_2 et incliné de 65G vers le SSE, ce sondage, long de 59,82 m, a reconnu en profondeur l'anomalie maximale nord. Il a encore recoupé des zones fissurées, plus denses dans sa partie supérieure, mais sa minéralisation en scheelite est beaucoup plus faible que celle des sondages précédents. On n'y a prélevé qu'un seul échantillon, long seulement de 30 cm, dont la teneur est de 0,44 % WO_3. Ce sondage est donc, lui aussi, largement négatif.

Sondage FAU_4. Ce dernier sondage, incliné à 65G vers le sud (direction imposée par la géographie), a été implanté au voisinage immédiat de FAU_3, pour reconnaître l'aval-pendage des minéralisations de FAU_1 et FAU_2 ; il est long de 270 m. Comme les sondages précédents, il a recoupé de nombreuses veinules, mais, d'une façon générale, sa minéralisation en scheelite est très dispersée et on y a prélevé seulement 9 échantillons représentant une longueur totale de 14,05 m. Ces échantillons sont les suivants :

de 132,55 m à 134,10 m (1,55 m) : 1 440 g/t WO_3
de 134,10 m à 135,05 m (0,95 m) : 125 g/t WO_3
de 135,05 m à 136,80 m (1,75 m) : 625 g/t WO_3
de 136,80 m à 138,20 m (1,40 m) : 75 g/t WO_3
de 138,20 m à 141,80 m (3,60 m) : 410 g/t WO_3
de 141,80 m à 144,80 m (3,00 m) : 810 g/t WO_3
de 144,80 m à 146,00 m (1,20 m) : 875 g/t WO_3
de 185,95 m à 186,25 m (0,30 m) : 1,375 % WO_3
de 196,50 m à 196,80 m (0,30 m) : 2 375 g/t WO_3

Les 7 échantillons supérieurs forment une passée longue de 13,45 m, mais la teneur moyenne n'y est que de 600 g/t WO_3. Cette passée se trouve géométriquement sensiblement à l'aval de la passée la plus riche de FAU_1 (3,30 m à 0,26 % WO_3), mais on n'a aucune raison valable pour les corréler. La richesse de la passée isolée de 30 cm, entre 185,95 m et 186,25 m, est due au fait que cette passée est une brèche lardée de filets de fluorine et scheelite. Enfin, on peut noter

que toute la partie inférieure du sondage, au-delà de 196,80 m, est quasi stérile. Il n'y a donc pas, au contraire, du moins à cette profondeur, d'enrichissement en W quand on se rapproche de la faille.

Conclusion

Etant donné les médiocres résultats précédents, la reconnaissance a été arrêtée après l'exécution des 4 sondages. Mais, on doit convenir que l'exploration de l'anomalie n'est pas terminée. En effet, on s'est borné à explorer les petites anomalies maximales, situées vers le fond du thalweg du ruisseau de Fauru, négligeant l'anomalie principale qui s'étend bien plus haut, en se rapprochant du granite du Brézouard. Or, dans l'état actuel des connaissances, la minéralisation en W pourrait être liée à ce granite, sur la bordure duquel se trouve l'anomalie géochimique stratégique du Chauffour.

Même si les compléments effectués n'ont pas mis en évidence une anomalie cohérente, il n'en reste pas moins la présence de points anomaliques sur cette bordure et il aurait été certainement intéressant d'explorer le départ de la grande anomalie, plus en amont et plus près du massif granitique. La fermeture de la Mission Vosges n'a pas permis ce supplément de reconnaissance. Il est certain toutefois que le type de la minéralisation : filets minces dispersés dans des gneiss ou des granulites, n'était a priori guère intéressant économiquement, si l'on se référait à l'expérience acquise.

Il est à noter que si cet indice de Fauru est en liaison génétique avec le leucogranite du Brézouard, son dépôt serait antérieur à celui des minéralisations de Sainte-Marie-aux-Mines. Il apparaît d'ailleurs, malgré la proximité des filons du Bluttenberg, tout à fait distinct de celles-ci, ne serait-ce que par l'absence totale de sulfures.

A priori, on pouvait aussi penser que la minéralisation W se trouvait en relation avec un apex caché de leucogranite et, pour essayer de le vérifier, on a effectué une analyse multi-élémentaire sur des échantillons déjà analysés pour W : 7 échantillons de roches de la tranchée et 73 échantillons de sols (comprenant les anomalies maximales). Les analyses ont confirmé l'anomalie générale en W, mais n'ont pas montré d'anomalie pour les éléments du cortège de départ acide ; seul Li montrait quelques valeurs élevées. On ne peut rien conclure de ces résultats négatifs.

On peut remarquer aussi que l'on ne connaît pas les relations de l'indice avec la macro-tectonique. On sait seulement, en se rapportant à la coupe de la tranchée, qu'il est localisé dans le compartiment NW de la faille NE de Faurupt, mais est-ce pour des causes tectoniques ou des causes topochimiques ? (les gneiss à sillimanite du compartiment SE sont également stériles vis-à-vis des minéralisations Pb-Ag-Cu-Zn-Co - As de Sainte-Marie-aux Mines).

2.1.11 - Haute-Merlusse (88) - Carte à 1/50 000 de Saint-Dié

La prospection géochimique multi-éléments complémentaire (139 échantillons), effectuée en 1983 dans la surface de l'importante anomalie W, (Sb, Pb, Cu) de Wisembach, n'a pas permis de circonscrire des cibles réduites à teneurs élevées, mais la prospection alluvionnaire effectuée simultanément avait mis en évidence une anomalie en scheelite dans le ruisseau de Haute-Merlusse, à 2 km environ au SE de Lusse, secteur occupé par des gneiss.

Une prospection alluvionnaire complémentaire (30 batées) confirma la présence de scheelite abondante et une prospection géochimique tactique (117 échantillons analysés pour W), à la maille carrée 25 m x 25 m, mit en évidence un secteur anomalique dont les teneurs étaient nettement moins élevées que celles de l'indice de Faurupt (valeur maximale : 240 g/t seulement).

Les travaux ont été arrêtés après cette dernière prospection et l'on ne connaît pas la nature de l'indice, car on n'a trouvé en surface aucun échantillon minéralisé. Toutefois, la découverte d'un élément filonien (non en place) renfermant de la fluorine suggère qu'il pourrait s'agir d'un type analogue à celui de Faurupt.

Les autres anomalies W, alluvionnaires ou géochimiques, n'ont pas fait l'objet de travaux détaillés et, somme toute, la reconnaissance des minéralisations tungstifères de la région concernée n'a pas été achevée. Mais, tous les résultats connus, y compris ceux de Faurupt, avaient montré un type défavorable et, ailleurs en France, on découvrait des indices beaucoup plus prometteurs. Il n'aurait donc pas été raisonnable de pousser plus avant l'exploration de ce tungstène.

2.2 - GRANITES, GNEISS ET MIGMATITES DE LA PARTIE CENTRALE

Comme le fait est bien visible sur les cartes de gîtes minéraux, la partie centrale des Vosges moyennes est particulièrement pauvre en minéralisations et il y apparaît un "trou" entre les groupes de gisements de la partie septentrionale et les groupes des Vosges méridionales. On n'y connaissait

guère que les filons Mn du Haut-Poirot, les filonets Cu de Fâchepremont et le filon As de Straiture, toutes minéralisations peu importantes. Les prospections du BRGM ont amené la découverte de deux indices nouveaux, économiquement insignifiants : indice W du col des Charbonniers et indice Pb de Squainfaing, auxquels on peut ajouter l'indice F de Xonrupt-Longemer et l'indice Sn-As de Belles-Huttes découvert par la COGEMA. Tous ces indices se trouvent sur le versant lorrain, mais on peut remarquer que toute la région occidentale, à l'ouest du gîte du Haut-Poirot, reste vierge de minéralisation.

En particulier, aucun indice ne se trouve sur la carte à 1/50 000 de Bruyères, mais on n'a pas exploré les anomalies de la prospection géochimique multi-éléments de cette carte, car les résultats n'ont été fournis par la Division de Géochimie Appliquée du Département GMX qu'après la fermeture de la Mission. Il reste donc des incertitudes, mais on peut remarquer que la prospection alluvionnaire stratégique, effectuée bien auparavant, n'avait montré aucune concentration intéressante. Il est donc peu probable que l'on ait "oublié" une minéralisation importante, dans cette région peu favorable métallogéniquement.

2.2.1 - Le Haut-Poirot* (Mn, W) (88) - Carte à 1/50 000 de Remiremont

Le gisement de manganèse et tungstène du Haut-Poirot se trouve à 8 km environ au SW de Gérardmer, pro parte dans la forêt domaniale de Houssaremont et pro parte dans celle de Gérardmer, sur les deux rives du ruisseau Le Roulier. Il est composé de plusieurs filons, encaissés les uns (rive gauche) dans le granite fondamental subalcalin, les autres (rive droite) dans le granite saccharoïde de Remiremont, non loin de la lame de granite syncinématique du chevauchement du Cellet. Dans ce même secteur, les granites sont traversés par des filons de microsyénite quartzifère et des filons de minette (lamprophyre). Au voisinage des filons Mn, du moins sur la rive gauche, ils sont fortement altérés et sillonnés par des filets de quartz et de calcédoine.

Historique

Les premiers travaux de recherches, autant qu'on le sache, ont été effectués dans la décennie 1890, époque à laquelle le métal manganèse connut un regain d'intérêt, en raison des progrès effectués dans l'industrie des ferro-

* Cette dénomination est impropre, mais elle est consacrée par l'usage.

manganèses. Ces travaux, exécutés par MM. DIMONT, GRANGE et MAJER de LEWALT, intéressaient le filon de la galerie 4 et produisirent 30 tonnes en 1894. Ce filon, épais de 0,60 m à 0,65 m, fut alors exploité superficiellement sur une profondeur de 1,60 m et une longueur de 7 à 8 m, tandis qu'il était reconnu en profondeur par une descenderie de 8 m et un travers-bancs ouvert à 20 m environ au-dessous de l'affleurement. Le minerai titrait environ 46 % Mn et 16 % Si O_2.

Plus tard, vers 1910, les travaux étaient exécutés par un sieur SPONY, qui s'intéressa particulièrement au filon de la galerie 2, attaqué par deux descenderies de 4 à 5 m, dans lesquelles il présentait des puissances de 0,45 m et 0,80 m. Le minerai produit (30 t en 1909) tenait 55,5 % Mn.

Ensuite, les recherches furent reprises par la société anonyme "la Néo-métallurgie", qui avait fait auparavant un essai industriel satisfaisant sur un lot de 20 t, au four électrique. Le produit obtenu, peu carburé, tenait 94 à 96 % Mn, avec seulement 1,5 à 2,5 % Fe et une très faible quantité de phosphore. Cette société obtint une autorisation préfectorale de disposer en date du 25-12-1911, mais on ignore la teneur de ses travaux, s'il y en eut.

Plus récemment, les travaux de recherches furent repris en 1942, par un frère STOEFFLER de la firme strasbourgeoise STOEFFLER Frères (spécialisée dans la fonderie et l'affinage des métaux non ferreux), qui s'était réfugié à Gérardmer. Ces travaux furent d'abord exécutés sur la rive droite (secteur dit du Roulier), où des tranchées et un puits reconnurent 4 filons. Puis, à partir du début 1944, ils se transportèrent sur la rive gauche (secteur dit de Lyris), où ils intéressaient les deux filons connus sur cette rive et où la reprise du travers-bancs 1 montra que le filon de la galerie 2 était complètement coincé à la profondeur de 22 m. Tous ces travaux furent arrêtés en juin, faute d'explosifs et en raison des combats qui précédèrent la libération.

Mais, le 18-04-1945, l'exploitant obtint une subvention du Ministère de la Production Industrielle, d'un montant de 1 972 450 francs, avec effet rétroactif au 01-01-1944, "pour compléter les travaux de recherches et préparer la mise en exploitation". Les travaux furent alors repris en septembre 1945, avec une faible activité (3 ouvriers), pour s'arrêter définitivement en novembre. Les dépenses, au titre de la subvention, avaient atteint la somme de 683 420,80 francs.

A la suite de tous ces travaux et du levé détaillé effectué en 1970, on peut décrire comme suit le gisement :

Rive droite (secteur dit du Roulier). Tous les ouvrages situés sur cette rive (nombreuses tranchées, puits, amorce de galerie) étant inaccessibles, on doit se reporter, pour la description, aux rapports du Service des Mines sur les travaux STOEFFLER de 1942 et 1943. D'après ces rapports, les filons étaient au nombre de 4 :

- Un filon principal reconnu par un puits de 10 m et suivi par une courte galerie ouverte à 6 m de profondeur ; à l'ouest,où la caisse était parfois remplie par de l'argile rouge, ce filon présentait une épaisseur de 40 cm au front, à 12 m du puits ; à l'est où sa puissance variait de 15 à 80 cm, il disparaissait complètement à 5 ou 6 m ; d'après une analyse des Aciéries de Pompey, sa teneur en Mn était de 40 %, avec très peu de soufre et de phosphore.

- Un filon mixte Fe-Mn, épais de 60 à 80 cm, renfermant 16 % Mn et 45 % Fe.
- Un filon d'oligiste.
- Un filon d'oxyde de Mn puissant seulement de quelques centimètres.

Les trois derniers filons étaient connus seulement dans les tranchées qui les recoupaient et les rapports ne mentionnent ni leurs directions, ni leurs pendages.

Rive gauche (secteur dit de Lyris). Sur cette rive, les travaux ont probablement mis en évidence 2 filons, qui pourraient se croiser :

- A l'est, le filon des galeries 3 et 4, connu certainement sur une centaine de mètres, mais qui aurait pu être reconnu plus loin vers le SE (jusqu'à 220 m), par une série de tranchées dont on ignore les résultats.

- A l'ouest, le filon de la galerie 2, reconnu seulement sur 80 m, mais susceptible d'un prolongement latéral vers l'est.

Le premier présente une direction générale N-55G-W et le second N-90G-E ; les pendages sont très élevés, 80 à 90G vers le N ou le NE.

Filon de la galerie 2. Ce filon a été suivi par la galerie 2 sur une longueur de 44 m à partir de l'entrée est. Il peut se continuer dans cette direction, où il existe, sur le prolongement, une ancienne tranchée de reconnaissance à 40 m environ de l'entrée ; par contre, du côté ouest, il est complètement coincé à 2,50 m en arrière du front, où il se trouve relayé par un filon de quartz et hématite rouge,

sans oxydes de Mn. Sur tout son tronçon reconnu, il montre deux parties dissemblables : une bande compacte au toit, présentant un contact très net avec l'éponte granitique, et, au mur, une bande bréchoïde constituée par un réseau de filets d'oxydes de Mn enserrant des enclaves granitiques laminées et altérées ; l'éponte de ce côté n'est plus aussi nette, car la partie du mur émet des veinules ramifiées qui sillonnent un bande de granite altéré et cataclasé ; au-delà, constituant la véritable éponte, se trouve un granite sain traversé par deux faisceaux de diaclases (N70GW ; T60GNE ; N75GE ; T subvertical).

L'épaisseur du filon (bande compacte du toit et bande bréchique du mur) est toujours faible ; elle atteint 60 cm au maximum et peut être réduite à 12 cm. A 36 m de l'entrée, endroit où la bande du toit présente un renflement (40 à 50 cm), on a creusé un petit puits dans le minerai et, à une cote inférieure de 20 m environ, un travers-bancs qui, à moins d'un important changement improbable de pendage, n'a pas retrouvé trace du filon, lequel reste donc très superficiel. En plus des oxydes de Mn, se trouve de la barytine fréquente postérieure : elle peut former des cristallisations géodiques ou des placages contre l'éponte du toit. Comme élément satellite, au contact du granite sain du mur, se trouve un court filonet centimétrique de Mn et Ba.

Filon de la galerie 4. Ce filon a été exploré vers le SE, à une dizaine de mètres au-dessous des affleurements, par les travaux de la galerie 4 qui comportent un travers-bancs de 12 m et un allongement long seulement de 20 m environ, qui a reconnu une formation très lenticulaire. Celle-ci est complètement coincée au front SE, où elle n'est plus marquée que par une simple cassure, tandis qu'au front NW son épaisseur est réduite à 2 cm, ce qui explique l'arrêt des travaux.

Par ailleurs, cette courte lentille est très variable et elle est dédoublée dans sa partie centrale, où elle englobe une grosse enclave granitique cataclasée plus ou moins imprégnée d'oxydes de fer. La branche du toit, plus mince, est compacte, tandis que la branche du mur est très bréchique, en raison de nombreuses inclusions granitiques ; l'épaisseur totale des deux branches est faible, atteignant 65 cm au maximum. Une cassure parallèle (probablement une petite faille) se trouve dans le granite du mur ; elle est bien visible dans tout l'allongement.

Il est à signaler que, contrairement au filon de la galerie 2, l'éponte du toit n'est pas parfaitement nette et, au contact immédiat de la partie compacte du filon, il existe une bande de puissance variable (25 à 60 cm), formée par du granite broyé parcouru par des veinules d'oxydes de Mn. Enfin, on peut mentionner qu'un

filon mince (7 à 14 cm) de quartz et hématite se trouve à l'entrée même du travers-bancs ; il est sensiblement parallèle au filon de manganèse (N65GW ; T80GNE).

Ce dernier a encore été exploré plus loin vers le SE (à partir de 130 m du travers-bancs), par un ensemble de 6 tranchées dont on ignore les résultats. Vers le NW, par contre, il est bien connu dans les travaux 3, à 110 mètres des travaux 4, qui se trouvent immédiatement au-dessous (une vingtaine de mètres) de l'affleurement qui a fait l'objet de la petite exploitation des années 1890. Ces travaux comportent principalement un travers-bancs long de 27 m et, vers le SE, un court montage de 5,80 m.

Le filon, dirigé ici N-50G-W, avec pendage 85G-NE, présente une épaisseur de 45 cm au front de ce montage, réduite à 20 cm dans le travers-bancs, où il est cisaillé par une petite faille E-W qui décroche sa partie nord de 15 cm vers l'est. Il existe une tranchée ancienne à 60 m vers le NW, mais on ne sait plus si elle a recoupé le prolongement du filon.

Les deux filons ci-dessus de la rive gauche se trouvent dans deux zones faillées complexes, dont les accidents ont rejoué (oxydes de Mn bréchifiés), et leur minéralisation comporte une venue distincte de quartz hématoïde.

Selon R. WEIL et al. (1959), on pourrait distinguer 3 phases indépendantes de minéralisation, qui ont pu rejouer et se surimposer :

a) Une phase ferrifère dans laquelle le quartz ne joue qu'un rôle insignifiant ; elle est marquée par la formation d'hématite micacée (très petits cristaux).

b) Une phase quartzifère liée à un premier épisode de bréchification ; elle est représentée par des filons de quartz hématoïde, dans lesquels le quartz a souvent l'aspect de pseudomorphoses suivant un minéral tabulaire rappelant la barytine, noyées dans du quartz compact ; ce quartz est accompagné par une 2ème génération d'hématite (cristaux minuscules aplatis).

c) Une phase manganésifère dans laquelle on peut distinguer deux stades :

- Une première cristallisation formée par une association intime de manganite (plus ou moins transformée en pyrolusite) et de braunite ; elle représente le remplissage principal mis en place suite à un épisode tectonique, car les oxydes de Mn cimentent et recoupent de nombreuses enclaves de granite, granite mylonitisé et quartz hématoïde.

- Une deuxième cristallisation (ou recristallisation) de ces minéraux, en moindre quantité, accompagnée d'un dépôt de barytine blanche, parfois translucide, qui peut former des filonets indépendants sans oxydes de Mn ni quartz (par exemple, au toit de la galerie 2) ; une phase tectonique tardive a bréchifié cette barytine, comme les oxydes de Mn.

Au microscope métallographique (déterminations de P. PICOT), on trouve, de façon constante, une association de braunite, manganite et pyrolusite ; cette dernière provient largement de la transformation de la manganite, dont elle peut conserver des résidus corrodés, mais elle existe aussi en cristaux directement formés (variété polianite). D'une façon générale, il existe de nombreuses reliques de structures colloformes rythmiques, par rapport auxquelles les limites des cristaux sont discordantes : il est donc probable, voire certain, que l'association actuelle résulte de la recristallisation d'un dépôt initial colloïdal.

La braunite, toujours présente, montre deux habitus principaux : des agrégats polycristallins microgrenus et de petits cristaux automorphes (octaèdres quadratiques) développés dans des cavités, parfois disposés radialement autour des agrégats. Elle peut être remplacée partiellement par de la pyrolusite et par de la hollandite cyptocristalline. Elle peut également former, seule, quelques filets traversant la gangue.

La manganite et la pyrolusite, souvent associées, sont postérieures à la braunite, car elles peuvent la remplacer ou la recouper. La pyrolusite constitue généralement des plages xénomorphes ou subautomorphes (renfermant ou non des reliques de manganite), parfois des agrégats radiés entourés de braunite. La polianite, elle, forme des bandes mamelonnées, qui peuvent alterner avec des bandes de braunite. Quant à la manganite, outre ses résidus dans les plages de pyrolusite, elle peut former de gros cristaux dans les vides (deuxième cristallisation de R. WEIL et al).

Sur la rive droite, la minéralisation est généralement plus fine, microcristalline, et les structures colloformes reliques y sont particulièrement bien conservées. Les trois oxydes principaux y forment des enchevêtrements intimes, dans lesquels la pyrolusite présente des structures fibreuses pseudo-colloïdales. La braunite y est assez souvent remplacée par de la hollandite, voire pseudomorphosée. Ce dernier oxyde, postérieur, peut former en outre des liserés autour des autres oxydes, notamment autour des plages de pyrolusite. Enfin, selon R. WEIL et al, l'association Mn comporterait, en plus, des petites sphérules brunes d'un manganogel recouvrant la barytine tardive.

En outre de cette barytine et des oxydes de Mn, l'association minérale comprend de la calcédoine, localement abondante, de la scheelite, de la calcite manganésifère (fluorescence U-V rose) et des traces de sulfures de cuivre : minuscules plages de bornite associées à quelques lamelles de chalcocite.

La présence de scheelite constitue une particularité originale du gisement et permet de le rapprocher de celui d'Eisenbach, en Forêt Noire. Le minéral apparaît strictement localisé dans les filons de la rive gauche et totalement absent dans ceux de la rive droite ; il est particulièrement abondant dans le filon des travaux 3 et 4, plus rare dans le filon de la galerie 2. La fluorescence jaune à la lampe Mineralight indique la présence de Mo ou, plus probablement, celle de Mo ; quand il est altéré superficiellement en un produit pulvérulent (non déterminé), cette fluorescence devient rouge orangé.

La scheelite précédente se trouve principalement dans le remplissage de la caisse, accessoirement dans les épontes granitiques immédiates. Elle présente des "mouches" dispersées dans les oxydes de Mn, parfois concentrées aux épontes, ainsi que des filets dans la calcédoine et des tapissages de fissures, auquel cas elle peut être associée à de la barytine. Les "mouches" sont des agrégats mamelonnés correspondant au remplacement des structures colloformes rythmiques des gels initiaux d'oxydes de Mn ; des grains de braunite ou de pyrolusite peuvent se trouver au centre de ces agrégats, ou bien, dans d'autres cas, peuvent former des couronnes externes. Il est évident, après ces descriptions, que la cristallisation de la scheelite a été un phénomène tardif.

Il est maintenant important de signaler que, suite aux analyses effectuées par le BRGM, les teneurs en WO_3 sont sensiblement équivalentes dans le "minerai à scheelite" de la rive gauche et dans le "minerai sans scheelite" de la rive droite : en effet, les résultats de ces analyses ont été les suivantes : 0,65 % WO_3 dans les travaux 4 ; 0,79 % dans les travaux 3 ; 0,68 % dans les travaux 2 et 0,62 % dans les travaux du secteur du Roulier.

Ainsi, comme cela est bien connu dans d'autres gisements de Mn* (et de Fe), il doit exister du tungstène disséminé dans les oxydes (ce que l'on appelle "tungomélane"), sous une forme qui, à notre connaissance, n'a pas encore pu être

---

* On peut citer, comme exemple français, le gisement d'Auxilhac (Lozère), encaissé dans l'Hettangien, où les teneurs en WO_3 peuvent atteindre 4 %.

déterminée. La scheelite tardive des filons du secteur de Lyris pourrait provenir de ce tungstène, comme résultat d'un processus de mobilisation en milieu carbonaté (présence de calcite).

Une seconde originalité du gisement consiste dans la présence de traces de minéraux d'uranium trouvés, d'une part, dans l'éponte granitique de la galerie 2, et, d'autre part, dans les haldes de la galerie 3. Ces minéraux, d'après R. WEIL et al, sont les suivants : méta-autunite, méta-chalcocite et francevillite. Toutefois, les mesures au scintillomètre S.R.A.T. effectuées dans tous les travaux accessibles n'ont montré aucune anomalie de radioactivité : il est donc probable que l'association uranifère signalée se trouve en relation avec le granite et non avec les remplissages filoniens.

Comme conclusion, il n'est pas besoins d'insister pour démontrer l'absence d'intérêt économique des filons dits du Haut-Poirot, malgré leur teneur relativement élevée en WO_3. En effet, ces filons ne présentent que des lentilles très courtes et très minces qui, comme le montre le travers-bancs de la galerie 2, restent très superficielles. Aussi, le BRGM n'y a-t-il effectué aucun travail de reconnaissance, après le levé géologique des travaux accessibles et le prélèvement de 4 échantillons pour analyses de WO_3. Pour terminer, on peut noter que cette petite minéralisation n'est signalée par aucune anomalie de prospection stratégique, alluvionnaire ou géochimique.

2.2.2 - Straiture (88) (As, Co, Cu) - Carte à 1/50 000 de Gérardmer

L'indice de Straiture, commune de Ban-sur-Meurthe (88), est constitué par deux filons quartzeux parallèles, dirigés sensiblement N-S et distants de 200 m environ. Ils se trouvent à la sortie sud du défilé de Straiture, dans la vallée du Noir Ruxel, et ils traversent la route D73 à 1 500 m environ à l'ouest du Grand Valtin. Au point de vue géologique, ils sont encaissés dans un faciès porphyroïde du granite fondamental, dans un secteur où ce dernier est lardé de dykes de microgranites, et, à la traversée de la vallée, ils sont légèrement décrochés par une faille dextre E-W.

La minéralisation est formée par de l'hématite, à laquelle s'ajoute, dans le filon occidental, une petite venue As-Co-Cu. Pour l'explorer, une galerie longue de 40 m environ a été ouverte au bord et au nord de la route, au lieu-dit "Le Trou de la Mine" et, au-dessus, les affleurements ont été décapés. Une 2ème galerie, entièrement éboulée, se trouve à un vingtaine de mètres. La première galerie, dénommée Saint-Sylvestre, suit l'éponte orientale faillée, marquée par une salbande argileuse.

Tel qu'on peut l'observer dans les affleurements décapés, le remplissage est complexe et puissant, comprenant :

- Un coeur quartzeux épais de 1,20 m, formé par de nombreux filets de quartz laiteux englobant des fragments de granite broyé ; on y trouve des géodes avec cristaux bipyramidés fréquemment recouverts d'hématite.

- Autour, deux zones mylonitisées, puissantes de 1,70 m à l'est et de 0,15 m à l'ouest, parcourues par quelques filets quartzeux anostomosés.

- De part et d'autre, deux filonets de quartz, épais de 20 cm à l'est, de 7 cm à l'ouest, renfermant de minuscules cristaux de pyrite, de mispickel, de safflorite et de cuivre gris. Le mispickel est le minéral le plus abondant et il renferme des traces de pyrrhotite et de galène. La gangue quartzeuse contient, en outre, de fins zircons zonés, ainsi qu'un peu de rutile et d'anatase.

Cette minéralisation est à rapprocher de la formation Co-Cu-As de Sainte-Marie-aux-Mines et elle est suivie par une formation à hématite. Elle ne présente aucun intérêt économique.

Il est à signaler qu'un indice alluvionnaire de wolframite a été trouvé au voisinage immédiat de la galerie Saint-Sylvestre, dans un affluent rive droite du Noir Ruxel. Il n'a pas été possible d'en retrouver l'origine.

2.2.3 - Fâchepremont (88) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Munster

Près de la chaume de Fâchepremont et du lac de Lispach, se trouvent deux petites galeries ouvertes dans les gneiss perlés de Longemer, sur le territoire de la commune de la Bresse. La plus importante, dirigée NE, a une longueur de 30 m environ et elle se subdivise en deux branches à 8 m de l'entrée, l'une conservant la direction NE et l'autre dirigée vers le nord. La minéralisation est formée par des mouches de chalcopyrite, très altérée en malachite, dans du quartz ferrugineux.

La seconde galerie, appelée "grotte des fées", est seulement une amorce de 3 m de longueur. Sa minéralisation est la même que celle de la première.

Au total, l'indice de Fâchepremont est insignifiant et les prospections effectuées n'ont mis en évidence aucune anomalie dans ce secteur.

2.2.4 - Belles-Huttes (88) (Sn, As) - Carte à 1/50 000 de Munster

L'indice de Belles-Huttes, commune de la Bresse (88), se trouve dans la haute vallée de la Moselotte, rive gauche, sur la hauteur du Chitelet, à 3 km environ au SE des galeries de Fâchepremont. Il a été découvert récemment par la COGEMA et son existence nous a été aimablement signalée par F. RUHLMANN.

Il s'agit de blocs d'une brèche siliceuse encaissée dans le granite porphyroïde de la Schlucht, qui sont minéralisés par du mispickel, de la cassitérite, de la tourmaline et de la pyrite. Les fins cristaux de mispickel sont particulièrement abondants et ils renferment des inclusions résiduelles de löllingite, ce qui est caractéristique des minéralisations de départ acide. Les cristaux de cassitérite sont, eux, très petits (100 à 250 micromètres).

Cet indice est signalé par une anomalie alluvionnaire de $Sn\,O_2$, dans le ruisseau du Chitelet et son affluent rive droite. Il est probablement de très petite taille, car l'épaisseur des quelques blocs trouvés ne dépasse pas 0,20 m. Il a, par contre, un intérêt métallogénique certain, du fait de la présence de cassitérite.

2.2.5 - Xonrupt-Longemer (88) (F) - Carte à 1/50 000 de Gérardmer

L'indice de fluorine de Xonrupt-Longemer (88), situé au lieu-dit Le Béaba, sous les alluvions fluvio-glaciaires de la dépression de la Vologne, a été découvert en 1973 de façon tout à fait fortuite, par un sondage de recherche d'eau. Ce dernier, après avoir traversé 25 mètres de fluvio-glaciaire, a pénétré dans le granite à biotite de Gérardmer jusqu'à 40 m (fin du forage) et, sur toute cette hauteur (15 m), il a recoupé de la fluorine violette, devenant verte vers la base, très abondante dans certaines passées. Mais, comme il ne s'agit que de cuttings, ce sondage n'a fourni aucun renseignement sur la géométrie de l'indice et, en particulier, on ne savait pas s'il s'agissait d'un filon important ou d'une série de filonets.

En vue de l'exécution prévue de quelques sondages de reconnaissance, on a fait effectuer rapidement une prospection géophysique par le département Méthodologie de la Prospection du BRGM. Cette prospection (sondages électriques et profils de résistivité) a mis en évidence, à l'aplomb de l'indice du forage, une formation conductrice dirigée NE-SW, interrompue au sud par une faille probable.

Mais, les travaux n'ont pu être poursuivis en raison d'une demande de Permis Exclusif de Recherches de Fluorine (demande qui fut d'ailleurs abandonnée), en date du 18-12-1973. On ne doit toutefois rien regretter, car l'indice, outre sa situation sous un épais recouvrement, se trouvait dans un lotissement qui fut rapidement construit.

La découverte n'en restait pas moins intéressante, car elle montrait la présence de fluorine dans une région où elle était auparavant totalement inconnue. Aussi, dans l'espoir de trouver de nouveaux filons ou de repérer les prolongements éventuels de l'indice du Béaba en dehors de la zone recouverte de fluvio-glaciaire, effectua-t-on, en 1974, une prospection hydrogéochimique du fluor dans le réseau hydrographique régional (70 prélèvements et analyses d'eaux). Cette prospection mit en évidence des anomalies (400 ppb F pour un fond $\leq$ 50 ppb), en relation avec des tapissages de fluorine violette dans des diaclases du granite, notamment au-dessus du Saut des Cuves.

Cet indice est sans intérêt économique, mais il démontre, avec d'autres exemples décrits plus loin, que la prospection hydrogéochimique du fluor est très adaptée à la recherche de ce type de minéralisation, malheureusement inexploitable, plus adaptée que pour la recherche de filons épais.

2.2.6 - Le Grand Valtin (88) (W) - Carte à 1/50 000 de Gérardmer

L'indice du Grand Valtin (village situé à 9 km de Gérardmer, en direction ENE) est marqué par une anomalie géochimique stratégique W, (As) et par une anomalie alluvionnaire en scheelite (et cassitérite) ; il intéresse essentiellement le leucogranite asturien du Valtin.

Une prospection au marteau, effectuée en 1982 avec l'aide de la lampe Mineralight, permit de découvrir, dans les secteurs du col des Charbonniers (2 km environ au SE du village) et du chaume de Sérichamps (3 km environ au NE), plusieurs indices non en place de minéralisation en tungstène, sous la forme de scheelite fine incluse dans des filonets de quartz encaissés, comme à Soultzbach-les-Bains (cf. infra), dans des passées greisenisées du granite.

Dans le secteur le plus accessible, celui du col des Charbonniers, on effectua, suite à cette prospection, une prospection géochimique tactique à la maille carrée de 50 m (246 échantillons analysés pour W). Cette prospection mit en évidence une anomalie dans le secteur SE, secteur dans lequel des décapages

rencontrèrent des greisens. Mais, les analyses effectuées, pour W et Sn, ont donné de très faibles teneurs, nettement infra-économiques. En conséquence, l'exploration de l'indice a été arrêtée en 1983 et, bien qu'elle soit loin d'être complète, on peut affirmer, au vu du type de la minéralisation, qu'il ne peut présenter aucun intérêt économique.

2.2.7 - Squainfaing (88) (Pb) - Carte à 1/50 000 de Gérardmer

Le petit indice de Squainfaing, commune de Ban-sur-Meurthe (88), a été découvert grâce à une anomalie géochimique ponctuelle Pb, Ag très élevée de la prospection stratégique de la carte de Gérardmer. Il a fait, ensuite, l'objet des petits travaux tactiques suivants : 15 prélèvements géochimiques, 10 batées, 5 prélèvements de roches.

Ces quelques travaux ont permis de localiser l'origine de l'anomalie. Il s'agit de petits cristaux très dispersés de pyromorphite, encaissés dans un filon bréchique quartzeux et ferrugineux, de puissance métrique et dirigé approximativement N-S, qui se trouve dans le petit thalweg au-dessus de la tourbière de Squainfaing. Sa roche encaissante est un granite porphyroïde.

Cet indice n'est guère qu'une "curiosité minéralogique", mais on peut remarquer qu'il se trouve sur un axe polymétallique N20° jalonné par le gîte de Lusse, le gîte de La-Croix-aux-Mines, l'indice de Straiture et l'indice de Fâchepremont.

2.3 - PARTIE MERIDIONALE DES VOSGES MOYENNES

Après la "lacune" de la partie centrale, la partie méridionale des Vosges moyennes renferme de nouveau un assez grand nombre de minéralisations, mais celles-ci sont bien différentes de celles de la partie septentrionale et bien moins importantes.

Sur le versant lorrain, se trouve le petit district Ba-F de la région de Remiremont sensu lato, qui comprend principalement les filons de Faymont, des Mousses et de Maxonchamp, auxquels s'ajoute le filonet Pb-V d'Hérival et, comme découvertes peu importantes du BRGM, les indices F du col de Longeroye et les indices Ba de la Tête de l'Avuxon. Il convient d'y adjoindre, sur le versant méridional des Vosges, le filon de fluorine de Saint-Bresson. Plus à l'est, de l'autre côté de la grande faille de Retournemer-Sainte-Marie-aux-Mines, se rencontrent les anciens gîtes Cu de Bussang-Fresse-sur-Moselle, immédiatement au contact des Vosges méridionales.

Sur le versant alsacien, très décalés vers le nord par la faille précédente, se trouvent essentiellement les gisements du district de la Fecht : Altenveiher (Cu), Silberwald (Sb), Heidenbach (Cu), Zimmerbach (Cu) et Aspachthal (Cu), auxquels s'ajoutent maintenant deux indices découverts par le BRGM : Soultzbach-les-Bains (W, Sn) et Ober-Breitenbach (W).

2.3.1 - Versant lorrain

2.3.1.1 - Faymont (88) (F, Ba) - Carte à 1/50 000 de Remiremont

La région du réseau filonien F-Ba-Q de Faymont, commune du Val d'Ajol (88), se trouve à l'extrémité SW des Vosges hercyniennes (ou "cristallines"), à leur limite avec les plateaux triasiques gréseux de la Vôge, qui débutent ici au-dessus du seuil de Plombières-les-Bains. Elle se trouve également à la limite entre les Vosges centrales, qui constituent le socle du secteur, et les Vosges méridionales qui apparaissent à 6 km au SE. Elle a donc une position géotectonique particulière, marquée par un important réseau de fractures qui a déterminé, en premier lieu, le graben du petit bassin permien du Val d'Ajol.

L'accident principal de ce réseau est le dyke de Faymont, installé dans la faille-limite NW du bassin permien, fracture antérieure à la pénéplanation hercynienne qui a rejoué pendant la sédimentation permienne. Les filons Ba-F se situent à son voisinage immédiat, dans le socle granitique du seuil de Plombières (compartiment haut NW).

Ce granite est un granite alcalin porphyroïde, qui se rattache au granite syénitique des Crêtes et présente, au voisinage des filons, des traces importantes de cataclase et d'altération hydrothermale. Quant au Permien, accumulé dans le graben (compartiment bas SE), épais actuellement de 130 m, il comprend deux formations distinctes superposées : à la base, sur une hauteur ne dépassant pas 30 m, des argilolithes et des rhyolithes ("porphyres pétrosiliceux") de l'Autunien ; au-dessus une série sédimentaire détritique du Saxonien (grès rouges classiques de l'Oberrotliegende).

En dehors du dyke, le réseau filonien connu comprenait quatre éléments principaux, formés probablement au cours des mêmes phases tectoniques et minéralisatrices, et la présence dans leurs remplissages d'enclaves gréseuses saxoniennes attestait un jeu ou rejeu de ces phases à la fin du Permien (phase palatine précoce). Les deux plus importants, qui ont été exploités par la société

Mines de Garrot, sont les filons du Bois de la Véche, rive gauche de la Combeauté, appelés respectivement "filon de barytine" et "filon de fluorine". Sur la rive droite, un petit filon de fluorine se trouve au lieu-dit "Les Angles" et un filon de barytine à La Tête de Braire ; tous deux ont été l'objet de quelques travaux miniers sans importance. Enfin, découvert par les recherches du BRGM (cf. infra), un cinquième élément, baptisé "filon de la poudrière", se trouve encore dans le Bois de la Véche, mais il est uniquement quartzeux et ferrifère. Des accidents postérieurs post-triasiques, accompagnés de silicifications, peuvent décaler le dyke et le réseau associé.

On peut noter que deux autres filons importants se trouvent non loin du faisceau de Faymont : le filon des Mousses, étudié plus loin en détail, et le filon de Hamanxard. Ce dernier, dirigé N35°W et puissant de 2 m environ, est constitué essentiellement par une gangue de quartz blanc et de calcédoine rouge, qui renferme des oxydes de Mn (braunite principalement) dans la partie SE, de l'oligiste et de la barytine dans la partie NW. Ne pouvant présenter a priori aucun intérêt économique, il n'a fait l'objet d'aucun travail de la part du BRGM.

Le dyke de Faymont, traversé en cluse par la "Vallée des Roches", en un endroit où il atteint une épaisseur de 120 m, est formé, comme déjà dit, par le remplissage essentiellement siliceux de la faille-limite NW du bassin permien. Ce remplissage est complexe, car il comporte plusieurs phases de bréchification et silicification dont une phase majeure accompagnée de barytine et fluorine, phase correspondant à la formation des filons Ba-F du voisinage. On peut y signaler la présence générale d'hématite et d'oligiste et celle d'enclaves bréchiques plus ou moins silicifiées, granitiques ou permiennes. La fluorine, rare, "existe" principalement sous la forme de boxworks, tandis que la barytine, généralement très dispersée, peut former quelques lentilles individualisées aux épontes du dyke (Creux de Lanterne, Clos Méline), assez importantes pour avoir été l'objet d'anciens travaux. L'oxyde de fer peut être lui aussi localement plus concentré (dépôts concrétionnés au Creux de Lanterne) et on peut signaler, à ce sujet, qu'un filon particulier de quartz et hématite avait été reconnu autrefois près de la gare de Faymont.

Le filon de fluorine du Bois de la Véche, inaccessible en raison d'éboulements dans ses travaux souterrains, a fourni, au cours des années 1950-53, 2 000 tonnes de spath métallurgique. Sa structure générale était la suivante : une caisse quartzeuse principale au mur, atteignant une puissance de 12 à 15 m, formée par du quartz cellulaire friable renfermant 10 à 20 % de fluorine, ainsi que de la

barytine ; une bande enrichie au toit, épaisse de 4 à 5 m et contenant 60 à 70 % de Ca F_2*. La direction générale est N80G, avec un pendage sud de 85G et, localement, il est accompagné de lentilles satellites de quartz et fluorine. D'après G. JURAIN (1962), il renfermerait une faible minéralisation en cuivre : cuivre gris, chalcopyrite, bournonite, malachite, ainsi que de la pyrite et des oxydes de Mn.

Les anciens travaux miniers, peu développés, comportaient deux niveaux de galeries : le niveau A et le niveau B appelé aussi "niveau spath", ainsi que plusieurs tranchées dans la direction de l'est. Ces niveaux ont exploré le filon sur une hauteur de 30 m au-dessous de l'affleurement et sur une trentaine de mètres seulement en direction. Cette faible étendue était due au fait qu'en s'éloignant de l'affleurement la bande riche du toit présentait des dissolutions de plus en plus importantes et on ne trouvait plus, à sa place, que des vides ou des sables fluorés résiduels. Ce phénomène malencontreux de dissolution, constaté aussi dans le filon de barytine (cf. infra), sera confirmé par les sondages du BRGM.

Ultérieurement, pour reconnaître l'aval-pendage, l'exploitant a creusé un travers-bancs à partir du niveau 1 du "filon de barytine" et, après sa rencontre avec le "filon de fluorine", une cheminée dans la caisse (travaux également inaccessibles en 1970). D'après Cl. HERBINGER (Mines de Garrot), au niveau de ce travers-bancs, qui se trouve à 60 m au-dessous du "niveau spath", l'épaisseur du remplissage était conservée (18 m), mais il était entièrement constitué par du quartz diaclasé, avec des enduits d'oxydes de Mn, sans bande fluorée riche au toit, ni vides de dissolution. De cette observation, on était obligé de conclure que cette bande était entièrement coincée à moins de 100 mètres de profondeur et que, ce qui est un phénomène général défavorable bien connu, la minéralisation intéressante en fluorine devait présenter un caractère lenticulaire très accusé.

Le "filon de barytine", appelé aussi "filon du Bas d'Hérival", est l'élément du faisceau qui a été l'objet des travaux les plus importants. Dans l'emprise de ces travaux, en admettant une teneur de 60 % Ba SO_4 dans la partie supérieure et une teneur de 50 % dans la partie inférieure, le gîte aurait renfermé 40 000 tonnes environ de barytine, dont 18 000 tonnes exploitées entre 1962 et 1967, la meilleure année ayant été 1963, avec 3 872,2 tonnes.

---

* La présence signalée de cette bande riche et épaisse était confirmée par un affleurement "artificiel", créé par l'effondrement du chemin forestier supérieur au-dessus de l'ancienne exploitation souterraine.

Ce gîte est connu sur une longueur de quelque 350 m et une dénivelée de 130 m, remplissant une cassure dirigée N110G, avec un pendage sud de 75G environ. Les travaux miniers comportent 6 niveaux étagés entre la cote 433, niveau 0, tout au fond de la vallée, et la cote 548, niveau 5. La limite ouest est formée par une faille : la faille F_0 du niveau 0, tandis que, vers l'est, les travaux les plus avancés (ceux du niveau 5) ont du être arrêtés en raison de la quartzification de la caisse aux dépens de la barytine. Sur toute son étendue reconnue, le filon présente une épaisseur de 1 m à 2 m, avec des renflements atteignant 4 à 5 m.

Le remplissage, bréchique, est constitué essentiellement par du quartz et de la barytine blanche, ainsi que de la fluorine verte, plus rarement bleue, dont la proportion augmente avec la profondeur (phénomène bien connu de zonalité verticale), passant apparemment de 10 % au-dessus du niveau 1 à 25 % au niveau 0*, ce qui, dans l'emprise des travaux, donnerait un tonnage de 11 à 12 000 tonnes de Ca F_2, tonnage resté entièrement inexploité.

Des vides de grande taille, enduits par des dépôts argileux ou des oxydes de Mn pulvérulents, se trouvent dans la caisse barytique ou quartzeuse ; ces vides ne sont jamais limités par des faces cristallines : ce ne sont donc pas des géodes, mais des poches de dissolution de la fluorine. Ce phénomène de lessivage, qui affecte aussi largement le "filon de fluorine" comme l'on sait, aura des conséquences désastreuses pour les réserves de Ca F_2 du secteur. Au voisinage du "filon de barytine", se trouvent plusieurs filonets satellites parallèles, minéralisés diversement (barytine, fluorine, quartz, hématite).

Comme curiosité minéralogique, on a découvert, en un endroit localisé du niveau 0, une association particulière de minéraux primaires et secondaires de Cu et Bi : emplectite, wittichénite, tétraédrite bismuthifère, chalcopyrite, mixite, covellite, digénite et probablement cornwallite. Leur gangue est formée principalement par de la barytine, à laquelle sont associés de petits cristaux de fluorine et du quartz tenant en inclusions des lamelles automorphes d'oligiste. Cette association peut être rapprochée de l'association analogue de Wittichen (Forêt Noire), qui se trouve également dans des filons F-Ba, et leur mise en place est probablement contemporaine (phase palatine tardi-hercynienne).

---

* Dans son rapport de visite du 20.10.1972, HERDE, géologue de Kali-Chemie, estime cette teneur à 30 % au moins et il écrit : "au niveau 0, le filon doit être désigné plutôt comme filon de fluorine".

Après cette découverte et la mise en évidence de l'association des diverses paragenèses avec diverses phases tectoniques, une origine hydrothermale des remplissages est plus probable que l'origine "per descensum" proposée par B. POTY (1963). On peut admettre, en outre, que cet hydrothermalisme se trouvait en relation directe avec le volcanisme acide permien et, à ce sujet, on peut signaler que les sources thermales de Plombières-les-Bains, très voisines de Faymont (3 km à l'ouest), sont pratiquement saturées en F^- (12 g/t) et déposent de la fluorine à leurs griffons.

Tout compte fait, si l'on y adjoint le filon voisin des Mousses, le secteur du réseau de Faymont constituait, en dehors du gîte exploité de Maxonchamp, le champ filonien des Vosges le plus prometteur a priori pour la recherche de fluorine et, accessoirement, de barytine : le "filon de fluorine" décrit au Bois de la Véche était l'élément fluoré le plus puissant connu de tout le Massif. Aussi, au début de 1970, quand la recherche de Ca F_2 était devenue un objectif prioritaire en raison de la forte expansion prévue du marché, il était naturel de vouloir poursuivre la reconnaissance de cette région de Faymont, reconnaissance que l'exploitant (Mines de Garrot), par manque de moyens financiers et techniques, n'avait pas pu entreprendre avant la fermeture de fin 1969. Aussi, le BRGM, avec son accord, a-t-il effectué des travaux de recherches dans sa "concession"* et aux alentours.

Ces travaux ont consisté, d'abord, dans le relevé des ouvrages miniers accessibles, c'est-à-dire les niveaux 0 et 1 du "filon de barytine", et dans le levé d'une carte géologique détaillée à l'échelle de 1/5 000. On effectua ensuite une prospection hydrogéochimique du fluor (101 échantillons), prospection devenue récemment opérationnelle dans le cadre de la Mission grâce à l'acquisition d'un ionomètre Orion à électrode spécifique, et une prospection géochimique tactique F (148 échantillons), pour reconnaître les prolongements éventuels des filons du Bois de la Véche.

La prospection hydrogéochimique ne mit en évidence aucune anomalie nettement différenciée et elle démontra, ce qui devait être vérifié ailleurs par la suite, que les cours d'eau principaux devaient être évités. En effet, dans la Combeauté, la rivière principale, il existe seulement une anomalie (700 ppb) à l'endroit même où le courant d'eau qui draine les vieux travaux se jette dans cette rivière ; à 250 m seulement en aval, la teneur n'est plus que de 120 ppb, en raison de la rapidité de la dilution. Quant aux anomalies de la prospection géochimique,

---

* Il ne s'agit pas d'une concession minière, ni la barytine, ni la fluorine n'étant concessibles à l'époque, mais d'une "concession en forêt" ou autorisation accordée par la mairie du Val d'Ajol pour effectuer des travaux miniers dans la forêt intercommunale du Val d'Ajol et du Girmont.

leur interprétation était rendue douteuse du fait de l'importance des éboulis provenant pour une grande partie du dyke de Faymont.

Puis, les travaux continuèrent, fin 1971 - début 1972, par l'exécution de deux sondages courts Winkie (matériel de forage seul disponible alors pour la Mission Vosges), destinés à reconnaître les prolongements du filon de fluorine à 50 mètres de part et d'autre des vieux travaux, en espérant que le phénomène de dissolution ne serait pas général. Le sondage S_1 E, effectué le premier, long de 32,50 m et incliné à 50G, a pénétré directement dans la caisse, au-dessous des éboulis, caisse renfermant ici de la barytine abondante avec le quartz et la fluorine, et, à son toit, il a trouvé un vide de 5 m (suivant le sondage) indiquant la persistance du phénomène de dissolution de la bande riche. Le sondage S_1W, également incliné à 50G et long de 30 m, a traversé toute la caisse, épaisse ici de 10 m environ et montrant également un vide au toit (2 m suivant le sondage).

Ainsi, le "filon de fluorine" présentait, de part et d'autre des vieux travaux, du moins sur une courte distance, la même structure générale : une caisse puissante (au moins 10 mètres), avec une partie sommitale particulière correspondant à la bande riche en Ca F_2 de l'affleurement, mais pratiquement totalement lessivée. Malgré ce phénomène très défavorable, le filon pouvait néanmoins renfermer encore des réserves exploitables, car sa grande puissance laissait entrevoir une grande longueur et on pouvait penser que la dissolution n'était qu'un phénomène local, qui disparaîtrait en s'éloignant des vieux travaux. D'autre part, bien qu'il n'était pas l'objet principal de la recherche, il était intéressant d'avoir des renseignements sur l'aval-pendage du "filon de barytine". Aussi, en 1972, effectua-t-on une campagne de forages plus longs, au moyen d'une sondeuse Stenwick ("marteau fond du trou"), destinée à une reconnaissance générale de tout le secteur. Cette campagne a comporté 21 sondages représentant un métrage total de 1 495 m.

Les principaux résultats ont été les suivants :

- Le "filon de fluorine" présente une longueur minimale de 850 m , longueur séparant les forages extrêmes effectués sur la structure : S_{13} à l'ouest et S_{20} à l'est. Il montre un renflement (20 m) à l'endroit de son "affleurement" et des anciens travaux, ainsi qu'un rétrécissement très marqué (2,50 m) à 250 m à l'est, à hauteur du sondage S_7, pour reprendre ensuite une puissance importante (12 m environ) à son extrémité reconnue dans cette direction (S_{20}) ; vers l'ouest, d'une façon générale, il est nettement plus mince, son épaisseur n'étant plus que de 3,50 m à l'extrémité reconnue (S_{18}).

En ce qui concerne la minéralisation, on a bien trouvé de la fluorine (et de la barytine) dans les cuttings, mais il n'a pas été possible de déceler une bande enrichie au toit, ni d'ailleurs de mettre en évidence la dissolution de cette bande, si elle existe. D'une façon générale, les teneurs en fluorine étaient très faibles (ordre de 2 à 3 %) et, seule, a été analysée une passée de 4 m du sondage S_7, entre 29 m et 33 m, passée supposée correspondre à la traversée du filon dans sa partie la plus étroite. Les résultats d'analyse ont été les suivants : 13,5 % CaF_2 entre 29 m et 30 m, 6,47 % entre 30 m et 31 m, 7,88 % entre 31 m et 32 m, 7,60 % entre 32 m et 33 m. Comme les récupérations avaient été satisfaisantes (100 %, 100 %, 75 % et 30 %), sauf pour le dernier mètre, ces résultats étaient peu encourageants. Toutefois, il n'était pas possible d'interpréter correctement l'ensemble des résultats de la campagne et, la présence de fluorine sur une grande longueur étant démontrée, il convenait de préciser la reconnaissance par une campagne ultérieure de forages carottés.

- Le filon exploité de barytine, qui renferme également de la fluorine (cf. supra), a été retrouvé vers l'est au-delà des travaux souterrains, pratiquement (S_{19}) jusqu'à son intersection avec le "filon de fluorine". Il était ainsi connu maintenant sur une longueur totale de quelque 600 m et, dans son tronçon est, il accusait un infléchissement sensible vers le NE, infléchissement dû probablement à son décrochement vers le nord par la faille NNE du Haut de la Véche. Les puissances seraient plus importantes dans ce tronçon que dans la partie exploitée* et, sous toutes réserves, d'après l'interprétation des coupes des forages S_{18} et S_{19}, il existerait des passées de 3 m nettement plus riches en barytine ; mais, les analyses de ces passées, mètre par mètre, n'ont donné que des teneurs atteignant au maximum 15 % Ba SO_4, avec des taux de récupération de 45 % à 80 %. De même que pour le "filon de fluorine", ces résultats ne permettaient pas de conclure et, la présence de barytine étant toutefois certaine, on ne savait pas s'il existait de nouvelles lentilles exploitables, à l'est du front du niveau 5.

- En aval-pendage, le dernier sondage exécuté (S_{21}) avait probablement recoupé le filon précédent à 80 m au-dessous du niveau inférieur 0, avec une minéralisation apparente plus riche en fluorine qu'en barytine. En outre,

---

* Toutefois, comme il s'agit de cuttings, il convenait d'être très prudent à ce sujet et de se méfier des "effets de ramonage".

auparavant, on supposait qu'il avait traversé un "nouveau filon de fluorine" (avec quartz et hématite). En admettant que ce "nouveau filon" soit parallèle au "filon de fluorine", il s'agissait également d'un élément puissant, son épaisseur étant de 6 m au moins. Les teneurs analysées ne dépassaient pas 7,5 %, mais les taux de récupération étaient faibles (33 % au maximum) et il était donc impossible d'émettre un pronostic au sujet de sa qualité. Toutefois, sa découverte était un argument en faveur de la poursuite de la reconnaissance.

- Sur la rive droite de la Combeauté, le filon de fluorine du lieu-dit "Aux Angles", dans le bois du Chanot Arroux, avait fait l'objet de quelques travaux anciens en 1933, de la part de J.P. HERBINGER. Ces travaux consistaient dans une tranchée et, à 90 m au NE, une petite galerie de 10 m maintenant éboulée, qui avait été tracée entièrement dans des argiles ; dans la tranchée, se trouvait un filon de Ca F_2, puissant de 1,30 m et dirigé environ N75G, avec un pendage sud de 80G, donc sensiblement parallèle au "filon de fluorine" du Bois de la Véche. La minéralisation, rubanée, comprenait du quartz et de la fluorine verte, devenant brunâtre par altération.

Pour suivre cet affleurement, on avait exécuté, de part et d'autre, 5 tranchées (112 m^3 excavés) qui ont montré qu'il représentait un renflement et que, en surface, la formation était seulement constituée par une mince lentille longue de 40 m, prolongée par une cassure argileuse. Quant à la galerie, aucune minéralisation n'a été trouvée à son voisinage.

Pour en "avoir le coeur net", on a exécuté, en 1972, un sondage "marteau fond de trou" (S_{17}) incliné à 50G, destiné à recouper l'aval-pendage de la lentille à 40 m de profondeur environ. Poussé jusqu'à 45 m au-delà, ce sondage n'a pas retrouvé la caisse quartzo-fluorée et, par suite, on a pu conclure que celle-ci restait superficielle et ne présentait donc aucun intérêt économique. Il n'est pas totalement à exclure que d'autres petites lentilles puissent se trouver sur le prolongement, mais leur intérêt économique serait également nul.

- Enfin, un sondage Stenwick a également été exécuté pour reconnaître l'aval-pendage du filon de barytine de la Tête de Braire, au-dessous des travaux éboulés situés en bordure de la route des Aubeux. Ce sondage n'a pas montré de barytine et il a dû être arrêté pour des raisons techniques (abondante venue d'eau artésienne).

Revenant à la rive gauche, la découverte fortuite du supposé "nouveau filon de fluorine" laissait entrevoir la possibilité de nouveaux éléments filoniens, cachés par le manteau d'éboulis du Bois de la Véche. Avant de poursuivre la reconnaissance dans ce secteur par sondages carottés, il était désirable de détecter si possible ces nouveaux éléments et, pour cela, on a fait appel au Département Géophysique du BRGM, qui effectua deux prospections sur le terrain, en août 1972 et janvier 1973.

A priori, étant donné le relief accusé et la nature des substances recherchées, on ne pouvait guère compter que sur des contrastes de résistivité : soit que le quartz associé soit assez abondant pour donner une anomalie de résistivité, soit que les épontes des filons soient suffisamment altérées pour donner des anomalies conductrices. On a donc d'abord essayé la méthode électromagnétique TURAM, puis des profils et traînés de résistivité.

La méthode TURAM*, essayée la première en raison de sa plus grande rapidité d'emploi, a été un échec. Quant à la résistivité, elle s'avéra une méthode utile, car aux filons déjà connus correspondaient assez bien des axes résistants. Aussi, fut-elle utilisée une 2ème fois pour essayer de mettre en évidence d'autres axes analogues, en particulier un axe superposé au "nouveau filon de fluorine". Les résultats de cette 2ème campagne (essentiellement profils) ont été les suivants :

- Un axe résistant longeant grossièrement le chemin forestier supérieur (où se trouve l'"affleurement" du filon de fluorine) ; mis en évidence sur une longueur de 500 m, il se trouve entre ce filon de fluorine et le dyke qu'il pourrait rejoindre près du Creux de Lanterne ; il n'a pas été exploré.

- Un axe correspondant au "filon de fluorine", détecté sur une longueur de 900 m environ ; il montrerait que ce filon se poursuivrait vers l'ouest, sur une distance de 250 m au-delà de son extrémité connue ; vers l'est, par contre, la partie orientale reconnue par les sondages Stenwick n'est plus marquée par une structure résistante, sur une longueur de quelque 250 m ; on en ignore la raison.

---

* A l'époque, la méthode VLF n'était pas opérationnelle, sinon elle aurait été certainement testée.

- Un axe résistant correspondant au "filon de barytine", mis en évidence sur une distance de 650 m environ, avec une interruption de 70 m et un décalage inexpliqué car, situé dans l'emprise des travaux miniers, on est assuré qu'il ne correspond pas au passage d'une faille.

- Un 4ème axe résistant, situé à 30 m au nord du précédent et parallèle ; sous toutes réserves, il pouvait peut-être signaler le trajet du "nouveau filon de fluorine", mais, en raison de l'incertitude concernant le pendage de ce filon, il ne s'agissait que d'une pure hypothèse.

- Enfin, entre le "filon de barytine" et le "filon de fluorine", à l'ouest des anciens travaux, deux axes résistants parallèles voisins, dirigés ENE-WSW, dont le plus important était mis en évidence sur une longueur supérieure à 400 m.

A la suite de ces prospections géophysiques et des forages "marteau fond du trou", on put élaborer un programme de sondages carottés, destiné à compléter la reconnaissance du secteur du Bois de la Véche. Ce programme, exécuté en 1973, a comporté 6 forages représentant un métrage total de 678,85 m, qui ont reconnu les prolongements du "filon de fluorine", le "nouveau filon de fluorine", l'aval-pendage du "filon de barytine" et le "filon de la poudrière" correspondant à l'axe résistant principal ENE-WSW situé entre le "filon de fluorine" et le "filon de barytine". Les résultats ont été les suivants :

"Filon de fluorine". Quatre sondages ont été implantés à l'est des anciens travaux, dans la partie où le filon, d'après les forages Stenwick, présentait les plus grandes épaisseurs et, sous réserves, les plus fortes teneurs (13,5 % Ca F_2 dans S_7) ; un cinquième sondage, prévu à l'ouest, n'a pas été effectué en raison des résultats défavorables des premiers.

Ces derniers ont d'abord permis de rectifier certaines erreurs d'interprétation des forages "marteau fond de trou" : inexistence d'un rétrécissement au droit du sondage S_7 et inexistence de l'inflexion du tronçon extrême oriental, celle-ci devant être remplacée par une faille du faisceau NNE présentant un décrochement de 30 m. Ensuite, ces sondages ont montré que, du moins dans le prolongement exploré, le filon de fluorine conservait sa grande épaisseur (15 m à 18 m) et sa structure, jusqu'à une profondeur d'une cinquantaine de mètres.

Mais, en dehors d'une courte longueur (30 à 35 m) dans la zone de l'"affleurement" et des travaux miniers, la passée riche du toit est largement lessivée et, à sa place, on ne trouve plus qu'un "squelette siliceux" tapissé d'argile renfermant des traces de fluorine rougeâtre, ou bien des vides de dissolution, exceptionnellement quelques passées plus quartzeuses dans lesquelles le minéral a pu être conservé. En outre, à 120 m de profondeur, le sondage VA_6 n'a plus rencontré que la caisse siliceuse du mur : la bande riche du toit n'existe donc plus à cette profondeur, ce qui confirme les indications déjà fournies par le travers-bancs du niveau 1 (cf. supra) et, dans ce tronçon oriental où le filon se trouve en surface sensiblement à la même altitude, on peut admettre que la hauteur de cette bande ne dépassait guère une cinquantaine de mètres. Mais, étant donné sa grande longueur et sa grande épaisseur, si elle n'avait pas été dissoute, elle aurait pu constituer un gisement renfermant au minimum 250 000 tonnes de CaF_2, ce qui justifie a posteriori les travaux effectués. Il pouvait certes exister d'autres passées sur le prolongement vers l'est, mais, eu égard aux résultats défavorables ci-dessus, il aurait été déraisonnable de les rechercher, d'autant plus que la position exacte du filon restait encore inconnue dans ce secteur.

"Nouveau filon de fluorine". Ce nouveau filon, tel qu'on pouvait l'imaginer d'après les cuttings du "marteau fond du trou", pouvait être lui aussi puissant (8 à 9 m) et pouvait également présenter une bande enrichie (3 m) à une éponte. D'autre part, étant situé largement au-dessous du niveau hydrostatique, on pouvait espérer que sa fluorine ne serait pas affectée par les phénomènes signalés de dissolution, ce qui paraissait confirmé par l'absence de traces de corrosion et d'oxydation dans les cuttings. Bref, on pouvait espérer que ce "nouveau filon" serait plus intéressant que l'ancien.

Pour le reconnaître, le sondage Stenwick S_{21} fut "doublé" par le sondage carotté VA_1 qui, à l'endroit précis où le premier avait rencontré la minéralisation en fluorine signalée, recoupa une série de filonets de quartz, barytine, fluorine et hématite, avec traces de Cu et Bi, rassemblés dans une épaisseur de 7 à 8 m ; tous ces éléments sont minces, les deux principaux étant puissants seulement de 15 à 18 cm.

Ainsi, ce qui explique la non-concordance avec une anomalie de résistivité, le "nouveau filon de fluorine" n'existe pas. A sa place, on trouve seulement une concentration relative de filonets, parfois minéralisés en fluorine, qui ne peuvent présenter absolument aucun intérêt économique (35 cm de fluorine au total sur une longueur de 7 à 8 m). D'autres concentrations du même type, mais

encore moins importantes, existent dans toute la coupe du sondage, parfois associées à des passées faillées mylonitiques ; elles renferment surtout du quartz et de la barytine, avec de la fluorine rare.

L'inexistence de ce "nouveau filon" est un exemple démonstratif des précautions à prendre dans l'interprétation des cuttings des forages destructifs et des erreurs que l'on peut commettre. Il est certain que, surtout en l'absence de diagraphies, ces forages doivent toujours être contrôlés par des campagnes de sondages carottés.

"Filon de barytine". Bien que ce filon, objet principal de l'exploitation de Mines de Garrot, n'ait pas été reconnu systématiquement pour lui-même, il a été recoupé par 3 sondages carottés de la campagne 1973, destinés en principe à reconnaître le prolongement est du "filon de fluorine" et le "nouveau filon de fluorine", sondages qui ont fourni ainsi des renseignements sur ses extensions.

En premier lieu, VA_1, prolongé à cet effet, a recoupé le prolongement aval du filon à 70 m environ au-dessous du niveau 0, profondeur à laquelle, dans le sondage, ce filon présente une épaisseur de 3 m environ, donc supérieure à celle du niveau précédent, ce qui suggère que la caisse peut avoir un important prolongement en aval-pendage.

Le remplissage, rubané, était composé ainsi, du mur au toit : d'abord, une bande mixte quartz - barytine - fluorine, épaisse de 1,60 m et affectée encore de quelques traces de dissolution ; ensuite, une bande essentiellement fluorée (35 cm) ; puis, une bande quartzeuse bréchique (50 cm), renfermant seulement des traces de barytine et de fluorine ; ensuite, une 2ème bande mince essentiellement fluorée (20 cm) ; enfin, une dernière bande de quartz bréchique (35 cm), avec traces de barytine et fluorine. La masse de la barytine est ainsi localisée dans la bande épaisse du mur et la fluorine, qui peut former des bandes "riches" individualisées, est certainement relativement plus abondante que dans le niveau 0. Cette augmentation du rapport $Ca\,F_2/Ba\,SO_4$ avec la profondeur est un phénomène général, qui avait déjà été constaté dans les travaux miniers (cf. supra).

En second lieu, le filon a été recoupé dans le secteur oriental par les sondages VA_6 et VA_5. Le premier l'a rencontré à 35 m au-dessous du niveau 5, à une vingtaine de mètres à l'est du front du niveau 1. Le remplissage, puissant de 3,40 m, est également nettement rubané, comprenant du mur au toit : une bande de quartz géodique blanc et améthyste (45 cm), parcourue par un réseau ramifié de

filets barytiques avec quelques cristaux de fluorine verte ; puis, un filonet irrégulier de barytine (10 cm) ; ensuite, une bande de quartz hématitique bréchique (45 cm), blanc et améthyste, sillonnée par quelques filets millimétriques de barytine ; puis, une bande de barytine quasi massive (70 cm), avec de rares inclusions de fluorine verte et des petites géodes enduites d'oxydes de fer ; ensuite, une passée de barytine blanche (40 cm) renfermant accessoirement du quartz et de la fluorine et tachée par des enduits d'oxydes de Mn ; puis, une bande quartzeuse épaisse (1,20 m) ne renfermant que des agrégats dispersés de Ba SO_4, mais, par contre de la fluorine verte abondante et, comme particularité, des enduits de carbonates de Cu ; enfin, un mince dépôt de barytine et quartz (10 cm), taché par des oxydes de fer. Ici, la barytine est concentrée dans la partie centrale, où elle forme une double bande riche (1,10 m au total).

Mais, 100 m plus à l'est, dans la coupe du sondage VA_5, ce filon de barytine, pour une raison inconnue, n'est plus indiqué que par un vide de 1,50 m (qui n'est certainement pas un travail minier). Toutefois, il se poursuit vers l'est, car son prolongement oriental avait été retrouvé, à une soixantaine de mètres au-delà de VA_5, par le forage Stenwick S_{18} (3 m de puissance avec des teneurs $\leq$ 15 % Ba SO_4).

En fin de compte, il semble bien que le "filon de barytine" ne présente pas de prolongement important au-delà des fronts est des anciens travaux et que la quartzification de la caisse se poursuit jusque dans le dernier secteur oriental exploré. Par contre, en aval-pendage, le prolongement pourrait être plus intéressant et, si l'on s'en rapporte à la coupe de VA_1, la fluorine pourrait y devenir le minerai principal. Mais, avec les seuls renseignements connus, il n'est pas possible de présumer s'il existe ou non, en aval du niveau 0, donc du niveau hydrostatique, un gisement exploitable soit pour la barytine, soit pour la fluorine. Pour évaluer ce gisement, il aurait fallu exécuter de nouveaux sondages, ce qui n'était pas le but de nos travaux de reconnaissance.

"Filon de la poudrière". Ce filon a été trouvé en explorant l'anomalie de résistivité située dans le secteur de l'ancienne poudrière, entre le "filon de barytine" et le "filon de fluorine". Traversé par le sondage carotté VA_2, il apparaît comme un filon bréchique chargé d'enclaves silicifiées de granite et d'arkoses permiennes, d'une épaisseur totale de 4,5 m environ, mais son remplissage est constitué uniquement de quartz blanc et améthyste. A son toit, sur une épaisseur de 12 m, se trouvent de nombreux filets siliceux, généralement bréchiques et

accompagnés d'hématite ou d'oligiste ; parmi eux, exceptionnellement, apparaît un filet de fluorine rougeâtre altérée.

Il est à noter que le filon quartzeux principal présente une très bonne concordance avec l'anomalie de résistivité, le décalage en surface n'étant que de 7 ou 8 m. Ainsi, la méthode géophysique utilisée apparaissait bien adaptée à la recherche des filons de fluorine (et barytine), dans la mesure où leur remplissage comporte une part importante de quartz.

En fin de compte, à la suite des travaux effectués, bien que le nombre de sondages carottés soit très réduit, on paraît en droit de conclure négativement en ce qui concerne l'existence éventuelle d'un gisement exploitable de fluorine dans le secteur du Bois de la Véche.

En effet :

1) la lentille riche au toit du "filon de fluorine" est entièrement ou largement dissoute en dehors de la zone restreinte des travaux miniers,

2) le "nouveau filon de fluorine" n'est en réalité qu'un ensemble de filets et de filonets sans intérêt économique,

3) il existe bien un "filon de la poudrière", vierge de travaux, mais il s'agit d'un élément essentiellement quartzeux, où la fluorine n'est qu'à l'état de trace.

Les seules réserves possibles, dont l'exploitabilité reste entièrement à démontrer, se trouveraient dans le "filon de barytine".

Pour en terminer avec Faymont, on peut signaler que c'est sur un sondage du "filon de fluorine" qu'ont été effectués les premiers essais d'une sonde pour diagraphies fluorine, par une équipe de géophysiciens (P. DUMESNIL et C. ANDRIEUX) des Services d'Electronique de Saclay, dépendant du C.E.A. La fluorine aurait été mise en évidence, avec une bonne reproductibilité, tant par des diagraphies continues que par les mesures effectuées point par point, et la qualité des résultats obtenus dès ce premier essai a montré qu'on pouvait entreprendre la construction d'un matériel de terrain.

2.3.1.2 - Les Mousses (88) (F) - Carte à 1/50 000 de Remiremont

La brèche fluorifère des Mousses, appellation préférable à celle de filon, se trouve à 6 km au SSE du Bois de la Véche, dans la même commune du Val d'Ajol (88). Elle est encaissée dans des granito-gneiss, surmontés par des lambeaux de Trias et des dépôts glaciaires. Sa minéralisation est pratiquement exempte de barytine, ce qui la rapproche métallogéniquement du filon de Maxonchamp et la différencie du faisceau de Faymont.

Elle a été l'objet de quelques travaux miniers peu étendus, situés en bordure et au-dessus de la route D20, à 500 m à l'est du village des Mousses, travaux exécutés par J.P HERBINGER, le fondateur de Mines de Garrot ; mais, en raison de la qualité médiocre du minerai marchand (trop forte teneur en silice), ils furent abandonnés en 1938 et leur production fut pratiquement nulle. Du fait d'une demande de P.E.R. pour mines de fluorine et substances connexes, dit "Permis de Clairegoutte", déposée le 19-08-1970 par la Société d'Entreprises, Carrières et Mines de l'Esterel (SECME), ce gîte n'a pu être réétudié par le BRGM en même temps que le faisceau de Faymont. Il l'a été toutefois ultérieurement, à partir de 1979, après la disparition du titre minier.

Les anciens travaux comportent deux galeries voisines accessibles, situées au bord même de la route D20 ; celle à l'est est longue de 17 m et celle à l'ouest de 60 m, leurs directions moyennes étant sensiblement N-S. Un puits est ouvert au toit de la galerie est, à l'endroit où le "filon" présente un renflement ; il donne accès à un niveau supérieur éboulé. Plus loin vers le sud, à 150 m environ, un décapage montre un "affleurement" de fluorine épais de 0,50 m, ce qui indique la présence de lentilles au-delà de celles des travaux souterrains.

Dans ces travaux, la brèche minéralisée présente une largeur de 14 à 15 m et elle renferme plusieurs lentilles de fluorine interdigitées avec du quartz ou des "langues" de granito-gneiss. La plus importante a été suivie par la galerie est, au front de laquelle elle est complètement coincée et se prolonge par une simple cassure ; elle est dirigée N10°E, avec un pendage E de 80° à 85°, et elle présente un renflement atteignant une épaisseur de 2,50 m, dans lequel est creusé le petit bure supérieur. La lentille de la galerie ouest présente, à l'entrée, une largeur de 3 m et, au front, une épaisseur de 1,80 m, mais, malheureusement, elle est très siliceuse.

Le remplissage est formé par du quartz massif microcristallin et de la fluorine blanche, avec des traces de galène, chalcopyrite, pyromorphite, bournonite, cuivre gris et malachite, disséminées dans la fluorine, ainsi que des oxydes de Mn. Le dépôt de fluorine est antérieur à celui du quartz : celle-ci se trouve le plus souvent aux épontes ou le long des enclaves de granito-gneiss et, en outre, le quartz moule la fluorine et présente des boxworks cubiques quand celle-ci a été dissoute.

Après son dépôt, la fluorine a été écrasée et cette compression a provoqué des décrochements senestres ; la formation est hachée par de nombreuses failles N170° à N-S et elle présente des stries subhorizontales et des fentes de tension ; des filonets de quartz recoupent la fluorine et la décalent légèrement.

La minéralisation ne se prolonge pas dans le Trias et elle s'est mise en place lors d'une phase de distension permienne. Elle est probablement contemporaine de celle de Faymont.

Les travaux BRGM ont débuté par l'exécution d'une prospection géophysique VLF, en décembre 1979 et mai 1980, dont le but était de repérer le trajet de la bande faillée fluorifère, de part et d'autre des anciens travaux, afin de permettre l'implantation précise de forages de reconnaissance. Cette prospection a mis en évidence une nette anomalie, suivie sur 900 m environ en direction sensiblement N-S ; non fermée vers le sud, elle atteint au nord la crête du Chanot de Méreille et les intensités maximales se situent sur les profils 400N (+ 32) et 600N (+ 28). On était donc assuré que la zone broyée avait une grande longueur et offrirait par la suite la possibilité de renfermer des lentilles exploitables.

A la suite de cette prospection "positive", 3 sondages furent effectués en 1980 (métrage total : 169,31 m). Le premier, situé sur la ligne du profil VLF 400N, fut implanté au fond de la vallée, dans les alluvions du ruisseau de Méreille. Le 2ème fut placé sur le profil VLF 600N, donc à 200 mètres plus au nord, au-dessus de la route de Hamanxard à Méreille. Quant au 3ème, il fut implanté au sud, sur le chemin forestier du Bois du Haut du Mont, à 320 m des galeries et à 60 m au-dessus.

Le premier sondage, long de 50,81 m, a traversé la brèche, marquée au mur par une salbande, entre 25,56 m et 34,45 m. Dans cette brèche, se trouvaient les éléments fluorés suivants, économiquement inintéressants : à 25,93 m, un filonet de 5 à 6 cm renfermant de la fluorine aux épontes et du quartz au centre ; entre 26,49 m et 26,83 m, plusieurs filets de quartz et fluorine ; entre 27,45 m et

27,55 m, un filonet centimétrique ramifié de fluorine, avec traces de galène ; à 29 m, un filonet de quartz et fluorine épais de 3 cm ; à 29,18 m, un filonet analogue et, entre 29,28 m et 29,34 m, un filonet irrégulier ; entre 30,02 m et 31,50 m, un filon de quartz avec fluorine très accessoire. Les épontes sont altérées, rubéfiées et traversées par des filets d'oxydes de fer.

Le 2ème sondage, long de 54,27 m, a recoupé la brèche entre 35,55 m et 51,49 m. Sa minéralisation en fluorine est encore plus faible que celle du premier : entre 38,17 m et 38,34 m, une passée siliceuse sillonnée de veinules (1 à 5 mm) de fluorine grisâtre et de rare barytine ; une passée analogue entre 39,20 m et 39,23 m; entre 40,46 m et 40,59 m, de fines veinules de fluorine dans une roche granitique laminée.

Enfin, le 3ème sondage, long de 64,29 m, a rencontré la brèche à 34,31 m et, au fond, il se trouvait encore dans une roche argilisée de teinte brun-chocolat, traversée par quelques veinules de quartz et de rares filets de fluorine ; à partir de 38,20 m, la récupération était devenue très faible (seulement 15 %), en raison de l'intense altération argilo-ferrugineuse ; dans les fragments récupérés, se trouvaient des veinules quartzeuses avec des oxydes de fer et, plus rarement, de la fluorine violette ou translucide ; les gneiss du toit montraient des veinules siliceuses et ferrifères, exceptionnellement, entre 33,60 m et 33,67 m, un filet de quartz et fluorine. Sous réserves du fait de la mauvaise récupération, cette minéralisation est également très faible et, en conséquence, la reconnaissance a été arrêtée.

Il est à noter que ce secteur des Mousses, ou secteur du Haut du Mont, est marqué par une anomalie géochimique stratégique Pb, Ag, Ba. Toutefois, celle-ci ne provient probablement pas des lentilles fluorées, très pauvres en barytine et minéraux de plomb, mais, plus probablement, des grès et conglomérats du Buntsandstein dont la base renferme de la barytine, ce qui paraît être un phénomène répandu dans les Vosges.

2.3.1.3 - Saint-Bresson (70) (F) - Carte à 1/50 000 de Giromagny

Le filon de fluorine de Saint-Bresson, autrefois considéré comme un gîte de plomb, argent et cuivre, se trouve à 1 500 m à l'est du village du même nom, sur la rive gauche du Raddon, à 500 mètres au SE du hameau de Rovillers et à quelque 5 km seulement au sud du gîte des Mousses. Les entrées principales des travaux se situent à proximité du chemin de Rovillers à La Corre, entre les cotes 450 et 500, sur le flanc de la colline, et il existe deux descenderies au NE, respectivement à 500 m et 800 m.

La roche encaissante est un microgranite de l'association des Crêtes, mais les travaux souterrains ont découvert des roches vertes, car le filon se trouve partiellement dans une faille mettant en contact le granite avec un complexe volcanique et pyroclastique viséen. Ce filon se situe donc à l'extrême limite Vosges centrales-Vosges méridionales.

La mine de Saint-Bresson a été mentionnée et décrite successivement par de GENSSANE (1756), M.E. THIRRIA (1833), R. KARPINSKI (1931) et Y. GUINTRAND (1963). Les premiers travaux y sont fort anciens, comme en témoignent les outils et les tuyauteries de bois qu'on y a découverts et ils furent signalés une première fois, par le premier auteur cité, après leur abandon en 1740. Celui-ci indique que, dans la paroisse de Saint-Bresson, il existait plusieurs filons de "mine de plomb" d'une excellente qualité, mais pauvres en raison du fait que le minerai y était dispersé en "bouillons" et en "petits pelotons".

Le épontes étaient peu solides et la gangue était un "spath tendre (fluorine), transparent et de toutes les couleurs". Le minerai était transporté à la fonderie de Planché (aujourd'hui Plancher-les-Mines), où il rendait 60 % de plomb et 600 g d'argent par tonne de minerai marchand ; mais, surtout, on le mélangeait avec celui extrait de ce dernier endroit, dont il "facilitait la fonte". Les dépilages auraient exploité, de façon discontinue, une tranche haute de 50 à 60 m, au moyen de galeries et de puits superficiels.

De GENSSANE signale aussi le grand nombre de géodes et crevasses, ayant donné lieu à la formation de beaux cristaux. L'une d'elles, selon ses dires, avait environ 42 pieds de diamètre (environ 12,60 m) et "ses parois étaient couvertes de stalactites de cristaux, dont la figure varie à l'infini". Il est probable que toutes ces cavités résultent d'un phénomène de dissolution de la fluorine et l'auteur signale, enfin, qu'en plus du plomb et de l'argent, on y trouvait de temps en temps, en très petite quantité, "quelques grains de lapis de mine azurée" (azurite).

Ultérieurement, en 1833, dans sa statistique minéralogique de la Haute-Saône, M.E. THIRRIA écrit que "le granite de Saint-Bresson renferme deux filons à peu près parallèles, situés près du hameau de Rovillers et dirigés de l'ouest à l'est (direction erronée). Ils sont composés de quartz mélangé de fluorine et contiennent de la galène assez riche en argent. Dans les haldes, des échantillons de cette galène supportent des cristallisations mamelonnées de pyromorphite".

Ensuite, d'après R.W. KARPINSKI (1931), le filon principal, reconnu à l'affleurement, était dirigé N45°E, avec un pendage NW de 65° à 75° ; dans les

travaux, il était orienté exactement N42°E et son épaisseur était variable entre 0,50 m et 2 m. Il pouvait être suivi vers le NE, où, à 500 m de l'ancienne exploitation, une descenderie était ouverte sur un filon de quartz et fluorine, qui pouvait être le prolongement du filon principal. Vers le SE, par contre, le prolongement éventuel était caché par les dépôts alluvionnaires récents de la vallée du Raddon.

L'association minérale comportait, comme minéraux de gangue : de la fluorine, du quartz, de la calcite et un peu de barytine ; comme sulfures primaires : de la galène, de la chalcopyrite et de la tennantite ; comme minéraux secondaires : de la malachite, de la pyromorphite, du chrysocolle, de la covellite, de l'oligiste, de la "limonite" et de la pyrite.

La fluorine était le principal minéral de gangue (et le premier minerai dans les exploitations récentes). Le quartz était relativement peu abondant ; quant à la calcite et surtout la barytine, elles étaient très sporadiques. La galène présentait des agrégats massifs dans la fluorine, fréquemment recoupés par des veinules de quartz. La malachite était le minéral de cuivre prédominant et elle pouvait donner une couleur verdâtre à la fluorine, en formant de minces pellicules dans ses fissures.

Pour Y. GUINTRAND (1963), qui en a réalisé la meilleure description, le gîte est un filon dans une zone bréchique qui se trouve en relation avec une faille de direction N40°E et de pendage 80°NW. La largeur de cette brèche est très variable et elle peut passer rapidement de 20-30 cm à 1,80 m ou 2 m. Bordée directement par une mylonite rougeâtre, elle est essentiellement constituée par du quartz et de la fluorine, avec, de place en place, des "nids" centimétriques de galène.

En son centre, se trouve parfois une brèche blanchâtre formée d'éléments de fluorine et de quartz. La mylonite, constituée par du microgranite broyé, est silicifiée et sillonnée par un réseau de minces veinules, ainsi que par quelques filonets quartzo-fluorés. Son contact avec la caisse est le plus souvent très net et elle peut présenter, en bordure, une mince zone laminée.

Les principaux minéraux du filon sont, d'une part, de la fluorine, du quartz, de la calcédoine, de la barytine et de la calcite, d'autre part de la galène, de la chalcopyrite et de l'oligiste, enfin de la pyromorphite, de la mimétite, de la covellite, de la chalcocite, de la malachite et de la goethite.

La fluorine est l'espèce la plus abondante et elle peut former des cristallisations cubiques grossières. Le quartz, postérieur, moule les cubes, parfois dissous maintenant ("cristaux négatifs"), et il occupe généralement tous les vides ; un peu de calcédoine lui est associée et, comme autres minéraux de gangue, existent de la calcite rare et de la barytine crêtée très sporadique.

La galène est peu abondante dans l'ensemble et on peut estimer sa teneur à 2-3 % seulement. Elle forme des "nids" très dispersés, souvent recoupés par des veinules de quartz et parfois de fluorine ; par endroits, ces "nids" sont entourés de concrétions scoriacées de mimétite et de pyromorphite. La chalcopyrite, elle, est très rare et les derniers travaux n'en ont pratiquement pas livré ; elle s'altère en covellite, chalcocite et malachite. L'oligiste, également rare, peut être altéré en goethite.

La succession serait la suivante :

1. chalcopyrite et fluorine - 2. galène, quartz et fluorine - 3. oligiste et fluorine - 4. quartz et calcédoine.

L'association de la galène, de la chalcopyrite et de l'oligiste avec une gangue de quartz et fluorine, indiquerait qu'il s'agit d'un gîte de moyenne profondeur, probablement mésothermal.

On peut remarquer qu'aucun des auteurs cités ne mentionne la présence de vanadinite ; pourtant, celle-ci a été découverte à Saint-Bresson, en 1933, par le minéralogiste L. LONGCHAMBON ; auparavant (et peut-être postérieurement) elle était confondue avec la pyromorphite.

Dans les temps modernes, l'exploitation a été reprise au XXème siècle, mais, de même que pour Mont-de-Vannes, cette reprise a eu lieu pour la fluorine et non plus pour les sulfures. Une première tentative, en 1925-26, fut abandonnée après une petite production de $Ca\ F_2$, et une seconde se produisit en 1960, par la Société d'Exploitation et Préparation des Minerais Industriels (S.E.P.M.I.), dont le siège était à Lyon.

Cette société reprit les haldes, ainsi que les piliers et stots laissés par les Anciens, et elle creusa un travers-bancs inférieur de 15 m, au bout duquel une amorce de traçage rencontra les anciens travaux pour galène. Elle produisit ainsi 220 tonnes de fluorine, exportées vers l'Allemagne et la Belgique ; mais, manquant de moyens techniques et financiers, elle adressa une demande d'aide au BRGM, ce

qui motiva la visite du gisement par MM. BERTRANEU et SAINFELD, le 24 janvier 1962.

Dans leur bref compte rendu, ceux-ci observent que l'épaisseur du filon varie entre 0,30 m et 1 m et que la puissance moyenne utile en fluorine est de 0,50 m, sous la forme d'une veine intra-filonienne assez pure. Accessible par les travaux anciens ou modernes, ce filon était visible sur 50 m environ en direction et 50 m en dénivelée ; quelques anciens travaux (des descenderies vers le NE) pouvaient laisser espérer une extension en direction de 400 à 500 m.

Tout compte fait, les possibilités du gisement apparaissaient très limitées :

- L'amont-pendage (ordre de 60 m) représenterait, en admettant une longueur possible de 500 m, un tonnage maximum atteignant seulement 40 000 tonnes de fluorine et, en outre, une partie de ce tonnage a déjà été exploitée par les Anciens, pour Pb et Ag.

- L'aval-pendage, qui réclamerait des travaux coûteux de recherches et de préparation, ne pouvait représenter qu'un objectif très limité : 700 tonnes au mètre d'approfondissement, à la condition que la fluorine ne disparaisse pas au profit du quartz (phénomène bien connu de zonalité verticale). D'autre part, en raison de la minceur du filon et des frais d'exhaure, l'exploitation serait difficile et à haut prix de revient.

En résumé, ce filon, comme les filons analogues de fluorine à sulfures de la partie méridionale des Vosges, ne peut renfermer qu'un faible tonnage, inférieur très probablement à 100 000 tonnes, et il ne peut justifier une exploitation moderne rentable.

Dans les premières années 1970, quand le marché de la fluorine connut une forte expansion, ce gisement aurait été toutefois réétudié par le BRGM, mais il était, comme celui des Mousses, inclus dans la demande de PER de Clairegoutte présentée par la S.E.C.M.E. Ultérieurement, la fluorine ayant perdu de l'intérêt, il n'a pas été réexaminé dans le cadre de l'Inventaire des ressources minérales des Vosges, aucun fait nouveau ne laissant entrevoir la possibilité d'un tonnage supérieur à celui jugé probable en 1962.

Deux indices de barytine et fluorine sont connus dans le voisinage, le premier à 600 m à l'ouest de Saint-Bresson et le second à 1 200 m au sud-ouest. Le

premier est encaissé dans des volcanites ou pyroclastites du Viséen, tandis que le second, dénommé filon de la Broche, relativement plus important, se trouve dans une faille NE-SW traversant le Trias.

La fluorine n'y existe plus, du moins en surface, que sous la forme de boxworks cubiques dans le quartz, et la barytine forme essentiellement des cristaux géodiques dans les grès bréchifiés. L'association minérale comporte, en outre, de l'oligiste et des oxydes de Mn. Cette occurrence est sans intérêt économique, mais elle est toutefois métallogéniquement importante, car elle montre que l'âge de la mise en place de la minéralisation, ici comme à Mont-de-Vannes, est post-triasique.

2.3.1.4 - Hérival (88) (Pb, V) - Carte à 1/50 000 de Remiremont

Le filonet de vanadinite d'Hérival, commune du Val d'Ajol (88), se trouve à proximité de l'ancien prieuré, dans la vallée supérieure de la Combeauté, à 3 km environ au NE des filons Ba-F du Bois de la Véche. Découvert par un prospecteur local, M. ROMARY, il a fait l'objet de quelques travaux miniers en 1935, par la société Ugine, dont il subsiste actuellement une galerie accessible longue de 45 m. Puissant seulement de 3 à 10 cm, il est dirigé N-S, avec un pendage E de 75°, et il est encaissé, comme les filons Ba-F, dans un granite type granite des Crêtes, très altéré au contact de la cassure.

Sa minéralisation, qui a fait l'objet de plusieurs études en raison de son originalité, comprend de la vanadinite, de la pyromorphite, de la mimétèse et de la cérusite, englobant des noyaux plus ou moins altérés de galène avec chalcopyrite ; les minéraux de gangue sont du quartz enfumé et de la fluorine violette et les épontes sont soulignées par des salbandes argileuses. La vanadinite présente des teneurs importantes en uranium, pouvant atteindre 0,084 % et, d'après G. DURAND (1958), V proviendrait de l'apatite des conglomérats triasiques situés juste au-dessus.

Ce filonet ne peut avoir aucun intérêt économique, mais sa région est marquée par une importante anomalie géochimique stratégique Pb, Zn, Ag et Ba, étendue sur une surface de 3,5 x 1,5 km^2. Cette anomalie, à laquelle s'ajoutait une anomalie F, fut précisée par une prospection multi-éléments complémentaire (97 échantillons), qui permit d'effectuer à la suite une prospection géochimique tactique Pb-Zn (126 échantillons), dans un secteur anomalique circonscrit.

Les résultats définitifs montrèrent que l'anomalie provenait certainement, là aussi, du niveau conglomératique barytifère de la base du Buntsandstein, sur lequel se trouvaient les valeurs les plus élevées (points à 3 000 ppm Pb), et non de formations filoniennes. Quant aux teneurs anomaliques en F, elles étaient incohérentes et ne permettaient pas de présumer l'existence de filons définis de fluorine. La reconnaissance fut donc arrêtée après la prospection géochimique tactique.

2.3.1.5 - Maxonchamp (F) (88) - Carte à 1/50 000 de Remiremont

Le gisement de fluorine de Maxonchamp, commune de Rupt-sur-Moselle (88), se trouve à 7 km environ au SE des filons Ba-F du Bois de la Véche (Faymont), sur le versant rive gauche (sud) de la vallée de la Moselle. Il a été découvert, en 1933, par un prospecteur local : P. ROMARY, "inventeur" en outre de l'indice de Hérival (cf. supra), et il a été mis en exploitation en avril 1959, sous le régime des carrières, par B. CHOMSKI, propriétaire de la mine du Haut-du-Them (Ba, F, Mn), en Haute-Saône, (d'où le nom officiel de l'exploitant : Société des Mines du Haut-du-Them). Un premier permis d'exploitation a été accordé par arrêté du 17-12-1964, prolongé une première fois le 10-06-1970 et une deuxième et dernière fois le 18-11-1975 (jusqu'au 29-12-1979). Puis, un permis d'exploitation, appelé "Permis de Maxonchamp - II" fut accordé le 05-12-1980, pour une durée de 5 ans.

Ce gisement est constitué par un filon lenticulaire dirigé environ N25°W, qui se trouve à la limite même des Vosges centrales et méridionales : sa partie nord, la partie utile, est encaissée dans des granito-gneiss mésocrates à biotite et amphibole, qui renferment également le gîte décrit des Mousses, tandis que sa partie sud, dans la commune de La Rosière (70), est, elle, incluse dans le granite de Corravillers qui se rattache au massif des Ballons. Son pendage est dirigé vers l'est (64° à 73°).

Le sommet de la crête , au-dessus de la cote 780, est occupé par un lambeau de Buntsandstein supérieur qui cache les affleurements et il en est de même pour tout le flanc sud, recouvert par des dépôts glaciaires variés. Le "filon" reparaît toutefois à l'extrême sud, dans le granite, où il a fait l'objet des travaux de recherche appelés "galerie de La Rosière".

La caisse sensu lato est constituée par la zone de broyage d'une faille NNW-SSE, connue sur une longueur de 2 km environ, entre Fond Romey, au nord, et La Roche, au sud. La puissance est très irrégulière, variant entre 0,80 m et 5 ou

6 m, exceptionnellement 15 m ; les lentilles de fluorine, elles, parfois complètement coincées, peuvent atteindre une épaisseur de 2,50 m. Seule, la partie nord est utile, sur une distance de 250 m et une hauteur reconnue de quelque 200 m.

La minéralisation se trouve principalement dans une veine située au mur (ouest), sur laquelle sont branchées des veines secondaires qui se ramifient vers le toit. L'éponte ouest est nette, soulignée par un miroir de faille, tandis que, vers l'est, le passage de la zone broyée aux granito-gneiss est progressif. La veine principale peut renfermer des enclaves de la roche encaissante et elle peut présenter brusquement quelques renflements atteignant 4 ou 5 mètres. A l'opposé, elle peut disparaître et être relayée par une mylonite schisteuse noirâtre, dans laquelle réapparaît plus loin de la fluorine. Les veines transverses décimétriques sont parfois remplies d'argile blanchâtre, qui englobe des petits cubes de couleur jaune pâle.

A l'extrême sud, dans la galerie de La Rosière, c'est l'éponte est qui est parfaitement définie, tandis que l'éponte ouest apparaît bréchique et déchiquetée. La minéralisation n'est représentée que par une courte lentille, dont la puissance maximale atteint 0,60 m ; elle est inexploitable et les travaux productifs sont restés localisés sur le flanc nord de la crête.

Sur ce flanc, six niveaux ont été tracés entre les cotes 744 et 577 et un septième niveau est en préparation, dans lequel la minéralisation est nettement appauvrie. En direction sud, le filon a été reconnu sur 220 m au niveau I (cote 744) et sur 790 m au niveau V (cote 596) ; le niveau VI (cote 577) a été poussé jusqu'à 385 m vers le sud et 140 m vers le nord, à partir d'un puits intérieur reliant les niveaux V et VI. Des cheminées ont été creusées dans les colonnes minéralisées et l'exploitation effectuée par chambres-magasins.

La fluorine, qui peut former 40 à 80 % du minerai tout-venant, est généralement massive, de teinte claire (verte ou jaune) dans le centre des veines, plus foncée (violette) près des épontes ; elle peut constituer de belles cristallisations géodiques, recouvertes généralement de cristaux de quartz, surtout dans les niveaux supérieurs. Exceptionnellement, on rencontre de la barytine et, en très petite quantité, une association sulfurée comprenant de la galène et de la chalcopyrite. La galène, souvent altérée en pyromorphite, forme des rognons centimétriques dans la fluorine et elle peut contenir des inclusions de chalcopyrite.

Cette dernière se trouve également en inclusion dans la fluorine et elle peut être dispersée dans la mylonite ; elle est souvent altérée en chalcocite et covellite, ainsi qu'en malachite et azurite.

L'ordre de cristallisation, étudié en détail par J. AUBERT (1968), serait le suivant :

- première chalcopyrite,
- première fluorine (fluorine violette des épontes),
- deuxième fluorine (fluorine verte et jaune), accompagnée de venues siliceuses,
- galène et deuxième chalcopyrite,
- troisième fluorine,
- quartz bien cristallisé,
- barytine,
- calcite,
- quartz tardif,
- pyrolusite (dendrites déposées sur les épontes).

On peut remarquer la grande ressemblance entre ce gisement de Maxonchamp et celui des Mousses, distant seulement de 6 km en direction ESE :

a) ils sont tous deux encaissés dans une épaisse zone faillée, dont la direction est voisine de N-S,

b) la roche encaissante des Mousses et celle de la partie utile de Maxonchamp sont les mêmes : granito-gneiss mésocrates des Vosges centrales,

c) l'association minérale est la même (et probablement l'ordre de cristallisation) : prédominance de la fluorine ou du quartz - quasi-absence de barytine - présence d'une petite association sulfurée : galène et chalcopyrite - présence d'enduits d'oxydes de Mn.

Cette ressemblance et leur voisinage ont été des arguments déterminants pour entreprendre la reconnaissance de l'indice des Mousses.

La production de Maxonchamp, depuis l'ouverture de la mine, a atteint environ 100 000 tonnes de tout-venant titrant, comme indiqué ci-dessus, de 40 à 80 % Ca F_2. Jusqu'en 1971, on obtenait les produits suivants : lavés fins 0/2 à 88 % Ca F_2, lavés grains 2/20 à 90 % Ca F_2 et fines 1 mm à 85 % Ca F_2. Depuis, on produit une première qualité (acid grade), triée à la main après criblage sommaire, et le reste (les 3/4 du tonnage) est formé par des fines 0/20 récupérées par décantation.

En outre des traçages en direction, il a été procédé à des reconnaissances par recoupes et sondages dans les épontes de la brèche, afin de reconnaître la présence éventuelle de lentilles parallèles voisines. Toutes ces recherches ont été négatives et les réserves se trouvent donc seulement dans la structure en cours d'exploitation.

D'après les quelques renseignements connus, les réserves certaines et probables sont faibles (ordre de 30 000 t), tandis que les réserves possibles, évaluées à 300 000 t en 1977, sont certainement inférieures à ce chiffre, étant donné l'appauvrissement constaté au 7ème niveau. Il est raisonnable de penser que la production totale ne dépassera guère 200 000 t et ce plus gros gîte de fluorine des Vosges, la seule exploitation actuellement en cours, n'est somme toute qu'un gîte aux dimensions très moyennes.

A priori, on pouvait penser que la faille minéralisée présentait un important prolongement vers le nord et que ce prolongement pouvait renfermer d'autres lentilles de fluorine. En l'absence de toute indication superficielle visible, on a effectué, en 1971, une prospection hydrogéochimique tactique du fluor (43 échantillons) dans les régions de Lépange et Vecoux, qui seraient traversées par ce prolongement éventuel. Aucune anomalie n'a été mise en évidence et la recherche a été abandonnée dans ce secteur.

2.3.1.6 - La Poirie (F) (88) - Carte à 1/50 000 de Remiremont

A 5 km au SE de Remiremont (88), dans l'angle aigu des vallées de la Moselle et de la Moselotte, se trouve un petit bassin permien appelé "bassin permien de La Poirie", surmonté d'un lambeau de conglomérat principal du Buntsandstein. Ce bassin peut être considéré comme étant le prolongement vers le NE du bassin du Val d'Ajol et il est limité au NW par un dyke bréchique, qui est très probablement le prolongement du dyke de Faymont, à quelque 8 km au-delà du Bois de la Véche.

D'après Ch. VELAIN (1885), ce dyke siliceux de la Poirie (commune de Dammartin-les-Remiremont) renfermerait de la barytine et de la fluorine géodiques, ainsi que quelques lentilles compactes du premier minéral et des mouches et cristaux de pyrite. Ce secteur présentait donc des analogies géologiques certaines avec celui de Faymont et, en conséquence, à l'époque de la grande expansion du marché de la fluorine, il a fait l'objet d'une reconnaissance de la part du BRGM.

Cette reconnaissance fut d'abord effectuée, en 1971, par une prospection détaillée au marteau, qui ne permit la découverte d'aucun indice. A la suite, on effectua, en 1972, une prospection hydrogéochimique tactique du fluor (150 échantillons), qui ne mit en évidence aucune anomalie. L'exploration du secteur fut alors abandonnée.

2.3.1.7 - Secteur du col de Longeroye (F) (88) - Carte à 1/50 000 de Remiremont

La prospection alluvionnaire stratégique de la carte de Remiremont ayant mis en évidence des indices de fluorine dans le réseau hydrographique des communes du Syndicat (88), de Vagney (88) et de Dammartin-lès-Remiremont (88), cette région, située dans le promontoire séparant les vallées de la Moselle et de la Moselotte, a fait l'objet, en 1976, d'une prospection hydrogéochimique du fluor (65 échantillons) et d'une prospection détaillée au marteau, prospections effectuées avec l'assistance d'un stagiaire de l'Ecole des Techniciens - Géologues de Nancy. La région explorée, qui se situe à quelque 7-8 km à l'est et au sud-est de Remiremont, est occupée par des granites coiffés de lambeaux-témoins triasiques.

Les résultats des prospections précédentes ont été la découverte de plusieurs petits indices en place, échelonnés depuis le col de Cherrau, au nord, jusqu'à la Tête de Houé, au sud, soit sur une distance de 2,5 km. Ces indices sont tous du même type, consistant en minces remplissages de fluorine violette dans les diaclases des roches granitiques et ils affectent préférentiellement, semble-t-il, des faciès particuliers syénitiques, ce qui est bien visible au col de Longeroye. D'autres indices, non découverts en place, doivent se trouver sur la rive droite de la Moselotte, dans la région de Crémanviller, ainsi que, plus au sud, dans le secteur de Saulx, Remanvillers et Xonrupt.

La minéralisation précédente en fluorine, qui donne lieu à de nettes anomalies hydrogéochimiques (500-600 ppb pour un fond ≤ 50 ppb), sans doute en raison de sa "diffusion", ne peut évidemment présenter aucun intérêt économique. Elle présente, par contre, un intérêt métallogénique, car elle confirme la présence d'un petit district fluorifère au sud et au sud-est de Remiremont, formé essentiellement par les gîtes de Faymont, des Mousses et de Maxonchamp. Dans ce petit district, où les chances d'une découverte importante sont maintenant quasi nulles, un seul gisement, celui de Maxonchamp, présente une certaine importance, mais son potentiel ne doit guère dépasser 200 000 tonnes de fluorine.

2.3.1.8 - Tête de l'Avuxon (88) (Ba) - Carte à 1/50 000 de Remiremont

Située à 5 km au sud du col de Longeroye, la Tête de l'Avuxon, commune de Rupt-sur Moselle (88), qui se trouve sur la ligne de crête entre la vallée de la Moselle et celle du ruisseau de Reherrey, est occupée par un lambeau-témoin triasique comprenant le conglomérat principal, la zone-limite violette et les couches intermédiaires du Buntsandstein moyen - supérieur. Du point de vue géochimique, elle est marquée par une anomalie stratégique Pb-Ba et la prospection détaillée effectuée pour sa reconnaisance, en 1977, a permis la découverte de "nids" de Ba SO_4 dispersés dans le ciment de grès conglomératiques. C'est cette barytine qui est responsable de l'anomalie et ce phénomène (déjà signalé à propos d'Hérival) est fréquent dans les Vosges. Evidemment, cet indice de barytine ne présente aucun intérêt économique.

Incidemment, on peut signaler que ce lambeau triasique de la Tête de l'Avuxon est entouré par une importante anomalie alluvionnaire de cassitérite, dans tous les thalwegs qui l'entourent. Cette anomalie confirme bien que, comme déjà découvert auparavant, la cassitérite est (avec l'or natif) un minéral lourd fréquent, mais très peu abondant, des grès et conglomérats du Buntsandstein.

On peut signaler aussi, ici, la présence au voisinage (3 km à l'ESE) d'une anomalie stratégique Sb-As appelée "anomalie du col du Rhamné", qui se trouve elle- aussi sur la ligne de crête. Sur proposition de la Division de Géochimie Appliquée, compte tenu du fait qu'aucun indice n'avait été découvert par la prospection au marteau, on effectua, en 1978, dans l'aire de l'anomalie, une importante prospection géochimique tactique Sb-As (1092 échantillons), dont les résultats furent entièrement négatifs. Vérification faite, il s'avéra que l'anomalie stratégique était certainement due à des pollutions. Cet insuccès incita à considérer ultérieurement les anomalies géochimiques multi-éléments avec

beaucoup de prudence.

2.3.1.9 - Ramonchamp (88) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Remiremont

Un indice de cuivre dans le "finage" de Ramonchamp (88), situé au bord du ruisseau nommé Petit-Jean, a été signalé par de DIETRICH (1800). Il s'agissait d'un filonet épais de 18 cm (7"), connu sur une longueur de 2 m environ, qui renfermait de la chalcopyrite ("cuivre pyriteux jaune") et sans doute de la bornite ("cuivre rouge briqueté"), avec de la malachite ("vert de montagne"), dans une gangue de quartz. Ce petit indice n'a pas été retrouvé.

2.3.1.10 - Bussang (88) - Fresse-sur-Moselle (88) (Cu, Ag) - Cartes à 1/50 000 de Remiremont, Munster et Thann

Les anciens travaux pour cuivre gris argentifère et bismuthifère de Fresse-sur-Moselle (88) se trouvent au NE du village, dans le vallon du ruisseau de la colline de Fresse, tandis que ceux de Bussang (88), à l'exception de Noire-Goutte, le travail le plus oriental, sont situés sur la rive droite de la vallée de la Moselle, au voisinage du village, et sur la rive droite du ruisseau de la Hutte, prés du hameau de Sauté (anciennement Saultel). Ces deux groupes, formant un même ensemble, sont séparés par la crête de la Croix-de-Fresse.

Au point de vue géologique, ces travaux se situent dans une zone granitique du sud des Vosges centrales, tout près du contact, à l'est, avec la série viséenne volcano-sédimentaire d'Oderen et, au sud, non loin du massif de granite des Ballons. Un certain nombre de minéralisations, celles de Fresse et de Bussang village, jalonnent le trajet d'une grande fracture complexe WNW-ESE, connue sur une distance de 4,5 km, entre la chapelle du Haut-des-Vés, à l'ouest, et Noire-Goutte de Bussang, à l'est, et une dénivelée de 250 m, entre Pont-Cherrau et la-Croix-de-Fresse. Cette fracture est une faille qui, se terminant à l'est dans les schistes d'Oderen, met en contact anormal, sur sa plus grande longueur, le granite fondamental et le granite du Ventron, au nord, avec des microgranites apparentés au granite des Crêtes, au sud. C'est cette fracture qui est décrite par A.G. MONNET (vers 1780) comme étant "un filon remarquable par son étendue et sa régularité", le premier qu'il ait vu "aussi bien marqué".

Historique

Les travaux du secteur ont été entrepris après les succès obtenus à La-Croix-aux-Mines et à Sainte-Marie-aux-Mines et on en trouve une première mention en 1559, du temps du duc Charles III de Lorraine. Il y avait, cette année-là, 17 "porches" (travaux par galeries) en activité et l'exploitation aurait duré un demi-siècle, jusqu'en 1610. En 1561 et 1562, la production fut de 16 "milliers" de cuivre (environ 7 t) et, en 1562, le bénéfice pour l'argent fut de "70 francs et 14 gros" ; mais, dès 1576, on signale des difficultés et les rendements deviennent insuffisants. Les mines les plus longtemps exploitées se trouvaient dans la section du Saultel (aujourd'hui le Sauté).

Une première fonderie, construite à Saint-Maurice-sur-Moselle entre 1559 et 1565, apparut insuffisante en 1584, date à laquelle on en construisit une seconde, mais, dès 1585, on n'en tirait aucun profit. On y avait refondu les déchets de l'ancienne usine, dont on retira 1 200 livres de cuivre (528 kg) et 40 livres de plomb. Le minerai de Fresse était seulement du "minerai à boccard" qui, lavé, tenait 7 à 8 % Cu et environ 3,6 kg/t Ag. Faute de plomb, il n'était pas facile de séparer l'argent ; aussi, le minerai lavé était-il transporté à La-Croix-aux-Mines, à dos de cheval, pour y être fondu. Celui de Bussang, dont une partie rendait 25 % Cu et 5 kg/t Ag, était fondu avec le plomb de Giromagny ou de Plancher-les-Mines ; puis, quand cette ressource vint à manquer, on produisit seulement des mattes.

On note ensuite une tentative de reprise infructueuse au XVIIIème siècle, par la "Compagnie des Mines de Lorraine" (Société SAUR et Cie) qui possédait aussi La-Croix-aux-Mines et y avait installé de nouveaux fours pour traiter "l'argent gris" (cuivre gris argentifère). Mais, cette compagnie "ne connaissait pas les bons filons" et elle dut abandonner les travaux, en raison de l'affluence des eaux. A la même époque, des travaux furent également exécutés par un certain STECK, maître-mineur, qui aurait extrait "une grande quantité de cuivre", mais ne put obtenir la concession.

Ensuite, après une longue période de sommeil, une demande en concession, rejetée, fut présentée en 1882 par un nommé MORIZOT. Plus tard, un certain VINCENT de Bussang, remit en état les travaux de Fresse-sur-Moselle (Pont-Cherrau et Noire-Goutte), en 1937-39. On peut noter également une tentative de reprise, vers 1850, par DOIGNON et Cie, des travaux voisins de la Chapelle Botiote (Cne de Saint-Maurice-sur-Moselle).

Travaux BRGM

Etant donné, d'une part, l'existence de la grande fracture minéralisée mentionnée et, d'autre part, le voisinage immédiat du district cuprifère de la haute vallée de la Thur, lequel comporte plus de 25 filons Cu-Ag connus, entre la vallée des Charbonniers, le col de Bussang et le thalweg de la Thur, ce secteur de Bussang-Fresse-sur-Moselle apparaissait a priori comme l'un des sites des Vosges les plus favorables à la présence éventuelle de minéralisations en cuivre. Aussi a-t-il fait l'objet de travaux de reconnaissance de la part du BRGM, en 1976-77-78.

Ces travaux ont débuté, en 1976, par l'exécution d'une prospection géophysique VLF qui a permis de jalonner la grande fracture, par une succession d'anomalies, sur une longueur totale de quelque 6 km, depuis le versant rive gauche du ruisseau du Ménil jusqu'au delà du village de Bussang, vers l'est. Puis, en prenant pour lignes de base les axes des anomalies VLF précédentes, on a effectué une prospection géochimique tactique sols Cu-Ag sur une longueur de 5 km, entre le secteur de la chapelle du Haut-des-Vés et le village de Bussang. Les résultats d'analyse des 560 échantillons ainsi prélevés ont été les suivants :

- Absence totale d'anomalie Ag.

- Seulement quelques anomalies ponctuelles Cu sur le versant de Bussang, ce qui doit signifier que les nombreux travaux anciens signalés sur ce versant ne doivent pas tous se trouver sur la même structure que ceux de Fresse ; toutefois, on ne trouve plus aucune trace de ces travaux.

- Présence d'anomalies Cu correspondant aux anciennes mines de Noire-Goutte et de Pont-Cherrau, mais ces anomalies restent localisées au voisinage des vieux travaux, ce qui indique que la minéralisation n'existe pas dans tout l'ensemble de la zone fracturée, mais y forme des petites colonnes bien séparées.

- Présence d'une faible anomalie Cu, étendue sur une longueur de 250 m, dans le secteur extrême-occidental, celui de la chapelle du Haut-des-Vés, secteur vierge de travaux miniers et présentant un affleurement quartzeux teinté par de la malachite.

En raison des faibles valeurs de cette anomalie et du fait que celles-ci sont dispersées, aucun travail supplémentaire n'a été effectué dans ce secteur et on a abandonné la reconnaissance, car il semblait évident qu'il ne pouvait pas exister de gîte exploitable, malgré les grandes dimensions de la fracture.

Description et minéralogie

Dans les seuls travaux sur lesquels on possède des renseignements précis, ceux de Pont-Cherrau, de Noire-Goutte et du village de Bussang, le gisement est formé par des filons lenticulaires orientés WNW-ESE, avec pendage sud de 75° (à Pont-Cherrau), constitués essentiellement par du quartz dont une partie pseudomorphose de la barytine.

Ces lentilles présentent des salbandes bien marquées, leurs épaisseurs varient entre 0,5 m et 2 m et elles renferment, comme minéralisation principale, des grains de cuivre gris argentifère genre tennantite, partiellement transformés en digénite et chalcocite, puis en covellite et, enfin, en malachite. Ces grains, disposés en petites colonnes, peuvent être associés à de la chalcopyrite plus ou moins altérée et ils peuvent renfermer des inclusions diverses, principalement des sulfures de Bi (aïkinite, emplectite et wittichénite) et un peu de galène. On note aussi la présence de traces d'énargite, de sulfo-antimoniures de Co et Ni : glancodot et gersdorffite, de bismuth natif (rare), de petites plages de bornite, de cosalite dans la chalcopyrite avec un peu de cupro-bismuthite. Cette chalcopyrite est nettement antérieure au cuivre gris et elle peut présenter des cristaux automorphes inclus dans ce dernier.

Comme minéraux d'oxydation, outre la malachite, se trouvent de la cornwallite, de rares prismes d'olivénite, de très rares cristaux de pharmaco-sidérite, du chrysocolle mélangé intimement au quartz, de la goethite, de l'antlérite et du chlorotile inséparables, de la chenevixite pulvérulente et un wad cuprifère (lampadite). Avec le quartz, se trouvent du "quartz haché", un peu de barytine et des boxworks de fluorine.

Travaux

Au total, 23 mines anciennes sont citées dans la littérature, la plupart groupées dans le secteur du Saultel (Le sauté). Ces dernières ne sont absolument plus visibles aujourd'hui et on connaît seulement avec certitude les travaux jalonnant la grande fracture : Pont-Cherrau, Noire-Goutte et Bussang village.

Les plus importants sont ceux de Pont-Cherrau, où une lentille quartzeuse, épaisse de 1 m en moyenne et minéralisée irrégulièrement (petites colonnes), a été suivie sur une centaine de mètres en longueur et une trentaine de mètres en hauteur. A Noire-Goutte, on sait seulement que le travers-bancs avait rencontré, à 40 m de l'entrée, un filon de quartz et cuivre gris puissant de 2 m. Quant à Bussang village, il s'agit d'un allongement d'une cinquantaine de mètres, tracé sur un filon "pauvre" épais de 0,50 m.

Production

A part le chiffre cité de 16 "milliers", la production de cuivre, réalisée essentiellement au XVIème siècle, est inconnue. Toutefois, en raison du nombre élevé des anciennes mines et de la durée d'activité (un demi-siècle), ont peut penser qu'elle aurait pu atteindre 100 à 200 tonnes, chiffre faible eu égard à la célébrité relative de ces anciens travaux, mais se situant dans l'ordre de grandeur moyen des filons des Vosges essentiellement cuprifères.

2.3.2 - Versant alsacien

2.3.2.1 - Altenweiher (68) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Munster

Les anciens travaux d'Altenweiher, commune de Mittlach (68), se trouvent à 300 m environ du lac, dans les schistes et grauwackes du Viséen de la série du Markstein, métamorphisés au contact du granite porphyroïde de la Schlucht. Peu importants, ils constituent une galerie d'une centaine de mètres, aujourd'hui inaccessible, qui a suivi un filon métrique de quartz faiblement minéralisé en cuivre. L'association minérale comprend de la tétraédrite et de la chalcopyrite, avec de l'azurite comme produit d'oxydation, auxquelles s'ajoute de l'oligiste. Outre le quartz, la gangue comporte de la barytine, de la sidérite et de l'ankérite.

Aucune anomalie géochimique multi-éléments ne se trouve dans le secteur de cet indice Cu.

2.3.2.2 - Heidenbach (68) (Cu, Ag) - Carte à 1/50 000 de Munster

Les anciens travaux de Heidenbach se trouvent immédiatement au nord du cimetière de Munster (68), dans le ravin du sanatorium, région appartenant au granite de Horodberg. Le plus vieux texte les concernant est celui de Dom CALMET (1704), abbé de Munster, qui mentionne que, en 1472, en vertu d'une

"permission de rechercher les mines de métaux de la Vallée sous certaines conditions", les sieurs SINKER et RALL creusèrent dans la montagne, à quelques 500 pas de l'abbaye, dans un lieu nommé "Heidebach".

Puis, les documents d'archives font état d'une exploitation à partir de 1517, exploitation conjointe à celle du Silberwald, et, en 1571, il y aurait eu 15 mines en activité : le Sauveur, l'Ange, Saint-Grégoire, Notre-Dame, Saint-Michel, Roue de la Chance, ... Mais, comme ailleurs dans les Vosges, les troubles de la guerre de Trente Ans firent cesser toutes les exploitations de la vallée, dans les années 1630.

L'activité reprit en 1697, quand une concession fut accordée au sieur BAUDINOT, bourgmestre de Munster, mais on ne sait rien de cette nouvelle période d'activité et il est possible, voire probable, qu'il n'y ait plus eu d'exploitation après le XVIème siècle. En tous cas, les travaux étaient entièrement éboulés du temps de de DIETRICH (1789), qui signale avoir trouvé dans les haldes de la "mine grise de cuivre et d'argent".

Beaucoup plus récemment, pendant l'occupation allemande, une concession appelée "concession Fecht" fut instituée le 13-11-1900, sur la constatation d'un affleurement de quartz de 30 cm, minéralisé en cuivre gris et carbonates de cuivre, qui se trouvait près du chemin de Munster au Galgenberg. Mais, cette concession n'a jamais été exploitée, ni même explorée.

L'affleurement précédent constitue la seule minéralisation actuellement visible et il appartient à un filon N-S, à pendage 85°E, qui renferme essentiellement de la tétraédrite (peut-être argentifère), accompagnée de chalcopyrite en voie de remplacement par de la covellite. De l'emplectite résiduelle se trouve associée à cette tétraédrite, ainsi que de la wittichénite, et il existe un 2ème type de cuivre gris, postérieur, qui colmate des fissures de la tétraédrite et se développe sur son pourtour : il s'agit d'annivite, variété bismuthifère peu fréquente.

Très accessoirement se trouvent : de la cobaltite incluse dans le cuivre gris, du mispickel automorphe indépendant, de l'hématite en cristaux aplatis hexagonaux, de la digénite cryptocristalline et un oxyde de cuivre. Les produits d'oxydation comprennent de l'azurite, de la malachite, de l'érinite, de la tyrolite et de la clinoclasite. La gangue est formée par du quartz qui, en partie, remplace de la barytine.

Ces anciens travaux de Heidenbach sont marqués par une anomalie géochimique stratégique Pb, Cu, Ag, Sb. On peut remarquer la présence du plomb, pourtant apparemment absent de l'association minérale.

2.3.2.3 - Zimmerbach (68) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Colmar

Le gîte de Zimmerbach (68) se trouve sur la rive gauche (nord) de la Fecht, en aval de Munster, au voisinage immédiat du village du même nom. Il est encaissé dans des granito-gneiss et il a fait l'objet de travaux anciens, qui ont été actifs aux XVème et XVIème siècles : des documents traitant de cette mine, peu importante, sont datés de 1495 et 1556. Beaucoup plus récemment, des recherches infructueuses, dont un puits, auraient été effectuées en 1896, puis en 1902, quand la société allemande "Internationale Berggesellschaft Erlagen" avait réouvert les anciens travaux.

Le filon exploité, dont on ignore la direction et la puissance, renfermait de la tétraédrite et de la chalcopyrite transformée en limonite, malachite et azurite. Le chrysocolle était parfois abondant et le quartz de la gangue était souvent "haché" (pseudomorphoses de barytine). Plus rarement, comme minéraux d'oxydation, on rencontrait de la libéthénite et de l'olivénite.

Un gîte ferrifère à oligiste se trouvait à proximité ; ses déblais sont épars dans les vignes voisines.

Aucune anomalie géochimique stratégique ne marque la petite occurrence cuprifère précédente de Zimmerbach.

2.3.2.4 - Aspach (68) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Neuf-Brisach

Le gîte d'Aspach, commune de Wintzenheim (68), est situé sur le flanc droit du vallon de l'Aspachthal, vers la cote 400 et sensiblement à l'aplomb de la maison forestière. Géologiquement, ce secteur se trouve à la limite même des Vosges centrales et méridionales : le granite de La Furch, qui appartient à la première unité, présente ici d'importantes enclaves de cornéennes viséennes rattachées à la seconde.

On ignore la date des premiers travaux, probablement contemporains de ceux de Zimmerbach (XVème et XVIème siècles). Puis, une reprise eut lieu en 1900, dans le cadre d'une concession appelée Juno : on réouvrit une ancienne galerie

longue de 130 m (Juno I) et on creusa, à 30 mètres au-dessus, un 2ème allongement (Juno II). Au-dessus, se trouvent des tranchées et des puits comblés.

Le filon exploré était dirigé NNW-SSE, avec un pendage E, et il était encaissé dans un granite silicifié et rubéfié, qui enclavait des lames de schistes ; ses épontes étaient bien marquées par des salbandes argileuses. Puissant de 1 m à 2 m, il était minéralisé faiblement par de la tétraédrite, concentrée aux épontes, et de la chalcopyrite. Ces minéraux étaient plus ou moins altérés en malachite et azurite et, dans les enclaves de la roche encaissante, se trouvaient des nids d'oligiste. La gangue était essentiellement quartzeuse et elle renfermait des lamelles de barytine dans ses géodes. Exceptionnellement, on trouvait de la cuprite capillaire (variété chalcotrichite).

Un petit filon distinct non exploré, puissant au maximum de 40 cm, affleure au-dessus des anciens travaux ; il renferme également des grains dispersés de chalcopyrite et de cuivre gris, ainsi que de l'emplectite (qui a pu exister également dans le filon principal).

Ce secteur de l'Aspachthal est marqué par une petite anomalie géochimique stratégique Pb-Ag, mais non par une anomalie Cu.

2.3.2.5 - Lehmatt (68) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Munster

Situés près des anciens travaux du Silberwald, au NW de la ferme du même nom, les indices de Lehmatt, commune de Stosswihr (68), présentent une minéralisation tout à fait différente, apparentée à celle d'Altenweiher. Il s'agit de petits grains de tétraédrite et de chalcopyrite, disséminés dans du quartz compact ou du quartz "haché" (pseudomorphoses de barytine). La tétraédrite est altérée en chrysocolle et malachite et il existe, de plus, des "roses de fer" d'oligiste, pseudomorphoses de pyrite et peut-être de sidérite. La roche encaissante est le granite de La Furch, chargé ici de filons de rhyolite. Aucun travail minier n'y est actuellement visible.

2.3.2.6 - Sandbückel (68) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Munster

A 1 km au SE de Munster (68) et au nord de la route de Muhlbach, un filon quartzeux bréchique, qui traverse le granite de Horodberg, est minéralisé principalement par de l'oligiste micacé, et, très accessoirement, par de la chalcopyrite largement altérée en limonite et malachite. En outre, certains échantillons présentent des boxworks ferrugineux de pyrite totalement

décomposée.

Ce petit indice n'a fait l'objet d'aucun travail minier.

Tous les filons cuprifères intragranitiques ci-dessus décrits du district de La Fecht présentent de grandes similitudes : minéralisation dispersée formée par des grains de chalcopyrite et de tétraédrite, présence d'oligiste et de minéraux de Bi, absence totale apparente de Pb et Zn, gangue principale quartzeuse et accessoirement barytique (souvent sous la forme "fantôme" de "quartz haché"). Au point de vue économique, ils ne constitueraient aujourd'hui que des indices inexploitables et les prospections stratégiques effectuées n'ont pas mis en évidence d'anomalies laissant supposer l'existence d'autres filons du même type.

2.3.2.7 - Silberwald (68) (Sb) - Carte à 1/50 000 de Munster 377.3.4001

Les travaux actuels du Silberwald se trouvent sur la rive droite de la Petite Fecht, dans la commune de Stosswihr (68), à 400 m environ au NE de Wida, de part et d'autre du chemin allant du col du Sattel à l'auberge de Gaschney. Ils sont encaissés dans le granite à deux micas de La Furch, tout près de son contact, à l'ouest, avec le granite porphyroïde de La Schlucht. On ignore la correspondance exacte entre ces travaux et ceux appelés du même nom au XVIème siècle.

Les premiers travaux d'exploitation dans l'"ancien" Silberwald datent au moins du début du XVIème siècle, car les archives municipales de Munster mentionnent par trois fois, en 1518, 1519 et 1522 : "Bergwerk am Sylberwald". Puis, à la même époque, un rapport de 1523, envoyé à l'archiduc Ferdinand d'Autriche, précise : "Dans la mine dite du Silberwald, on entreprend actuellement une percée pour évacuer l'eau. Si cela réussit, on obtiendra une bonne mine, car elle renferme beaucoup de "glaserz"*". En 1538, apparaît pour la première fois le terme de stibine ("spiessglass"), appliqué à une mine établie sur le Sattel et exploitée par un habitant de Stosswihr. Mais, s'agit-il des mêmes travaux ?

Plus tard, en 1571, parmi les nombreux travaux cités dans le "Val Saint-Grégoire" (vallée de Munster), figurent, comme situées au Sattel, les mines du Comté, du Plant de Vigne, de la Vigne, de Saint-Joseph, de Saint-Jean, du Dimanche et, tout à fait sur la hauteur, les mines de la Garenne. Il est certain que tous ces travaux ne peuvent être identifiés avec ceux connus actuellement.

---

* En principe argentite, mais ce terme s'applique aussi à des minerais riches en argent, même aux tétraédrites. Cette présence abondante de "glaserz" laisse douter qu'il s'agisse bien des travaux Sb actuels.

Les exploitations, du moins celles qui pouvaient subsister, cessèrent complètement pendant les troubles de la Guerre de Trente ans. Puis, d'après Dom CALMET (1704), certaines furent reprises en 1697 par le sieur BAUDINOT, bourgmestre de Munster, qui y fit travailler pendant 4 à 5 ans, mais avec peu de succès et de profit. Ensuite, la littérature ancienne est muette sur les mines du Silberwald.

D'abondants tessons de poteries se trouvent dans les anciens déblais et au voisinage des entrées de galeries. Ils ont été datés du XVème et du XVIème siècles par des archéologues, et ils proviennent probablement de pots utilisés pour la fusion du minerai. Il y a donc eu une production à cette époque ancienne.

Ultérieurement, des travaux allemands eurent lieu vers 1900, année où deux concessions furent accordées, appelées "Silberwald" et "Fecht". Ces travaux ont consisté principalement dans la réouverture d'anciennes galeries et l'on ignore s'ils furent productifs. Puis, après la dernière guerre, quelques travaux ont été effectués par le CEA, en 1955, qui avait découvert une anomalie de radioactivité. Ces travaux consistèrent en une tranchée et en une courte descenderie destinée à rejoindre les anciens travaux supérieurs, dans lesquels on trouva une très petite lentille de stibine massive, épaisse de 15 cm et longue seulement de 0,50 m, encaissée dans une cassure limitée par deux failles. Enfin, en 1972, une équipe de "Spéléologie minière" de la MJC de Colmar entreprit la réouverture des anciens travaux.

Ces anciens travaux comportent 6 galeries étagées sur une hauteur de 110 m, entre les cotes environ 770 et 880, ainsi que 3 puits à la partie supérieure. La galerie cote 795, creusée au XVIème siècle et reprise en partie en 1900, a été réouverte ; longue de 320 m, elle se divise en deux branches à 115 m : la branche droite (ouest) suit une faille, tandis que la branche gauche (est) aboutit à un dépilage montant qui intéresse une lentille de stibine, dirigée NW-SE et présentant un pendage NW de 50°. D'après la documentation, cette lentille principale pouvait atteindre une épaisseur de 1 m, mais elle était très courte (30 à 40 m seulement). Suivant un rapport d'analyse de CLAUSTAL, datant de 1900, la teneur en argent de la stibine était très faible (0,005 %, soit 50 g/t). Près de l'entrée, la galerie suit une cassure présentant des traces de malachite.

La minéralisation des lentilles est constituée principalement par de la stibine, qui se présente soit en grandes masses clivables avec "macles" de pression observables, soit sous un faciès grenu équigranulaire. De la melnicovite se trouve

parfois dans cette stibine et les deux minéraux pourraient donc dériver d'une ancienne berthiérite (?). Les autres sulfures abondants sont la pyrite et le mispickel, qui présentent de nombreux petits cristaux disséminés dans le granite greisenisé des épontes, mais existent aussi en fines inclusions dans la masse de la stibine.

Au total, l'association minérale est complexe et elle comporte accessoirement les espèces suivantes : des sulfo-antimoniures, la zinkénite et la füloppite : le second peut être associé au mispickel et il peut inclure de très petits cristaux de stibine ; un 3ème sulfo-sel de Sb, la semseyite, qui se trouve en plages polycristallines indépendantes ou associées intimenent à la stibine ; de la chapmanite, minéral rare ; de la galène ; de la covellite ; de la luzonite ; de la bournonite, incluse dans la galène ou le mispickel ; des traces de chalcocite accompagnant la covellite ; de la blende rare, plus ou moins résiduelle ; des reliques de pyrrhotite dans le mispickel ; de la marcasite fibro-radiée ; enfin, des minéraux titanés en grille, dans les interstices desquels se trouve de la stibine.

La gangue est quartzeuse et, comme minéraux secondaires, se trouvent de la valentinite, de la kermésite et des antimonocres, dérivant de la stibine, ainsi que de la scorodite, provenant du mispickel. Les agrégats fibreux de valentinite renferment, outre des résidus de stibine, des agrégats plus ou moins pulvérulents de pyrite-marcasite. On peut enfin noter des traces d'anglésite, issues de la galène, et des enduits de malachite (indiquant la présence d'un sulfure Cu très rare).

La stibine n'est pas aurifère : une analyse effectuée en 1979 a donné seulement une teneur de 700 mg/t. Toutefois, la question se pose de la présence d'or natif dans ce gîte. En effet, en 1979, un minéralogiste amateur (cf. G. SCHMITT, 1979) aurait trouvé, "sur le ban de la commune de Stosswhir et en altitude", un échantillon de quartz minéralisé par de la stibine, de la pyrite et 3 grains d'or natif, cette dernière espèce ayant été déterminée de façon indiscutable par l'Institut de Minéralogie de l'Université de Strasbourg. L'"inventeur" refuse de préciser le lieu exact de sa découverte, mais la présence de stibine suggère fortement qu'il s'agit d'un échantillon du Silberwald. Cependant, malgré des recherches détaillées, aucun échantillon aurifère n'a pu être retrouvé et, au-dessous, les ruisseaux affluents rive gauche de la Petite Fecht ne présentent pas d'or alluvionnaire. Il s'agit sans doute d'une simple "curiosité minéralogique".

Selon R. WEIL et V. STUTZMANN (1955), il existerait un 2ème gisement situé plus à l'est, entre Wida et le col du Sattel, à la cote environ 840 et à 600 mètres à vol d'oiseau du premier. Ce gisement présenterait une minéralisation

identique : stibine dans une gangue de quartz, avec pyrite et mispickel dans le granite altéré des épontes. Nous n'avons pas retrouvé cette minéralisation et la zone de ses anciens travaux supposés est occupée par des ouvrages de la Guerre de 1914-18.

Aucune anomalie géochimique stratégique Sb ne marque le secteur de Wida, ni celui du col du Sattel. Aussi, aucun travail de reconnaissance, à part la visite des travaux rendus accessibles, n'a-t-il été effectué par le BRGM dans la région. Au total, on peut souligner ici la grande pauvreté du Massif des Vosges en minerais d'antimoine, puisque, d'une part, seules deux petites lentilles ont été exploitées : celle ci-dessus de Silberwald et celle décrite de Honnegoutte, à Charbes (67), et, d'autre part, les prospections stratégiques n'ont abouti à aucune découverte nouvelle.

Une autre minéralisation en Sb pourrait se trouver dans la même région sensu lato, car un échantillon ancien de stibine de la collection de l'Institut de Minéralogie de Strasbourg est étiqueté comme provenant de Sondernach, localité située à 9 km au sud du col du Sattel. Mais, on n'a pas pu retrouver la provenance de cet échantillon et les résultats des prospections stratégiques n'ont mis en évidence aucune anomalie Sb dans ce secteur.

Pour compléter les minéralisations intragranitiques du district de la Fecht anciennement connues, il convient de citer quelques gisements de fer, dont le plus important a été celui du Petit Château.

2.3.2.8 - Le Petit Château (68) (Fe) - Carte à 1/50 000 de Munster

Le filon ferrifère du Petit Château se trouve en bordure de la forêt de Rouffach, dans la commune de Wintzfelden (68) et à 2 km environ au SSW de ce village. Il est encaissé dans un granite porphyroïde à biotite, apparenté au granite de Wintzenheim, tout près du contact avec les grauwackes de la série viséenne du Markstein, donc à l'extrême limite sud des Vosges centrales et, en longitude, à proximité du faisceau de la faille vosgienne.

Ce filon a été exploité anciennement pour son fer et, vers 1750, il contribuait à alimenter le haut-fourneau de Willer-sur-Thur (68). Puis, il fut remis en exploitation du temps de de DIETRICH, en 1785. En 1831, les travaux comportaient deux puits et une galerie de 50 m ; actuellement, ils montrent une étendue de 300 m.

Le filon avait une direction N15°, un pendage de 80°E et une puissance variable de 0,30 m à 1,50 m. Il était bréchique et sa gangue quartzeuse englobait des blocs de granite altéré. Sa minéralisation était formée par de l'oligiste et de la limonite, présentant parfois l'aspect compact d'un jaspe, qui dérivaient de l'altération d'une ancienne sidérite, reconnaissable à ses formes et ses clivages "fantômes" ; cette minéralisation Fe était plus abondante vers le nord. Complétant l'association, de petits cristaux de barytine se trouvaient dans les géodes de la brèche et, dans les déblais de la galerie la plus septentrionale, se rencontrent des enduits de malachite et chrysocolle.

Wintzfelden II. Au voisinage immédiat, un filon quartzeux traversant les grauwackes en bordure du Muschelhalk, renferme un peu de pyrite, de rares agrégats de galène et des gerbes de goethite ; de la pyrite se trouve également dans les épontes. A vrai dire, ce filon appartient déjà aux Vosges méridionales.

Pour terminer, on peut citer les 3 petits gîtes de fer suivants :

Schmelzwasen, au nord de Munster : minéralisation située au lieu-dit "Bränneckerlé", sur laquelle on avait ouvert un puits et une galerie. Une concession instituée en 1874, appelée d'abord "Grachus", puis "Wilhelm II".

Linabach, près de Erbersch, au nord de Mittlach : un filon limonitique à gangue de quartz, épais de 1 m.

Reverchon, au sud de Sondernach, près de la route du Schnepfenried : un filon de limonite puissant de 0,60 m.

Enfin, dans les nombreux filons de pegmatite à tourmaline qui se trouvent le long de la route de Turckheim aux Trois-Epis, dans les migmatites granitiques des Trois-Epis, on a découvert récemment du béryl. Cette occurrence n'a qu'un intérêt minéralogique.

2.3.2.9 - Soultzbach-les-Bains (68) (W, Sn) - Carte à 1/50 000 de Neuf-Brisach

Les indices originaux de scheelite et cassitérite de Soultzbach-les-Bains (68), découverts par le BRGM en 1979, se trouvent dans la forêt du Herrenwald, entre les cotes 450 et 800, à environ 1500 m au SE du village. Ils sont liés à une coupole de granite à deux micas de la Furch, intrusive dans des

cornéennes du Culm viséen et en contact anormal, à l'est, avec le granite porphyroïde de Wintzenheim ; ils se trouvent tant dans l'endocontact (scheelite et cassitérite) que dans l'exocontact côté cornéennes (scheelite seule).

Cette découverte a été effectuée à la suite de la prospection générale stratégique de la carte à 1/50 000 de Neuf-Brisach, réalisée en 1978, qui mit en évidence deux anomalies dans le secteur : une anomalie alluvionnaire en scheelite et cassitérite, connue la première, dans les thalwegs du Grossthal, du Kleinthal et du Krebsbach ; une anomalie géochimique W dans la même région du Herrenwald.

Une première prospection au marteau et à la lampe Mineralight permit de découvrir rapidement les premiers indices en place de scheelite, qui se trouvent dans un faisceau de filonets et filons quartzeux affleurant sur la crête entre Kleinthal et Grossthal et encaissés dans un granite rubéfié très micacé, qui s'avéra être un granite greisenisé. Puis, la prospection fut étendue à l'ensemble de la coupole, avec l'assistance d'un stagiaire de l'Ecole des Techniciens-géologues de Nancy, ce qui permit de découvrir de nouveaux indices de quartz à scheelite, toutefois non en place. En même temps, une prospection éluvionnaire, dans le secteur des premiers indices de scheelite, permit la découverte de fine cassitérite dans des éluvions granitiques.

A la suite, étant donné par ailleurs la rareté des affleurements dans cette région boisée, on effectua une prospection géochimique tactique sols W-Sn (1243 échantillons), couvrant toute la superficie de la coupole. Les résultats furent positifs, car ils montrèrent plusieurs anomalies W ou Sn, localisées de façon très préférentielle le long du contact occidental et évitant, de façon systématique, le contact faillé oriental avec le granite de Wintzenheim. Toutes les anomalies Sn se trouvaient dans l'endocontact, mais, par contre, l'anomalie W du Schrankenfels se trouvait dans les cornéennes de l'exocontact.

On effectua ensuite quelques travaux d'échantillonnage superficiels (tranchées dans l'anomalie Sn de Bilsteckle et rainurages des affleurements du Kleinthal) et, pour terminer, deux sondages carottés, l'un au Kleinthal et l'autre au Schrankenfels (58,35 m et 107,35 m : 165, 70 m au total).

A leur suite, on peut décrire ainsi l'indice :

Scheelite. La scheelite se trouve principalement dans des filets, filonets et filons de quartz, qui traversent soit le granite altéré au contact, soit, en ce qui

concerne les filets, les cornéennes ; accessoirement, elle peut se trouver dans le granite greisenisé. Ses principaux affleurements sont ceux découverts en premier sur la crête ; ils sont encaissés dans un faisceau quartzeux orienté N90° à N130°, dont les plus gros filons atteignent une épaisseur de 0,50 m. Le minéral peut y présenter deux habitus : a) cristaux automorphes millimétriques recoupés par de l'hématite aciculaire ; b) agrégats centimétriques à décimétriques traversés par des fissures hématitiques.

De l'hématite, renfermant environ 1,25 % WO_3 (analyse quantitative au MEB), est constamment présente ; elle se trouve sous la forme de plages polycristallines associées à de la scheelite ou constituant des rubanements dans le quartz. Les cristaux semblent provenir de la pseudomorphose d'anciennes pyrites, dont on retrouve des formes-reliques, et, par recristallisation, l'oxyde de fer présente de nombreux cristaux aciculaires.

Exceptionnellement, se rencontrent des sulfures à l'état de traces : pyrite, mispickel, chalcopyrite et molybdénite. La gangue est formée par du quartz renfermant des agrégats sphérolitiques de muscovite.

Dans les cornéennes, la scheelite, associée ou non aux sulfures précédents, se trouve dans des fissures carbonatées, des filets de quartz ou même des filets granitiques. Dans les greisens à cassitérite, elle est très fine et de couleur pâle.

Cassitérite. La cassitérite se trouve uniquement sous la forme de minuscules cristaux (100 à 800 microns), accompagnés ou non de microcristaux de scheelite, qui sont disséminés dans des faciès particuliers du granite, associés, quand ils existent, aux filons et filonets W. Ces faciès forment de minces passées lenticulaires ou des "bouffées" en forme d'amas et, pétrographiquement, ils présentent divers stades de transformation pouvant aboutir à de vrais greisens, constitués par du quartz, de la muscovite et de l'apatite ; mais, il existe divers faciès de transition, contenant plus ou moins d'albite et de feldspath K.

Ces greisens à cassitérite, dont c'est la première occurrence signalée dans les Vosges, résultent d'un phénomène d'autopneumatolyse affectant le granite de La Furch, formé sous un toit volcano-sédimentaire. A la suite, des venues hydrothermales seraient responsables de la formation de la scheelite et des sulfures associés. Si la série viséenne au contact avait comporté des couches carbonatées transformées en skarns, on peut penser que ceux-ci auraient été minéralisés en W, au cours de cette 2ème phase.

Les teneurs sont généralement faibles :

- Dans le secteur du Bilsteckle, tout à fait au sud, les analyses des rainurages de la sole des tranchées ont donné les chiffres suivants : greisens avec filonets de quartz : 1 550 g/t Sn et 240 à 470 g/t Sn ; granite "peu greisenisé" : 25 à 165 g/t Sn.

- Dans le secteur du Kleinthal (rainurages d'affleurements), au nord : le quartz tient 1 400 g/t W et 260 g/t Sn, le greisen avec filonets de quartz 225 à 840 g/t W et 260 à 2 000 g/t Sn, le granite légèrement transformé 30 à 120 g/t W et 60 à 90 g/t Sn.

Ces chiffres confirment bien la liaison de la cassitérite avec les greisens, dans lesquels elle peut atteindre des teneurs intéressantes (jusqu'à 2 kg/t), et celle de la scheelite avec le quartz filonien, mais avec des teneurs restant peu élevées (0,14 % W au maximum).

Dans le sondage Sou_1, destiné à reconnaître en profondeur les affleurements minéralisés de la crête du Kleinthal, les filonets et filons de quartz à scheelite, associés à des faciès granitiques greisenisés, sont localisés dans la partie supérieure (jusqu'à 26 m de profondeur), la partie inférieure ne renfermant que des filonets stériles dans un granite peu ou pas transformé. Les seules teneurs non négligeables se trouvent dans la partie superficielle (0 à 7,5 m) et elles sont du même ordre de grandeur que celles des affleurements pour W : 500 à 1 300 g/t, plus faibles pour Sn : 155 à 500 g/t.

Dans le sondage Sou_2, destiné à explorer en profondeur l'anomalie W du Schrankenfels, située dans l'exocontact, la minéralisation, non analysée, est très faible. Elle consiste en scheelite très fine, disséminée sporadiquement dans diverses cassures des cornéennes (tufs métamorphisés), remplies par des filets ou de minces filonets de quartz et carbonates, ou des filonets plus épais (pluricentimétriques) de granite greisenisé.

En définitive, l'indice de scheelite et cassitérite de Soultzbach-les-Bains ne peut présenter aucun intérêt économique. En ce qui concerne la scheelite, les teneurs sont toujours nettement infra-économiques ($\leq$ 0,175 % WO_3) et, comme l'a montré le sondage Sou_1, les filons quartzeux porteurs, par ailleurs peu épais (0,50 m au maximum), ne s'enracinent guère en profondeur. En ce qui concerne la cassitérite, les "vrais" greisens peuvent présenter des teneurs

intéressantes (1,5 à 2 kg/t), mais, malheureusement, ces passées "riches" n'ont guère que des épaisseurs métriques. Dans l'exocontact, par suite de l'absence de skarns, seul un réseau peu dense de minces filets est minéralisé sporadiquement en fine scheelite (avec divers sulfures). En conséquence de ces aspects défavorables, la reconnaissance a été abandonnée après l'exécution des quelques travaux mentionnés.

Il convient toutefois de signaler que, s'il ne présente pas d'intérêt économique, l'indice de Soultzbach-les-Bains présente un grand intérêt métallogénique. En effet, il montre deux types de minéralisation qui étaient jusqu'ici inconnus dans les Vosges : d'une part, des greisens à cassitérite et, d'autre part, des filons à scheelite grossière, ce dernier minéral n'étant connu jusqu'alors que dans des skarns ou de minces filets ; accessoirement, il confirme la grande rareté de la wolframite, à opposer à la fréquence de la scheelite. Cette découverte de types nouveaux, même si, malheureusement, ils ne présentent pas un caractère économique, constitue, avec d'autres découvertes (Breitenbach, Fauru, ...), une justification a posteriori du bien-fondé de la prospection générale du Massif des Vosges.

2.3.2.10 - Ober-Breitenbach (68) (W) - Carte à 1/50 000 de Munster

Le petit incide de scheelite d'Ober-Breitenbach, commune de Breitenbach (68), a été découvert à la suite de la prospection stratégique de la carte à 1/50 000 de Munster, en 1977, qui mit en évidence, d'une part, des indices importants de scheelite alluvionnaire dans le réseau hydrographique du Breiten, affluent rive droite de la Fecht, et, d'autre part, une anomalie géochimique W sur le flanc de la montagne, immédiatement au sud et au-dessus d'Ober-Breitenbach, dans un secteur qui se trouve au contact du granite à deux micas de La Furch et du granite porphyroïde des Crêtes.

Une première prospection ayant permis de découvrir quelques indices non en place, dans les ruisseaux, sous la forme de filonets quartzeux minéralisés par quelques grains de scheelite, on effectua en 1980 un complément de prospection géochimique (115 échantillons analysés pour W). Les résultats furent négatifs, en ce sens que l'on ne mit en évidence qu'une anomalie faible et peu étendue, localisée à proximité d'une faille mettant en contact anormal les deux granites précédents. Comme, d'autre part, le type de minéralisation trouvé (scheelite dispersée dans des filets quartzeux intragranitiques) était un type défavorable, la reconnaissance fut abandonnée à ce stade précoce.

On peut remarquer que, s'il manque absolument d'intérêt économique, l'indice précédent d'Ober-Breitenbach confirme la fréquence de la scheelite dans les granites des Vosges hercyniennes.

3 - VOSGES MERIDIONALES

3.1 - PLUTONITES

Comme on le sait, les plutonites des Vosges méridionales sont représentées essentiellement par le Massif des Ballons et les batholites apparentés, qui sont constitués par une séquence d'intrusions différenciées datant du Viséen (phase sudète), allant d'un pôle basique (gabbro) jusqu'à un pôle acide (leucogranite), le corps principal étant le monzo-granite des Ballons. Toutefois, remarquant qu'il n'existe pas de continuité magmatique entre les plutonites basiques de la bordure et le monzo-granite porphyroïde, F. ANDRE et Cl. GAGNY (1982) suggèrent que ce dernier ne s'est mis en place qu'au cours du Namurien, dans une structure est-ouest récemment acquise par la tectonique de la phase sudète. Quoiqu'il en soit, ce massif est accompagné par un important cortège microgrenu et de nombreux gîtes lui sont associés. Dans sa partie occidentale, il est recoupé par des granites plus tardifs, apparentés au magmatisme des Crêtes des Vosges moyennes.

En dehors du Massif des Ballons sensu lato, les plutonites sont représentées par le granite de Goldbach, dans le secteur oriental, et par le pointement microgranitique d'Auxelles, au sud. Le premier est un batholite de "granite fondamental", formé par l'anatexie accompagnant le magmatisme des Crêtes ; le second (selon des indications géophysiques) appartiendrait à un axe leucogranitique orienté est-ouest, passant au sud des Vosges et réapparaissant, à l'ouest, dans le pointement des Milléris, près de Fayl-Billot (53) ; il est particulièrement important au point de vue métallogénique, car il renferme le gîte de scheelite d'Auxelles-Haut, découvert par la SNPA.

Au point de vue métallogénique, le granite porphyroïde des Ballons présente, comme souligné par F. ANDRE et Cl. GAGNY (1982), une potentialité molybdifère et, en fait, il constitue un petit district molybdénifère, avec cuivre associé, qui ne présente pas moins de 8 occurrences de Mo S_2, dont l'une, celle de Saulx (88), ne se trouve pas exactement dans les plutonites elles-mêmes, mais dans un gîte pyrométasomatique encaissé dans un lambeau-relique de Viséen métamorphisé.

Parmi les autres, les plus importantes sont, en premier lieu, celle de Château-Lambert (70) - Le Thillot (88), qui a fourni une petite production de molybdénite, et celle des Oeillets (90), objet de travaux miniers relativement importants ; étant situées, l'une et l'autre, dans le PER du Ballon de Servance, propriété de la SNPA, puis de la SNEA (P), leur région n'a pu faire l'objet de travaux d'Inventaire de la part du BRGM.

Les autres occurrences, d'importance mineure, sont celles de Knappenhüttel (68), du Saut-de-la-Truite (90), du Hangy (88), du Plain-des-Loges (88) et du tunnel du tramway de Lure à Belfort (70).

En outre de ces gîtes et indices de Mo S_2, les plutonites de la bande du Massif des Ballons renferment divers filons de fluorine, notamment Les Baudys (70) et Le Langenberg (68), ainsi qu'un filon de barytine avec fluorine accessoire, celui de La Fonderie (70), et, dans la bordure orientale, des filons quartzeux, parfois importants, avec barytine et fluorine accessoires, minéralisés principalement en oxydes de fer et très accessoirement en sulfures de Pb-Zn-Cu (Bedelen, Isenbach, Baerenbach, Hintererwald, ...).

Enfin, le monzo-granite renferme de l'uranium disséminé, dont le minéral porteur est une thorite uranifère. A ce titre, il a fait l'objet de prospections de la part du CEA, de la COGEMA et de Dong-Trieuh, et c'est au cours de ces prospections qu'a été découvert l'indice original As-Cu de Wasserfall (68).

3.1.1 - Château-Lambert (70) - Le Thillot (88) - Carte à 1/50 000 de Giromagny

Les minéralisations Mo-Cu de Château-Lambert (70) - Le Thillot (88) se trouvent à la limite des Vosges (Lorraine) et de la Haute-Saône (Franche-Comté), 1200 à 1500 m environ à l'est et au sud-est du col des Croix (RN486), soit sur le flanc sud de la Tête du Midi (Château-Lambert), soit sur flancs nord et nord-est (Le Thillot).

Situation géologique

Ces minéralisations sont encaissées dans des faciès dioritiques particuliers de la bordure nord du massif de monzo-granite des Ballons, intrusifs au Viséen moyen dans le Viséen inférieur volcano-sédimentaire. Ces faciès, antérieurs au monzo-granite, forment, de même qu'au sud, une bande allongée E-W ; plus

précisément, le "filon" de Château-Lambert se rencontre dans une diorite leucocrate à amphibole et pyroxène, tandis que ceux du versant nord (La Mairelle, Section des Mines) se trouvent dans une syéno-diorite adjacente à biotite et amphibole. Ces roches sont affectées par une fracturation tardi-hercynienne N10° à N30°, ainsi que par des mouvements plus récents N10° à N20° et N70° à N80°, en relation avec la formation du fossé rhénan.

Historique

Selon la tradition, le gisement aurait été exploité pour argent et or (?) à l'époque gallo-romaine, puis on sait que ces mines, réputées très productives, étaient en pleine activité au début du XVIIème siècle, sous le règne de Philippe II d'Espagne (pour le côté Château-Lambert). Le minerai (Cu) était traité dans deux fonderies, l'une près de Saint-Maurice-sur-Moselle (pour la Lorraine) et l'autre au lieu-dit La Fonderie, commune du Haut-du-Them (pour la Franche-Comté). La production de cuivre atteignait à cette époque jusqu'à 160 milliers par an (environ 70 t).

Ensuite, après une période d'abandon, ces mines furent reprises en 1734 par de GENSSANE, qui termina, en 1748, le travers-bancs de 400 m débouchant sous l'église de Château-Lambert, destiné à servir de galerie d'exhaure. Mais, dans cette partie inférieure, le "filon" était devenu peu riche en cuivre (étant, par contre, riche en molybdène) et les travaux furent abandonnés en 1758. Côté Le Thillot, la Cie SAUR, qui exploitait en dernier les fosses dites Saint-Henri et Saint-Nicolas, cessa toute activité vers 1761, car, à la profondeur atteinte, les "filons", rétrécis, ne donnaient guère plus de minerai.

Depuis cette période, il n'y a plus eu apparemment de production de cuivre et aucun travail important ne fut entrepris jusqu'en 1938. On commença à s'intéresser au molybdène à partir de 1899 et divers essais de reprise eurent lieu vers 1900, puis dans les années précédant la deuxième guerre mondiale ; ils avaient essentiellement pour but le traitement des haldes, pour en extraire la molybdénite, et une usine de flottation fut même installée à Château-Lambert en 1934.

En 1938, la S.F.E.E. (Société Française d'Etudes et Entreprises) commença des travaux de recherches au fond, et, en 1942, des travaux d'exploitation qui cessèrent fin juillet 1944 et fournirent une petite production de Mo S_2. Plus récemment, la région fut réétudiée par la SNEA (P) et par la COGEMA, en raison de la présence de brannérite et uraninite.

Description

Le gisement est formé par une famille de minéralisations pegmatitiques et quartzeuses constituant des "pseudo-filons" ou, parfois, des zones diffuses à contours flous. Les "pseudo-filons" sont grossièrement parallèles, étant tous orientés NW-SE avec un pendage SW variant entre 40° et 60°. L'élément principal, le seul bien connu en raison des travaux récents pour Mo, est le "filon" de Château-Lambert situé au toit, sur le flanc sud de la Tête du Midi. Les autres sont situés sur le flanc nord, les plus importants étant le "filon" de La Mairelle et le "filon" de la Section des Mines. Ces trois "filons" ont donné lieu à des exploitations étendues pour cuivre et il existe, en outre, des travaux au Huguenot (ou Hinguenet), plus à l'est, ainsi que des grattages sur divers affleurements molybdénifères, cuprifères ou pyritifères ("filon" des Maçons, ...).

A en juger d'après Château-Lambert, la puissance des "pseudo-filons" dont les affleurements étaient de médiocre qualité, était rapidement variable, pouvant passer de quelques centimètres à 1 ou 2 mètres, exceptionnellement 4 ou 5 mètres, voire 6 mètres, auquel cas se trouvaient généralement des "nerfs" intercalaires de diorite : ces "pseudo-filons" avaient donc l'allure de chapelets de petits amas allongés suivant le pendage et reliés par des feuillets chloriteux longs de quelques mètres ou décamètres. Les renflements constituaient les parties les plus riches et les lentilles pouvaient présenter des ramifications, dont une seule branche était généralement exploitable, avec quelques exceptions.

Au voisinage de ces "pseudo-filons", une minéralisation accessoire pouvait se trouver dans des nodules de pegmatite, en placages dans des fissures ou disséminée dans la roche encaissante. Témoignant des étirements mécaniques, les épontes étaient marquées par des salbandes de matière chloriteuse ou argileuse écrasée. Malgré l'irrégularité, il existait toutefois des panneaux réguliers à puissance métrique.

Ce champ "filonien" était recoupé par un système dense de failles E-W à ENE-WSW avec pendage 70°N, dont la plus occidentale connue, la Grande faille, constituait la limite ouest des travaux de Château-Lambert. D'autres accidents du système, rencontrés dans ces travaux, étaient : la faille de 30 m, la zone de brouillage, la faille de 15 m dans la partie sud-est et la faille inverse, à la limite est. Le prolongement NE de la Grande faille, marqué en surface par une zone mylonitique, se trouve probablement entre les travaux des Mairelles et ceux de la Section des Mines. Ces failles transversales peuvent être accompagnées de cristallisations de calcite, barytine, quartz et fluorine.

Pétrographie et minéralogie

Les pegmatites minéralisées sont fortement différenciées et elles peuvent passer à du quartz seul dans leur partie centrale. En outre du quartz, les minéraux les plus abondants sont du feldspath potassique, de la biotite, de la chlorite et de la calcite. Le feldspath K est toujours de l'orthose, qui présente deux venues différentes. L'orthose I, très hématisée et perthitique, contient des prismes d'apatite et de la magnétite martitisée. L'orthose II, de couleur rosée, se développe en bordure des masses de quartz ou dans le quartz lui-même et cette feldspathisation, comparable à l'altération potassique des porphyres cuprifères, affecte également la diorite encaissante.

Les plagioclases, largement altérés en séricite, sont rares et presque toujours inclus dans l'orthose I. Quand il existe de la molybdénite, un liseré d'albite est nettement développé à son contact avec les orthoses. Le quartz, minéral de beaucoup le plus important, présente 4 dépôts différents : un quartz I constituant avec la biotite et l'orthose le stade précoce ; un quartz II filonien ; un quartz III formant des masses de type lenticulaire et un quartz IV, souvent automorphe, auquel sont associés les sulfures de cuivre.

La biotite, très souvent chloritisée, forme des agrégats avec le quartz I ou l'orthose I, ou bien elle se développe sur les épontes dioritiques, associée au quartz III. Les carbonates présentent plusieurs générations : une calcite I_a associée à chlorite-uraninite-anatase ; une calcite I_b associée aux minéraux d'argent ; des calcites II filoniennes tardives. La chlorite, elle, est largement développée dans les faciès feldspathiques I et dans les zones bréchifiées et il existe des amas de chlorite-vermiculite caractéristiques des plages à uraninite II. Enfin, le sphène peut être très abondant ; il est inclus dans l'orthose I et se retrouve en fragments dans la calcite I.

La minéralisation sulfurée est associée, en grande partie, à une gangue quartzeuse, à l'exception toutefois des minéraux d'argent et de la première molybdénite qui se trouve dans le faciès pegmatitique à orthose I.

La molybdénite présente plusieurs épisodes de cristallisation. La molybdénite I précédente constitue la principale manifestation sulfurée du stade pegmatitique ; elle se présente en petites veinules ou en nids dans l'orthose I, bordés par un liseré albitique. La molybdénite II est liée spatialement à l'orthose II, tandis qu'une molybdénite III est très développée dans le quartz IV, où elle s'associe préférentiellement à la bornite et à la chalcopyrite. Il existe enfin une

molybdénite IV dans les salbandes argilo-chloriteuses, qui sont parfois recouvertes par des enduits écrasés du sulfure.

La chalcopyrite, associée ou non à de la molybdénite, de la pyrite ou de la bornite, forme des agrégats confinés dans le quartz IV laiteux, parfois aussi disséminés dans les épontes. Elle renferme souvent des exsolutions de blende ou de galène et, au moins à Château-Lambert, en raison des phénomènes de cémentation, les teneurs en Cu étaient plus élevées dans les parties hautes. Quelques analyses ont fourni des teneurs en Au variant entre 1,5 et 3,5 g/t, sans que l'on connaisse le minéral porteur.

De l'argent natif se trouve dans les faciès feldspathiques à orthose I, où il peut être étroitement associé à la molybdénite. Sont également présentes de la péarcéite, de l'argentite et de la stromeyérite (d'origine supergène). Il existe en outre tout un groupe de minéraux, dont certains en très faible quantité, qui ont cristallisé avant la minéralisation cuprifère : ce sont la safflorite, la löllingite, la cobaltite, le mispickel et la pyrite. La safflorite et la löllingite, précoces, sont associées à l'orthose I ; la cobaltite, automorphe, se trouve au voisinage des minéraux d'argent ; le mispickel forme des inclusions dans la chalcopyrite et la pyrite, cette dernière, très abondante, pouvant constituer des agrégats centimétriques bréchifiés et cimentés par la chalcopyrite.

Une bornite I se trouve en exsolution lamellaire dans la chalcopyrite, tandis qu'une bornite II se développe aux dépens de celle-ci ; la première peut renfermer de petites inclusions de hessite (tellurure d'argent). Un cuivre gris arsénié (tennantite) se situe préférentiellement en bordure de ou en inclusions dans la chalcopyrite et la bornite. De la galène, rare, se présente soit en petites inclusions dans la chalcopyrite, soit en plages xénomorphes. Il existe enfin de la blende qui montre deux types d'habitus : exsolution dans la chalcopyrite ou association avec le cuivre gris ; elle présente elle-même des exsolutions de chalcopyrite.

A côté de la minéralisation sulfurée décrite, peut se trouver une association titano-uranifère, association caractéristique d'un magmatisme calco-alcalin, qui comprend les minéraux suivants : uraninite, pechblende, anatase, brannérite et euxénite.

L'uraninite est localisée dans les faciès feldspathiques à orthose I et elle présente trois types différents, dont le troisième provient de la déstabilisation des cristaux de brannérite. La pechblende, elle, est exceptionnelle, formée aux dépens de l'uraninite. L'anatase, généralement automorphe, résulte le plus souvent de l'altération du sphène et de la brannérite. Cette dernière se trouve associée à l'orthose I, dans les mêmes structures minéralisées que l'uraninite I ; dans certaines conditions, elle est déstabilisée avec apparition d'anatase et uraninite automorphes. Enfin, l'euxénite, très rare, apparaît incluse dans la chalcopyrite.

En bref, le gîte de Château-Lambert comprendrait un stade pegmatitique à orthose I et un stade d'évolution deutérique "potassique" à orthose II. Au premier sont associés les minéraux d'uranium et la molybdénite I, au second la masse de la minéralisation sulfurée, avec la chalcopyrite et les molybdénites II, III, IV.

Comme produits d'altération superficielle, se trouvent de la molybdite et de la ferro-molybdite, de la malachite, de l'hématite et des traces d'érythrite. Dans les haldes, on a trouvé exceptionnellement quelques cristaux de scheelite, l'or natif signalé n'ayant pas été retrouvé.

Quelques formations accessoires, telles que le filon des Maçons, sont minéralisées uniquement en pyrite plus ou moins oxydée et, derrière le village de Château-Lambert, il existe une petit filon de chalcopyrite et galène, à gangue de barytine et calcite.

Travaux

Les travaux de Château-Lambert, les mieux connus en raison des recherches récentes pour Mo, sont échelonnés sur une hauteur de quelque 150 m, entre les affleurements de la crête (vers la cote 840) et le niveau 0, niveau du travers-bancs de 400 m (cote 685) ; ils comportent un niveau intermédiaire principal : le niveau 70, relié directement au jour par un travers-bancs supérieur long de 200 m.

Au niveau 0, qui a reconnu 5 lentilles principales, il existe une voie de base longue de 300 m, qui présente de petits décrochements le long des "failles de 30 m et 15 m" ; au-dessous, dans la première lentille du quartier NW, se trouvent une descenderie de 20 m et des amorces de traçage à - 7 m, dans une minéralisation surtout molybdénifère qui se rétrécit et se redresse (pendage atteignant 80°) ; une descenderie très ancienne, longue de 15 m seulement, avec

petits dépilages contigus, se rencontre dans le quartier SE ; ces deux ouvrages sont les seuls existant en aval-pendage du niveau 0, direction dans laquelle la minéralisation, pauvre en Cu, se poursuit jusqu'à une profondeur inconnue.

La limite ouest est formée par le faisceau d'accidents de la Grande faille, au-delà de laquelle on n'a pas pu retrouver le prolongement de la formation, tandis que, vers l'est, tous les travaux sont arrêtés dans une zone où le "filon" ne présente plus que des boules de pegmatites reliées par de minces filets. Les haldes, cubées et échantillonnées en 1934, représentaient une masse de 45 000 tonnes à 0,6 % Cu et 0,2 % Mo (0,33 % Mo S_2).

Les travaux d'exploitation de la S.F.E.E. ont eu lieu dans le quartier NW, entre les niveaux 0 et 35, d'une part, les anciens travaux et la "zone de brouillage", d'autre part ; ils ont produit 5 400 t environ à 0,4 - 0,5 % Mo S_2, pour une surface dépilée de 2 000 m^2. Un petit tonnage accessoire a été fourni par les travaux de recherche dans la descenderie de 20 m (en aval du niveau 0).

Sur le versant du Thillot, les anciens travaux ne sont connus que très partiellement, en raison du fait qu'ils n'ont pas été l'objet de reprises récentes et du fait que leurs parties inférieures sont noyées. A la Section des Mines, où il existe un "filon" croiseur N-S, pendage 45°W, épais de 45 à 60 cm et minéralisé en chalcopyrite et pyrite, le "filon" principal NW, puissant seulement de 20 à 40 cm, est accessible sur une centaine de mètres en direction et 30 m en hauteur ; trois descenderies noyées indiquent un prolongement vers l'aval, sur une distance inconnue. La minéralisation montrait plusieurs zones d'enrichissement et les analyses des haldes effectuées en 1934 ont donné 0,3 % Cu, 0,24 % Mo (0,37 % Mo S_2) et 9 g/t Ag.

A La Mairelle, d'après le volume des déblais, on peut supposer que les anciens travaux, exploitant une minéralisation similaire à celle de la Section des Mines, étaient plus importants. Au-dessus de la partie noyée dans laquelle s'enfonce une importante descenderie, ils s'étendent sur 250 m en direction et plus de 60 m en hauteur, comportant des parties dépilées parfois remblayées et des parties stériles quartzeuses. La minéralisation en Mo S_2 y est apparemment plus pauvre qu'à la Section des Mines et la limite SE est marquée par une zone faillée, qui pourrait être le prolongement de la Grande faille de Château-Lambert.

Quant aux travaux du Hinguenet, où il existe d'importantes haldes uranifères, ils sont actuellement inconnus, étant restés inaccessibles. Enfin, quelques amorces de travaux de recherche se trouvent sur de minces filons

molybdifères, cuprifères ou pyritifères.

Production

La production de cuivre n'est pas connue, en raison de son ancienneté. Toutefois, si l'on en juge par l'importance des travaux et des haldes, la réputation de productivité au début du XVIIème siècle et le chiffre de 70 tonnes annuelles, on peut admettre raisonnablement qu'elle aurait pu atteindre un millier de tonnes.

Quant à la production récente de molybdène, en 1939 et 1942-44, elle a été de 6 063 t à 0,37 % Mo (ou 0,6 % Mo S_2).

Pour la raison indiquée (PER du Ballon de Servance), la région du gisement précédent n'a pu être réétudiée par le BRGM pendant la période 1970-1983. Mais, elle avait fait l'objet de quelques travaux, au cours d'une première mission temporaire du BRGM, pendant les années 1956-57-58. Ces travaux, restés infructueux, ont comporté une prospection microchimique sols Mo (472 échantillons), à la Tête du Midi et au col du Hinguenet, ainsi que quelques travaux miniers dans le tunnel du tramway (cf. infra), où l'on espérait retrouver le prolongement NW du "filon" de Château-Lambert.

3.1.2 - Les Oeillets (90) (Mo) - Carte à 1/50 000 de Thann

L'indice des Oeillets, commune de Lepuix-Gy (90), se trouve dans le ravin de la goutte des Oeillets, affluent de la Savoureuse, à la cote environ 860, sur le flanc sud du Ballon d'Alsace. Il se trouve, d'autre part, à proximité immédiate du virage situé au km 6 de la route N465, dans le talus duquel ont été découverts les premiers filonets de molybdénite.

Géologiquement, il se trouve encaissé dans la partie méridionale du massif de monzo-granite des Ballons, à proximité d'une bande E-W de granite à augite et biotite constituant le faciès de bordure sud. Une importante faille NNE-SSW, présentant un décrochement sénestre, se trouve au voisinage immédiat, dans le ravin ; elle limite la minéralisation vers l'ouest.

Historique

Les premiers filonets minéralisés, au nombre de 6 ou 7, ont été découverts en 1939, lors des travaux d'élargissement de la RN465, au km 6. Ils firent d'abord l'objet, au niveau de la route, de premières recherches peu

importantes par le Comité d'études minéralogiques de Mulhouse ; puis, en vertu de conventions passées avec l'Etat, des travaux miniers y furent effectués par la Société d'Etudes et Explorations Minières (S.E.T.E.M), en 1943 et 1944. Un essai de reprise eut lieu en septembre 1945, mais la mine fut abandonnée le même mois, à la suite d'un incendie qui détruisit toutes les installations.

Ultérieurement, dans les années 1970, la région de l'indice fut réétudiée par la SNEA (P), au moyen de prospections géochimiques et de sondages, dans l'espoir de trouver un gîte porphyrique. Mais, celui-ci n'existant pas, les travaux furent arrêtés.

Description

L'indice est constitué par des filonets quartzeux ou quartzo-feldspathiques très irréguliers, dont la puissance varie rapidement entre 1 et 30 cm ; leurs orientations sont généralement voisines de la direction E-W, avec des pendages nord variant entre 30° et 60°. Souvent complexes, ils peuvent présenter plusieurs filets de quartz séparés par des bandes de granites ou des "lames" de molybdénite. A leur contact, la roche encaissante est profondément altérée (chloritisée et argilisée), surtout au mur.

Une faille importante, dirigée N60°E et marquée par une épaisse mylonite (dans le travers-bancs n° 2), limite leur extension vers l'ouest ; elle est accompagnée, dans tous les travaux, de cassures N50° à N70°E et de petites failles métriques d'orientations variables ; celles-ci peuvent renfermer du quartz géodique stérile.

Outre le fait qu'ils sont irréguliers et faillés, les filonets précédents à Mo S_2 sont discontinus et très courts, de sorte que l'on n'a pas retrouvé dans les travaux souterrains sous-jacents les éléments affleurant au niveau de la route. Le plus important relativement est le "filon D", qui a été suivi sur une longueur de 35 m ; dirigé N10°E, puis N85°E, avec des pendages 35°W et 50°N, il présente un épaississement (20 cm) à son point d'inflexion ; sa minéralisation, irrégulière, était plus abondante au toit. Le "filon B", suivi sur 16 m par la galerie n° 2, était épais de 5 cm au maximum. Les teneurs moyennes en Mo S_2, sur une largeur échantillonnée de 80 cm, étaient respectivement de 0,20 et 0,15 % Mo (0,33 % et 0,25 % Mo S_2). Malgré la densité relative du réseau de filonets, l'indice exploré est économiquement insignifiant.

Minéralogie

L'association sulfurée primaire comprend de la molybdénite, de la chalcopyrite, de la pyrite et du mispickel, auxquels s'ajoutent les minéraux secondaires suivants : powellite, molybdite, ferri-molybdite, bornite, chalcocite, covellite, malachite, oligiste et "limonite".

La molybdénite, sulfure le plus important, forme le plus souvent des placages aux épontes, constituant des "salbandes" régulières mais très minces, parfois de simples pellicules ; elle présente aussi des "mouches" dispersées dans le quartz, ainsi que de très fines inclusions responsables de la teinte bleutée de ce dernier ; dans les épontes, elle peut former des "rosettes" disséminées au voisinage des filonets, ou bien des enduits laminés tapissant des fissures.

La chalcopyrite se trouve le plus souvent en grains épars dans le quartz, parfois dans le granite des épontes ; elle n'est que rarement associée à la molybdénite. La pyrite, elle, est relativement abondante dans la roche altérée encaissante.

Travaux miniers

Les travaux souterrains, entrepris à une vingtaine de mètres au-dessous des affleurements de la route, ont un développement de 228 m. Ils comportent deux travers-bancs, sur les deux rives du ruisseau, dont un seul (le travers-bancs n° 1) a rencontré des filets minéralisés en Mo S_2, qui ont été suivis par la galerie n° 2 ("filon B") et par un traçage ("filon D") ; un plan incliné prolonge la galerie n° 2, au sommet duquel (à + 13 m) on a ouvert un court travers-bancs (travers-bancs n° 3). Un seul filonet (le "filon D") a pu être suivi régulièrement en direction, sur une longueur de 35 m.

3.1.3 - Tunnel de l'ancien tramway de Lure au Thillot (70 - 88) (Mo) - Carte à 1/50 000 de Giromagny

Ce tunnel, long de 1 097 m, qui traverse la montagne sensiblement à l'aplomb du col des Croix, se trouve à 1 500 m environ à l'ouest de l'église de Château-Lambert ; il débute au SW, sur le versant Haute-Saône, dans le monzo-granite, puis pénètre dans la syéno-diorite qui forme ici le faciès de bordure nord. Sa coupe géologique a été relevée par Ch. CARDOT (1913), qui y a noté divers indices de minéralisation :

- dans la tranchée SW, filonets de fluorine violette et, 15 m avant l'entrée du souterrain, une veinule centimétrique de fluorine avec chalcopyrite, puis quelques mouches de molybdénite dans le granite,

- dans le tunnel lui-même, outre des filons de microgranite, deux filonets de quartz NE-SW renfermant des lamelles de Mo S_2, le premier au km 31,104 et le second au km 31,125.

Dans l'espoir que l'un des deux filonets ci-dessus représenterait le prolongement NW du "filon" de Château-Lambert ou bien serait en relation avec ce dernier, quelques travaux furent exécutés dans le tunnel en 1958, sur la proposition de P. SAINFELD. Le premier filonet, présentant un pendage de 30 à 40° sud, fut suivi sur 3 m en direction SE ; à cette distance, il était recoupé par un filonet croiseur pegmatitique, assez riche en molybdénite, qui jouait le rôle d'une faille inverse WNW-ESE, à pendage 70° nord ; à 3,50 m, le filonet, dont la puissance était réduite à 2 cm, était rejeté par une 2ème faille, orientée NE ; à 4 m enfin, une 3ème faille, subparallèle à la 2ème, le faisait disparaître et il ne put être retrouvé malgré quelques sondages et 7 mètres de galerie. Sur le parement NW, le filonet était aminci, avec seulement des traces de Mo S_2. En bref, ce premier filonet n'était visible que sur 8 mètres en direction, avec une puissance négligeable.

Les travaux du 2ème filonet ont été également négatifs et, dans ceux-ci (25 mètres de recoupes sur le parement SE), on n'a pas retrouvé de Mo S_2, seulement des traces de Cu dans un filonet pegmatitique subvertical E-W. Tous les travaux furent alors abandonnés et on ne connaît toujours pas le prolongement NW du "filon" de Château-Lambert, au-delà de la Grande faille.

3.1.4 - Le Hangy (88) (Mo) - Carte à 1/50 000 de Giromagny

L'indice du Hangy, commune de Fresse-sur-Moselle (88), se trouve dans le ravin de la goutte des Ordons, à 3 km de Château-Lambert en direction ESE. Il est constitué par quelques filonets de pegmatite à orthose, de direction générale E-W, qui sont encaissés dans une roche dioritique de la bordure nord du "granite" des Ballons et renferment de la molybdénite. Quelques travaux de recherches y ont été effectués : une galerie supérieure de 23 m, ouverte avant la dernière guerre sur un filon-faille renfermant des nids de Mo S_2 ; un puits de 6 m et un travers-bancs de 27 m, ouvrages inachevés effectués en 1940 par la "SETEM - Syndicat Molybdène des Vosges".

Au total, il s'agit seulement d'une faible occurrence et on peut signaler que, constituant un jalon entre Château-Lambert et Le Hangy, un petit indice non en place a été trouvé près de la carrière de La Pransière, dans les mêmes roches.

3.1.5 - Saut-de-la-Truite (90) (Mo) - Carte à 1/50 000 de Giromagny

La carrière du Saut-de-la-Truite, commune de Lepuix-Gy (90), se trouve en bordure de la route N465, à 1 km au SW des Oeillets. On y voyait un indice du même type, dans le granite porphyroïde à amphibole et biotite, sous la forme d'un filonet E-W, épais de 2 cm, qui renfermait de la molybdénite, de la pyrite et du mispickel. Aucun travail minier n'y a été effectué.

3.1.6 - Knappenhüttel (68) (Mo) - Carte à 1/50 000 de Thann

Le petit indice de Knappenhüttel, commune de Sewen (68), se trouve à 500 m à l'est de la digue du lac d'Alfeld, dans la partie orientale du massif de monzo-granite. On y trouve de la molybdénite , disséminée d'une part dans le granite et, d'autre part, encaissée dans des filonets N-S de quartz à chalcopyrite et pyrite, qui peuvent renfermer en outre des traces de tennantite, de covellite secondaire, de galène et d'uraninite, ce qui constitue une analogie avec le gisement du Hinguenet, à Château-Lambert. Le filonet principal, à pendage 60°E et puissant de 3 à 8 cm, a été reconnu par une courte galerie (5 m) et une amorce de descenderie.

Il est à noter que, dans ce secteur voisin du lac d'Alfeld, la bordure orientale du monzo-granite des Ballons est marquée par une légère anomalie géochimique stratégique en Mo et W. Les points anomaux (au nombre de 4) sont disséminés, montrant ainsi que le phénomène de minéralisation est assez largement étendu, mais la faiblesse de leurs teneurs indique l'absence de concentrations importantes.

3.1.7 - Le Plain-des-Loges (88) (Mo) - Carte à 1/50 000 de Thann

L'indice du Plain-des-Loges, commune de Saint-Maurice-sur-Moselle (88), découvert par J. MOUILLAC (1974), se trouve à 500 m à l'est de la maison forestière, en bordure du chemin allant des Charbonniers au Chaume du Rouge Gazon. Il est constitué par une association de molybdénite, chalcopyrite et pyrite, qui se trouve, d'une part, dans des fissures du monzo-granite, et, d'autre part, dans des pegmatites incluses dans le faciès syénitique de bordure.

Un indice alluvionnaire de Mo S_2 est associé à cet indice du Plain-des-Loges, dans le ruisseau de la goutte Valentin.

3.1.8 - Saulx (88), (Pb, Zn, Cu, Mo) - Carte à 1/50 000 de Remiremont

L'indice polymétallique de Saulx, commune de Rupt-sur-Moselle (88), se trouve dans la haute vallée de cette rivière, sur la rive gauche et à proximité du village. Plus précisément, les travaux se situent en bordure et au-dessous du chemin forestier qui monte à la ferme abandonnée de La Foudraye, à la cote approximative 480.

Les haldes de ces vieux travaux étaient bien connues et elles furent visitées successivement par L. BURNOL et P. SAINFELD, en 1956, qui signalèrent que la minéralisation, essentiellement sulfurée, était formée principalement par une association BPGC (blende, pyrite, galène, chalcopyrite), avec de la molybdénite microscopique accessoire. Puis, au cours de la dernière période de prospection générale, les anciens travaux, sis à proximité des haldes, furent découverts en 1972 par le BRGM, ce qui permet de donner maintenant une description précise de cette minéralisation.

Au point de vue géologique, l'indice se situe dans la bordure nord du Massif des Ballons, représenté, à Saulx, par un granite rouge à biotite légèrement porphyrique, qui renferme ici de nombreuses intrusions de microgranite et des enclaves de terrains volcano-sédimentaires viséens. Ce sont ces dernières, qui ne sont plus représentées que par des résidus d'érosion épars, qui renferment les minéralisations sulfurées du secteur.

Ce fait est bien visible, en particulier, dans les anciens travaux, qui sont creusés dans un panneau-relique de volcano-sédimentaire métamorphisé, haché de failles et fractures et présentant des contacts anormaux avec le granite qui l'enclave, lequel apparaît lui-même cataclasé (granite porphyroclastique). Les failles précédentes limitent en tous sens le panneau, qui forme ainsi un très petit graben, ce qui a assuré sa conservation.

Pétrographiquement, la série débute par un premier banc d'arkose recristallisée et légèrement cataclasée, qui renferme une certaine minéralisation sulfurée et de la barytine abondante ; ces sulfures comprennent essentiellement de la pyrite, accessoirement de la blende et des traces de galène. Au-dessus, se trouvent deux bancs de cornéennes alumineuses rétromorphosées, puis une 2ème couche d'arkose, recristallisée, silicifiée, minéralisée et cataclasée. Enfin, la

succession comporte une lentille de roche verte, qui provient d'une ancienne roche basique recristallisée, ainsi que des couches de schistes verts qui résultent du métamorphisme de roches sédimentaires argileuses. Une intrusion filonienne de microgranite est intercalée entre le premier banc d'arkose et le premier banc de cornéenne alumineuse.

Le corps minéralisé principal, suivi par la galerie 2 en direction générale N50GW, est encaissé dans une cornéenne très alumineuse (présence de spinelle), rétromorphosée par le métamorphisme hydrothermal associé à la minéralisation. Il présente une puissance moyenne de 1 m, avec un renflement "ponctuel" de 3 m, et une longueur de 14 m, entre le filon de microgranite, au NW, et le contact faillé du granite, au SE. Un petit dépilage (d'où proviennent les haldes) a été effectué dans le renflement, qui se trouve au contact du granite porphyroclastique.

En définitive, il n'est pas besoin d'insister, l'indice est insignifiant par son tonnage et il ne présente aucune possibilité d'extension. En dehors, quatre autres indices ont été découverts sur la pente au-dessus des vieux travaux, mais ils sont encaissés dans des reliques volcano-détritiques (peut-être d'anciens tufs) encore plus petites. Au total, le secteur ne présente actuellement aucun intérêt économique ; toutefois, on peut penser que tous ces indices sont les résidus d'une minéralisation sulfurée autrefois beaucoup plus importante.

Minéralogie

Dans l'ensemble, l'association des minéraux sulfurés, encaissés soit dans des arkoses, soit dans des cornéennes alumineuses, est complexe. Elle comporte les 11 espèces suivantes : blende, bournonite, chalcopyrite, covellite, cubanite, cuivre gris, galène, mackinawite, molybdénite, pyrite et pyrrhotite, auxquelles il faut ajouter de l'électrum et, comme minéraux oxydés, de l'hématite-martite, de la magnétite et du rutile. Les gangues sont principalement, outre la roche encaissante elle-même, du quartz et de la barytine. L'association partielle prépondérante est formée par de la galène, de la blende et de la pyrite (BPG), auxquelles peut s'ajouter de la chalcopyrite (BPGC).

La blende, qui peut être le minéral prépondérant, est toujours xénomorphe et elle renferme constamment des exsolutions orientées de chalcopyrite, souvent très nombreuses. Elle apparaît postérieure à la pyrite, qu'elle peut remplacer, et elle peut se trouver associée avec de la galène ou de l'hématite, plus rarement avec de la chalcopyrite. Toutefois, la plus grande partie de la blende

apparaît indépendante des autres sulfures, étant, par contre, liée préférentiellement à des plages de barytine (dans les arkoses). Dans certains échantillons, on peut trouver des agrégats constitués par une association de blende, chalcopyrite, galène et covellite.

La galène (dont on ignore la teneur en Ag) est répartie très irrégulièrement dans l'ensemble, tantôt très rare et tantôt, au contraire, dominante. Elle peut être associée à de la blende ou, plus fréquemment, à de la pyrite ; elle est postérieure à ces deux sulfures qu'elle peut corroder et, dans le cas de la pyrite, le remplacement peut être prononcé. Rarement, on peut trouver des inclusions de galène dans la chalcopyrite et, dans certains échantillons, comme déjà dit, des agrégats de galène, blende, chalcopyrite et covellite.

La chalcopyrite peut former des petites plages indépendantes liées préférentiellement aux zones micacées de la roche encaissante, parfois des associations avec la blende, ou avec la galène et la covellite. Elle existe fréquemment, par ailleurs, sous forme d'inclusions dans la pyrite, associée à de la pyrrhotite et de la cubanite, ou à de la pyrrhotite seule. Elle peut également se trouver (cf. supra) en inclusions orientées dans la blende, sous forme de gouttelettes paraissant corroder le sulfure de zinc. Enfin, rappelons que de rares inclusions de galène peuvent se trouver dans la chalcopyrite.

Le cuivre gris n'est présent que sous forme de fines inclusions orientées dans la galène, parfois très nombreuses et parfois très dispersées. L'étude microscopique à l'immersion, réalisée par P. PICOT, montre, dans tous les cas, deux variétés associées : une variété gris-blanc contenant un peu d'argent et une autre gris bleuâtre, à réflexions internes rouges abondantes, qui est de la tennantite.

La covellite existe souvent en traces sur le pourtour du cuivre gris, plus rarement autour de la blende ou de la chalcopyrite (sous forme de très fins liserés). On peut trouver aussi des plages assez fréquentes du sulfure de cuivre associées à de la blende, de la galène et de la chalcopyrite. La cubanite lamellaire, quand elle existe, se trouve en traces dans les inclusions de chalcopyrite dans la pyrite.

La pyrite est certainement, dans l'ensemble, le minéral le plus fréquent et le plus abondant. Elle est généralement subautomorphe, parfois parfaitement automorphe, par exemple dans le cas des petits cristaux millimétriques à rares inclusions de molybdénite, trouvés dans l'indice annexe n° 3. Elle est fréquemment associée à de la blende, généralement plus fine, et cette association peut

constituer la minéralisation prépondérante de nombreux échantillons. Enfin, on peut signaler diverses inclusions minuscules dans la pyrite : pyrrhotite, pyrrhotite-chalcopyrite, pyrrhotite-chalcopyrite-cubanite. Les diverses inclusions de pyrrhotite constituent ici le seul mode de cristallisation de ce sulfure.

La molybdénite, rare et toujours microscopique, est presque toujours liée aux autres sulfures, n'apparaissant qu'exceptionnellement en micro-lamelles indépendantes. Elle peut se trouver associée à la chalcopyrite, mais, le plus souvent, elle est incluse dans la blende ou dans de minuscules cristaux automorphes de pyrite. Il s'agit toujours, à Saulx, d'un minéral très subordonné.

La bournonite n'existe qu'en traces, associée à de la chalcopyrite. Il en est de même pour la mackinawite, dont les traces se trouvent incluses dans de la pyrite ou de la chalcopyrite. L'électrum a été rencontré en inclusion dans la galène : grains submicroscopiques de quelques microns ou minuscules plages étirées.

L'hématite, fréquente, est en réalité de la martite, dans laquelle subsiste de la magnétite résiduelle. Cette martite peut se trouver associée à de la chalcopyrite, puis à de la blende ; elle peut être aussi incluse dans cette dernière. La magnétite, outre ses traces résiduelles dans la martite, peut présenter des inclusions automorphes dans la blende, à rapprocher des inclusions précédentes de martite. A côté de ces inclusions de magnétite, sporadiquement, se trouvent des cristaux automorphes trapus de rutile.

Les minéraux de gangue, déjà cités, sont le quartz et la barytine. Celle-ci, en particulier dans les arkoses, peut être abondante, mais elle est toujours distribuée irrégulièrement, sous forme de petites plages et d'éléments de filets discontinus. La roche elle-même constitue une autre gangue et, comme déjà souligné, une partie appréciable de sa pétrographie est constituée par une paragenèse rétromorphique hydrothermale, liée à la minéralisation.

Les divers minéraux de l'association complexe décrite ne sont évidemment pas tous contemporains et leur dépôt s'est effectué en plusieurs phases séparées (dont on n'a pas pu établir la succession). Seul un tel découpage peut rendre compte de la coexistence de la molybdénite, minéral typiquement de haute température, et de la barytine, minéral typiquement de basse température.

En ce qui concerne le type, l'indice de Saulx n'est certainement pas un "gîte" volcano-sédimentaire métamorphisé, qui serait d'ailleurs le seul de son espèce. Il est en effet évident que sa minéralisation est étroitement liée à une phase tectonique post-sudète et le métamorphisme rétrograde hydrothermal des métamorphites encaissantes est lié à cette phase de tectonisation. Comme conséquence, la minéralisation est une minéralisation hydrothermale (principalement mésothermale), de type filonien classique mais essentiellement mise en place par métasomatose des roches favorables ; étant par ailleurs situé au contact, on peut classer le gîte comme pyrométasomatique.

La présence de la molybdénite, même en faibles quantités, présente un intérêt métallogénique certain. Elle fournit une preuve supplémentaire de l'existence d'un district molybdénifère dans le secteur du Ballon d'Alsace, district malheureusement dépourvu de tout intérêt économique, comme on l'a vu au cours de sa description.

Nous décrirons maintenant les minéralisations fluorées, en commençant par la plus importante, celle du Langenberg.

3.1.9 - Structure fluorifère du Langenberg (68) (F) - Carte à 1/50 000 de Thann

La structure fluorifère du Langenberg, commune de Sewen (68), se trouve sur le flanc SE du Ballon d'Alsace, dans le secteur des fermes du Petit Langenberg et du Grand Langenberg, secteur qui domine la vallée supérieure de la Doller. Elle appartient à un district fluoré, avec Pb-Zn-Cu-Ba, dont elle constitue l'élément le plus occidental.

Au point de vue géologique, elle se trouve dans une grande faille, de direction NE variable, subparallèle à d'autres grands accidents voisins minéralisés. Cette faille est connue au total sur une longueur de 5 km environ et elle traverse la monzonite quartzique de Sewen, faciès de bordure du monzo-granite, sauf dans sa partie nord où elle pénètre dans ce granite lui-même, pour former plus loin un contact anormal avec le Viséen volcano-sédimentaire.

Cette structure fluorée était connue au début dans une courte galerie (12 à 13 m), ouverte immédiatement au-dessous de la route N466, sensiblement à l'aplomb de la ferme du Petit Langenberg. Cette galerie avait suivi un filon mince de fluorine (40 à 50 cm), associée à du quartz géodique et à des minéraux Cu peu abondants (chalcopyrite et malachite). Dans le talus au-dessus, ce filon était réduit

à un filonet quartzeux de 12 cm et l'indice, somme toute, apparaissait peu intéressant. On abandonna donc la prospection de ce secteur, d'autant que la S.E.C.M.E avait obtenu dans la région un permis exclusif de recherches de fluorine, le PER de Sewen.

Après la renonciation de ce permis, une étude systématique des indices de la haute vallée de la Doller fut entreprise par le BRGM, en 1977, avec l'assistance d'un stagiaire de l'Ecole des Techniciens-Géologues de Nancy. Cette étude comporta une prospection hydrogéochimique du fluor et celle-ci mit en évidence, entre autres, une anomalie F^- dans le ruisseau du Wagensthal. En reconnaissant cette anomalie de façon détaillée, on découvrit une amorce de galerie noyée, à 300 m en aval de la ferme du Grand Langenberg, ouverte sur un filon métrique de fluorine avec traces de galène*.

Les directions mesurées dans les deux galeries laissant penser que celles-ci pouvaient intéresser un seul et même filon, on fit effectuer, en décembre 1979 et mai 1980, une prospection VLF par le Département Géophysique du BRGM. Les résultats semblèrent montrer la justesse de l'hypothèse, car ils mirent en évidence une nette anomalie (non fermée) entre le Petit et le Grand Langenberg, sur une longueur de 2 km environ. On effectua alors à la suite, en novembre 1981 et juillet 1982, deux sondages courts : LAN_1 (59,20 m) et LAN_2 (93,82 m), situés, le premier sur la route touristique, 120 mètres au SW de la galerie du Grand Langenberg, et le second à 190 m au NE de cette galerie. Puis, après une étude géologique sommaire, qui montra que les caractères structuraux et géochimiques rapprochaient cette minéralisation fluorée de celles de Maxonchamp (88), Les Mousses (88) et Faymont (88), on termina la reconnaissance, en 1983, par l'exécution de deux sondages longs CFFM : LAN_3 (222,50 m) et LAN_4 (196 m), situés tous deux au NE de la même galerie, de part et d'autre de LAN_2. Au total, la structure a été explorée, par les sondages précédents, sur une distance de 560 m. Les résultats de cette exploration sont présentés dans un rapport de M. JEBRAK (1983).

L'ensemble de la structure présente une direction N35° à 45°E, avec un pendage NW de 70° à 80° ; elle montre un jeu sénestre, qui a décalé et abaissé le compartiment oriental. Dans la galerie sous la route, le filon est recoupé par une

---

* Les deux amorces de galeries avaient été certainement ouvertes non pour la fluorine, mais pour les sulfures associés, ce qui explique leur peu d'ampleur.

faille N50°W, à pendage 65° et jeu horizontal, tandis que, dans le secteur des sondages LAN_2 et LAN_4, la structure est dédoublée, comme le suggéraient les anomalies VLF : les deux branches sont distantes de 10 à 15 m, la plus importante étant celle du mur qui peut présenter une épaisseur métrique de fluorine (1,30 m à 50,30 % Ca F_2 dans LAN_2), laquelle se réduit toutefois à 30 cm dans le sondage le plus profond (LAN_4) ; cette branche contient un peu de barytine, tandis que la branche du toit est très mince, son épaisseur ne dépassant pas 20 cm.

La structure redevient unique dans la partie sud et, dès le forage LAN_2, elle longe un filon de microgranite porphyrique. Dans la galerie du Grand Langenberg, se trouve une faille à décrochement horizontal, dirigée N40°W, avec pendage 65°.

En résumé, la structure fluorifère du Langenberg, telle qu'elle est connue sur une longueur de 1 200 m (entre le sondage LAN_1 et la galerie sous la route), apparaît très lenticulaire ; elle présente des puissances métriques au maximum et la fluorine semble se coincer rapidement en profondeur, au profit du quartz. Au niveau des sondages LAN_2 et LAN_4, elle présente un dédoublement et elle est affectée par des cisaillements (probablement cénozoïques) qui réduisent encore sa minéralisation.

Vers le SW, elle se prolonge probablement jusqu'au niveau du ruisseau de la goutte Thierry (soit sur une distance de 700 m à partir du sondage LAN_2) ; son passage y est jalonné en surface par des indices de quartz filonien et de quartz à hématite. Vers le NE, ce prolongement est marqué, au niveau du chemin de la ferme du Petit Langenberg, par des affleurements d'un dyke siliceux ; ce dyke se trouve plus bas que le tronçon fluoré, ce qui suggère une zonalité verticale (paraissant confirmée par les sondages), avec une BTH vers le fond de la vallée et une zone minéralisée au-dessus.

La minéralisation est composée essentiellement par une alternance de bandes de quartz et de fluorine verte et violette, recoupées ou recouvertes par de la barytine plus tardive, accompagnée d'une 2ème venue quartzeuse. Ce remplissage est bréchique et il enclave des éléments de granite broyés et silicifiés.

Dans le détail, certains filonets de fluorine sont écrasés, avec introduction de quartz dans leurs cristaux, tandis que d'autres sont formés de fluorine massive intacte. Il y a donc eu une seconde venue fluorée plus tardive, ou bien une remobilisation de la première fluorine. Cette fluorine II, en tous cas, de

couleur jaune, semble contemporaine de la barytine, les deux minéraux étant moulés par le quartz terminal. Les sulfures (Pb et Cu) se trouvent en quantités négligeables.

L'âge de ce filon ne peut être déterminé directement avec précision. Il recoupe le magmatisme viséen des Ballons et il est recoupé par des cisaillements cénozoïques. M. JEBRAK (1983) admet qu'il pourrait dater de la limite Permien-Trias, comme les filons de Faymont.

La structure n'a certes pas été explorée sur toute sa longueur et d'autres lentilles minéralisées pourraient se trouver au sud du tronçon reconnu, mais il est probable qu'elles se coinceraient de même très rapidement, aussi bien horizontalement que verticalement. Les potentialités apparaissent donc très limitées et il n'aurait pas été justifié de poursuivre la reconnaissance.

3.1.10 - Les Baudys (70) (F) - Carte à 1/50 000 de Giromagny.

Le petit gîte des Baudys (autrefois Le Baudy), commune de Servance (70), se trouve à 2,5 km au NW de l'église de Château-Lambert, immédiatement au sud de la route des crêtes D57. Il s'agit d'un filon de direction N10°E, encaissé dans une faille traversant un massif de syéno-diorite à amphibole et biotite, qui constitue ici la bordure nord du monzogranite des Ballons. C'est une telle roche qui encaisse les gisements Mo du Thillot (La Mairelle et La Section des Mines).

Le gîte a été exploré anciennement pour plomb et il est décrit brièvement par de GENSSANE (1756). A son époque, il n'y avait qu'un puits de 9 m de profondeur et on travaillait à un percement pouvant servir à l'écoulement des eaux. Cet auteur termine en écrivant : "Comme ces mines se trouvaient fort éloignées de Plancher, nous les avons cédées depuis 3 ans à une compagnie qui les fait exploiter".

Beaucoup plus tard, le gîte fut repris en 1921-22, mais pour la fluorine destinée à l'industrie métallurgique. On ne connaît rien de ces derniers travaux, ni leur consistance, ni leur production, ni les caractéristiques du filon. Toutefois, à la suite de la visite partielle d'une ancienne galerie, il semble bien que la puissance était infra-métrique.

L'association minérale primaire comprend de la galène et de la blende, dans une gangue de fluorine, quartz et calcite. Il s'y ajoute, comme minéraux secondaires, du quartz II et de la pyromorphite. Dans le détail, il y aurait eu une

première venue peu importante de blende et fluorine, puis une bréchification suivie par le dépôt de la venue principale à fluorine et galène, enfin une venue tardive de calcédoine et quartz II.

La galène, qui était le sulfure le plus important, était concentrée dans des bandes lenticulaires centimétriques, sous la forme de grains ou "nids". Par endroits, elle était associée à de la blende brunâtre. La fluorine, dont la teinte variait du blanc au vert et au jaune, était le minéral le plus abondant et c'est elle qui renfermait la blende et la galène ; mais, il existait de vastes zones où elle était stérile en sulfures. Le quartz, postérieur, formait des veinules recoupant la caisse fluorée et il se trouvait déposé sur des cristaux de $Ca F_2$.

En 1971, époque de recherche intense de gîtes de fluorine, ce secteur des Baudys fut étudié en particulier par le BRGM, au moyen d'une prospection alluvionnaire et d'une prospection hydrogéochimique du fluor. La prospection alluvionnaire fut négative, mais la prospection hydrogéochimique mit en évidence une anomalie de l'ion F^- (250 à 400 ppb pour un fond $\leq$ 50 ppb), qui permit de trouver rapidement, sur le versant opposé (nord), un mince affleurement filonien (20 cm) et quelques indices dispersés dans la syéno-diorite. Mais, à la suite de la demande du PER du Ballon de Servance, par la SNPA, cette reconnaissance fut abandonnée.

3.1.11 - La Fonderie (70) (Ba, Mn) - Carte à 1/50 000 de Giromagny

Le gîte de La Fonderie, commune du Haut-du-Them (70), se trouve dans le vallon de La Fonderie, affluent rive gauche de l'Ognon, à 3 km environ à l'est du village et en contrebas du Ballon de Servance. Le "filon" Mo de Château-Lambert se situe à 2 km environ au nord et le filon F des Baudys à 4 km au NW.

Ce gîte, encaissé dans la masse du monzo-granite des Ballons, est formé par deux filons parallèles très voisins, dirigés N80°E à E-W, avec un pendage N élevé (80°). Le filon septentrional est un filon de barytine, avec fluorine très subordonnée (teneur $\leq$ 5%), qui présente au mur (sud) une bande de quartz carié. Le filon méridional, à quelques mètres au sud, présente un remplissage complexe constitué par un réseau de filonets de $Ba SO_4$ dans une caisse manganésifère terreuse. La barytine y est très souillée et des oxydes de Mn sont insinués dans ses clivages. Le granite des épontes apparaît très altéré.

Les premiers travaux ont été effectués en 1907, pour Mn, aux lieux-dits "Champ de La Grange", "La Roche Brûlée" et "La Croix Colas". Ils mirent en évidence superficiellement, sur une longueur de 150 m, un filon de "pyrolusite", avec un peu de rhodonite. Sa puissance variait entre 0,70 m et 3 m et sa teneur en Mn entre 23 % et 29 % ; il renfermait des rognons de Ba SO_4 et, immédiatement au nord, se trouvait un filon métrique de barytine.

Puis, des recherches pour Ba SO_4 furent entreprises, au début de 1958, par B. CHOMSKI, l'exploitant de la fluorine de Maxonchamp. Elles consistèrent en une série de tranchées, échelonnées sur une longueur de 200 m, et en deux travers-bancs à 16 m et 60 m au-dessous des affleurements les plus élevés, longs de 15 m et 115 m, accompagnés de traçages (20 m et 105 m) surtout développés vers l'est.

Dans les travaux supérieurs, le filon barytique du toit avait une puissance variant de 2 m à 3,50 m, tandis que, dans le travers-bancs à - 60 m, l'épaisseur n'était plus que de 30 à 40 cm, sans que l'on sache s'il s'agissait d'un coincement en profondeur ou d'une serrée locale.

Avec ces valeurs, le tonnage probable reconnu serait de l'ordre de 150 000 t de barytine siliceuse : 110 000 t dans le filon nord et 40 000 t dans le filon Mn sud. Quant au tonnage possible, il pourrait être beaucoup plus important, car le gisement possède des possibilités d'extension tant en aval-pendage qu'en direction. Il pourrait donc, sous toutes réserves, constituer la plus grosse accumulation de barytine du Massif des Vosges ; toutefois, les recherches y furent arrêtées dès 1960, au profit de la reconnaissance du gîte de fluorine de Maxonchamp, après avoir produit seulement 60 t en 1958 et 900 à 1 000 t en 1959. En raison de l'opposition du propriétaire, ce gisement n'a pu être visité par le BRGM.

L'association minérale visible comporte de la barytine, principal minéral, de la fluorine, du quartz, de la calcédoine, du jaspe, de l'ankérite Mn, de l'oligiste, du wad et des traces de malachite. La silice est le principal constituant du remplissage, sous la forme de quartz hydrothermal et de calcédoine ; puis, vient la barytine, lamellaire ou spongieuse, renfermant un peu de fluorine verdâtre. Le wad dérive probablement de l'ankérite Mn et il se trouve surtout près de la surface, le carbonate apparaissant en profondeur. L'oligiste, enfin, forme quelques concentrations dans le quartz.

3.1.12 - Bedelen (68) (Fe) - Carte à 1/50 000 du Thann

Le filon de fer de Bedelen, commune de Sewen (68), se trouve immédiatement à l'ouest du refuge du même nom, dans l'Oberalfeld. Il a été exploité au début du XIXème siècle, au moyen d'une galerie longue de 80 m, jusqu'en 1822, son minerai étant traité à Oberbruck. Puis, vers la fin de ce même siècle, il a été l'objet d'une concession allemande pour Mn, appelée Ferdinand III. Mais, vraisemblablement, cette concession n'a fait l'objet d'aucun travail.

Ce filon, subvertical et dirigé N10° à 20°E, présente une puissance variant de 0,50 m à 1 m. Son minerai était formé par de la goethite, concentrée dans deux rubans épais de 8 à 10 cm ; pour le reste, la caisse était remplie par du quartz pouvant présenter des pseudomorphoses de barytine ("quartz haché") et des boxworks de fluorine.

Au voisinage, se trouvent deux filons minces subparallèles : un filon de quartz rouge et un filon de goethite- et un filon de quartz à oligiste (vierge de travaux) se trouve sur le prolongement sud, tout près de La Chaumière. Un autre filon de même nature se trouve sur le prolongement nord, immédiatement au sud du col de la Ronde Tête.

Enfin, dans le même secteur, un filonet de fluorine a été découvert, grâce à la prospection hydrogéochimique du fluor de 1977, à mi-pente dans la forêt d'Alfeld. Sa puissance varie de 6 cm à 20 cm et sa direction de N43° à N72°. La fluorine, de couleur verte, est associée à du quartz hyalin automorphe.

3.1.13 - Lac d'Alfeld (68) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Thann

Le filon Cu du Lac d'Alfeld, commune de Sewen (68), qui a fait l'objet de la concession allemande Gabrièle I, se trouve à l'endroit précis où le ruisseau d'Alfeld se jette dans le lac ; une ancienne galerie se situe au niveau de l'eau.

Puissant de 1,20 m environ et visible sur une centaine de mètres, ce filon est dirigé N15° et renferme des mouches de chalcopyrite et des grains de pyrite, dans une gangue de quartz présentant des pseudomorphoses de barytine et fluorine. La chalcopyrite est très altérée en un mélange cryptocristallin de digénite et chalcocite, en bornite, en covellite, en chrysocolle, en "limonite" et surtout en petits agrégats fibro-radiés de malachite. Elle est très disséminée et la teneur en Cu doit être très faible.

Un filon analogue, mais ne présentant que des traces de malachite, se situe légèrement en amont, où il longe la rive droite du ruisseau d'Alfeld. Dirigé N55°E en moyenne, avec un pendage NW de 55°, il rejoint le filon précédent vers le NE.

Dans l'avant-pays du lac et notamment le long des lacets de la route N466 montant de Sewen, le granite renferme des veinules centimétriques d'oligiste, de direction dominante NW-SE. Ces veinules renferment aussi de petites quantités de chalcopyrite, altérée en malachite, la gangue étant formée de quartz et calcédoine.

Dans cette même région, le contact anormal du monzo-granite avec le Viséen volcano-sédimentaire est marqué par une zone faillée très diaclasée, dans laquelle se trouvent des filets Cu NE-SW, à pendage NW, minéralisés faiblement en chalcopyrite et cuivre gris. C'est dans cette même zone, rappelons-le , que se trouve une anomalie géochimique stratégique Mo de teneurs faibles, mais, à part l'indice voisin de Knappenhüttel, on n'y a pas découvert de molybdénite.

3.1.14 - Isenbach (68) (Fe, F) - Carte à 1/50 000 de Thann

Le filon d'Isenbach (appelé aussi autrefois filon d'Eisenbach), commune de Sewen (68), se trouve sur la rive gauche du vallon de l'Isenbach, près de la ferme du même nom, à 1 200 m au NE de la digue du lac d'Alfeld. Il est encaissé dans la bordure du granite porphyroïde.

Des travaux comportant deux travers-bancs, deux allongements de 60 m et 142 m, des puits et des galeries d'extraction, ont exploré ce filon pendant les années 1820 - 1830. Mais, gênés par l'affluence des eaux et la grande dureté du minerai (trop siliceux), ces travaux ne furent menés que de façon intermittente et la production d'oxyde de fer fut toujours très faible (par exemple : 300 kg en 1835). Puis, plus tard, ils furent l'objet de tentatives de reprise, en 1893 et 1907, dans le cadre de la concession allemande Josef I pour Cu et Fe.

Le filon, que l'on peut suivre sur 500 m, avait une puissance variant entre 1 m et 2 m, une direction NNE-SSW et un pendage WNW variant de 60° à 75°. La caisse était délimitée par deux salbandes argileuses et elle était remplie par du quartz pouvant présenter des pseudomorphoses de fluorine et de barytine, de la fluorine et de la goethite manganésifère.

La goethite, le minerai exploité, était concentrée dans des filets massifs, dont un filet de 10 cm au mur. La fluorine, verte ou décolorée en jaune, formait des filonets massifs alternant avec des filonets de quartz, et elle pouvait être localement abondante, ce pourquoi la S.E.C.M.E., dans le cadre du PER de Sewen, avait reconnu ce filon au moyen de sondages waggon-drill, sans grand succès semble-t-il. L'alternance de bandes de quartz et de fluorine et la présence de quartz tardif insinué entre les cristaux de fluorine, rapprochent ce filon de celui du Langenberg, la différence résidant dans l'existence de la goethite d'Isenbach.

Un 2ème filon, subparallèle, se trouve à 100 m à l'ouest ; il a été l'objet de quelques travaux à l'époque de la concession Josef I. Il s'agit en fait d'un filonet épais de 20 à 25 cm, qui renferme de la pyrite et de la chalcopyrite altérée en malachite, dans une gangue quartzo-fluorée.

Un 3ème filon, se trouve, lui, à l'est, non loin de la ferme. De puissance métrique, il est formé par du quartz et des oxydes de fer et il semble être prolongé, au sud, par le petit filon de la ferme de Baerenbach, dirigé N5°E.

3.1.15 - Bois de Baerenbach (68) (F) - Carte à 1/50 000 de Thann

Le dyke du bois de Baerenbach, qui forme un contact faillé entre le monzo-granite, à l'ouest, et le volcano-sédimentaire, à l'est, peut être le prolongement sud du filon oriental de Isenbach. Il affleure largement au pied du versant nord de la vallée du Seebach, à 750 m à l'est de la digue du lac d'Alfeld.

Puissant de 8 m à 15 m, il a été apparemment tronçonné par une faille, qui l'a décroché de 25 m environ ; sa partie nord est dirigée N-S et sa partie sud N20°E. Il est constitué par du quartz hyalin géodique et du quartz laiteux, le premier pouvant former le ciment de passées bréchiques à éléments du second.

Il s'y ajoute un peu de fluorine, de goethite et de malachite provenant de l'oxydation d'une chalcopyrite antérieure. Les fins cristaux de fluorine sont intimement associés au quartz et la goethite forme des encroûtements sur le quartz hyalin. Dans la partie sud, existe une amorce de galerie de 2 m. Ce dyke, qui silicifie ses épontes, ne mérite d'être cité que pour son importance géométrique.

Sur son prolongement sur le versant sud de la vallée du Seebach, se trouve une BTH (brèche tectonique hypersiliceuse) renfermant, dans du jaspe beige à rouge, des éléments de quartz blanc et de volcano-sédimentaire. Le quartz blanc peut être individualisé et renferme des boxworks de fluorine.

Un dernier filon dans le granite des Ballons est celui de Pont-Piron (70), mais il se rattache au groupe de Plancher-les-Mines et il sera décrit avec celui-ci.

3.1.16 - Wasserfall (68) (As, Cu) - Carte à 1/50 000 de Thann

L'indice de Wasserfall, situé dans les escarpements au nord du lac d'Alfeld, commune de Sewen (68), est un indice original, découvert récemment par la COGEMA et décrit par P. PICOT et Fr. RUHLMANN (1978) : il s'agit de la seule occurrence naturelle connue d'arséniures de cuivre de haute température. Encaissé dans les microfissures d'une zone disloquée NNE, cet indice comprend des arséniures (löllingite, B.-domeykite, voutekite et kutinaïte), des antimoniures (allargentum et dyscrasite), des oxydes (martite et cuprite), des minéraux secondaires (malachite) et, enfin, des silicates de Ca, U et Th. Rappelons que le monzo-granite renferme de l'uranium disséminé, dont le minéral porteur est une thorite uranifère.

3.1.17 - Ermensbach (68) (Cu, Pb) - Carte à 1/50 000 de Thann

Enfin, le gabbro d'Ermensbach, commune de Rimbach-près-Masevaux (68), faciès de bordure basique du massif de plutonites, renferme une très faible minéralisation qui présente les caractères d'un indice porphyrique : dissémination dans un très grand volume et altération hydrothermale en masse de la roche encaissante, qui est largement transformée en épidiorite. Cette minéralisation, nettement infra-économique, comprend de la galène et de la chalcopyrite plus ou moins altérée en limonite et covellite, auxquelles sont associés les minéraux suivants : magnétite, ilménite, rutile, sphène, pyrite et pyrrhotite.

3.1.18 - Granite de Goldbach (68) (W-Sn) - Carte à 1/50 000 de Thann

Le granite porphyroïde à biotite de Goldbach est un granite analogue aux granites septentrionaux des Vosges moyennes, qui forme un massif inséré entre les séries viséennes du Markstein, d'Oderen et de Thann.

Sur sa bordure SW, la prospection géochimique stratégique de la carte de Thann avait mis en évidence, en 1979, une anomalie W-Sn (6 points anomaux) dont l'appartenance granitique était bien soulignée par de fortes teneurs en Be. Cette anomalie se trouvait dans la vallée du Bachmattruntz, sur le territoire des communes de Geishouse (68) et Moosch (68), où le granite présente des faciès de bordure leucocrates aplitiques, et elle était accompagnée d'une anomalie

alluvionnaire scheelite-cassitérite qui, elle, s'étendait, en outre, dans les ruisseaux du Mittelbachruntz et de l'Altenbachruntz.

La prospection au marteau n'ayant permis la découverte d'aucun indice minéralisé, on effectua, en 1980, une prospection géochimique semi-stratégique (62 échantillons analysés pour W et Sn) et une prospection alluvionnaire complémentaire (9 batées). Ces deux prospections permirent de circonscrire un secteur préférentiel de 4 ha environ, dans lequel, on exécuta, en 1981, une prospection géochimique tactique à la maille carrée de 40 m (250 échantillons analysés pour W et Sn).

Cette prospection mit en évidence deux petites anomalies distinctes, l'une pour W et l'autre pour Sn, mais, vu la faiblesse de leurs teneurs et leur manque de cohérence, on ne poursuivit pas la reconnaissance plus avant et les travaux furent donc arrêtés avant la découverte de toute minéralisation, car il apparaissait, à la lumière de l'expérience acquise, qu'il ne pouvait s'agir que d'un indice inexploitable ; la scheelite s'y trouve probablement dispersée dans des filets quartzeux et la cassitérite disséminée dans le granite lui-même (cas du Kagenfels) ou dans des "bouffées" greisénisées (cas de Soultzbach-les-Bains).

3.1.19 - Gisement de scheelite d'Auxelles-Haut (90) - Carte à 1/50 000 de Giromagny

Le gisement de scheelite d'Auxelle-Haut (90) a été découvert en 1971 par la SNPA et, depuis le 07-09-1984, il fait l'objet d'une concession de mines de tungstène et substances connexes, appelée "Concession du Hautot", instituée au bénéfice de la Société Nationale Elf-Aquitaine (Production) SNEA(P) et de la société Cominco France SA conjointes et solidaires, pour une durée de 25 ans.

Ce gisement se trouve en relation avec un minuscule pointement de microgranite*, qui affleure immédiatement au sud du village, à l'ouest de la route D13, et, comme évoqué plus haut, ce pointement appartiendrait à un axe est-ouest de leucogranite, qui réapparaît plus à l'ouest, près de Bussières-les-Belmont (53).

---

* Ce pointement était auparavant considéré comme formé par une roche volcanique.

D'après la thèse de G. COUTELIER (1974) et suite à plusieurs visites, on peut décrire comme suit le gisement, qui est morphologiquement un gîte porphyrique : stockwerk de filets dans un encaissant altéré hydrothermalement.

La région d'Auxelles-Haut se trouve dans une vaste structure synclinale du Viséen inférieur de Plancher-Bas, près de son contact, au nord, avec la série volcanique et pyroclastique de Giromagny (Viséen supérieur) ; cette structure comprend un complexe de laves et tufs, ainsi qu'un ensemble d'arkoses, grauwackes et pélites et elle est intrudée par le dyke signalé de microgranite alcalin à subalcalin, plus ou moins intensément silicifié, qui, au SW, s'ennoie dans les faciès acides du Viséen inférieur.

Ce microgranite et son encaissant sont affectés par des altérations de type hydrothermal, dont la principale manifestation est une silicification, accompagnée d'une séricitisation et d'une tourmalinisation.

La silicification se traduit par une trame de veinules de quartz, qui peut affecter en volume plus de 80 % de la roche (exemple : éperon du château d'Auxelles-Haut). Elle présente plusieurs générations : un premier réseau stérile est recoupé par deux réseaux minéralisés en scheelite, dont l'un peut contenir des sulfures.

La séricitisation se traduit de deux manières différentes :

1) séricite provenant de l'altération des feldspaths, pouvant aboutir à la formation de muscovite,

2) liserés de séricite abondants dans les veinules de quartz du microgranite.

L'altération des feldspaths peut également résulter en une argilisation (formation de kaolin), cette argilisation étant localisée généralement dans le coeur des feldspaths potassiques.

La tourmalinisation se manifeste principalement dans le microgranite par le développement d'agrégats microscopiques de tourmaline (généralement quelques dizaines de microns). Ces agrégats sont situés dans des microfissures recoupant les réseaux de quartz, ce qui suggère une formation postérieure aux phénomènes hydrothermaux. Il existe également de la tourmaline dans l'encaissant,

soit disséminée, soit associée aux veinules de quartz. Enfin, on peut signaler une albitisation relativement peu importante (cristaux d'albite à macles polysynthétiques disséminés dans le quartz).

La minéralisation en tungstène est uniquement exprimée sous la forme de scheelite, dans le microgranite comme dans son encaissant, et elle y existe dans la mesure où les altérations sont bien développées. Elle présente soit de très fins cristaux isolés (50 à 150 microns), soit des agrégats polycristallins associés aux veinules de quartz. Dans le microgranite alcalin et dans lui seul, elle peut apparaître disséminée dans les feldspaths K. Enfin, il existe des placages du minéral dans les microfissures tardives, qui peuvent également renfermer de la tourmaline.

Les teneurs sont les plus élevées dans les zones les plus silicifiées et les plus séricitisées. Dans les veinules quartzeuses à scheelite et séricite, on trouve en outre, très généralement, de l'apatite, dont la taille des cristaux est de l'ordre de 200 à 300 microns. Le minéral peut se rencontrer également dans les microfissures.

Quant aux sulfures associés, les principales espèces reconnues sont : la pyrite, la pyrrhotite, la chalcopyrite, le mispickel et la molybdénite, auxquels il convient d'ajouter des traces de cassitérite. D'une manière générale, ils se trouvent dans des filonets du Viséen encaissant, bien que le mispickel puisse apparaître dans le réseau quartzeux du microgranite, mais en faibles proportions. Ils accompagnent ou non de la scheelite et peuvent se trouver dans des zones tectonisées (cas fréquent pour la pyrite).

Dans certains secteurs de l'encaissant, la quantité de sulfures peut atteindre 30 % du volume du quartz. Ils sont rarement automorphes, sauf la pyrite qui peut présenter des cristaux de plusieurs millimètres.

Enfin, dans tous les faciès rencontrés, de la fluorine peut accompagner la scheelite au sein du réseau quartzeux. En outre, dans les zones tectonisées, de la barytine et de la calcite peuvent être associées à la fluorine, en proportions variables. On peut penser que le carbonate provient plus probablement de l'altération de certains minéraux que d'un apport extérieur.

L'étude statistique des répartitions conduit à admettre, sous réserves, la chronologie relative suivante des cristallisations :

1. quartz stérile ; 2. quartz gris à scheelite, apatite et sulfures ; 3. quartz gris clair à tourmaline ; 4. fracturation tardive avec remplissages de

fluorine - barytine - calcite.

Seule, la dernière phase est nettement postérieure. Elle recoupe toutes les précédentes et ses minéraux sont différents, du point de vue chimique et du point de vue de la température de formation.

Au point de vue géochimique, les nombreux travaux de la SNPA, tant sur sols que sur roches, ont montré que W était accompagné par des éléments tels que Bi, Sn, Li, Cu, As, P et F, ordonnés en zones plus ou moins concentriques : superposition à l'intrusion de granite avec débordement pour W et Bi, et, partiellement, pour Sn et Li ; auréole externe autour de cette intrusion pour As, Cu, F et P ; auréole encore plus large pour Pb et Zn.

Du point de vue génétique, on peut considérer qu'Auxelles-Haut est un gîte de départ acide à tungstène, avec bismuth et étain accessoires, dans lequel les altérations hydrothermales sont bien développées (morphologie porphyrique). Quant au cycle géochimique du tungstène, G. COUTELIER (1974) propose les stades suivants : dépôt d'une minéralisation primaire dans les formations viséennes, en relation avec le volcanisme basique ; captage et transport par des flux thermiques ; concentration dans l'intrusion par des processus hydrothermaux.

On dispose de peu de renseignements sur les paramètres économiques. D'après quelques communications verbales de géologues de la SNEA (P), le gîte comprendrait un "noyau" exploitable (ou subexploitable) : 1 500 000 t à 0,8 % WO_3 (12 000 t WO_3), entouré par une "couronne" inexploitable (teneur de 0,25 à 0,30 % WO_3). Pour des contraintes d'environnement, l'exploitation ne pourra être effectuée qu'en souterrain.

Il est certain que la découverte de ce gisement a été un phénomène très important pour la métallogénie des Vosges, car elle a montré qu'il pouvait y exister des gîtes exploitables de scheelite, minéral peu connu jusqu'alors . Elle a été un encouragement à poursuivre la recherche de ce minerai de tungstène dans d'autres régions, ce qui a été réalisé par le BRGM, mais, malheureusement, avec moins de succès. Dans la région d'Auxelles sensu lato, intensément prospectée par l'association SNEA (Pb) - Cominco, en relation avec l'axe E-W des leucogranites du sud des Vosges, il pourrait exister des gisements cachés associés à des coupoles non affleurantes.

3.1.20 - Tête de Charborue (70, 90) (Sn) - Carte à 1/50 000 de Giromagny

A 2 500 m environ au nord du gîte d'Auxelles-Haut, dans les communes de Plancher-les-Mines (70) et d'Auxelles-Haut (90), la carte géologique de Giromagny indique la présence, à la Tête de Charborue, d'un dyke incurvé E-W de microgranite de l'association des Ballons, intrusif dans une boutonnière de Viséen inférieur comportant des brèches et tufs albitophyriques, ainsi que des laves.

En fait, comme l'a découvert J. MARCHAND (1973), le dyke n'est pas constitué par un microgranite, mais par une brèche à tourmaline. Les éléments, de teinte claire, sont eux-mêmes formés par une microbrèche à matrice siliceuse, tandis que le ciment, sombre, est formé de cristaux de quartz noyés dans une pâte siliceuse, dans laquelle a cristallisé de la tourmaline aciculaire (0,1 à 2 mm) très abondante ; plus rarement, cette tourmaline présente des cristaux bleu-vert associés à de la muscovite, de la cassitérite et de l'oligiste. On doit donc admettre qu'il existe, dans cette zone, un apex granitique caché peu profond, appartenant à la bande E-W leucogranitique, qui serait le responsable des apports pneumatolytiques ayant formé la cassitérite et la tourmaline.

Cet indice de la Tête de Charborue a fait l'objet de travaux de recherches de la part de la SNEA (P), travaux encore actifs fin 1983. On ignore tout de leur consistance et de leurs résultats.

3.1.21 - Fayl-Billot (53) (Hg, Cu, F) - Carte à 1/50 000 de Fayl-Billot

Dans la région de Fayl-Billot (53), l'axe leucogranitique précédent réapparaît aux Milleris, commune de Bussières-lès-Belmont, sous la forme d'un minuscule pointement de granite à deux micas à tendance orthogneissique, associé à des cornéennes et à des schistes altérés. A 500 m à l'est, une faille tertiaire NNE-SSW renferme un filon de quartz et fluorine, avec géodes d'améthyste et traces de blende, galène et chalcopyrite, tandis que, près de Fayl-Billot, si l'on en croit HELLOT (1770), on aurait découvert en 1739, dans une carrière appartenant au marquis de La Charce (dont le souvenir s'est entièrement perdu), une terre argileuse contenant 0,33 ou 3,3 kg/t Hg (?).

Pour essayer de retrouver cette occurrence, on a effectué, en 1972, une prospection alluvionnaire semi-stratégique (21 batées) dans le réseau hydrographique du ruisseau du Fayl, prospection qui mit en évidence quelques indices de fluorine, chalcopyrite et blende, provenant certainement de la faille

sus-mentionnée. A la suite, une prospection tactique (13 batées), réalisée en 1973, trouva, en outre, quelques faibles indices de galène et cinabre.

La reconnaissance fut toutefois arrêtée là, car on fut avisé de l'exécution de sondages par la SNPA, dans un but différent de notre propre exploration. En effet, le pointement cristallin de Milleris, malgré sa taille réduite, présentait un intérêt paléogéographique considérable : on pouvait considérer a priori qu'il s'agissait d'un paléo-relief* et donc d'un piège éventuel pour des minéralisations Pb-Zn encaissées dans les formations triasico-rhétiennes. En fait, les sondages SNPA ont été négatifs et n'ont découvert aucune minéralisation sédimentaire dans la région. On ignore s'ils ont vérifié l'hypothèse du paléo-relief.

Un forage récent effectué dans le granite par l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, pour étudier le flux thermique dans les roches cristallines, a montré que ce granite était traversé par de nombreuses failles, dont les unes étaient marquées par des passées mylonitisées et les autres par des filons et filonets de quartz, barytine et fluorine, probablement parallèles au filon de la faille NNE. Mais, contrairement à l'affirmation de FLUCK et SCHNEIDER (1981), il ne renferme ni cassitérite, ni scheelite.

3.2 - VISEEN

Les gîtes et indices minéralisés encaissés dans le Viséen des Vosges méridionales sont très nombreux et ils sont tous filoniens. Un premier groupement, important par le nombre, se trouve au contact de la bordure orientale du massif granitique des Ballons, concentré dans une bande large de 3 à 4 km seulement, orientée SW-NE comme l'apophyse du monzo-granite. Plus "au large", vers l'est, les gîtes sont plus dispersés et leur paragenèse change ; puis, une nouvelle concentration apparaît au voisinage de la faille vosgienne, dans le district de Thann, comportant de nombreux filons de fer.

Si l'on excepte cette dernière concentration, et les gîtes Cu-Fe du district d'Urbès-Mollau, il apparaît que les minéralisations de la carte de Thann semblent être reliées à une activité métallogénique hercynienne, associée aux

---

* Mais, on ne doit pas écarter l'hypothèse que le pointement est dû à une remontée par le jeu des failles tertiaires, qui forment un réseau dense dans le secteur.

diverses intrusions du granite des Ballons. En effet, la concentration remarquable de la majorité des gîtes et indices au voisinage immédiat de la bordure du granite, de part et d'autre de celle-ci, plaide en faveur de cette hypothèse, ainsi que la disposition générale zonaire non moins remarquable : les minéralisations de haute température se trouvent dans les faciès de bordure eux-mêmes (indices de Mo et arséniures de Cu de haute température) ou, dans le Viséen, très près des contacts (magnétite et scheelite "pyrométasomatiques"), tandis que, en s'éloignant, les minéralisations, qui deviennent dispersées, présentent des caractères nettement de plus basse température (filon de barytine de Houppach, par exemple).

En outre, la disposition générale des minéraux de gangue, avec certes des exceptions, fournit un argument dans le même sens : dans une première zone, interne ou proximale, prédominent le quartz ou bien le quartz et la fluorine (Lac d'Alfeld, Langenberg, ...) ; ensuite, dans une 2ème zone, apparaît en outre, de la barytine et c'est dans cette zone à gangue complexe Ba + F + Q que se trouvent les principales minéralisations sulfurées (Rimbach, Brandeskopf, Klosterwald) ; puis, la fluorine disparaît et la gangue n'est plus formée que par du quartz et de la barytine (Heidenkopf) ; enfin, dans une 4ème zone, se trouvent des filons essentiellement barytiques (Houppach). Dans tous les cas, il convient de le noter, des carbonates (sidérite, ankérite, plus rarement calcite) peuvent s'ajouter aux gangues précédentes.

La succession grossière décrite : quartz -> fluorine -> barytine, est souvent considérée comme significative d'une décroissance de température et d'autres arguments paragénétiques sont développés dans la thèse de F. RUHLMANN (1974) : par exemple, les minéralisations proches du massif granitique sont caractérisées par la présence de minéraux de Bi et elles seules renferment l'association pyrite-mispickel-pyrrhotite, considérée comme une formation hydrothermale chaude. Pour toutes ces raisons, on paraît fondé d'admettre que les minéralisations en question se trouvent en relation génétique avec l'intumescence thermique du dôme granitique des Ballons.

Toutefois, il existe une métallogenèse plus récente, tertiaire, comme le démontrent les minéralisations de la faille vosgienne, du Muschelkalk et de l'Oligocène (cf. infra). C'est à cette métallogenèse que doivent se rattacher les filons de fer du district de Thann, ainsi que les filons Pb-Zn du Silberthal, dans lesquels réapparaît de la fluorine. Malgré les apparences, on peut alors se poser la question de la réalité de la métallogenèse hercynienne, d'autant plus que, si l'âge des minéralisations fluorées est tardi-permien, comme le suggèrent les analogies

avec des minéralisations datées, cet âge est en contradiction avec l'hypothèse d'une mise en place associée aux intrusions plutoniques. La disposition zonaire, qui demeure évidemment, pourrait être reliée aux profondeurs d'érosion, profondeurs qui respectent la zonalité verticale fluorine-barytine.

Il n'existe pas de concentration comparable sur la bordure sud du pluton des Ballons, mais des minéralisations importantes se trouvent "au large" de cette bordure. Il s'agit d'abord, dans la partie orientale, du groupe filonien de Giromagny - Auxelles-Haut - Plancher-les-Mines, qui représente quantitativement la 3ème concentration Pb-Zn-Cu-Ag du Massif des Vosges, après Sainte-Marie-aux-Mines (68) et La-Croix-aux-Mines (88) déjà décrits ; d'après P. FLUCK, la métallogenèse de ce groupe serait tertiaire. Ensuite, dans la partie occidentale, se trouvent diverses minéralisations fluorées, dont la principale est celle de Mont-de-Vannes, ainsi que divers filons de fer ou fer et manganèse, dont les principaux se trouvent à Esmoulières et Faucogney. Enfin, pour être complet, il faut signaler l'indice Ni-Cu d'Oderen dans la "ligne des klippes", les indices Ni et U de Kruth et l'indice Au du Bois d'Apremont. Cet indice, ainsi que l'indice Ni-Cu, ont été découverts par le BRGM.

3.2.1 - Bordure orientale du pluton des Ballons

3.2.1.1. - Enzengesick (68) (F, Cu, Pb) - Carte à 1/50 000 de Thann

Les minéralisations d'Enzengesick, commune de Sewen (68), se trouvent sur la rive droite du Seebach, au-dessus de la route N466, à 800 m en amont du lac de Sewen. Elles comportent essentiellement deux filons NE-SW, qui ont fait l'objet de travaux allemands vers 1900.

Le filon est, appelé Ferdinand I, a été exploré par deux galeries situées à 10 m et 20 m au-dessus de la route. Dirigé N20°, avec un pendage 70°E, ce filon est puissant de 80 cm et il renferme essentiellement du quartz et de la fluorine largement dissoute, avec un peu de galène altérée en cérusite, ce qui avait justifié l'octroi d'une concession pour plomb. Dans sa partie aval, le quartz, laiteux, pseudomorphose de la barytine.

Le filon ouest, Ferdinand, a été, lui, concédé pour cuivre. Exploré au moyen de 3 travers-bancs situés dans le thalweg du ruisseau de la ferme du Petit Langenberg, il était dirigé N20°E, avec un pendage 70°W, et sa puissance variait entre 0,70 m et 1,50 m. Constitué essentiellement par de la silice (quartz laiteux et

cornaline), de la fluorine (violette ou jaunâtre) et de la barytine lamellaire, il renfermait des cristaux de pyrite relativement abondants, ainsi que la chalcopyrite altérée en chrysocolle, malachite, azurite et limonite. On peut suivre sa trace sur une longueur de 150 m.

Au voisinage immédiat, quelques nouveaux indices ont été découverts par les prospections du BRGM : un filon quartzeux environ N-S, puissant de 1 m à 1,10 m et minéralisé seulement en goethite ; un filon dirigé N40°E, avec un pendage 50°NW, épais de 0,80 m et bréchique, montrant des boxworks de fluorine dans du quartz ; un ensemble de filonets formés par du quartz laiteux, de la cornaline, de la goethite et des boxworks de fluorine ; enfin, deux filonets décimétriques NW-SE renfermant de la fluorine.

Toutes les minéralisations précédentes d'Enzengesick ne peuvent présenter aucun intérêt économique.

3.2.1.2 - Leimkritter (68) (Zn, Fe, W) - Carte à 1/50 000 de Thann

Les minéralisations de Leimkritter, commune de Sewen (68), se trouvent sur la rive gauche (nord) du Seebach, sensiblement en face des filons d'Enzengesick, à 500 m environ au NW du lac de Sewen, entre les cotes 550 et 600. Elles comprennent deux formations voisines, mais très différentes, qui ont fait l'objet respectivement des concessions allemandes Gabriele et Gabriele II.

Gabriele. Le filon Gabriele, puissant de 0,50 m, est dirigé N10° à 20°E, avec un pendage W de 70° à 80° ; il a été suivi en galerie sur une quarantaine de mètres.

Son remplissage est formé par du quartz, de la fluorine incolore ou jaunâtre, de la barytine et, comme sulfures, outre des agrégats de pyrite sur la barytine, des filets et des grains de blende jaune-brun, qui se trouvent dans la barytine ou déposés sur celle-ci. Cette présence de sulfure de zinc distingue le filon Gabriele des filons d'Enzengesick et des filons voisins décrits dans le granite (Isenbach, Baerenbach, ...), mais il n'est que faiblement minéralisé et ne peut présenter aucun intérêt.

Gabriele II. Au-dessus et à proximité immédiate, les travaux de Gabriele II ont exploré, sur une longueur de 60 m, une formation très différente, épaisse de 0,30 m à 1 m et encaissée, au pied de l'escarpement appelé "Schwarzen

Fels" (Roches Noires), dans une fracture dirigée environ E-W, avec un pendage sud de 60°. Quelques filets analogues se retrouvent un peu plus haut dans l'escarpement.

Le remplissage de cette fracture comprend 3 phases superposées distinctes : une phase périmagmatique ou pyrométasomatique, comportant de la magnétite abondante, de la scheelite (découverte BRGM), de la tourmaline, du quartz à inclusions vitreuses, du rutile, de l'apatite et du zircon - une phase de transition formée par de l'oligiste, de la pyrite, de l'albite et de la chlorite - enfin, une phase hydrothermale plus récente comprenant un 2ème quartz, de la chalcopyrite, de la bornite, de la galène, de la barytine et de la calcite. La pyrite renferme quelques inclusions de Bi natif et, à son voisinage, la magnétite est largement martitisée ; les épontes sont tapissées par un sulfate de fer hydraté (fibro-ferrite). En raison de ses dimensions modestes et de la grande irrégularité de sa minéralisation en scheelite, cette formation ne peut présenter aucun intérêt économique.

Une 2ème occurrence de magnétite se trouve presqu'en face, sur le versant sud, au-dessus des travaux du filon Ferdinand ; encaissée dans des veinules NE, l'association minérale y est beaucoup plus simple car, outre la magnétite, se rencontrent seulement de la tourmaline, du quartz, de l'oligiste et des traces de malachite. D'après E. SCHNAEBELE (1916), de semblables veinules doivent exister plus au sud, dans le vallon du Wagenstahl, ainsi que plus au nord, au-dessus de Leimkritter, encaissées dans une aplite près des ruines de Gresson-Haut.

3.2.1.3 - Le Bramenstein (68) (F, Pb, Zn, Cu) - Carte à 1/50 000 de Thann

Dans la montagne du Bramenstein, immédiatement au sud de Sewen (68), se trouve une petite concentration de filons fluorés avec éventuellement de la barytine et des sulfures. Ces filons ont fait l'objet de travaux miniers au lieu-dit Klosterwald, à 400 m au sud de l'église de Sewen.

Klosterwald. Les travaux de Klosterwald ont été effectués d'abord pour sulfures, à une date ancienne inconnue, puis repris au début du XXème siècle, dans le cadre des concessions allemandes Moritz I et Moritz II ; enfin, ils ont été repris une dernière fois dans les années 1920, mais pour la fluorine qui est le minerai dominant ; sa production n'aurait toutefois atteint que 250 à 300 tonnes.

Outre de nombreux filonets et filets accessoires, le gisement comprend : un filon principal très lenticulaire, dirigé NE à ENE, qui a été suivi sur une longueur de 140 m par une galerie et des petites descenderies ; un filon NW-SE plus ou moins ramifié ; plusieurs filons courts et minces de quartz et fluorine.

Le filon NW-SE comporte seulement du quartz, de la barytine et de la fluorine, tandis que le filon principal renferme, en petites quantités, une association sulfurée très complexe comprenant essentiellement de la blende dominante à exsolutions de chalcopyrite, de la pyrite, de la galène, de la chalcopyrite, plus rarement du mispickel et de l'énargite. La chalcopyrite renferme quelques inclusions de gersdorffite et, associées préférentiellement à la galène, se trouvent, à l'état microscopique, de la péarcéite dominante, de la pyrargyrite, de la polybasite, de la proustite et de la freibergite. Les minéraux secondaires sont également nombreux : Ag natif, argyrose, stromeyerite, cérusite, anglésite, hémimorphite, covellite, aurichalcite, chrysocolle, hydrozincite et goethite ; en outre de la fluorine, la gangue comprend surtout du quartz, accessoirement de la barytine et de la sidérite.

Les travaux précédents ont fait l'objet d'un levé géologique détaillé en 1978, qui a montré la grande lenticularité des formations et leur manque évident d'intérêt économique actuel.

Sommet du Bramenstein. La prospection systématique entreprise en 1977 (prospection au marteau et prospection hydrogéochimique) avait permis de découvrir plusieurs indices de fluorine et barytine près du sommet du Bramenstein et dans la vallée du Graberbach. Près du sommet, des décapages effectués en 1978 mirent en évidence, sur une centaine de mètres de longueur, un filon principal de fluorine, épais de 0,50 m environ et dirigé WNW-ESE ; il était accompagné de lentilles satellites de barytine et de fluorine et rejeté par plusieurs failles.

Avant d'entreprendre une campagne de sondages courts, qui était projetée à l'époque, on fit exécuter dans ce secteur, en 1979, une prospection géophysique VLF concomitante avec celle du Langenberg. Cette prospection eut des résultats positifs, car elle mit en évidence 3 anomalies, dont l'une, longue de 400 m, coïncidait avec le filon découvert ; la deuxième, au sud, était, elle, longue de 700 m. On pouvait donc espérer trouver, dans ce secteur, au moins deux structures fluorées.

Toutefois, après l'échec de la reconnaissance de la structure de Langenberg, qui est la structure la plus importante de la région, les sondages projetés au Bramenstein n'ont pas été exécutés.

Plus au sud, dans le secteur de Hubel, se trouve un faisceau de filonets de barytine, dirigés WNW-ESE, et, dans la vallée du Graberbach, un filon quartzeux mince (30 cm) minéralisé en pyrite et goethite. Une anomalie hydrogéochimique du fluor, associée à la découverte d'un gros bloc de fluorine massive, suggère fortement la présence d'un nouveau filon de fluorine, non découvert, sur le flanc est du Bramenstein.

3.2.1.4 - Dolleren (68) (Cu, Pb, Zn) - Carte à 1/50 000 de Thann

A 2 km à l'est de Klosterwald et 600 m au sud de l'église de Dolleren (68), au lieu-dit Kessler Ackar, se trouvent les travaux, très peu importants, des concessions allemandes Moritz et Moritz III. Ces travaux, actuellement éboulés, ont exploré un filonet (épaisseur de 20 à 25 cm) dirigé N45°W, qui était minéralisé principalement en galène, avec de la blende et de la chalcopyrite altérée en malachite, chrysocolle et limonite ; la gangue était formée par du quartz, de la barytine et de la sidérite, sans fluorine, ce qui constitue une différence sensible avec les filons du Bramenstein.

3.2.1.5 - Oberbrück (68) (Pb, Cu) - Carte à 1/50 000 de Thann

L'indice d'Oberbrück (68) se trouve à 200 m au NE du cimetière, sur le flanc SW du Bickenberg. Il s'agit d'un filonet de 5 à 20 cm, dirigé N60°E avec un pendage NW de 50°, qui a été suivi sur 5 m seulement. Dans une gangue de quartz et sidérite, il renferme une faible minéralisation en galène, chalcopyrite et cuivre gris ; il s'y ajoute divers produits d'oxydation : limonite, anglésite, malachite et traces d'azurite.

3.2.1.6 - Rimbach-près-Masevaux (68) (Ba, Cu, Pb, Zn) - Carte à 1/50 000 de Thann

Les anciens travaux de Rimbach-près-Masevaux (68) se trouvent en face de l'église, sur la rive gauche du Seebach, au pied du Tiefkoehl ; ils sont ouverts dans les schistes et grauwackes de la série d'Oderen, traversés par des dykes de kératophyres. Outre divers filonets, ils ont exploré deux filons principaux : un filon de barytine accompagnée de fluorine accessoire, dirigé environ E-W, épais

de 1,50 m et connu sur une longueur de 200 m ; un filon de quartz et fluorine, orienté NE-SW, dont le quartz est minéralisé par de la blende, de la galène, de la chalcopyrite et du cuivre gris, avec des inclusions de cobaltite, bismuthinite, et cosalite.

Le filon de barytine a été l'objet d'une petite exploitation au début des années 1920 (production inconnue), tandis que le filon de quartz et fluorine a été reconnu pour ses sulfures, dans les années 1890 (concession Josef V). Leurs travaux ont fait l'objet d'un levé géologique détaillé, qui a montré que les deux formations ne pouvaient avoir qu'un tonnage très modeste.

3.2.1.7 - Tiefkoehl (68) (Ba) - Carte à 1/50 000 de Thann

Le filon de barytine de Tiefkoehl, communes de Wegscheid et de Rimbach-près-Masevaux (68), découvert au cours de la prospection systématique de 1977, traverse le col séparant le Tiefkoehl du Bruckenberg et s'étend jusqu'à un affluent rive droite du Soultzbach, sur une longueur de quelque 500 m. Il est dirigé N120°, avec un pendage est de 60°, et son épaisseur dépasse constamment 1,50 m. Son remplissage comprend essentiellement du quartz laiteux et de la barytine, auxquels s'ajoutent du quartz améthyste, de la fluorine altérée et de la goethite. La barytine peut former des bandes massives, épaisses de 10 à 25 cm, ou bien se trouver enclavée dans des bandes de quartz ; elle diminue progressivement vers l'est, au profit du quartz.

3.2.1.8 - Senkel (68) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Thann

Les anciens travaux de Senkel (ou Zenkel), commune d'Oberbruck (68), se trouvent sur la rive droite du ruisseau de Neuweiher, à 250 m en amont de son confluent avec le Seebach. Peu importants, ces travaux avaient reconnu 3 filonets NNE, dont le principal avait été suivi sur 11 m. Leur minéralisation sulfurée, dans une gangue de quartz et de barytine pseudomorphosée, comprenait de la pyrite et des agrégats de chalcopyrite. Au total, il s'agit d'un indice insignifiant.

3.2.1.9 - Hagenmattwald (68) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Thann

En face de la chapelle d'Ermensbach, sur la rive droite du ruisseau, dans le Hagenmattwald, commune d'Oberbruck (68), une galerie de recherche, appelée "Hélène" et creusée en 1894, a rencontré, à 111 m, une fissure centimétrique (5 cm) remplie de calcite spathique et de chalcopyrite, avec divers produits

oxydés : chrysocolle, limonite, malachite, hématite et oligiste. Il s'agit encore d'un indice insignifiant de cuivre, qui se trouve à 800 m de celui de Senkel, en direction WSW.

3.2.1.10 - Katzenbach (68) (Cu, Pb, Zn) - Carte à 1/50 000 de Thann

A 500 m au NW de la chapelle d'Ermensbach, dans le vallon de Katzenbach, commune de Rimbach-près-Masevaux (68), une galerie d'une vingtaine de mètres a exploré, dans les années 1890, un filon appelé Katzenbach I, dans le cadre d'une concession pour Ag, Pb, Cu, S et Zn.

Ce filon, peu puissant, était dirigé N80°W, avec un pendage N de 70°. Il renfermait, dans une gangue de quartz, fluorine, sidérite et calcite tardive, de la blende, de la galène, de la chalcopyrite et des "étoiles" de pyrite ; la chalcopyrite était altérée en "limonite".

3.2.1.11 - Riesenwald (68) (Cu, Pb) - Carte à 1/50 000 de Thann

L'indice de Riesenwald, commune de Rimbach-près-Masevaux (68), comprend deux filons parallèles voisins, situés à 500 m environ au sud de la ferme, qui ont été l'objet de quelques travaux miniers dans les années 1890 et 1900, dans le cadre de la concession Franziska (pour Cu et Fe), puis de la concession Riesenwald (pour Pb et Ag).

Le premier filon a été exploré par une galerie longue de 40 m, qui se trouve en bordure et au-dessus du chemin de Rimbach. Il était épais de 40 cm, présentait une direction NE et renfermait de la chalcopyrite, avec traces de galène dans une gangue de quartz et barytine ; une partie du quartz pseudomorphosait de la fluorine et la chalcopyrite était altérée en azurite, "limonite", malachite et cuprite ferrifère.

Le 2ème filon se trouvait à 50 m au SE du premier. Puissant de 1 m environ, il renfermait par endroits, dans une gangue de quartz, de la galène, de la chalcopyrite, du cuivre gris et de la blende. Au total, ces deux filons ne constituent qu'un faible indice.

3.2.1.12 - Lac des Perches (ou Sternsee) (68) (Cu, As) - Carte à 1/50000 de Thann

Le gîte du Lac des Perches, commune de Rimbach-près-Masevaux (68), se trouve sur la pente SW de la cuvette glaciaire, à 50 m environ au-dessus du niveau du lac. Ce secteur est occupé par des volcanites basiques du Culm viséen de la série de Thann, au voisinage d'une apophyse du monzo-granite des Ballons ; ces volcanites peuvent renfermer de la pyrite finement disséminée.

Historique

De DIETRICH, en 1789, cite le gisement comme étant une ancienne mine de cuivre, dans laquelle se trouvait de la "pyrite de cuivre jaune", accompagnée de "chaux de cuivre rouge" ou "mine briquetée". Puis, de nouveaux travaux furent effectués en 1812, pour la production d'arsenic, réouverts en 1834 sans complément d'exploration et réouverts de nouveau en 1894, puis en 1973 par le BRGM. En 1832, il existait une fonderie dans la vallée de la Doller, à Niederbruck.

Description

Il s'agit d'une lentille minéralisée, dont la gangue est la lave elle-même, située dans une importante zone de fracture où cette lave a subi une tectonisation et une altération hydrothermale intenses. Son épaisseur variait généralement de 30 à 45 cm, avec des rétrécissements de 5 à 6 cm et des épaississement atteignant 90 cm ; elle était dirigée NW-SE et présentait un pendage vers le SW ; sa longueur n'aurait pas dépassé une quinzaine de mètres.

Minéralogie

La minéralisation, disséminée dans des laves très altérées (chloritisées et épidotisées), comporte principalement de la pyrite, de la chalcopyrite, du mispickel et de la pyrrhotite, auxquels s'ajoutent un peu de blende et de galène, des inclusions de cosalite et aïkinite (minéraux de Bi) et des traces d'électrum. Quant aux minéraux secondaires, ils comprennent de la digénite, de la covellite, de la marcasite, de la goethite, de l'arsénio-sidérite, de la scorodite et de la mimétite. Les teneurs en argent varient de 18 à 227 g/t, celles en or de < 100 à 950 mg/t, malgré la présence d'électrum. Comme caractéristique, on peut souligner l'abondance du mispickel, qui formait des bandes massives épaisses de 5 à 10 cm.

Travaux

Les travaux comprennent un travers-bancs NE-SW précédé d'une tranchée, qui atteint la fracture de la lentille à 35 m et communique avec une cheminée inclinée vers le SE, accompagnée de dépilages et fermée par un plancher ; au niveau du travers-bancs, une courte galerie d'allongement est longue de 10 m seulement. A 30 m au-dessus, une tranchée avait été creusée sur l'affleurement probable.

Production

Les productions (arsenic et cuivre ?) ne sont pas connues, mais, étant donné les dimensions très modestes, elles ont dû être très faibles. Les réserves, quant à elles, sont nulles, la petite lentille décrite ayant été entièrement dépilée.

Deux autres occurrences renfermant du mispickel abondant ou prédominant se rencontrent dans la région étudiée. La première est une veinule de Fe As S qui a été découverte, au début du XIXème siècle, lors du captage d'une source derrière la mairie de Rimbach ; la seconde, relativement plus importante, se trouve près de La Fennematt, dans l'extrême vallée supérieure de la Doller.

3.2.1.13 - La Fennematt (68) (F, As, Cu, Pb) - Carte à 1/50 000 de Thann

Dans la vallée supérieure de la Doller, commune de Sewen (68), se trouvent 3 filons NNE qui ont fait l'objet de quelques travaux dans les années 1890. Le filon médian, qui se trouve à 1 750 m à l'est de l'auberge de La Fennematt, est un filon à gangue de fluorine incolore ou vert clair, barytine et quartz, qui renferme de la chalcopyrite et de la galène ; il a été exploré dans le cadre de la concession allemande Léo I.

Les deux autres filons, qui ont fait l'objet de la concession Léo, sont des filons de quartz renfermant, disséminés, un peu de pyrite et de mispickel. Le premier, puissant de plusieurs mètres, se trouve à 100 m en amont du filon de fluorine, le second, exploré par une galerie de 40 m, à 400 m en aval.

Non loin de ces filons, au-dessous du col du Hirtzelach, existent quelques petits travaux exécutés pour reconnaître des filonets d'oligiste, dans une gangue de quartz, plus rarement de barytine.

3.2.1.14 - Stahlberg (68) (Fe, Cu) - Carte à 1/50 000 de Thann

Le gisement de Stahlberg, communes de Rimbach-près-Masevaux et Wegscheid (68), se trouve aux environs de la crête séparant les hautes vallées du Kerbach et du Soultzbach, à environ 2 km au NE du village de Rimbach, dans les schistes et grauwackes de la série d'Oderen. Il constitue une exception paragénétique dans le groupement, car il est minéralisé essentiellement en oxydes de fer.

Il comprend principalement un important filon bréchique NE-SW, long de 1 km environ, qui recoupe toute la croupe du Stahlberg et présente une épaisseur importante (4 à 5 m). Une 2ème fracture siliceuse et ferrifère, orthogonale à la première, s'étend sur 200 m en direction SSW, à partir du sommet. Une 3ème formation, dirigée environ N-S, se trouve plus à l'ouest, sur le flanc sud du Hoherkopf. Enfin, un dernier filon, orienté sensiblement E-W, longe la crête entre Hoherkopf et Stahlberg.

Le minerai de fer est constitué par de l'oligiste, tantôt massif et tantôt cristallisé dans des géodes, auquel cas il fournit des cristaux pour collection ; il est souvent accompagné par de la goethite noire fibreuse. La gangue est formée par du quartz laiteux ou hyalin, de la barytine et rarement de la calcite ; la barytine se trouve principalement dans la partie SW du filon principal, où elle peut former des bandes massives décimétriques.

Accessoirement, une galerie de reconnaissance de ce filon, ouverte sur la rive gauche du Kerbach, à 50 m au-dessus du fond de la vallée, a rencontré une cassure minéralisée en cuivre. On trouve, en effet, dans sa halde, du cuivre gris, de la pyrite, de la malachite, du chrysocolle et de la "limonite", dans une gangue de quartz accompagné de barytine rougeâtre.

Deux autres petits indices de cuivre se trouvent au voisinage, dans le vallon de Belacker, affluent rive droite du Kerbach. Le premier, à 150 m au sud de la ferme Breitenmatten, est constitué par un filonet de quartz et chrysocolle, exploré par une galerie de 11 m. Le second, à 750 m en amont, renferme de la chalcopyrite altérée en "limonite" et malachite, ainsi que de l'hématite, dans une gangue de quartz ; il a été reconnu par une petite galerie de direction probable E-W. Tous ces indices cuprifères sont insignifiants.

3.2.1.15 - Brandeskopf (68) (Cu, Ag, Ba, F) - Carte à 1/50 000 de Thann

Dans la vallée du Soultzbach, la hauteur de Brandeskopf, commune de Wegscheid (68), renferme d'importants travaux anciens pour Cu et Ag, situés à la base du flanc est de la cote 661, et, plus au nord, à mi-pente, des travaux plus récents pour Ba.

I. Le filon cupro-argentifère se trouve à 1 500 m au NNE de Wegscheid et il est encaissé dans des tufs et des brèches volcaniques appartenant à la série viséenne de Thann. Les premiers travaux, probablement pour argent, sont très anciens, effectués à une date inconnue. Ils ont été repris au début du XXème siècle, entre 1907 et 1911, par la "Walzwerke und Drathzug fur Kupfer, Messing, Zink und Nickel".

Ces travaux ont exploré un filon principal dirigé WNW-ESE, avec un pendage sud moyen de 60°, reconnu sur une longueur de 320 m et une profondeur de 80 m ; près de ses extrémités, il est décroché de quelques mètres par deux failles (une faille est NE-SW et une faille ouest subméridienne). Très lenticulaire, sa puissance est faible vers l'ouest (15 à 20 cm), plus forte vers l'est, où elle varie de 20 à 80 cm.

La minéralisation, dans une gangue de quartz et barytine, avec fluorine et sidérite accessoires, comprend essentiellement de la tennantite, de la chalcopyrite, de la pyrite et de la galène ; le cuivre gris est absent dans la partie ouest, mais, ailleurs, il est dominant, constituant des rubans ou des disséminations dans la barytine ; il s'agit d'une variété argentifère (1 à 4 %). Comme inclusions, se trouvent de la polybasite et de la péarcéite, les minéraux secondaires étant de la covellite, de la digénite et de l'anglésite.

A 45 m au sud, se trouve un filonet de cuivre gris recoupé par un travers-bancs et, à 12 m au NE, un filon stérile N-S de quartz et barytine. Le filonet présente une paragenèse quelque peu différente : tennantite, chalcopyrite et pyrite abondantes ; galène, blende, pyrrhotite, marcasite, mispickel ; inclusions d'électrum et de schapbachite.

Les anciens travaux comportent les ouvrages suivants : un puits incliné de 41 m de profondeur et un bure vertical de 33,50 m (bure I) relié à la voie de base partant du puits incliné, qui est un allongement de 51 m vers l'est duquel part le bure II, en relation avec le bure III plus profond ; à la base de celui-ci, une voie de

fond à -82,50 m. Les anciens abattages se trouvent au-dessus de cette voie de fond, ainsi que sur les côtés du bure I et du puits incliné.

Les travaux du XXème siècle comprennent : un puits vertical de 75 m et, au niveau -70, une recoupe sud rencontrant le filon principal à 19 m ; une galerie d'allongement de 120 m (50 m vers l'ouest et 70 m vers l'est) ; un travers-bancs sud de 55 m, le long de la faille est, jusqu'au filonet de cuivre gris.

La production des anciens travaux est inconnue et celle des travaux récents est nulle.

II. La minéralisation barytique, au NE de la minéralisation Cu-Ag, présente un affleurement puissant (3 m à 3,50 m), qui a été exploré dans les années 1920 par J-P. HERBINGER. Ces travaux montrent qu'il s'agit d'un filon lenticulaire dirigé N125°, constitué largement de barytine massive, accessoirement de "quartz haché" (pseudomorphoses de Ba SO_4) et de fluorine (quelques cm au total) et renfermant de très petites quantités de galène, blende, chalcopyrite et cuivre gris, disséminées dans la barytine.

Dans l'espoir de trouver un éventuel enrichissement en fluorine en profondeur, un sondage Winkie (28,02 m), effectué en 1971, a recoupé le filon à 20 m au-dessous des travaux inférieurs. Dans ce sondage, la caisse avait une épaisseur réduite et elle ne renfermait pas de fluorine. Aussi, la reconnaissance n'a-t-elle pas été poussée plus avant. Au-dessus des travaux, le filon peut se suivre jusqu'à la crête, mais il est presque entièrement quartzeux dans cette partie supérieure.

De l'autre côté de la crête, dans la vallée supérieure du Heimbach, se rencontrent deux nouveaux filons. Le premier, découvert par la prospection de 1977, est un filon de barytine épais de 50 cm et orienté E-W, avec un pendage 70°S, qui affleure dans le talus du chemin ; avec la barytine, se trouvent du quartz laiteux et des enduits d'hydroxydes de fer. Le second, dirigé NE-SW et puissant de 40 cm, est un filon de fluorine qui a fait l'objet d'anciens travaux effondrés ; la fluorine est prédominante dans la partie nord et le quartz laiteux dans la partie sud ; il s'y ajoute de la barytine et des enduits de "limonite". Ces deux filons de la vallée du Heimbach ne peuvent présenter aucun intérêt économique.

En restant dans la région de Brandeskopf, on peut encore signaler les indices suivants :

- à 750 m en aval dans la vallée du Soultzbach, traversant le lit du ruisseau, 4 veines voisines de barytine, dirigées E-W et puissantes de 5 à 80 cm,

- dans la tranchée de la voie ferrée, à 200 mètres de la gare de Kirchberg-Wegscheid, plusieurs veinules de quartz et parfois barytine, de directions variables (N60° à 115°), renfermant du cuivre gris et de la chalcopyrite.

3.2.2 - Minéralisations dispersées éloignées des contacts granitiques

Au-delà des minéralisations décrites, plus loin de la bordure des roches intrusives, se trouvent quelques gîtes dispersés :

3.2.2.1 - Tête du Mineur (90) (Fe, Sb) - Carte à 1/50 000 de Thann

Sur le flanc est de la Tête du Mineur, commune de Lamadeleine-Val-des-Anges (90), des travaux anciens datant des alentours de l'an 1500 ont exploré un filon quartzeux lenticulaire encaissé dans des grauwackes grossiers ; dirigé environ E-W et puissant de 0,60 m à 1 m, il est connu sur une longueur de quelque 400 m et il renferme de l'hématite et de la sidérite altérée en "limonite", qui étaient les minéraux recherchés ; comme particularité, on peut y signaler des traces de pharmacosidérite.

Ce filon n'a évidemment aucun intérêt économique, mais son secteur est marqué par deux anomalies géochimiques stratégiques : une anomalie Pb-Ba et une anomalie Sb-As.

La première (deux points anomaux) se trouve en aval des travaux, dans le thalweg de la goutte Saint-Michel, et elle est confortée par des indices alluvionnaires de galène et chalcopyrite. Toutefois, la prospection détaillée effectuée n'a permis la découverte d'aucune minéralisation.

La seconde (quatre points anomaux) s'étend au sud de la Tête du Mineur, de part et d'autre de la ligne de crête. La prospection au marteau n'ayant permis la découverte d'aucun indice, on y a effectué, en 1981, un complément de prospection stratégique (128 échantillons analysés pour Sb et As) qui mit en évidence deux secteurs apparemment de plus grand intérêt : Le Fayé et Baleroy.

Une prospection géochimique tactique fut alors effectuée, en 1982, dans le premier de ces secteurs (204 échantillons analysés pour Sb et As). Elle mit en évidence une anomalie Sb allongée de faible niveau, qui coïncidait avec une zone

de fracturation dans les volcanites de la série de Thann. Mais, cette zone ne montrait aucune minéralisation et plusieurs analyses de roches, aux points de teneurs maximales, furent négatives. On peut penser que l'anomalie est d'origine formationnelle, ce que pourrait confirmer la formation de pharmacosidérite dans le filon de la Tête du Mineur.

3.2.2.2 - Gaerntnerberg (68) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Thann

A 1 km au sud de l'église de Kirchberg (68) et à 100 m à l'ouest de la ferme de Gaerntnerberg, une ancienne galerie, creusée dans les années 1890 dans le cadre de la concession allemande Moritz IV pour Cu, Fe, Mn et Pb, a exploré un petit filon dirigé N75°, avec pendage NW75° à 80°, épais de 15 à 20 cm.

Son remplissage comprenait du quartz traversé par des veinules d'ankérite ou sidérite, de la chalcopyrite et du cuivre gris. Les carbonates étaient, par endroits, très altérés en une "limonite ocreuse", parfois recouverte d'une pellicule de wad.

3.2.2.3 - Sickert (68) (Cu, Pb) - Carte à 1/50 000 de Thann

L A 1 800 mètres au nord de l'église de Sickert (68), sur la rive droite du Sickertbach et tout près du ruisseau, se trouvent deux anciens travaux miniers voisins superposés, dont le plus bas est un puits comblé qui aurait atteint une profondeur de 10 m. Le plus élevé est une très courte amorce de galerie (1 m), ouverte dans une couche de tuf laminée, épaisse de 0,80 m et présentant des dépôts de carbonates de cuivre. Ce tuf présente un net plissement, son pendage variant de 65° à 25°, et, à son mur, une couche tuffacée inférieure renferme également des enduits cuivreux verts et bleus, déposés dans des diaclases parallèles à deux cassures orientées environ N80GW. Dans cet affleurement, on ne voit apparemment pas de minéraux de plomb.

Cette minéralisation est décrite dans l'ouvrage de E. SCHNAEBELE (1916), sous le nom de Puck V. Cet auteur y signale seulement de la malachite et de l'azurite, avec un peu d'ocre et de limonite : la malachite apparaissait terreuse et compacte, tandis que l'azurite présentait parfois de très fines lamelles groupées en sphérules de la taille du millimètre. A priori, cette minéralisation semblait donc n'être qu'un petit indice de cuivre, mais des sondages "au marteau fond du trou", effectués par la SMMC (Société Minière et Métallurgique du Châtelet), y avaient découvert de la galène et des teneurs en Pb de 4 % y étaient signalées, sur des épaisseurs métriques ou pluri-métriques.

Aussi, sur la base de ces renseignements, le BRGM y a-t-il exécuté, en 1971, une petite campagne de forages carottés : 5 sondages Winkie verticaux représentant un métrage total de 98,72 m (Si_1 : 26,92 m ; Si_2 : 16,52 m ; Si_3 : 19,19 m ; Si_4 : 15,19 m et Si_5 : 20,90 m). Les trois premiers ont été exécutés au-dessus de l'amorce de galerie, dans le but de recouper en profondeur les couches de tufs minéralisées à l'affleurement, les deux derniers au-dessous, au voisinage de l'ancien puits. Leurs résultats ont été brièvement les suivants :

- Le sondage Si_1 a rencontré, jusqu'à 8,80 m de profondeur, une minéralisation fissurale dispersée en galène, parfois très fine, voire microscopique. Elle se trouve associée à des microfilets de quartz et calcite et quelques passées présentent des enduits de malachite et azurite ; vers 5,30 m, se trouvent quelques grains minuscules de cuivre gris.

- Le sondage Si_2 a rencontré également un réseau de microfilets de quartz et calcite, renfermant de la galène fine disséminée jusqu'à -12,67 m. Par contre, aucune trace de minéraux de cuivre ne se trouve dans ce sondage, mais, localement, quelques petits agrégats de pyrite ; une brèche, traversée sur une longueur de 30 cm (entre 2,71 m et 3,01 m), est cimentée par du quartz et de la calcite contenant une faible minéralisation en Pb S.

- Le sondage Si_3 est stérile ; il renferme toutefois, lui aussi, des réseaux de filets de quartz et calcite, parfois plissotés.

- Le sondage Si_4 ne renferme que des filets de calcite.

- Le sondage Si_5, enfin, montre quelques enduits de malachite, vers -5,30 m, associés à du quartz ; une passée fracturée est chargée de dépôts d'oxydes de fer.

A première vue, tout étant relatif, c'est le sondage Si_1 qui montrait la meilleure minéralisation (essentiellement en plomb) et, pour fixer les idées, on a fait analyser les 4 passées apparemment les plus "riches" : 2,55 m à 3,10 m, 3,85 m à 4,38 m, 5,34 m à 5,85 m, 8,20 m à 8,80 m. Les résultats ont été les suivants :

Pb : 166 g/t, Cu : 77 g/t, Ag : 1,5 g/t - Pb : 485 g/t, Cu : 30 g/t, Ag : 2,6 g/t - Pb : 1,20 %, Cu : 97 g/t, Ag : 5 g/t - Pb : 1,10 %, Cu : 300 g/t, Ag : 3,8 g/t. Ces échantillons montraient, en outre, une certaine teneur en Mo, atteignant 264 g/t pour le 3ème.

Les faibles teneurs ci-dessus confirment la pauvreté en cuivre et plomb qui apparaît au seul examen macroscopique des échantillons de l'indice "Puck V", qui ne peut ainsi présenter aucun intérêt économique. Par ailleurs, on peut douter de la véracité du renseignement de la SMMC (4 % Pb), d'autant plus qu'il s'agissait d'analyses de cuttings.

II. A 500 m environ au SSW, sur la même rive du Sickertbach, la galerie "Puck 2" de E. SCHNAEBELE (1916) a exploré une brèche quartzeuse dirigée sensiblement N-S, dont la puissance varie entre 1,50 m et 6 m. La galerie a une longueur de 120 m et, au-dessus, on a dépilé autrefois, à partir de deux cheminées, deux petites lentilles d'une minéralisation composée de galène, de cuivre gris et d'un peu de chalcopyrite.

Toutefois, l'association minérale récoltée au cours du levé géologique de la galerie est différente de celle signalée par E. SCHNAEBELE. Elle comporte principalement du mispickel automorphe fréquent, premier sulfure déposé, associé à de la pyrite plus rare, xénomorphe ou subautomorphe. Cette pyrite est cataclasée et ses fissures sont remplies par du cuivre gris, accompagné de chalcopyrite moins fréquente. De la rare marcasite peut se trouver incluse dans le mispickel et la pyrite est fortement arséniée. Des traces de blende, cernées par de la covellite, se trouvent indépendamment dans la gangue siliceuse, ainsi que des produits titanés.

Cette minéralisation ne peut évidemment pas présenter d'intérêt économique, même si, éventuellement, d'autres petites lentilles sulfurées peuvent se trouver dans le prolongement de la puissante brèche quartzeuse.

3.2.2.4 - Heidenkopf (68) (Pb, Ag) - Carte à 1/50 000 de Thann

Les anciens travaux du Heidenkopf, commune de Niederbruck (68), se trouvent sur la rive droite (SE) du Grasenbach, à 3,5 km environ au SE du village, dans un encaissant de roches volcaniques acides (latites quartzifères et ignimbrites latitiques). Ils comportent 7 galeries appelées (terminologie française) : Albert, Frédéric, Henri I, Henri II (2 amorces), Henri III et Henri IV, dispersées sur une longueur de quelque 700 m et une dénivelée de 200 m environ. Des dépilages sont associés à la galerie Frédéric et les travaux les plus récents ont été exécutés dans les années 1900-1901, essentiellement dans la partie NE et dans le cadre des concessions allemandes "Puck 1" et Puck 3".

Ces travaux étant inaccessibles, on ne connaissait le gisement, avant les sondages BRGM, que par la description de E. SCHNAEBELE (1916). L'ancienne galerie Friedrich (Frédéric) se trouve à environ 300 m au SW du sommet du Heidenkopf (point coté 652) ; elle a une longueur totale de 98 m et elle recoupe, à 40 m, le "filon du toit", à 70 m le "filon du mur" qui présente une traversée de 25 m (jusqu'à 95 m). Ces deux filons avaient été exploités anciennement à partir de la surface et, en 1900-1901, on a creusé un certain nombre de recoupes, bures et montages, dont la longueur totale atteint 180 m.

A 40 m au-dessous, la nouvelle galerie Albert a été creusée au début du siècle. Elle a rencontré un filon de 25 cm, puis, comme prévu, le "filon du toit" à 125 m, mais, par contre, elle n'a pas retrouvé le "filon du mur", bien que l'allongement fut poussé à 30 m au-delà.

A 300 m au SW, se trouvent les deux petites galeries de recherches Heinrich II (Henri II), qui ont rencontré le "filon du toit", et la galerie Heinrich III (Henri III), déblayée en 1900. Elle a une longueur de 80 m et elle atteint le "filon du mur", dans lequel ont été creusées des recoupes.

Encore plus au SW, à 300 m environ, se trouvent les anciennes galeries Heinrich III et Heinrich IV (Henri III et Henri IV). La première a une longueur supérieure à 200 m, la 2ème une longueur de 50 m, avec un travers-bancs de 20 m.

Le "filon du mur" était la formation rencontrée la plus importante. Il présentait une direction générale NE-SW, un pendage vertical à 70° NW et, dans la galerie Frédéric comme dans la galerie Henri I, une largeur de 25 à 28 m. Sa plus riche minéralisation était concentrée dans une bande centrale large de 4 m et elle comprenait, comme minerai principal, de la galène argentifère.

Comme ce filon n'avait pas été retrouvé dans la galerie inférieure Albert, E. SCHNAEBELE (1916), curieusement, malgré ses contacts redressés, l'appelait "filon horizontal".

Quoiqu'il en soit, ce filon apparaissait comme pouvant présenter un gros tonnage et on pouvait même penser, les descriptions étant peu explicites, qu'il pouvait s'agir d'une couche peu pentée. Aussi, le BRGM a-t-il entrepris dès 1972 la reconnaissance de ce "filon horizontal", dans le secteur des galeries Frédéric et Henri I.

Cette reconnaissance a d'abord comporté l'exécution de 4 forages destructifs Stenwick (218,20 m au total), qui montrèrent la présence effective de galène, toutefois avec de faibles teneurs (0,50 % Pb au maximum sur une passe de 3 m). Puis, ces chiffres n'étant pas concluants, on effectua, en 1973, 3 sondages carottés (465,70 m au total) qui montrèrent la vraie nature du "filon" et sa faible minéralisation.

En fait, ce "filon" est une zone bréchique silicifiée épaisse de 25 m environ et dirigée effectivement NE-SW, qui est parcourue par un stockwerk de filets carbonatés (essentiellement ankérite), dont quelques-uns renferment, outre du quartz et de la barytine, une petite minéralisation sulfurée, mais, contrairement à l'assertion de E. SCHNAEBELE, cette minéralisation ne présente pas d'enrichissement dans la partie centrale.

Elle comprend de la galène dominante, réputée argentifère, de la blende, de la chalcopyrite, de la pyrite, de la marcasite et de la tétraédrite, accompagnées de minéraux secondaires : cérusite, anglésite, pyromorphite, covellite, azurite et malachite, la cérusite étant la plus abondante. Les travaux les plus occidentaux (Henri III et Henri IV), dans le Griwaswald, ont pu être ouverts pour fer, car leurs déblais ne renferment que de la sidérite.

En raison des médiocres résultats concernant les teneurs, la reconnaissance de la minéralisation du Heidenkopf n'a pas été poussée plus avant.

3.2.2.5 - Rougemont-le-Château (90) (Ba) - Carte à 1/50 000 de Thann

Isolé dans les tufs et ignimbrites rhyo-dacitiques de la formation de Lepuix-Gy, à 1 500 m environ au NW de Rougemont-le-Château (90), sur la rive gauche du ruisseau de Sainte-Catherine, se trouve un filon de barytine exploité entre 1904 et 1908, qui aurait fourni environ 500 tonnes en 1907. Connu sur une longueur de 300 m et une hauteur de 60 m, ce filon, épais de 45 à 50 cm, est dirigé ENE-WSW et il renferme, outre le sulfate, un peu de pyrite, de galène et de chalcopyrite. Les réserves sont très faibles.

3.2.2.6 - Houppach (68) (Ba) - Carte à 1/50 000 de Thann

Un 2ème filon de barytine, anciennement exploité ou exploré, se trouve dans la commune de Masevaux (68), à 300 m environ au NW du hameau de Houppach et 1 500 m au NE de Masevaux. Reconnu par deux niveaux superposés longs de 80 m et 100 m, il est dirigé environ E-W et il est constitué par une succession de

lentilles qui présentent des renflements pouvant atteindre 3 m, séparées par des passées larges de 20 cm seulement.

La barytine, qui constitue le remplissage principal, est associée à du quartz et un 2ème dépôt du sulfate, dans la partie centrale de la caisse, renferme une faible minéralisation sulfurée : blende, galène partiellement altérée en cérusite, chalcopyrite et cuivre gris. Une 2ème cristallisation de quartz termine la succession.

Ce filon ne peut avoir aucun intérêt pour les sulfures et on n'a pas reconnu ses possibilités en barytine.

3.2.2.7 - Indices de cuivre (68) - Carte à 1/50 000 de Thann

Tout près du filon de barytine de Houppach, se trouvent deux petits indices de cuivre, toujours dans la commune de Masevaux (68), l'un à Eichbourg et l'autre en bordure du chemin forestier du col de Schirm. Ils remplissent tous deux des fissures centimétriques et leur minéral de cuivre est de la bornite, accompagnée de produits divers d'oxydation pouvant imprégner les épontes ; ces produits sont de la malachite, de l'azurite, de la covellite, de la chalcopyrite, de la digénite et de l'hématite ; en outre, le 2ème filet contient de la pyrite, qui est son minéral le plus abondant.

Un 3ème indice cuprifère voisin se trouve au nord de Bourbach-le-Haut (68) ; il est formé par un filonet NNW-SSE épais de 10 cm, qui renferme de la chalcopyrite altérée et de la malachite.

3.2.2.8 - Minéralisations cuprifères du district d'Urbès-Mollau (68) - Cartes à 1/50 000 de Thann et de Munster

Sur les cartes de Thann et de Munster, il existe un district filonien cuprifère, celui d'Urbès-Mollau (68), qui prolonge à l'est le secteur lorrain de Bussang - Fresse-sur-Mosselle (88), étudié plus haut. Au total, l'ensemble n'a eu qu'une importance économique réduite, malgré le nombre élevé des anciennes mines citées dans la littérature (une quarantaine environ). Les gîtes du secteur lorrain ci-dessus, caractérisés par l'abondance du cuivre gris et la présence de minéraux de Bi, se trouvent dans des roches granitiques ou microgranitiques, tandis que ceux du secteur alsacien oriental, caractérisés par la prédominance de la chalcopyrite, sont encaissés dans le Culm viséen contigu, soit les schistes et grauwackes de la série d'Oderen à bancs de tufs et de brèches kératophyriques, soit

les kératophyres, spilites et diabases du complexe volcanique de la forêt de Saint-Maurice.

Historique

Les filons de ce secteur, dont le nombre total est de 25 environ, ont fait l'objet de premiers travaux très anciens, entrepris, entre 1452 et 1470, par ACHATIUS, abbé de Murbach, qui fit ouvrir des "mines de fer et d'airain". Puis, ces mines furent actives au XVIème siècle et surtout au milieu du XVIIIème, quand, en 1752, de GENSSANE obtint, pour 15 ans, la permission d'exploiter les mines de cuivre du Val Saint-Amarin, qui dépendaient encore du chapitre de Murbach (près de Guebwiller (68)). Ce permissionnaire exécuta des travaux à Saint-Nicolas, Saint-Bernard, au Steingraben, à Saint-Antoine et Unterwasen, au Bruckenbach, à Sainte-Barbe et Saint-Joseph, la plus productrice, à Urbès et Saint-Jean de Storckensohn. Puis, une nouvelle compagnie obtint, en 1768, pour une durée de 20 ans, la concession des "mines d'or" du Val Saint-Amarin, car un chimiste, HELLOT, aurait extrait de l'or du minerai qu'on lui avait apporté.

Certains filons furent ensuite repris ou découverts à la fin du XIXème siècle et au début du XXème (Mine Adèle, Mine Elisa, concession Elba au Gazon Vert). Les travaux les plus importants ont été ceux de la Mine Elisa et, depuis, il n'y a plus eu d'activité dans le district.

Description générale

Tous les filons explorés ont des dimensions réduites, en particulier des épaisseurs généralement infra-métriques, et la majorité présentent des directions NE à NNE, en conformité avec l'orientation du faisceau régional prédominant de failles. Leur minerai principal est la chalcopyrite, accompagnée de quelques minéraux d'oxydation ou de cémentation (bornite et cuprite à la mine Saint-Joseph, cuivre natif à Mollau, entre les feuillets des schistes), parfois de pyrite, de goethite et d'hématite. Les minéraux de gangue principaux sont le quartz et la barytine, avec présence éventuelle de carbonates et de fluorine (Steingraben) ; la tétraédrite est très rare. Les proportions des minéraux de Fe sont très variables et on peut trouver, à côté de filons essentiellement cuprifères, des filons mixtes Cu-Fe et des filons ferrifères renfermant seulement des traces de cuivre.

Descriptions particulières

Mine Elisa (ou Eliza), commune de Mollau (68). Les anciens travaux de la mine Elisa (ou Eliza) se trouvent sur le flanc est du Rehberg, à 500 m à l'ouest de Mollau et 1 km au sud-est de Storckensohn, dans une région occupée par un massif de schistes et grauwackes de la série d'Oderen (Viséen inférieur).

Dans le cadre d'une concession allemande instituée en 1875 au profit de la "Société Eliza", les premiers travaux d'exploitation eurent lieu de 1882 à 1885 et ils produisirent 405 tonnes de minerai marchand. Toutefois, en raison de la baisse des cours, ils furent arrêtés, pour reprendre de 1889 à 1893, quand les prix furent rétablis ; pendant cette deuxième période, on produisit 80 tonnes (plus 45 tonnes de "limonite manganésifère" provenant d'un nouveau filon). Puis, les travaux furent de nouveau arrêtés, comme conséquence de la baisse des cours du cuivre et de l'argent, et il n'y eut plus que des reprises sans importance en 1899, 1900 et 1907.

Après la guerre de 1914-18, en 1921-22, quelques recherches infructueuses furent entreprises par un nommé A. KOECHLIN et quelques travaux de remise en état, en 1929, montrèrent, dans une galerie d'une trentaine de mètres, un filon de quartz avec mouchetures de pyrite et chalcopyrite.

Le gisement comprend 4 filons, orientés NE-SW :

1. **Filon Julius.** Exploré depuis 1872, ce filon présente une épaisseur de 1 m à 1,50 m et un pendage NW de 60° à 70° ; il est constitué par du quartz et de l'hématite brune qui renferment des nids et des rubans de chalcopyrite, sur des longueurs de 5 m à 30 m ; dans la galerie supérieure, la chalcopyrite était très rare.

2. **Filon Elisa.** Situé au toit du filon Julius, il est puissant également de 1 m à 1,50 m et il renferme aussi des nids et des rubans de chalcopyrite, dans une gangue de quartz ; son importance a décliné dès 1890.

3. **Filon Karl.** Situé au toit d'Elisa, ce filon n'est épais que de 30 cm ; il renferme également, dans une gangue de quartz, des mouches et des filets de chalcopyrite.

4. **Filon Arthur.** Découvert en 1883 au mur du filon Julius, sa puissance varie seulement de 10 à 30 cm et sa minéralisation (chalcopyrite et hématite brune) est très dispersée.

Les travaux sont importants, mais on ne possède pas de plan minier. On peut seulement signaler la présence d'une douzaine de galeries au-dessus du chemin de la vallée, étagées à 4 niveaux différents sur une hauteur de 60 m environ, et de 3 galeries au-dessous, obstruées et noyées. Les galeries supérieures peuvent être reliées par des bures et les deux plus importantes encore accessibles (ouvertes sur les filons Julius et Karl) ont des longueurs vers le SW de 80 m et 110 m ; à leur front, les filons sont réduits à des filets argileux.

Malgré le grand développement de ces travaux (la longueur totale des galeries dépasserait 2 km), le tonnage total produit depuis 1880 serait, comme indiqué, de 500 tonnes environ de minerai marchand. Celui provenant du filon Julius titrait 25-30 % Cu ou 15-20 % Cu, celui des autres filons 14-22 % Cu, les stériles tenant 2-5 % Cu. Les réserves sont nulles.

Mine Adèle, commune du Mollau (68). La Mine Adèle se trouve sensiblement en face de la Mine Elisa, de l'autre côté de la vallée, sur le flanc SW du Chauvelin, dans le même massif de schistes et grauwackes. Les travaux y ont été effectués à la suite d'une concession instituée également en 1875, d'abord en 1877, puis de 1882 à 1885 et, enfin, en 1890-91.

Comme à la Mine Elisa, 4 filons y ont été reconnus :

- un filon de chalcopyrite, mêlé par endroits de "limonite" et, par endroits aussi, constituant des masses très pures atteignant 65 cm d'épaisseur ;

- un filon de quartz et "limonite" renfermant des filets et des agrégats de pyrite et chalcopyrite ;

- un filon épais de 0,50 m à 1 m, constitué par du quartz et de la sidérite enclavant des nids et des rubans de chalcopyrite puissants de 10 à 30 cm ;

- un filon épais de 30 à 60 cm, à pendage NW 60° à 70°, formé par du quartz, de la calcite, de l'hématite brune et de la chalcopyrite.

Ces filons, sous toutes réserves, pourraient être les prolongements de ceux de la Mine Elisa, décalés d'une quarantaine de mètres par une faille cachée dans la vallée.

On ne possède pas de plan minier et les quelques travaux restant accessibles ne montrent que des minéralisations très minces et très courtes. On connaît seulement la production de 1877 : 30 tonnes de minerai trié à la main, dont la vente avait couvert tous les frais.

Unterwasen, commune d'Urbès (68). Il s'agit d'une ancienne mine située dans le vallon du Bruckenbach, près de l'ancienne chaussée d'Urbès à Bussang, qui a été bouchée en 1905, lors de la construction de la nouvelle route. Abandonnée par suite de la guerre de Trente Ans, elle fut reprise au XVIIIème siècle par de GENSSANE, pendant 4 mois.

Le filon exploité était dirigé NE-SW et il fournissait 15 à 30 cm de minerai massif. D'après les anciens dires, "il restait une grande quantité de cuivre dans la galerie au moment où la mine fut abandonnée".

Steingraben, commune d'Urbès (68). Dans la montagne du Steingraben, à 3 km au SW d'Urbès, les travaux du Haut - et du Bas-Saint-Nicolas ont reconnu un puissant filon NE-SW encaissé dans des kératophyres. Dans une gangue de quartz verdâtre, ce filon renfermait de la chalcopyrite, de l'azurite et de la cuprite, réparties par places ; en surface, il présentait un "chapeau de fer". Il existait un petit filon croiseur renfermant de la chalcopyrite et de la malachite, avec des efflorescences rose lilas (Co ?).

La galerie inférieure (Bas-Saint-Nicolas) était un allongement de 400 m. Il s'y trouvait une première descenderie de 8 m, près de l'entrée, et une seconde de 48 m, près du front, au fond de laquelle on s'était étendu dans le filon. La galerie supérieure du Haut-Saint-Nicolas, à 32 m au-dessus, avait une extension restée inconnue, mais elle communiquait avec la galerie inférieure. On n'avait jamais cessé d'y trouver de la "mine à bocard" (8 à 10 % Cu).

La gangue de ce filon de Steingraben renferme de la fluorine, ce pourquoi il avait été englobé dans le P.E.R. de Sewen demandé par la S.E.C.M.E.

Saint-Joseph, commune d'Urbès (68). La mine Saint-Joseph se trouve à l'ouest de Brisgau, en face du village d'Urbès. Elle a été l'objet de travaux très anciens, repris par de GENSSANE pendant 25 ans, durant la 2ème moitié du XVIIIème siècle, époque où elle produisait mensuellement 90 quintaux (4 tonnes environ) de minerai prêt à être fondu. Le filon exploité était dirigé NE-SW et il renfermait, par places, du "très beau minerai", accompagné de barytine mouchetée de malachite. A peu de distance, un gros filon de barytine, renfermant des agrégats

de chalcopyrite et malachite, croisait le filon de la mine.

Les travaux comprenaient deux galeries : une galerie supérieure, au-dessus de laquelle le minerai disparaissait, une galerie inférieure, longue de plusieurs centaines de mètres et communiquant avec les travaux supérieurs, dans laquelle était creusé un puits de 30 m environ, à la base duquel la minéralisation s'appauvrissait.

Saint-Jean, commune de Storckensohn (68). Située près de Storckensohn, l'ancienne mine Saint-Jean reste actuellement inconnue. Elle intéressait un filon de chalcopyrite et bornite ("cuivre hépatique"), dirigé NNW-SSE avec un pendage vers l'est. Il y existait une galerie en direction de 50 m, au front de laquelle le filon minéralisé atteignait 65 cm, et on connaissait plusieurs croiseurs, dont l'un renfermait du cuivre gris argentifère et de l'azurite.

Saint-Georges, commune de Storckensohn (68). Les anciens travaux de Saint-Georges se trouvaient près de Storckensohn, sur la rive gauche du ruisseau du Vert Gazon (ou Langmattruntz). D'après la littérature, ils auraient reconnu un filon puissant de 60 cm, contenant de la pyrite, de l'hématite brune, de la chalcopyrite et de la malachite. Actuellement, dans 3 courtes galeries, on trouve seulement un filon mince de quartz (5 à 10 cm), dirigé N40 à 50GE, avec un pendage NW de 50G, qui renferme de l'hématite, de la "limonite" et des traces de malachite.

Saint-Bernard, commune d'Urbès (68). Il s'agit d'une vieille mine non retrouvée, qui était située un peu au-dessus de l'ancienne fonderie de Steingraben. Elle aurait intéressé un filon N-S renfermant de la chalcopyrite et de la galène en petites quantités. Les travaux comportaient une galerie de 100 à 120 m et un "pingen" (puits au jour) de 18 à 20 m.

Sainte-Barbe, commune d'Urbès (68). Située dans la montagne du Ruhlberg, cette ancienne mine, comme Unterwasen, a été obstruée en 1905, lors de la construction de la nouvelle route. Elle avait été ouverte par de GENSSANE en 1754 et elle intéressait un filon de quartz NE-SW minéralisé en chalcopyrite et hématite ; cette minéralisation n'existait que par places, mais elle pouvait atteindre 30 cm de minerai pur. Les travaux comportaient une galerie de 24 m et, à 8 mètres de l'entrée, un puits de 24 m.

Saint-Antoine, commune d'Urbès (68). Les premiers travaux, très anciens et situés près de l'ancienne fonderie d'Urbès, avaient été réouverts par de GENSSANE. Ils intéressaient un filon NE-SW qui, selon les dires des vieux mineurs,

pouvait fournir 6 à 15 cm de minerai massif et aurait produit de l'argent. Ces travaux comportaient seulement une galerie de 12 m et un puits de 4 m.

A leur emplacement présumé, 100 mètres environ au sud de l'entrée du tunnel vers Bussang, existent une galerie et un travers-bancs qui ont exploré un filon de quartz dirigé N130°, épais de 30 cm et chargé de "limonite". Ces travaux ne correspondent pas à la description ancienne.

Le Husselberg, commune de Husseren-Wesserling (68). Sur le flanc nord du Husselberg, à 1 km environ au SW de l'église de Fellering, 4 galeries superposées ont exploré plusieurs filonets de quartz minéralisés par des oxydes de fer, dont l'un, épais de 10 cm et dirigé WSW-ENE, renferme de la chalcopyrite et de la malachite. Cet indice a été redécouvert par la prospection du BRGM, car il n'est apparemment pas mentionné dans la littérature.

Elba, commune de Storckensohn (68). Les travaux effectués à partir de 1877 par la "Société Elba" comportent 5 galeries (Elba inférieure) dans la vallée du ruisseau du Vert Gazon, à 2,5 km environ au SW de Storckensohn, et 2 galeries (Elba supérieure) près de la ferme du Gazon Vert, à 1 200 m plus au sud. Ils ont fait ultérieurement l'objet de deux demandes en concession (Louise et Louise I), toutes deux rejetées en 1921.

Elba inférieure. Une première galerie, ouverte en 1886 et qui aurait encore fourni du cuivre en 1909, se trouve tout près du ruisseau. On y voit actuellement un filon bréchique de 10 cm, dirigé N90G avec un pendage 75GN, qui renferme de la pyrite, de la chalcopyrite, de la malachite et de la "limonite", dans une gangue de quartz et calcite. Au voisinage, une galerie inaccessible sert de prise d'eau.

Une 3ème galerie, fermée en 1914, se trouve en amont. Il s'agit peut-être de l'ouvrage de 168 m, dans lequel se trouvaient 3 filons dirigés N20°E avec pendage WNW, qui renfermaient du quartz, de la sidérite et de l'hématite brune "à éclats de cuivre". Une 4ème galerie suivait un filon contenant du quartz, de la "limonite", de l'hématite et de la chalcopyrite, avec empreintes probables de cubes de fluorine. La 5ème galerie n'est qu'une amorce de 2 m dans des volcanites grises.

Elba supérieure. La galerie inférieure, longue de 35 m, suit un filonet (10 cm) subvertical dirigé SSW-NNE, qui ne renferme que du quartz et de la "limonite", sans trace de minéraux de Cu. La galerie supérieure est effondrée, et,

dans sa halde, se trouvent seulement du quartz et des oxydes de fer. Toutefois, dans les éboulis voisins, du quartz renferme un peu de pyrite et de chalcopyrite.

Tulberg, commune de Fellering (68). Au Tulberg, sur le flanc est de l'Eichwald, se trouve une galerie effondrée dont les haldes renferment de la pyrite et de la chalcopyrite.

Langenbach, commune d'Oderen (68). Bien qu'encaissé dans la bordure du granite de Bramont, donc dans une unité des Vosges centrales, on peut signaler ici le petit filon de Langenbach, sur le flanc est du Grand Drumont, en raison de son voisinage et de sa paragenèse Cu-Fe : chalcopyrite et hématite ; toutefois, comme particularité, il s'y ajoute du mispickel.

La Chapelle Botiote, commune de Saint-Maurice-sur-Moselle (88). Un dernier élément du district cuprifère : "la mine de cuivre des Charbonniers" de de DIETRICH (1800), se trouve dans la vallée supérieure de la Goutte Verrière, à proximité de la Chapelle Botiote. Il s'agit d'un filon quartzeux sensiblement E-W, encaissé dans le complexe volcanique de la forêt de Saint-Maurice, qui renferme des mouches de chalcopyrite "limonitisée". Les travaux auraient pu être exécutés en même temps que ceux de Bussang.

Enfin, on peut citer pour mémoire quelques filons du district uniquement ferrifères : le filon NNW de Neuf-Bois ; le filon NE de Gresson ou Rouge Gazon, qui a produit effectivement du fer ; le filon de la Tête des Perches, faiblement minéralisé en hématite.

Plusieurs anomalies géochimiques ont été mises en évidence par la prospection stratégique dans le district précédent, comme il fallait s'y attendre dans un secteur renfermant de nombreux travaux miniers. Toutefois, celle du Bois de Rimbach (carte de Thann), pour Cu et As, ne provenant pas en principe de ces anciens travaux, on y a effectué un complément (62 échantillons analysés pour Cu, As, Au et Ag) qui n'a pas confirmé l'anomalie stratégique.

Il est certain qu'actuellement aucun des filons du district ne ferait l'objet de travaux miniers et la prospection n'y a pas été poussée jusqu'au stade tactique.

3.2.2.9 - Mine Aurora (68) (Cu, Pb) - Carte à 1/50 000 de Thann

La Mine Aurora, appelée jadis "Unterwerscholtz", se trouve dans la vallée du Kuhlbachruntz, sur la rive gauche du ruisseau, à 1 500 m en amont de Moosch (68), dans une région occupée par des schistes et grauwackes de la série d'Oderen. Elle est distante de la mine Elisa de 5 km seulement, mais elle se distingue du district cuprifère précédent par la présence de galène abondante et, au point de vue paragénétique, elle est plus proche des travaux Pb-Cu du Brandeskopf, déjà décrits.

Les premiers travaux, exécutés à une date inconnue, sont très anciens et il existait une fonderie auprès de la rivière. Ils furent repris au XVIIème siècle, par le prince de Loewenstein, abbé de Murbach, et il y eut une nouvelle période d'activité à la fin du XIXème siècle, quand furent instituées 3 concessions allemandes pour Pb, Cu et Ag (Aurora III, IV et V), en faveur de la "Gewerkschaft Neue Kirche". Mais, à part quelques recherches dans Aurora III, il s'est agi d'une simple tentative de reprise des anciens travaux et la mine fut rapidement abandonnée, après quelques essais d'exploitation, sans que la laverie fut mise en marche.

Le gîte est formé par deux filons parallèles dirigés NNE-SSW, avec un pendage de 50°-60°E : un filon principal puissant de 0,40 m à 1 m et un filon au toit épais de 25 à 60 cm. Ces deux filons présentent des structures bréchiques, avec des enclaves de grauwackes, et leur minéralisation, très complexe, comporte principalement une association chalcopyrite - cuivre gris - galène - bournonite, dans laquelle la chalcopyrite est prédominante, le cuivre gris venant en second. Il existe accessoirement de la pyrite, du mispickel, de la blende et de la gersdorffite ; le minéral de gangue principal est la sidérite, accompagnée de quartz et barytine tardive.

Au total, les travaux, situés en profondeur, sont relativement importants. Ils comportent plusieurs niveaux et deux puits principaux : le premier (le Fonnlägiger schacht) est incliné à 60° et profond de 130 m ; le second (le "Weuer schacht"), situé 600 m à l'est, est vertical et profond de 160 m ; des allongements se trouvent aux niveaux -29, -56, -80, -131 et -160, le plus long étant le niveau -160, avec 235 m.

Très ancienne, la production reste inconnue et on ignore même (Ag ?, Cu ?, Pb ?) quels métaux ont été produits.

3.2.2.10 - Minéralisations ferrifères du district de Thann (68) - Carte à 1/50 000 de Thann

Le district ferrifère de Thann, encaissé dans les diverses formations du strato-volcan du Molkenrain (ancienne série viséenne de Thann), en bordure de la faille vosgienne, comprend un grand nombre de filons (environ une trentaine) qui ont été explorés ou exploités par une multitude de travaux anciens, dont certains remonteraient au XVème siècle, aux alentours de l'an 1470. Ces premières exploitations furent interrompues, comme toutes les mines vosgiennes, par les troubles de la guerre de Trente Ans ; puis, une reprise eut lieu en 1686, pour le compte du seigneur de Masevaux, pendant laquelle fonctionnait la fonderie d'Oberbruck déjà citée, qui produisait annuellement 450 tonnes de fer, à l'époque de de DIETRICH.

Cette deuxième période d'activité cessa avec la Révolution de 1789, à la suite de laquelle une 2ème reprise eut lieu à partir des années 1820, qui dura jusqu'en 1860. Il existait pendant cette période deux hauts fourneaux en activité, à Masevaux et à Bitschwiller-lès-Thann, mais, malgré le grand nombre de mines ouvertes ou réouvertes, la production n'a jamais été importante ; pour citer un chiffre, la mine de Georgenwald, la plus productive avec celles de Steinbie et d'Ertzenbach, n'a guère fourni que 1 800 tonnes de minerai marchand entre 1835 et 1859. Il y eut ensuite quelques tentatives de reprise infructueuses de la part des Allemands, d'abord après la guerre de 1870, vers les années 1874-75, enfin à la fin du siècle.

Les divers filons, dont certains n'étaient que des filonets, étaient généralement très lenticulaires et ils présentaient donc des épaisseurs très variables, leurs puissances pouvant passer de 0,15 m à 4 ou 5 m, exceptionnellement 6 ou 7 m (filon de Kessel) ; toutefois, les épaisseurs moyennes habituelles ne dépassaient guère 0,50 m à 0,80 m. Ils présentaient assez souvent des ramifications, certaines branches étant productives et d'autres quasi-stériles. Ils possédaient ou non des salbandes argileuses.

Les directions étaient également variables et certains gisements, parmi les plus importants, étaient constitués soit par plusieurs filons parallèles, soit par plusieurs filons d'orientations différentes (cas de Steinby, par exemple). Toutefois, une direction dominait, celle de la faille vosgienne voisine NE-SW, avec variations NNE-SSW ; la direction "complémentaire" NW-SE était également fréquente ; les pendages étaient généralement élevés (70° et plus), avec une exception notable, celle du filon NNE de Georgenwald, dont le plongement ne dépassait pas 20° vers

l'ESE.

La minéralisation principale était constituée par de l'hématite, de la goethite et de la "limonite", celle-ci provenant de l'oxydation de carbonates de fer ; certains gîtes renfermaient, en outre, des oxydes de Mn et, sans qu'il s'agisse de "chapeaux de fer" de gîtes sulfurés, on pouvait y trouver exceptionnellement (Bois d'Uffholtz, par exemple) des traces de galène et de chalcopyrite. Certains minerais étaient dépourvus de gangue, auquel cas ils formaient des veinules massives sillonnant une caisse constituée par la roche encaissante argilisée ; ces veinules étaient généralement plus concentrées au toit et (ou) au mur ; dans d'autres cas, il existait du quartz, de la barytine souvent pseudomorphosée en "quartz haché" et, plus rarement (près de Bourbach-le-Haut, notamment), de la fluorine.

On notait presque toujours un appauvrissement rapide en profondeur, les parties les plus riches (généralement entièrement dépilées) étant situées près de la crête. Les lentilles exploitables individuelles pouvaient être très courtes, ne dépassant pas 3 à 4 m ("nids" des Anciens) ; les plus longues pouvaient atteindre, semble-t-il, une cinquantaine de mètres.

Les plus nombreux de ces filons se trouvaient dans les communes de Willer-sur-Thur, Bitschwiller-lès-Thann, Thann et Steinbach ; d'autres, plus disséminés, se trouvaient sur les territoires de Bourbach-le-Bas, Bourbach-le-Haut, Masevaux, Uffholtz, Altenbach et Rammersmatt. Il serait fastidieux de les décrire tous, même brièvement ; aussi, citerons nous seulement les plus importants :

Steinby (ou Steinbie), commune de Thann (68). Situé à 2,5 km environ à l'ouest de Thann, dans des latites quartzifères, le gîte de Steinby a été, au début du XIXème siècle, l'un des principaux fournisseurs du haut-fourneau de Masevaux. Il a été exploré et exploité au moyen de 7 ou 8 galeries réparties en 3 groupes : Steinbie-le-Haut, Steinbie-le-Milieu et Steinbie-le-Bas, lesquelles ont reconnu 3 filons quartzeux minéralisés principalement en goethite : un filon principal NNE-SSW, un filon WNW-ESE appelé "filon de Lehmann" et un filon NW-SE présentant une branche au mur NNW-SSE ; ces filons, dont l'épaisseur variait entre 0,50 et 1,50 m, devenaient stériles vers le bas de la montagne. Pour citer des chiffres, la production de minerai a atteint 150 t en 1833 et seulement 20 t en 1836.

Georgenwald, commune de Bourbach-le-Bas (68). Le gisement de Georgenwald se trouve à 4 km environ, au SW de Steinby, sur le flanc est du Buchberg, entre Bourbach-le-Bas et Bourbach-le-Haut. Les derniers travaux y ont été exécutés entre 1827 et 1859, période pendant laquelle ils ont du produire, d'après les archives minières, 1 741,5 tonnes de minerai marchand.

Le minerai, constitué par de l'hématite associée à de la goethite dans les parties supérieures, était contenu dans une formation filonienne de direction NE à NNE, présentant un faible pendage moyen (20°) vers le SE ou l'ESE et une épaisseur extrêmement variable (entre 0,10 m et 3 m, exceptionnellement 4 m, voire 6 m). Le remplissage, bréchique, était formé par un réseau de veinules enserrant des fragments d'une roche volcanique argilisée et sa puissance réduite présentait de grandes variations, atteignant 1,50 m dans les meilleurs "nids". Il existait un filon croiseur orthogonal, minéralisé près du croisement, et, au voisinage, plus haut dans les latites quartzifères du Buchberg, d'autres travaux, repris entre 1827 et 1832, avaient reconnu 3 petits filons NE-SW.

Ertzenbach, commune de Bitschwiller-les-Thann (68). Encaissé dans des ignimbrites latitiques à proximité de Bitschwiller, sur le flanc SW de l'Ertzenbachkopf, le filon NE-SW d'Ertzenbach, dont l'épaisseur variait entre 0,30 m et 1,50 m, était minéralisé en hématite et localement en sidérite, dans une gangue tantôt quartzeuse et tantôt "feldspathique" ou argileuse. Il a été l'objet, à plusieurs reprises, de travaux considérables (puits et galeries) qui, au moment de l'arrêt en 1860, atteignaient une longueur de quelque 1 900 m.

Plus en amont dans le même vallon, se trouvaient les filons de Wickenbaechelé et de Baerenthal ; le premier était épais de 45 cm et long seulement de 120 m, mais sa minéralisation en hématite était réputée riche ; le second, dirigé NE-SW, renfermait également de l'hématite brune, associée à un peu de barytine.

Herrenstuben, commune de Steinbach (68). Les anciens travaux de Herrenstuben sont situés dans la vallée de Steinbach, sur le flanc est du Herrenstubenkopf. Ils ont été l'objet, en dernier, de travaux dans la concession allemande Nassau, entre 1907 et 1911 ; mais, à cette époque, ils produisirent seulement 80 tonnes. Ils intéressaient plusieurs filons NE : le filon de Neuberg ou Hersthal, le filon de Dietrich, le filon Kess et le filon de Saukopf. Ce dernier était minéralisé principalement en sidérite, les autres renfermant, outre de la sidérite plus ou moins "limonitisée", de l'hématite manganésifère.

Finsterbach, commune de Steinbach (68). Situés au voisinage d'Herrenstuben, vers le NW, les travaux de Finsterbach comprenaient, au début du XIXème siècle, deux centres : Finsterbach 13 et Finsterbach 14, objets de très anciennes exploitations reprises dans les années 1830, époque où elles produisirent respectivement 180 t et 255 t.

Dans Finsterbach 13, il existait deux filons qui se réunissaient : le filon de Fuchs dirigé NW-SE et un filon NNE-SSW à gangue abondante de barytine. Le filon de Fuchs, puissant de 0,80 m à 4 m, était très irrégulier et présentait des ramifications ; son minerai était formé par de la goethite associée à des oxydes Mn terreux, dans une gangue de quartz carié ou "haché".

La mine de Finsterbach 14, ou mine de Blaise Stucker, était ouverte sur le filon de Kessel, un des principaux fournisseurs du haut fourneau de Masevaux ; ses travaux s'étendaient depuis le vallon de Finsterbach jusqu'à celui de Kessel, un affluent de la vallée de Steinbach, dans lequel il a été exploité dans la mine allemande Thérèse. Dirigé WSW-ENE, il présentait un pendage de 40 à 50° vers le NNW et une épaisseur très variable, entre 0,60 m et 7 m, dans laquelle la puissance réduite du minerai, constitué essentiellement par de la sidérite et de l'hématite manganésifère, atteignait jusqu'à 2,50 m ; mais, en profondeur, cette minéralisation disparaissait rapidement. Une branche N-E, appelée "Grand Kessel", atteignait une longueur de 200 m.

De nombreux autres filons et travaux cités dans la littérature ancienne existent dans cette région située au NE de Thann, où ils restent mal connus ; toutefois, il semble toujours s'agir (exemple : Baecherkopf) d'unités de dimensions modestes. Comme curiosité, on peut signaler que le filon d'Oberfeld (ou Eberfeld), situé quelque part dans la colline au nord de Willer-sur-Thur, aurait fourni accessoirement des rognons de stibine (?). On peut aussi mentionner l'existence du petit filon NE de Goutt (aujourd'hui Goutte), à 750 m environ à l'WSW d'Altenbach (68) ; contrairement à tous les autres, il n'est pas encaissé dans les formations du Molkenrain, mais dans le granite de Goldbach.

Quelques anomalies géochimiques stratégiques se trouvent dans le district ferrifère précédent :

1) Anomalie du Bois d'Uffholtz (Pb, Zn, Cu, As, Ag, Ba) : encaissée dans des laves acides, cette anomalie est définie par 4 points dans la haute vallée du ruisseau de Steinbach et 1 point sur le flanc ouest du Herrenstubenkopf ; les fortes teneurs en Fe et Mn, par ailleurs, donnent un caractère de "chapeau de fer" sur

minerai probablement carbonaté.

2) Anomalie N Watwiller (Pb, Zn, Cu, As, Ag, Ba), définie par 3 points et où l'absence de Mn rattache ce groupe aux minéralisations de la faille vosgienne.

3°) Anomalie W Willer-sur-Thur (Pb, Zn, As, Ag, Ba, Mn), définie par 4 points.

Un complément de prospection géochimique effectué dans le périmètre de cette dernière anomalie (89 échantillons analysés pour Pb, Zn, Ag, As) a eu des résultats négatifs, tandis que la prospection au marteau permettait la découverte de quelques indices sulfurés, en relation avec les filons de fer, quartz et barytine. Un tel indice, renfermant de la galène et de la chalcopyrite, se trouve, par exemple, dans le bois d'Uffholtz, un indice de chalcopyrite et barytine, sur le flanc nord du Herrenstubenkopf, un indice de quartz, barytine, fluorine et sulfures, au sud de Willer-sur-Thur. Ils ne peuvent évidemment présenter aucun intérêt économique.

3.2.2.11 - Autres minéralisations du district de Thann (68) (Ba, Pb, As) - Carte à 1/50 000 de Thann

Outre le fer, le district volcanique de Thann renferme deux petits gîtes de barytine, gangue relativement fréquente dans les filons d'hématite et goethite, situés près de Leimbach (68) et de Rammersmatt (68) et, surtout, très près de la faille vosgienne, le groupe sulfuré du Silberthal.

Silberthal, commune de Steinbach (68)

Les travaux du Silberthal se trouvent sur la rive droite de la vallée de Steinbach, au pied du flanc NE de l'Amselkopf, à 1 200 m environ au NW du village. Leur histoire ancienne est liée à celle des mines de Giromagny, décrites plus bas, car ils concouraient à alimenter en minerai de plomb la fonderie de Pfennigthurm. Ainsi, de 1612 à 1632, première époque où l'on trouve mention de ces travaux, ils fournirent à cette fonderie 888 tonnes de minerai marchand à 45 - 64 % Pb, la meilleure année ayant été 1617 avec 107 tonnes.

Ils furent ensuite abandonnés de 1639 à 1695, par suite des troubles de la guerre de Trente Ans, puis repris jusqu'en 1702, période pendant laquelle ils produisirent seulement 48 tonnes, toujours livrées à Giromagny. Il n'y eut plus ensuite que des travaux sans ampleur et l'exploitation fut totalement abandonnée

en 1785.

Puis, une reprise eut lieu vers la fin du XIXème siècle, dans le cadre de la concession allemande Antonie, d'abord de 1874 à 1880, puis de 1899 à 1902, date à laquelle les travaux cessèrent par suite de l'appauvrissement en galène du filon du Grossilberthal. Pendant cette reprise, fut foncé un puits de 75 m, avec deux traçages au fond. On peut estimer la production totale à 2 000 tonnes environ de minerai marchand renfermant 300 à 600 g/t Ag.

Le groupe comprend 4 filons NE-SW ou ENE-WSW, dont les anciens travaux les plus connus étaient ceux de Saint-Philippe et de Saint-Nicolas. Actuellement, ces filons sont marqués par des alignements d'excavations : Legerstollen, Grossilberthal et Kleinsilberthal, Antonia, Silberthalrücken.

La minéralisation, dispersée, était constituée principalement par des cristaux de galène, associés à de la blende mielleuse, de la chalcopyrite et quelques minéraux secondaires : cérusite, azurite et malachite ; la gangue comprenait surtout du quartz et de la barytine, de la sidérite moins abondante et de la fluorine rare qui, toutefois, réapparaît ici. Il aurait existé des filons croiseurs Cu-Ag.

Au voisinage immédiat et plus haut, près du sommet de l'Amselkopf, des travaux anciens ont été repris sans succès, vers 1860 ; ils intéressaient deux petits filons quartzo-barytiques minéralisés sporadiquement en galène incluse dans le quartz. Le premier était dirigé NE-SW comme les filons de Silberthal ; le second, de moindre importance, était orienté sensiblement N-S. Immédiatement au SW, à Salviden, se trouvent deux galeries qui auraient exploré un nouveau petit filon plombifère NE.

Il convient enfin de signaler que dans les haldes du filon ferrifère du Glaserberg, situé dans le bois d'Uffholtz à 2 km au nord des travaux du Silberthal, minéralisé principalement en sidérite, goethite et oxydes de Mn, se trouvent, outre de la barytine, des petites quantités de galène et pyrite. De la galène a été également signalée dans le secteur ferrifère du Krummbachkopf, sur le versant nord de la vallée de la Thur, entre Thann et Bitschwiller. Elle a fait l'objet, dans les années 1890, d'une concession allemande appelée "Victoria" et elle se trouvait au mur d'un filon quartzeux bréchique, dans une bande épaisse de 10 cm. En outre, P. FLUCK (1972) mentionne une mine près de Thann, nommée Landeskrone, qui aurait fourni de la galène et de la chalcopyrite ; on ignore actuellement son emplacement.

Près du sommet de l'Hartmannswillerkopf, dans la commune de Watwiller (68), existe un lieu-dit Silberloch (Trou d'argent), près duquel de GENSSANE (1756) mentionne la présence de crasses d'une fonderie de minerai de plomb argentifère. On ignore la provenance exacte de ce minerai.

Il est à noter que les travaux du Silberthal et les travaux voisins cités, étant inclus dans le P.E.R. de Thann de la S.N.E.A. (P), n'ont pas pu être réétudiés par le BRGM. Il est toutefois probable qu'ils ne présentent plus d'intérêt économique.

Pour en terminer avec le district de Thann sensu lato, il faut noter l'existence d'un indice d'uranium. Celui-ci (renseignements communiqués par Fr. RUHLMANN, COGEMA) se trouve à proximité du col Amic (point coté 825, au croisement de la RN431 et de la RD136), dans la commune de Rimbach-près-Guebwiller (68) ; de taille infra-économique, il est encaissé dans une brèche des formations volcano-sédimentaires du Molkenrain, à proximité immédiate de la bordure du granite de Goldbach ; sa minéralisation est constituée par de la pechblende et de la clausthalite.

3.2.2.12 - District ferrifère de Guebwiller (68) - Carte à 1/50 000 de Munster

Le petit district ferrifère de Guebwiller, sur la carte de Munster, correspond au district de Thann, sur la carte de Thann, et, comme lui, il se trouve au voisinage de la faille vosgienne ; toutefois, il est beaucoup moins important et moins bien connu. Les filons qui le composent sont encaissés dans des fractures parallèles, pour la plupart, à cette faille, et donc liées à la tectonique oligocène. Les parties exploitées autrefois étaient les zones d'oxydation, riches en goethite et "limonite", de filons de carbonates de fer, quartzeux et plus ou moins barytiques (parfois sous la forme de "quartz hâché").

Storenloch, commune de Murbach (68). Situé au SW de Murbach, sur la rive droite du ruisseau, le filon de Storenloch, encaissé dans des grauwackes, était dirigé N30°W. Il était bréchique et sa minéralisation était formée par de la goethite, de la sidérite et de l'ankérite. Dans les déblais de l'ancienne galerie, se trouve une fine minéralisation BPGC disséminée (blende, galène, pyrite, chalcopyrite et cuivre gris).

Demberg, commune de Buhl (68). Les anciens travaux de Demberg se trouvent au SW de Buhl, près du pont Barnabé, sur la rive gauche du ruisseau de

Murbach. Ce filon exploité d'hématite était puissant de 0,30 m à 1,20 m et il se situait le long du contact intrusif des faciès hypovolcaniques du Demberg et des assises sédimentaires de la série de Thann. Il renfermait un peu de barytine et des traces de minéraux de cuivre. Plus haut sur la pente du Demberg, dans la même situation géologique, se trouvent les anciens travaux importants de Fundelkoepfel, qui ont reconnu un filon épais de 0,15 m à 1,20 m.

Saint-Gangolf, commune de Lautenbach (68). Situé à 1 500 m environ au nord de Buhl, ce filon se trouve dans une fracture de la faille vosgienne qui met en contact les grauwackes de la série de Thann et les grès bigarrés du Buntsandstein. Son minerai est de la goethite, qui remplit des fissures des grauwackes et peut imprégner les grès. On y trouvait associés du quartz drusique, de la sidérite et des traces de blende et galène.

Il était dirigé N-S, avec un pendage E de 80°, et sa puissance variait entre 15 et 75 cm. Les travaux atteignaient une longueur de 220 m et son minerai était considéré comme réfractaire (quartzeux et gréseux). La partie supérieure est épuisée et la partie inférieure stérile.

D'autres travaux peu importants se trouvent à Lerchenfeld, commune de Lautenbach, au Rimlishof, commune de Buhl, sur le flanc droit du vallon de Murbach, et à Haul, commune de Lautenbach-Zell. Dans ce dernier cas, le filon d'hématite peut se trouver dans le prolongement NW de la faille limite est du granite de Goldbach. Un indice de barytine se trouve au voisinage.

Outre le fer, le district comprend deux petits indices de galène : le premier se trouve à Schweighouse (autrefois Schweighausen), dans la commune de Lautenbach ; il a été exploré par une amorce de galerie et il était très faible. Le second a été découvert récemment, au pied nord du Demberg, commune de Buhl, lors du creusement du tunnel d'amenée d'eau de l'usine Astruc et Cie (renseignement communiqué par P. FLUCK, Institut de Géologie de Strasbourg).

Une importante anomalie géochimique stratégique Pb, Zn, Cu, Ag, As, définie par 8 points, s'étend dans le district, dans les régions de Buhl et Murbach. Elle correspond à une zone d'anciens travaux (Le Demberg, par exemple) et elle provient certainement d'une pollution par ceux-ci. On n'y a pas effectué d'échantillonnage complémentaire.

Par contre, immédiatement au NE de Buhl, un échantillon isolé montrait des teneurs très élevées : Pb : 730 ppm, Zn : 2 500 ppm, Cu : 651 ppm et

Ag : 5 ppm, qui ne provenaient apparemment pas d'une telle pollution ; cet échantillon était situé dans le Buntsandstein, au voisinage immédiat d'une faille. Après vérification, on effectua autour, en 1979, une petite prospection géochimique tactique (121 échantillons analysés pour Pb, Zn, Cu et Ag). Les résultats furent entièrement négatifs (Pb $\leq$ 40 g/t, Zn $\leq$ 40 g/t, Cu $\leq$ 15 g/t, Ag $\leq$ 0,5 g/t et, bien que cela ne soit pas apparent, l'anomalie ponctuelle est due à une pollution d'origine inconnue.

3.2.2.13 - Bergenbach (68) (Cu, Ni) - Carte à 1/50 000 de Munster

L'indice Cu-Ni de Bergenbach, commune d'Oderen (68), a été découvert en 1970, au cours d'une visite de la carrière. Il est situé sur le versant droit (ouest) de la haute vallée de la Thur et il est encaissé dans un banc de serpentinite minéralisé par de la pyrrhotite, de la pentlandite, de la cubanite, de la bravoïte, de la chalcopyrite et de la magnétite.

Cette serpentinite, dont un niveau est exploité dans la carrière, appartient à un ensemble complexe comprenant des gabbros (type euphotide), des conglomérats à éléments de gabbros et de serpentinites, des gneiss à deux micas et amphibole, des schistes verts volcaniques et des harzburgites. Cet ensemble est "exotique", car il fait partie de la "klippe de Thalhorn" qui est l'un des deux principaux jalons, avec la "klippe du Treh" (sur l'autre versant de la vallée), d'une grande ligne de chevauchement de la série du Markstein (Viséen supérieur) sur la série d'Oderen (Viséen inférieur). Les roches de ces "klippes", et donc la serpentine minéralisée, ne forment que des écailles arrachées au substratum anté-viséen.

Toutefois, un ancien auteur allemand, G. LINCK (1898), pensait que les roches cristallines de Thalhorn apparaissaient dans un pli anticlinal et constituaient la base du Culm. De même, la notice de la carte géologique à 1/80 000 de Lure, seule carte existant à l'époque, mentionnait que le substratum gneissique du "Tournaisien et Dévonien supérieur" apparaissait en deux endroits, à Treh et à Thalhorn, où un puissant conglomérat à galets de gneiss et d'amphibolites reposait sur un affleurement de serpentine. Il existait donc une indétermination et, pour le sujet qui nous intéressait, il était essentiel de la lever. Aussi, a-t-on demandé une étude géologique, qui fut effectuée par B. HENRY, en 1971.

Comme conclusion de cette étude, l'hypothèse du charriage est apparue la plus plausible. Les roches ultra-basiques, entraînées à la semelle de ce charriage, se présentent donc en volumes lenticulaires dans un conglomérat souvent

transformé en brèche tectonique. Cependant, pour des auteurs actuels tels que M. RUHLAND (1961-62), le conglomérat formant la masse essentielle de la "klippe" ne serait pas obligatoirement d'origine "exotique", car il en existe d'autres dans le Viséen encaissant.

Avec l'hypothèse retenue comme la plus vraisemblable, la possibilité de trouver un gisement Ni-Cu disséminé économique est à peu près nulle : aucune des lentilles de serpentinite ne peut présenter le volume nécessaire pour contenir un tel gisement. Il est très possible que des concentrations sulfurées aient existé dans le site originel (complexe ultra-basique différencié dans un encaissant cristallophyllien), mais on ne trouve aucun indice de sulfures submassifs ; au contraire, les teneurs observées sont très faibles.

Une prospection géophysique : magnétisme ou polarisation spontanée (PS), à effectuer le long de la "ligne des klippes", fut proposée par B. HENRY, pour rechercher les débris éventuels d'amas sulfurés entraînés par le charriage. Mais, les chances de succès étant trop faibles, voire nulles, cette proposition ne fut pas retenue.

L'indice trouvé lui-même forme une bande minéralisée interstratifiée dans la serpentinite de la carrière, épaisse de 1 m environ et visible sur 10 m de longueur en direction E-W ; son pendage, conforme, est de 45°S environ.

L'étude pétrographique a montré que la roche initiale était constituée par de l'olivine et du pyroxène, en proportions variables, de telle sorte que sa composition variait entre celle d'une wehrlite et celle d'une pyroxénolite à olivine. Elle a été ensuite modifiée par une serpentinisation, un métamorphisme ayant produit une recristallisation en diopside, une cataclase et une altération hydrothermale, avec pseudomorphose complète des olivines par de la serpentine et du clinochlore, cette chlorite étant très envahissante. L'encaissant, pyriteux, est formé par d'anciennes péridotites complètement altérées, constituées par de la serpentine, de la chlorite, de la trémolite et du talc, et renfermant des sulfures disséminés très fins.

La minéralisation principale, également très fine et disséminée, comprend de la pentlandite, de la pyrrhotite, de la pyrite, de la bravoïte, de la cubanite et de la magnétite, avec des traces de chalcopyrite. La pentlandite, sulfure fréquent, présente des petites plages xénomorphes pouvant dépasser 0,5 mm, indépendantes ou associées à la pyrrhotite, laquelle peut renfermer de rares micrograins de pyrite. Cette pentlandite est localement transformée en

bravoïte et la plupart de ses plages sont remplacées sur leurs bordures par de la magnétite, qui constitue aussi des agrégats indépendants dont la forme laisse supposer qu'il s'agit d'une pseudomorphose de pentlandite ; dans certains cas, d'ailleurs, ces agrégats renferment des résidus du sulfure.

La pyrrhotite, minéral le plus abondant, peut remplacer la pentlandite associée et peut renfermer des exsolutions de celle-ci ; elle présente également des agrégats indépendants de cristaux tabulaires. De la cubanite, relativement fréquente, forme des plages indépendantes et non des lamelles dans la chalcopyrite, laquelle apparaît plus rare. On peut signaler, enfin, quelques traces de blende, constituant de fines exsolutions dans la chalcopyrite, et quelques fines paillettes de graphite.

La présence de pentlandite et cubanite indépendantes, ainsi que l'absence totale d'ilménite, étaient a priori des faveurs favorables pour la recherche du nickel. Mais, les analyses effectuées n'ont donné que des valeurs très faibles :

- une première analyse, concernant un petit échantillon (ordre du kg environ), a fourni seulement les teneurs suivantes : 0,32 % Ni total ; 0,075 % Cu ; 0,23 % Co et 0,27 % Cr ;

- une seconde analyse, concernant un échantillon plus représentatif (une centaine de kg), a donné des chiffres encore plus faibles : 0,14 % Ni total ; 0,018 % Cu ; 95 g/t Co ; 0,16 % Cr.

A elle seule, la faiblesse de ces teneurs enlèverait tout intérêt économique à l'indice, indépendamment de toute considération de tonnage.

Si cet indice Ni-Cu de Bergenbach ne peut donc pas présenter d'intérêt économique, il présente cependant un intérêt métallogénique, car il s'agit de la première découverte de sulfures Cu-Ni dans des ultra-basites, non seulement dans les Vosges, mais dans l'ensemble de la France. Mais, malheureusement, il est lié à un contexte géologique très particulier ("ligne des klippes") et sa découverte ne pouvait laisser espérer d'autres découvertes en relation avec les divers corps de péridotites du Massif.

Pour terminer, on peut signaler la proximité du filon Ni-Co de Kruth (cf. ci-dessous). Sous toutes réserves, cette minéralisation (skuttérudite très nickélifère) pourrait avoir une relation génétique avec des serpentinites du type

carrière de Bergenbach, car elle pourrait résulter d'une remobilisation de la minéralisation disséminée de ces dernières.

3.2.2.14 - Kruth I (68) - (Ni, Co) - Commune de Kruth (68)

Le filon appelé Kruth I se trouve à 2 km au NE du village de Kruth, sur la rive droite (nord) du Glasseruntz, au lieu-dit Aborne, près du hameau de Runsche. Il se situe ainsi à 4 km seulement au NE de l'indice précédent de la carrière de Bergenbach.

Ce filon est encaissé dans des schistes rouges et verts datés du Dévonien inférieur et moyen, appartenant à l'écaille de Sauwas de la "ligne des klippes" définie plus haut. Des écailles voisines de serpentinites et gabbros nickélifères, intercalées dans cette "ligne des klippes", pourraient avoir fourni le cobalt et le nickel, lors de leur mise en place.

Des travaux supérieurs, appelés "Mine Fanny", ont été exécutés par les allemands entre 1902 et 1905, mais on ne possède aucun renseignement sur leur production ou non. Il y aurait eu ensuite quelques travaux de recherches vers 1940 et, enfin, en Octobre 1957 et Avril 1958, le BRGGM creusa une galerie inférieure au fond de la vallée.

Au total, ces travaux comportent 4 galeries dirigées du SSW au NNE, étagées sur une hauteur de 95 m : une galerie supérieure de 40 m (cote +25), la galerie Fanny (cote +10), longue de 110 m ; la galerie Kurt Ferdinand (niveau 0), longue de 160 m ; enfin, la galerie BRGGM (cote -70), longue de 326 m. Un petit dépilage, long de 30 m environ, se trouve entre les galeries Fanny et Kurt Ferdinand.

Le filon exploré est dirigé NNE-SSW, avec un pendage de 70°E. Sa caisse, bien marquée, présente une puissance moyenne de 1,50 m dans la galerie inférieure du BRGGM ; elle est connue sur une hauteur de 95 m et une longueur de 320 m et elle serait limitée par une faille vers le NNE, faille atteinte par les travaux supérieurs. La minéralisation utile est très lenticulaire et, dans la galerie inférieure, il existe seulement, sur un tracé total de 326 m, deux passées minéralisées de 14 m et 8 m présentant une puissance réduite de 1 cm et une teneur en Ni + Co égale à 0,5 % seulement. Aussi, le gîte ne peut-il présenter aucun intérêt économique.

Le remplissage est formé principalement par du quartz et de la sidérite, cette dernière pouvant être oxydée en "limonite", qui renferment de la pyrite et, dans les deux petites lentilles, de la skuttérudite - Ni et de la smaltite dont les géodes sont tapissées par des aiguilles de millérite.

La production a été nulle ou très faible et les réserves sont nulles.

3.2.2.15 - Kruth II (68) - (U, Co, Ni, As) - Carte à 1/50 000 de Munster

L'indice de Kruth II, surtout connu pour son uranium, se trouve à 2,5 km au SW du filon de Kruth I, sur le flanc ouest de la vallée de la Thur, dans le granite porphyroïde du Bramont*. Il s'agit d'un filonet quartzeux de 2 ou 3 cm, dirigé NNE-SSW et en relation possible avec la grande faille de la Thur. Il renferme une association minérale très complexe, comprenant une lentille superficielle de pechblende et coffinite de remaniement (quelques kg) et, dans les épontes, de la skuttérudite - Ni associée à de la löllingite. Un sondage exécuté par le CEA, au début des années 1960, n'a pas retrouvé la minéralisation à 20 m de profondeur.

Pour être complet, on peut enfin signaler, dans cette zone de la haute vallée de la Thur, un petit filon de barytine, sur la rive gauche, au SE d'Oderen.

3.2.3 - Région au Sud du massif des Ballons

PARTIE ORIENTALE (A L'EST DE LA GRANDE FAILLE DE SAINTE-MARIE-RETOURNEMER

Cette région SE du Viséen des Vosges méridionales renferme le 3ème district Pb - Zn - Cu - Ag des Vosges par ordre d'importance, celui de Giromagny (90) - Auxelles-Haut (90) - Plancher-les-Mines (70), et, accessoirement, de petits gîtes de fer (Saulnot). On peut y ajouter maintenant l'indice d'or natif du bois d'Apremont et, étant donné sa liaison, au titre de la prospection, avec cet indice, l'anomalie W-Sb du bois de La Ture qui, en fait, intéresse le Permien.

---

* A strictement parler, il se rattache donc aux Vosges moyennes, mais il est plus logique de le décrire avec Kruth I.

3.2.3.1 - Giromagny (90) - Auxelles-Haut (90) - Plancher-les-Mines (70) - (Pb, Zn, Cu, Ag) - Carte à 1/50 000 de Giromagny

Ce district, qui a été le 3ème producteur de cuivre, plomb et argent des Vosges hercyniennes, après ceux de Sainte-Marie-aux-Mines et de La-Croix-aux-Mines, se trouve à 15 km environ au nord de Belfort, sur les premiers contreforts montagneux au sud du Ballon d'Alsace, dans le territoire de Belfort (90) et le département de la Haute-Saône (70). Comprenant au total une quarantaine de filons, il est constitué par 3 champs distincts (Plancher-les-Mines (70) ; Auxelles-Haut (90) ; Giromagny-La Savoureuse (90)), encaissés dans les séries viséennes volcaniques et volcano-sédimentaires des Vosges méridionales.

Comme Sainte-Marie-aux-Mines et, à un moindre degré La-Croix-aux-Mines, il comprend des filons Pb-Ag et des filons Cu-Ag différents. Excepté Saint-Georges, qui se trouve situé à 1 km plus au nord, dans un cadre géologique différent, les principaux filons cupro-argentifères, caractérisés par la présence de tétraédrite, se trouvent rassemblés dans le proche voisinage de Giromagny (secteur dit de Giromagny-Phanitor), dans une bande d'ignimbrites rhyo-dacitiques du Viséen supérieur, tout près du contact faillé avec le Permien du bassin de Giromagny-Ronchamp. Il s'agit essentiellement des filons célèbres de Teutschgrund, Saint-Daniel, Pfennigthurm et Saint-Pierre, qui firent jadis la fortune du district. Ailleurs, le plomb était dominant et il existait seulement de la chalcopyrite, à l'exclusion du cuivre gris.

Dès le début de la Mission Vosges, cette région était un territoire de recherche de la SNPA, territoire qui fut englobé dans le PER du Ballon de Servance. Aussi, n'a-t-elle pas été du tout étudiée par le BRGM et on la décrira brièvement à partir de la seule littérature. Il est toutefois à noter que, comme à Sainte-Marie et à La-Croix, les Anciens ont probablement dépilé tout le minerai exploitable, ce qui paraît être confirmé par les explorations de "spéléologie minière" dans les vieux travaux.

Historique

Tous les filons connus ont fait l'objet de travaux miniers et on peut diviser l'historique de ces travaux en 3 grandes périodes :

1) **Des origines à la fin de la guerre de Trente Ans (1648).** Les premiers travaux dans le district auraient débuté près de Plancher-les-Mines (appelé autrefois Planché), entre 1460 et 1470, et, comme ailleurs dans les Vosges, ils

auraient présenté un développement considérable au XVIème siècle. Les plus anciens documents écrits datent de 1506 et 1508, époque à laquelle les mines appartenaient à la Maison d'Autriche, en ce qui concerne la partie alsacienne (Giromagny et Auxelles-Haut), et des travaux sérieux eurent lieu à partir de 1590, date à laquelle fut construite une fonderie près de Pfennigthurm. C'est ainsi que, de 1591 à 1594, années de bénéfices, ces mines fournirent 112 tonnes de cuivre, avec 3 778 kg d'argent et 170 tonnes de plomb et litharge ; le minerai tenait 17 à 18% Cu, avec 3,9 à 4,8 kg/t Ag, le cuivre fondu étant livré à des négociants de Bâle. Puis, dans les deux décennies 1610 - 1620, au cours desquelles l'exploitation devint déficitaire, on sait que les travaux de Teutschgrund, Pfennigthurm et Saint-Pierre produisirent, plomb et cuivre non différenciés, 973 t de 1619 à 1622 et 652 t en 1629-30 ; la production totale d'argent, pour la période 1612-1630, atteignit 9239 kg, dont 72% en provenance des 3 mines précédentes, le reste étant fourni essentiellement par Gesellschaft (secteur d'Auxelles-Haut).

Peu après, commencèrent les dévastations de la guerre de Trente Ans, qui dura jusqu'en 1948 et entraîna la fermeture de toutes les anciennes mines. Certaines d'entres elles, telles Teutschgrund et Gesellschaft, ne furent d'ailleurs jamais plus reprises, en raison de la destruction de leurs galeries d'écoulement.

2) De 1648 à 1793. Après le rattachement de l'Alsace à la France par le traité de Westphalie, les mines précédentes furent comprises dans la donation du comté de Rosemont, faite par Louis XIV à Mazarin, en décembre 1659, donation qui fut annulée par une loi du 25 juillet 1791. Durant cette période 1659-1791, les travaux furent amodiées par le Cardinal et ses ayants droit à de nombreux exploitants divers.

Au cours d'une première phase (1659-1716), malgré de difficiles problèmes d'exhaure, l'activité sera soutenue dans les principales mines productrices d'argent (Pfennigthurm, Saint-Pierre et Saint-Jean), qui fournirent également de petites quantités de cuivre, par exemple 8,5 t en 1701 et 1702. Ces mines étaient exploitées, jusqu'en 1716, pour le compte du seigneur Paul-Jules de Mazarin, et, entre 1700 et 1709, les bénéfices nets annuels étaient de 40 000 F environ.

Puis, après un abandon d'une quinzaine d'années, commença une 2ème phase (1733-1793), au cours de laquelle les grandes mines de Pfennigthurm et de Saint-Pierre furent, à leur tour, définitivement abandonnées vers 1750. Mais, pour faire face à la pénurie d'argent et de cuivre, on mit en exploitation des "filons de second plan" jusque là délaissés : Saint-Urbain, Saint-Martin, Sainte-Barbe,

Saint-Daniel, Saint-Philippe, ..., on traita les anciennes haldes et on amorça de grands travers-bancs, dont celui de Saint-Daniel. Cependant, à part quelques années exceptionnelles, les productions allaient sans cesse en décroissant et on n'atteignit plus les chiffres des XVIème et XVIIème siècles. Par exemple, en 1741, Pfennigthurm, près de sa fermeture, fournit 4,4 t de minerai à 10-12% Cu et 1 kg/t Ag, et, de 1764 à 1771, la production atteignit seulement 10,92 t Cu, 103,16 kg Ag, 9,5 t Pb et 15,08 t de litharge.

Toute extraction cessa en décembre 1783, mais les travaux furent poursuivis jusqu'au 1er août 1791, consacrés exclusivement à l'avancement des travers-bancs Saint-Daniel et Saint-Philippe. Après l'annulation de la donation, les mines devinrent possession de l'Etat, en 1793.

3) De 1793 à nos jours. Au cours d'un premier demi-siècle (1783-1843), tous les travaux restèrent suspendus, mais, toutefois, ils firent l'objet de nombreux rapports officiels et, finalement, une concession (Giromagny) fut octroyée le 26 mars 1843, en faveur du sieur C. P. Collard de Martigny.

Depuis cet octroi, on peut noter plusieurs essais de remise en valeur, avec des interruptions plus ou moins longues, les plus importants étant ceux de Collard, entre 1843 et 1848, de Gasc, entre 1890 et 1893, et, plus récemment, ceux de 1920 à 1930 limités aux anciens travaux de Saint-Martin, Saint-Urbain et Saint-Jean. Mais, les principales mines de cuivre argentifère ne firent l'objet d'aucune tentative, à part la mine Saint-Daniel qui produisit 200 kg Cu en 1847 et 1848.

Enfin, après la dernière guerre, quelques travaux de recherche infructueux sont à signaler de la part de la Cie Royale Asturienne des Mines (CRAM) et de la Société Minière et Métallurgique du Châtelet (SMMC). La première étudia spécialement Saint-Daniel, tandis que la SMMC, au début des années 1960, réaménagea certains travaux anciens, en particulier au Teutschgrund.

Généralités

Loin d'être homogène, la répartition des filons montre quatre groupes géographiques, séparés par des zones peu ou pas minéralisées. Ces secteurs sont ceux de Plancher-les-Mines (70), Auxelles-Haut (90), Giromagny (90) et Lepuix-Gy (90). Les deux premiers sont liés spatialement à des faisceaux de dislocations NNE à NE, rarement NNW, le troisième montre une distribution en peigne grossièrement N-S, au contact de la faille N80°E mettant en contact anormal le Viséen supérieur

et le Permien ; quant au quatrième, plus dispersé, ses directions sont variables, avec une prédominance subméridienne.

Les proportions quantitatives des trois métaux Pb-Zn-Cu varient selon ces 4 groupes :

Plancher-les-Mines	:	Pb > Cu (localement Zn)
Auxelles-Haut	:	Pb (Cu accessoire, Zn dans un seul filon)
Giromagny	:	Pb et Cu en proportions équivalentes
Lepuix-Gy	:	Pb (Zn très rare)

Ces distinctions tiennent au fait que la galène est plutôt liée à une première venue essentiellement quartzeuse et la tétraédrite et la chalcopyrite à une seconde venue fluorée (sauf dans le secteur de Plancher-les-Mines où la distinction est moins nette), ces deux formations étant irrégulièrement développées selon les secteurs. Des venues tardives de quartz stérile (moulant la fluorine), puis de calcite (peu abondante), complètent la succession.

Une subdivision plus fine peut être établie en considérant l'apparition (dans la paragenèse à fluorine-chalcopyrite) de la tétraédrite dans la partie méridionale, c'est-à-dire dans les mines de Giromagny-Phanitor et (cf. de GENSSANE, 1756) dans celle de Gesellschaft, à Auxelles-Haut. Ce sont ces filons argentifères qui firent la célébrité du district aux XVIème et XVIIème siècles. Peut-être l'apparition de la tétraédrite est-elle due à une zonalité verticale ? A noter, comme exceptionnel, le filon Saint-Georges, à Lepuix, qui comporte des sulfo-antimoniures et des sulfo-arséniures de Cu et Pb, dans une gangue quartzeuse.

Le rôle des accidents tardifs NNE-SSW apparaît clairement pour les secteurs de Plancher-les-Mines et Auxelles. Il semble que les failles elles-mêmes soient partiellement minéralisées (filons de la Montagne Suisse et du Querti), ce qui est un argument de poids pour l'âge tardif des venues. Dans le détail, les directions filoniennes oscillent autour de l'orientation moyenne de ces failles.

A l'opposé, les filons de la zone méridionale du secteur de Giromagny-Phanitor (zone à tétraédrite) ont une direction N-S assez constante et se regroupent le long de la grande faille, silicifiée et partiellement minéralisée. Les filons de Saint-Jean d'Auxelles sont greffés sur la même faille ENE.

Le remplissage filonien était concentré en colonnes de faible extension horizontale, mais de grande hauteur verticale (340 m à Saint-Jean d'Auxelles). Il comprenait essentiellement de la galène, de la chalcopyrite et de la tétraédrite, auxquelles pouvaient s'ajouter de la blende, du mispickel et de la chalcocite. La gangue comprenait essentiellement du quartz (première venue) et de la fluorine (deuxième venue), laquelle disparaissait en profondeur, accessoirement de la barytine et de l'ankérite, celle-ci pouvant être altérée en "limonite".

Les principaux minéraux d'oxydation, bien représentés dans les haldes du Solgat, sont la cérusite, l'azurite, la malachite et la mimétite, et, comme curiosité minéralogique, A. LACROIX (1896) a signalé du cinabre*.

Descriptions particulières

Secteur de Giromagny (90)

1) Saint-Pierre. La mine Saint-Pierre, qui fut l'un des trois centres (avec Pfennigthurm et Saint-Jean) ayant survécu à la guerre de Trente Ans, se trouvait au pied SW du Mont Jean, au voisinage immédiat du quartier Saint-Pierre de Giromagny. D'après GUILLOT-DUHAMEL fils, le filon exploité était dirigé NE-SW, avec un pendage NW de 60°. Sa minéralisation comprenait essentiellement de la tétraédrite, de la chalcopyrite, de la galène et de la fluorine passant au quartz en profondeur, accessoirement du mispickel et de la chalcocite.

Comme pour les autres filons du secteur, on en trouve une première mention dans un rapport de 1607-08 et, entre 1612 et 1630, il tenait la tête des producteurs d'argent (30% en 1613, 42% en 1621, ...). Il fournissait également du cuivre et ses productions connues de minerais argentifères (sans autres précisions) furent de 297 t entre 1619 et 1622 et de 202 t en 1629 et 1630, les teneurs en Ag variant de 1,05 à 3 kg/t.

Abandonnée en 1633, en raison des troubles de la guerre de Trente Ans, cette mine fut reprise dès 1648 et elle joua un rôle important jusqu'au début du

---

* Il est certain que l'association minérale doit être, en réalité, beaucoup plus complexe et comporter des minéraux microscopiques et des inclusions diverses. Mais, pour les raisons énoncées plus haut, on n'a pu effectuer aucune étude minéralographique.

XVIIIème siècle, malgré les difficultés d'épuisement et d'aérage. Suspendus de 1716 à 1733, comme ceux des autres centres, ses travaux furent repris jusqu'à la fermeture définitive de 1750. Pour assurer l'exhaure, une roue hydraulique de 10 m de diamètre, alimentée par un canal de dérivation de 1 500 m, actionnait 22 pompes.

Les travaux comprenaient 13 descenderies superposées dans le plan du filon, totalisant une profondeur de 480 m suivant ce plan, au-dessous du niveau de la rivière La Savoureuse. Le minerai, d'après de GENSSANE (1756), y aurait été toutefois peu abondant et, à l'endroit le plus riche (3ème descenderie), il atteignait au maximum une puissance de 2 à 3" seulement (55 à 80 mm). Il est à noter l'existence d'un travers-bancs qui donnait également accès à une mine peu connue, la mine Saint-Joseph.

2) **Pfennigthurm**. Le filon de Pfennigthurm était la première fracture minéralisée du travers-bancs Saint-Daniel. Il était dirigé N-S, avec un pendage E de 70° à 80°, son développement en direction restant inconnu. Plus riche que le filon voisin Saint-Daniel, sa minéralisation, de même nature, comportait essentiellement de la tétraédrite, de la chalcopyrite, de la galène et de la fluorine.

Avant sa première mention écrite de 1607-08, il avait déjà fait l'objet de travaux importants et il fut l'un des centres principaux du district entre 1612 et 1630. Pendant cette dernière période, il fournit ainsi les quantités suivantes d'un minerai hétérogène formé par des mélanges divers de chalcopyrite et cuivre gris : 115 t de 1619 à 1622 et 143 t en 1629-30 ; ses productions d'argent représentaient 5 à 18 % de la production totale.

Les travaux furent suspendus de 1633 à 1659, en raison de la guerre de Trente Ans, puis, jusqu'au début du XVIIIème siècle, le filon fut l'un des principaux producteurs d'argent. Il fournit 12 t de minerai dès 1659, pour atteindre 85 t en 1667, 54 t en 1678 et 21 t pendant 9 mois de 1701 ; ce minerai était particulièrement riche en argent (3,9 à 4,8 kg/t Ag).

Après la suspension générale de 1716-1733, la mine, remise en exploitation jusqu'en 1750, était "la plus considérable du pays". Elle comportait 12 puits inclinés (appelés "chocs") ayant chacun 32 m de longueur, ce qui donnait une profondeur totale de 384 m suivant le plan du filon. Les plus belles minéralisations se trouvaient au niveau du 12ème puits et au-dessous, notamment un filet de 8 cm d'épaisseur connu sur une longueur de 8 m et un filet de 16 cm de "mine d'argent et cuivre sans roc" ; au-dessus, le minerai n'était que de la "mine à

pilon".

Une tentative de dénoyage par de GENSSANE échoua, la mine ayant pu être asséchée seulement jusqu'au 7ème puits.

3) Teutschgrund (déformation de "Terre allemande"). Ce filon, abandonné définitivement au début de la guerre de Trente Ans, se trouve dans la forêt des Hautes-Planches, à 600 m à l'ouest du filon Saint-Daniel. Il était dirigé N-S, avec un pendage E de 70°, et sa minéralisation, comme celles des autres filons du secteur, comportait essentiellement de la tétraédrite, de la chalcopyrite et de la galène, dans une gangue de fluorine et quartz, avec de la cérusite et de la malachite accessoires. Le développement en direction atteignait au maximum 1 km.

A l'époque des premières statistiques connues, entre 1612 et 1630, ses travaux faisaient figure de "grande mine" et ses productions ont été les suivantes : 561 t entre 1619 et 1622 et 307 t en 1629-30. Les minerais comprenaient trois catégories : 7 à 12 % Cu, 1,8 à 2,55 kg/t Ag ; 6% Cu, 0,3 kg/t Ag ; 20% Pb, 0,75 kg/t Ag, et les productions d'argent représentaient entre 9 et 32% de la production totale.

Les travaux furent abandonnés en 1633, par suite des troubles de la guerre de Trente Ans, et, depuis, il y eut seulement quelques tentatives infructueuses de remise en valeur, au cours du XVIIIème siècle. Aussi, ces travaux anciens restent-ils très mal connus, les plus importants se trouvant dans la partie sud où existent plusieurs travers-bancs. Ils ont probablement reconnu et dépilé une colonne haute de 200 m au moins. Parmi les travers-bancs ouverts avant la guerre de Trente Ans, deux avaient des longueurs considérables : le premier 800 à 900 m et le second, situé à 200 m au-dessous, 1 400 à 1 600 m.

4) Saint-Daniel. Le filon Saint-Daniel, dans le quartier du Phanitor, était dirigé N-S, avec un pendage E de 70°-75°. Il présentait un allongement de 400 m au moins et son association minérale, caractéristique du secteur, comprenait du quartz, de la fluorine, du cuivre gris, de la chalcopyrite, de la galène et de la malachite. Les minerais de cuivre et de plomb, étroitement associés, constituaient deux colonnes : "Ancien et Nouveau Saint-Daniel", qui présentaient un léger plongement nord et un développement réduit en direction. La surface dépilée, dont la production n'est pas connue, atteignait 6 000 m^2 et, en dehors des colonnes, on trouvait seulement du quartz blanc stérile.

Les premiers travaux de quelque importance, concentrés dans la colonne "Ancien Saint-Daniel" , eurent lieu de 1733 à 1740 environ ; leur développement horizontal atteignait 100 m au plus et leur profondeur 40 m environ ; la puissance était seulement de 16 cm de minerai non massif et la production mensuelle atteignait 70 qx (31 t) de galène à 45% Pb et 40 qx (17,5 t) de minerai d'argent (sans doute cuivre gris).

Ces travaux furent poursuivis par de GENSSANE de 1740 à 1744, jusqu'au niveau du traçage ultérieur N-S appelé Niveau 0. La minéralisation, sporadique et non massive, tenait 15 à 18 % Cu, un peu de Pb et 1,8 à 2,4 kg/t Ag. Puis, au cours de la seconde moitié du siècle, on mit en exploitation la colonne "Nouveau Saint-Daniel", on exécuta le travers-bancs de la cote 500, appelé aussi "percement de Pfennigthurm", qui atteignit le filon vers 275 m, et on creusa la galerie en direction à ce niveau, vers les colonnes situées au sud.

Au XIXème siècle, quelques travaux effectués entre 1846 et 1848 permirent l'extraction de quelques tonnes de minerai (tétraédrite et chalcopyrite), dans la colonne du "Nouveau Saint-Daniel". Puis, entre 1890 et 1893, eut lieu une dernière tentative de remise en valeur, au cours de laquelle on creusa la descenderie Gasc, longue de 75 m, et on exécuta un traçage au nord du travers-bancs ; mais, les résultats économiques furent décevants, et, en conséquence, les travaux du filon furent définitivement abandonnés.

Quatre nouveaux filons furent découverts dans le travers-bancs Saint-Daniel, dont le premier, près de l'entrée, était stérile.

5) Le deuxième, le filon Saint-Louis, rencontré à 50 m, était minéralisé, comme Saint-Daniel, en cuivre gris, chalcopyrite et galène, dans une gangue de quartz et fluorine ; dirigé NNE-SSW, il présentait un pendage E de 62°. En 1791, il y existait 180 mètres de galeries et deux puits superposés de 4 m et 8 m ; l'extrémité NE des galeries aboutissait dans les travaux de Pfennigthurm.

6) Le troisième filon, appelé filon Solgat, situé à 90 m de l'entrée, était dirigé N-S, avec un pendage E de 70°. Son association minérale était la même avec, en plus, du mispickel cobaltifère (danaïte) et de l'érythrite. Il y existait quelques anciens traçages, aux cotes 540 et 515, réouverts en 1890-1891.

7) Le quatrième était le filon Saint-Nicolas, situé 60 m à l'est du filon Saint-Daniel. Sa minéralisation était la même et, dirigé N-S, il présentait un pendage E de 75°. Les travaux y étaient peu développés : leur longueur atteignait

50 m au maximum et leur hauteur était inférieure à 40 m. La puissance était seulement de 5 à 6 cm et la teneur en Ag atteignait 1,8 kg/t.

Secteur de Lepuix-Gy (90)

8) **Saint-Georges.** Ce dernier filon cuprifère à tétraédrite dominante se trouve en dehors du secteur précédent Giromagny-Phanitor, dans un contexte géologique différent. Situé 200 m à l'est de l'église de Lepuix-Gy, il est dirigé ESE-WNW et il pénètre dans les tufs grossiers du Viséen supérieur, tout près de leur contact avec les ignimbrites rhyo-dacitiques.

Les travaux principaux y ont été exécutés dans la seconde moitié du XVIIIème siècle, avant l'arrêt général de 1783. Ils comportaient essentiellement 2 traçages superposés, longs de 40 m et 100 m, avec une descenderie de 20 m, dans lesquels la minéralisation en cuivre était assez soutenue.

9) **Sainte-Marie.** Ce filon, peu important, se trouve à peu de distance au NW de Lepuix-Gy, sur la rive gauche du ruisseau de La Bensinière. Cité par de DIETRICH (1789), il serait dirigé environ N-S et sa minéralisation était formée par de la galène dans une gangue de quartz, mais elle ne donnait que de la "mine à bocard" et les travaux furent rapidement abandonnés. En 1789, ces travaux consistaient en deux travers-bancs très rapprochés.

10) **Saint-Michel.** Ce filon, également plombifère, est situé en amont de Sainte-Marie, sur le même versant du vallon de La Bensinière, à 1 300 m environ au NW de l'église de Lepuix-Gy. Il était dirigé N-S avec un pendage ouest, et son minerai était de la galène, dans une gangue de quartz et calcite (abondante ici).

Les travaux comprenaient une galerie de 16 m, à l'extrémité de laquelle se trouvait un puits de 9,50m, ainsi que deux travers-bancs, dont le plus élevé atteignait le filon à 40 m de l'entrée. Ces travaux furent exécutés avant 1741.

11) **Les Trois Rois** et 12) **La Bensinière.** Il s'agit d'anciens travaux situés plus en amont dans le même vallon, sur lesquels on ne possède plus de renseignements.

13) **Saint-André.** Ce filon, encaissé dans les niveaux schisto-grauwackeux inférieurs de la série de Giromagny, se rencontre à 500 m environ au SE de l'hôtel Tourtet de Malvaux, sur la rive gauche de la goutte des Forges, au bord du chemin de Saint-André. Il était encaissé dans une zone broyée

subverticale dirigée N40°E et sa minéralisation était formée par de la galène, dans une gangue de quartz et de fluorine.

Cette mine de plomb était en exploitation avant la guerre de Trente Ans et elle fut reprise entre 1686 et 1692. Les travaux, importants, étaient exécutés sur deux points appelés "Vieux et Nouveau Saint-André". D'après de DIETRICH (1789), ils comportaient une galerie de 800 m et 4 travers-bancs échelonnés sur la rive gauche de la goutte des Forges, jusqu'au niveau du ruisseau. En bref, cette mine se trouve en bonne position parmi les anciens producteurs de plomb de la région de Giromagny.

14) **Sainte-Barbe.** Le filon Sainte-Barbe constituait probablement le prolongement SW du filon Saint-André et son minerai était de la galène, dans une gangue de quartz et calcite. On y avait ouvert deux percements distants verticalement de 15 m, longs respectivement de 70 m et 20 m, et, à l'extrémité du percement inférieur, une descenderie qui aboutissait à de vieux travaux.

15) **Saint-Nicolas-des-Bois.** Ce filon est situé sur le flanc ouest de la Tête Saint-Nicolas, à 400 mètres au NE de l'hôtel Tourtet, sur la rive gauche de la Savoureuse. Encaissé dans des labradorites de la base du Viséen supérieur, il est dirigé N40°W, avec un pendage NE de 70°, et il est puissant de 30 cm environ. Sa minéralisation comprenait de la galène et de la chalcopyrite, dans une gangue de quartz à boxworks de fluorine.

Les travaux, actifs au début du XVIIème siècle, comprenaient 2 travers-bancs ouverts à des époques différentes. Le plus ancien, d'une longueur de 40 m, avait permis le traçage de la fracture sur quelques mètres, et il existait une descenderie de 11 m. Actuellement, ce filon est jalonné par des fouilles superficielles.

16) **"Gold Grub".** Ce filon est situé à 200 m au NW de l'Ecole de Malvaux, sur la rive droite de la Savoureuse, dans la Montagne Sainte-Barbe. On y a signalé de l'or dans du mispickel aurifère", mais cette assertion reste à vérifier. Trois anciens travers-bancs, dont l'un d'eux au moins a recoupé le filon, sont visibles le long de la route du Ballon d'Alsace*.

---

* Les prospections récentes de la SNEA (P) ont découvert une minéralisation en scheelite associée au mispickel, dans la caisse filonienne. Cette découverte peut remettre en cause l'âge tertiaire attribué à la métallogenèse du district et on doit la rapprocher de la découverte d'Auxelles-Haut décrite plus haut.

17) Saint-François. Ce filon se situerait à 1 km au nord de Lepuix-Gy, sur la rive droite de la Savoureuse. Son minerai était de la galène rendant 40% Pb et 0,9 kg Ag/t.

Les anciens travaux comportaient une galerie de 44 m, dans laquelle étaient creusés deux puits de 19 m et 29 m. Plus tard, de GENSSANE fit amorcer une 3ème descenderie, mais, le minerai ayant totalement disparu au fond, la mine fut définitivement abandonnée en 1743.

18) Filons Querti-Saint-Antoine. Cette appellation désigne un système filonien mal connu, que l'on pourrait également rattacher au groupe d'Auxelles-Haut. Il s'étend en direction NNE-SSW depuis le col du Querti au col du Vieil Etang et il comporte des filons essentiellement quartzeux avec galène, chalcopyrite et malachite très accessoires ; le quartz peut pseudomorphoser de la fluorine.

Les travaux exécutés y ont été très restreints : de GENSSANE fit exécuter un travers-bancs dans les environs du col du Vieil Etang, à proximité de deux anciennes galeries éboulées et, au début du XXème siècle, au voisinage de la goutte Saint-Guillaume, un travers-bancs permit le traçage d'un filon, parfois minéralisé en malachite.

Secteur d'Auxelles-Haut (90)

19) Saint-Jean. La mine Saint-Jean d'Auxelles constitue le plus gros gîte de galène des Vosges méridionales : le tonnage extrait est estimé à 27 500 tonnes de Pb S (à 86% Pb) et à 15 tonnes d'argent. Située sur le flanc du Mont Ménard, à environ 700 mètres à l'ouest du village d'Auxelles-Haut, la minéralisation est encaissée dans un complexe volcanique du Viséen inférieur et elle bute au sud contre une faille qui met en contact ce complexe et la série schisto-grauwackeuse de Plancher-Bas. Dans le détail, coexistent 3 fractures d'importance inégale : le filon Saint-Jean, dirigé N-S avec un pendage 70°E ; le filon Delta, de direction NW-SE avec un plongement 70°NE, la faille, orientée N80° avec un pendage de 60°S. Les deux premiers filons viennent buter au sud contre cette faille.

Le filon Saint-Jean constitue le principal filon de la mine. La partie la plus minéralisée a la forme d'un coin qui mesure environ 350 m dans sa plus grande dimension et qui va en s'amincissant de la cote 670 à la cote 394, décroissant de 80 mètres (cote 670) à 12 mètres (cote 394) en longueur. Sa puissance peut atteindre 3 mètres.

Cette zone minéralisée est appelée "colonne Saint-Jean" et elle correspond à la partie la plus riche de l'exploitation. Il s'agit de galène massive atteignant une épaisseur moyenne de 0,50 m à 0,25 m au minimum, associée à un peu de chalcopyrite, de quartz et de calcite.

Au nord de la "colonne Saint-Jean", se développe la "colonne Albazin", d'une longueur constante de 20 mètres. Sa puissance oscille entre 0,60 m et 1 m et sa minéralisation, rubanée, est formée de petits lits centimétriques de galène, empâtés dans une gangue de quartz et calcite.

Au nord de cette "colonne Albazin", se trouve la "colonne Saint-Jean bréchiforme" : il s'agit d'une brèche à éléments de quartz et andésite altérée, mêlés ou non à de la minéralisation.

Le filon Delta et la faille comportent une minéralisation de même nature que celle de Saint-Jean, mais elle est beaucoup moins développée et elle n'a jamais été exploitée.

Les principaux niveaux d'exploitation et de recherche sont les niveaux 600, 489 et 428, tous trois surtout développés dans le seul filon Saint-Jean, à moins de 200 m au nord de la faille et principalement au voisinage de cet accident. Ils sont tous ouverts dans les andésites du Mont Ménard, sauf la partie sud du grand travers-bancs de la cote 489, creusée dans les schistes et grauwackes. Entre 1890 et 1893, le fonçage du puits Gasc, puits vertical de 240 m (entre les cotes 664 et 425), permit de retrouver de vieux dépilages étendus sur une hauteur de 340 m.

Cette mine fut encore reconnue dans la décade 1920-1930 : traçages aux niveaux 489 et 428 dans la "colonne Albazin", tentatives de dénoyage des anciens dépilages de la "colonne Saint-Jean", en aval-pendage du niveau 428. On peut considérer qu'elle est actuellement épuisée.

La minéralisation comporte, outre la galène, du cuivre gris, de la chalcopyrite, de la blende, de la pyrite et du glaucodot, dans une gangue de quartz, calcite, fluorine et sidérite. La galène, minerai principal, englobe tous les autres sulfures : elle peut être associée à des filets de covellite orientés cristallographiquement. La chalcopyrite, en quantité non négligeable, est peu altérée ; elle est seulement cernée par de fins liserés de covellite, plus rarement de chalcocite.

Le cuivre gris, rare, englobe des cristaux de chalcopyrite. La blende est également rare et elle corrode les petits cristaux automorphes de glaucodot, minéral formant souvent des filets aux épontes. La pyrite n'existe qu'à l'état de traces.

Non loin de l'entrée de la mine, des affleurements d'une roche volcanique aphanitique sont parcourus de filets millimétriques de pyrite et mispickel. On peut enfin souligner le voisinage de la minéralisation de Saint-Jean et de celle scheelitifère du Hautot (ou Auxelles-Haut).

20) **Sainte-Barbe.** Ce filon se trouve sur le sommet et le versant NE du Canton Suisse, à 1 km environ au nord d'Auxelles-Haut. Dirigé NE-SW, avec un pendage SE de 80°, il est encaissé dans les schistes et grauwackes du Viséen supérieur. Sa minéralisation comporte de la blende, de la galène, de la chalcopyrite et du cuivre gris, dans une gangue de quartz et fluorine. Ici, contrairement aux autres filons, la blende est abondante.

Sa première exploitation remonterait aux années 1686 - 1692 et, en 1741, il y existait une galerie de 44 m, avec un puits de 29 m. Puis, d'autres travaux furent exécutés dans la seconde moitié du XVIIIème siècle, dont des percements aux cotes 760 et 700, sur le versant NE de la Montagne. Enfin, on peut signaler quelques tentatives de réouverture au XIXème siècle.

Il est possible que ce soit la présence de la blende qui ait freiné les anciennes exploitations.

21) **Filon Schelmutte.** Ce 2ème filon de la Montagne de la Suisse se trouve à 250 m à l'ouest des étangs Boigeol, au sud du filon Sainte-Barbe. Dirigé ENE-WSW, avec un pendage NNW de 80°, il renferme, dans une gangue de quartz, de la galène, de la chalcopyrite et de la pyrite, peu abondantes. Il est encaissé dans des schistes ("tufs fins").

Ses anciens travaux remonteraient à la phase d'activité minière 1747-1756, époque à laquelle fut effectué le traçage de la cote environ 760, traçage motivé par la pénurie de cuivre entraînée par l'arrêt, vers 1750, des centres de Pfennigthurm et Saint-Pierre. Mais, en raison de sa pauvreté, ce filon fut rapidement délaissé.

22) **L'Homme Sauvage.** Ce filon, dirigé probablement NE-SW, est situé à 600 m environ à l'est de la Tête des Sapins, dans des brèches et andésites

porphyriques. Il renfermait de la galène, dans une gangue de quartz.

Les premiers travaux sont très anciens et cette mine était inexploitée dès 1738. Ils comprenaient seulement un travers-bancs de 6 m et une fouille superficielle ; à l'affleurement, l'épaisseur du filon était seulement de 54 mm (2"). Puis, après une longue période d'abandon, quelques travaux très restreints, notamment un petit travers-bancs, furent exécutés par Gasc, à la fin du XIXème siècle.

23) Saint-Martin - Saint-Urbain. Des caractères communs rapprochent indiscutablement ces deux filons, qui se trouvent sur le versant ouest de la Montagne de la Suisse, dans les ignimbrites rhyo-dacitiques de Lepuix-Gy. Leur direction est NNE-SSW, leur pendage variant entre 64°ESE et la subverticalité. Leur minéralisation, dans une gangue de quartz, comprend de la galène et, très accessoirement, de la chalcopyrite, concentrées en colonnes dont la principale est la "colonne Saint-Martin", à structure bréchiforme.

Ce filon attira l'attention des mineurs jusqu'au XXème siècle, mais sans résultats économiques probants. La mine Saint-Urbain fut découverte en 1734 ou 1735 et, en 1741, exploitée à forfait, elle comportait un traçage de 10 à 12 m ; la mine Saint-Martin, inexploitée depuis 1740, comprenait une galerie de 40 m, à l'extrémité de laquelle se trouvait une descenderie de 6 m. Le filon avait une épaisseur de 12 cm et il était reconnu sur 8 m dans la "colonne Saint-Martin". D'après de DIETRICH (1789), des travaux de recherche furent activement menés durant la seconde moitié du XVIIIème siècle, pour élargir le champ d'exploitation de Saint-Martin.

Au moment de leur reprise par Collard de Martigny, en 1843, l'état était le suivant :

- dans le filon du Bas Saint-Urbain, une galerie tortueuse de 160 m, avec un puits de 10 m de fond duquel le filon était visible sur 8 m ; il n'était large que de 2 à 3 cm et renfermait de la galène non massive ;

- dans le filon du Haut Saint-Urbain, une galerie de 127 m ; le filon était épais de 80 cm et moucheté de galène dans une gangue quartzeuse ; de chaque côté, se trouvait un filon satellite de galène massive, puissant de 3 cm ;

- dans le filon de Saint-Martin, une galerie de 70 mètres et 2 puits superposés de 17 m et 10 m ; au fond, le filon était reconnu sur 32 m de longueur,

large de 60 cm et minéralisé en galène mélangée de chalcopyrite.

Puis, en 1890-1891, Gasc fit procéder au dépilage de la colonne Saint-Martin tracée par Collard. Ce dépilage atteignit une superficie de 250 m^2 et la puissance réduite en galène oscillait entre 1 cm et 3 cm. Plus récemment, en 1923, la colonne Saint-Martin fut tracée à l'extrémité du grand travers-bancs Saint-Philippe et un montage de 10 m fut poussé dans cette partie vierge, mais celle-ci ne présentait qu'un allongement de 5 m. La puissance réduite de la minéralisation galène-chalcopyrite pouvait atteindre 5 cm.

Au total, tous les travaux exécutés ont démontré l'existence d'une colonne principale, dite "colonne Saint-Martin", reconnue sur près de 200 m de hauteur. Mais, le développement horizontal est très restreint et la minéralisation est pauvre.

24) **Filon Saint-Philippe.** Ce filon est situé également sur le flanc ouest de la Montagne de la Suisse, à une cinquantaine de mètres à l'est du filon précédent. Il est dirigé NNE-SSW, avec un pendage E variant entre 60° et 70°, et il est également encaissé dans les ignimbrites rhyo-dacitiques, sa partie nord pénétrant dans les pélites du Viséen supérieur.

Sa reconnaissance date de la seconde moitié du XVIIIème siècle et les premiers travaux comportaient une galerie de 60 m (percement supérieur Saint-Philippe), sur laquelle, à 30 m de l'entrée, était foncée une descenderie de 24 m. Depuis, aucun travail important n'y a été exécuté. La minéralisation, affectant une structure rubanée, comportait principalement de la galène, très légèrement altérée en cérusite ou covellite, de la chalcopyrite, plus ou moins altérée en covellite, de la blende et de la pyrite ; les minéraux de gangue étaient du quartz et de la fluorine, accessoirement de la calcite, de la sidérite et de la barytine.

25) **Gesellschaft.** On ne possède aucune donnée précise sur ce filon abandonné depuis la guerre de Trente Ans. Il était situé sur le versant sud de la Montagne de la Suisse, à peu de distance à l'est du travers-bancs Saint-Philippe. Il était dirigé probablement N-S, avec un pendage E. Sa minéralisation, dans une gangue de fluorine associée à du quartz, comportait principalement de la chalcopyrite et de la galène.

Mentionné pour la première fois en 1607-08, ce centre minier était alors connu et exploité de longue date, sans doute possible. Les travaux

comportaient 3 percements : Saint-Nicolas, Erbstollen et Travers-bancs inférieur.

Entre 1612 et 1630, cette mine fut le plus grand producteur de galène de la région, avec une production de cuivre non connue. Elle produisit ainsi 883 tonnes de Pb S à 21-32 % Pb et 0,6 à 1,2 kg/t Ag, entre 1619 et 1622, 305 tonnes en 1629-30. Sa production d'argent représentait 15 à 20 % de la production totale.

Les travaux furent suspendus dès 1633, par suite de l'occupation par les Suédois, et ils ne devaient jamais être repris. En 1891 et 1892, Gasc fit une tentative de remise en état du travers-bancs inférieur, entièrement écrasé, qui ne put être relevé que sur une très faible longueur.

26) **Bagralle.** Le filon Bagralle est situé à 150 m environ au NW de l'entrée du grand travers-bancs Saint-Philippe. Dirigé N-S, avec un faible pendage E (50° seulement), il est surtout quartzeux et ne renferme que de faibles quantités de galène, chalcopyrite et pyrite ; il renferme aussi de la sidérite oxydée superficiellement.

Les travaux ont débuté dans les années 1750-1780, mais ils furent ouverts pour l'hématite traitée à Belfort. Après quelques mètres de développement, apparut le fer spathique mêlé de chalcopyrite. Le traçage, développé à partir du travers-bancs, atteint une soixantaine de mètres. Un bure d'une dizaine de mètres fut foncé au mur du filon, au début du XXème siècle.

27) **Saint-Jacques (70).** Cette mine, appelée aussi "Petit Saint-Jean", était exploitée avant la guerre de Trente-Ans. Elle se trouvait à l'ouest et au voisinage de la mine Saint-Jean et ses travaux auraient peut-être été ouverts sur le filon Delta.

28) **Travaux de de GENSSANE (70).** Ces travaux ont été exécutés par de GENSSANE à 300 m à l'ouest de la mine Saint-Jean, à proximité immédiate de la limite Franche-Comté (Haute-Saône) - Alsace (Territoire de Belfort). Il paraît plausible que leur but ait été l'exploitation "en fraude"de la mine Saint-Jean.

Secteur de Plancher-les-Mines (70). Les filons de ce secteur ont été longtemps exploités avec bénéfice, avant leur abandon en 1760, leur dernier concessionnaire ayant été de GENSSANE. La plus grande partie est groupée près du village de Plancher-les-Mines, le reste étant dispersé en amont dans la vallée du Rahin.

29) Le Mont. Le filon du Mont se trouve à 1 600 m au SW de Plancher-les-Mines et à 600 m au nord du hameau du Mont, à une vingtaine de mètres au-dessus et au nord de la route D97 allant de la vallée du Rahin à celle de l'Ognon. Dirigé NE-SW, il est encaissé dans un petit panneau d'andésite.

Sa minéralisation comprend de la galène, de la chalcopyrite et de la blende, dans une gangue de quartz, fluorine, calcite et sidérite ; les minéraux d'oxydation sont de la cérusite et de la "limonite". Le sulfure le plus important est la blende et la fluorine est la gangue prédominante, la calcite et la sidérite étant très accessoires.

30) La Grande Montagne. Ce filon se trouve immédiatement à l'ouest de Plancher-les-Mines, sur la rive droite du Rahin. Connu sur une longueur de 500 m environ et subvertical, il est encaissé dans des brèches labradoritiques et sa direction moyenne est N40°, variant entre N60° et N30°. Son épaisseur est de 1 m environ.

Il renferme, dans une gangue de fluorine et quartz, de la blende, de la galène et de la chalcopyrite, avec de la pyromorphite et de la malachite comme minéraux d'oxydation. La fluorine est très abondante, associée aux trois sulfures parmi lesquels prédomine la galène. La chalcopyrite se trouve surtout près du col, où l'on rencontre un filon croiseur N-S. Au voisinage, une dizaine de fissures minéralisées sont orientées N20°E.

31) Le Loury. Au SW de la Croix du Choléra, sur la rive gauche du Rahin, se trouvent deux petits filons voisins explorés par deux galeries. Ils sont encaissés dans des brèches et poudingues volcaniques, au voisinage d'intrusions trachytiques.

Le premier, reconnu par la "mine du Chêne", est subvertical et dirigé N40° ; son épaisseur est négligeable et il ne renferme que du quartz et de la fluorine, avec des traces de malachite.

Le second est dirigé N25°E, avec un pendage E de 70° ; son épaisseur varie entre 0,10 m et 0,40 m et sa minéralisation, dans une gangue de quartz et fluorine, comprend de la galène, de la chalcopyrite et de la pyrite, avec de la malachite secondaire ; elle est plus abondante dans les travaux supérieurs. D'autres petites minéralisations se trouvent dans ce secteur du Loury.

32) Les Roches. Le filon des Roches se trouve à la sortie nord de Plancher-les-Mines, sur la rive gauche du Rahin, dans une petite intrusion de trachyte. Connu sur plusieurs dizaines de mètres, il est dirigé N45°, avec un pendage 75°SE ; son épaisseur varie seulement entre 7 et 15 cm.

La minéralisation comporte de la galène, de la pyrite et probablement de la chalcopyrite, dans une gangue de quartz et fluorine, avec traces de malachite.

Dans les carrières situées au nord de l'intrusion, se trouvent une dizaine de cassures centimétriques, dont certaines se terminent en coin vers le haut, minéralisées en galène et chalcopyrite, dans une gangue de quartz et fluorine ; elles sont dirigées NE-SW. D'autres fissures, de directions variables, sont remplies par de la barytine.

33) Crémillot. Le filon de Crémillot se trouve à 1 500 m au NNE de Plancher-les-Mines, sur la rive gauche du Rahin, dans des brèches et microbrèches volcaniques du Viséen supérieur. Dirigé environ N40°E, avec un pendage 80°SE, il est épais de 0,60 m et connu sur une longueur de 250 m, grâce à 5 travaux successifs.

Sa minéralisation comprend de la galène et de la chalcopyrite, dans une gangue de quartz, fluorine et calcite, avec, comme produits d'altération, de la pyromorphite, de la malachite et de la covellite. La chalcopyrite est concentrée dans des passées bréchiques près des épontes, mais elle se trouve également dans le remplissage, associée à de la galène.

34) Baisse de la Vache. Le gisement de Baisse de la Vache se trouve à 1 200 m au nord de l'église de Plancher-les-Mines, sur la rive droite du Rahin, juste face du filon de Crémillot. Il traverse diverses roches du Viséen supérieur : brèches et poudingues à éléments volcaniques divers, brèches inférieures. Il présente une direction moyenne N45°, oscillant entre N40° et N50°, et il est reconnu sur une longueur de 900 m, par une série de travaux appelés Montignotte, Sainte-Barbe, Saint-Jacques et Le Mousselot ; il est subvertical et puissant de 10 à 60 cm.

Sa minéralisation, plus complexe que celles des filons précédents, comprend de la galène, de la chalcopyrite, de la blende et du mispickel, dans une gangue de quartz, fluorine, calcite et sidérite ; les minéraux d'oxydation sont de la pyromorphite, de la malachite, du chrysocolle et de la covellite. La galène était le sulfure le plus abondant et la sidérite formait de petites veines tardives.

35) Après la Croix du Choléra. Ce filon se trouve à 1 100 m au NE de l'église de Plancher-les-Mines, sur la rive gauche du Rahin et à 300 m au NE de la Croix du Choléra. Il est encaissé dans des microbrèches orthophyriques et il est dirigé N5°E, avec un pendage E très élevé ; son épaisseur atteint 30 à 40 cm et il est connu sur une longueur de 50 m.

Sa minéralisation comprenait de la galène et de la blende, dans une gangue de quartz, fluorine et calcite ; la blende était rare vis-à-vis de la galène.

36) Notre-Dame. Ce filon, resté actuellement inconnu, était très riche, d'après de GENSSANE (1756) ; son minerai renfermait 15 à 20 % Pb, 5 à 6 % Cu et 10 kg/t Ag. Dirigé N40°E, avec un pendage SE de 75 à 80°, il était puissant de 15 à 30 cm et reconnu sur une longueur de 75 m.

Sa minéralisation comprenait de la galène et de la chalcopyrite, avec différents minéraux d'argent : argyrose, argents rouges et argents noirs.

37) Pont Petitgnan. Ce filon se trouve sur la rive gauche du Rahin, à 2 600 m au NE de Plancher-les-Mines, en face du premier pont allant vers les maisons forestières. Il est encaissé dans des labradorites et brèches et il présente une direction N40°, avec un pendage 75°SE ; il a été exploré sur une longueur de 50 m, au moyen d'une descenderie.

Sa minéralisation comportait principalement de la chalcopyrite, avec de la galène et de la blende, dans une gangue de quartz et calcite. La chalcopyrite, abondante, formait des agrégats pluricentimétriques ; la galène, finement cristallisée, se trouvait dans le quartz.

38) Pont-Piron. Le gîte de Pont-Piron se trouve à 4,7 km au NE de Plancher-les-Mines, sur la rive droite du Rahin et à une vingtaine de mètres au-dessus du fond de la vallée. Il est encaissé dans le monzo-granite des Ballons et, à ce titre, il aurait pu être étudié avec les minéralisations dans les plutonites. Mais, il se rattache indiscutablement au secteur de Plancher-les-Mines.

Il comprend 2 filons parallèles, dirigés N45° avec un pendage 75°SE. Le filon secondaire, épais de 30 cm, ne renferme que du quartz et de la fluorine, tandis que le filon principal, puissant de 40 cm, comporte de la galène, de la chalcopyrite et de l'érubescite, dans une gangue de quartz, fluorine, sidérite et calcite. La chalcopyrite, altérée en érubescite, était concentrée près des épontes et la fluorine formait la partie centrale du filon. La sidérite constituait des petites

veinules renfermant de petites mouches de chalcopyrite.

39) La Vieille-Hutte. Ce dernier gîte cité, qui se trouve également dans le granite des Ballons, à 7 km au NE de Plancher-les-Mines, dans la haute vallée du Rahin, est connu seulement par sa description par de GENSSANE (1756) et, depuis, il n'a pas été retrouvé.

D'après cet auteur, les travaux étaient très anciens et, à son époque, il n'existait déjà plus de tradition, mais l'endroit (Vieille-Hutte) était marqué par un gros volume de scories de fonderie. Les Anciens auraient creusé une fouille superficielle sur les affleurements, sur plus de 200 m de longueur, et il aurait existé 3 filons N-S : celui de l'est était plombifère, celui du milieu renfermait de la chalcopyrite et de la malachite et celui de l'ouest de la blende et du cuivre gris ; les gangues étaient quartzeuses.

Les quelques travaux effectués ultérieurement n'ont pas permis de retrouver ces filons. En dernier lieu, une prospection géochimique de la SNPA a mis en évidence une forte anomalie Pb, mais son origine n'a pu être découverte.

L'âge des minéralisations précédentes du district est post-permien, voire tertiaire pour certains auteurs (P. PLUCK). Elles ne présenteraient donc aucun lien direct avec le volcanisme, mais seraient issues d'une sécrétion latérale par drainage le long de cassures anciennes ayant rejoué tardivement (cf. C. FOURQUIN, 1973). Cette hypothèse génétique paraît corroborée par le fait que seuls les filons à tétraédrite sont encaissés dans les ignimbrites rhyo-dacitiques du Viséen supérieur, ce qui suggère fortement une liaison entre la minéralisation à cuivre gris et ce type lithologique.

3.2.3.2 - Saulnot (70) (Fe) - Carte à 1/50 000 de Lure

Des petits gîtes de minerai de fer, exploités au début du XIXème siècle et encaissés dans le "porphyre de transition" (Viséen), se trouvaient dans une forêt appartenant aux communes de Saulnot, Chavanne et Villers-sur-Saulnot (70), où les travaux étaient échelonnés sur une distance de 5 km en direction NE-SW, entre le village de Malval et le hameau des Valettes.

Les gîtes étaient formés par des amas d'hématite rouge, avec des parties manganésifères, accompagnés de veines de sidérite et de nids de barytine. La roche volcanique encaissante était elle-même imprégnée de fer oxydé et carbonaté.

En 1832, les deux mines appelées le Borlot et la Claie-Jean-Sire fournirent 579 t de minerai destiné au haut fourneau de Fallon. Ce minerai, bien trié, rendait 45 % de fonte à la fusion.

Dans la même région, vers le SE, la mine de Coisevaux (70) exploite également des amas d'hématite, mais ils étaient moins développés et plus quartzeux ; aussi, ne rendaient-ils à la fusion que 24 à 26 % de fonte. L'exploitation se faisait à ciel ouvert, pour les besoins des haut-fourneaux de Belfort et de Châtenois. En 1832, la production a été de 10 t seulement.

3.2.3.3 - Bois d'Apremont (70) (Au) - Carte à 1/50 000 de Lure

L'indice d'or natif du bois d'Apremont, commune de Lure (70), a été découvert par le BRGM, suite aux prospections stratégiques, alluvionnaire et géochimique, de la carte de Lure. D'une part des indices alluvionnaires d'or natif, accompagné parfois de cinabre, chalcopyrite et scheelite, confirmés par une prospection tactique en 1981 (58 batées supplémentaires), se trouvaient dans les petits ruisseaux au sud du bois. D'autre part, en analysant pour Au l'anomalie géochimique W, Sb, As du sud d'Etobon, il apparaissait une petite anomalie Au dans le bois d'Apremont. Par ailleurs, il est important de le signaler, les emplacements des batées indiquaient nettement que cet or natif ne pouvait pas provenir des buttes-témoins de grès vosgien.

Au point de vue géologique, la région est occupée par le massif viséen de Chagey, comportant des laves andésitiques et rhyolitiques, et par sa couverture permo-triasique. En outre, jalonnant la crête du bois d'Apremont sur une longueur de 1 600 m en direction WNW-ESE, se trouve un dyke de brèche siliceuse, marqué en affleurement par des accumulations de blocs sub-en place.

Les éléments bréchiques sont des fragments de roches volcaniques (dont des andésites et des quartz-latites) et le ciment siliceux, parfois géodique, renferme fréquemment des oxydes de fer qui sont toujours, en fait, de l'hématite. Celle-ci présente des faciès très divers : sphérolites à structure concentrique, agrégats botryoïdes, groupements de fines lamelles, liserés autour des druses, et elle peut pseudomorphoser des cristaux millimétriques de pyrite, dont certains ne sont que partiellement altérés. Avec cette pyrite, se trouve de la pyrrhotite très rare et le quartz renferme, en outre, de la jarosite secondaire.

En admettant a priori que l'or soit contenu dans cette brèche, on analysa, pour commencer, 5 échantillons de cette roche. Les teneurs furent très

faibles en ce qui concerne Au (34 ppb au maximum), mais un échantillon était anomal en Sb (475 ppm) et W (392 ppm).

Par ailleurs, on effectua, en 1981, 20 prélèvements éluvionnaires aux épontes présumées, dont l'étude confirma la présence de l'or et sa provenance probable du dyke. Les grains se trouvaient associés à des fragments de quartz hématitique et certains présentaient des formes arborescentes. A côté, se trouvaient des grains de pyrite, de beudantite et peut-être, rarement, d'un minéral argentifère non identifié. La présence de beudantite était intéressante, par le fait qu'elle indiquait la présence de As.

On effectua alors, en prenant la brèche comme ligne de base, une prospection géochimique tactique à la maille rectangulaire 50 m x 25 m (429 échantillons analysés pour Au). Celle-ci mit en évidence, en outre de points isolés, deux petites anomalies distantes de 700 m. On exécuta une tranchée (30 m^3) sur l'anomalie Ouest, qui mit à jour la brèche ferrifère. Celle-ci fut échantillonnée systématiquement (20 échantillons) et les résultats obtenus furent faibles, toutes les teneurs étant comprises entre 0,4 et 0,8 g/t Au.

On s'intéressa ensuite à l'anomalie Est, en 1983, anomalie plus complexe mais présentant des valeurs plus élevées (jusqu'à 2,6 g/t). On fit d'abord un complément de prospection géochimique à maille plus fine (49 échantillons analysés pour Au), ce qui permit de préciser l'anomalie et d'implanter au mieux 5 tranchées. Celles-ci retrouvèrent la brèche siliceuse qui, en cet endroit, était "hachée" par des fractures de direction N-S.

On eut alors "la chance" de trouver un échantillon (et un seul) chargé de grains d'or natif visibles à l'oeil nu. Ceux-ci étaient déposés sur un enduit d'oxyde de fer tapissant une fissure de la brèche et, comme l'oxyde, ils étaient probablement d'origine secondaire. A la suite de cette découverte, on effectua un échantillonnage en masse (10 échantillons de 200 kg), dont les résultats d'analyse furent décevants, les teneurs s'échelonnant entre 100 et 1720 mg/t, avec une seule valeur > 1000 mg/t.

Les travaux furent alors définitivement arrêtés, fin 1983, car il était évident que l'indice étudié ne pourrait jamais constituer un gîte exploitable. Dans leur état décrit, ils restent insuffisants pour comprendre la gîtologie de cet indice et pour savoir quelle est l'origine primaire de l'or natif secondaire découvert. Cet indice a par ailleurs un grand intérêt métallogénique, étant donné l'extrême rareté de l'or hercynien dans les Vosges (un seul autre indice serait connu, celui du

Silberwald (68), cf. supra).

Un indice analogue peut se trouver dans le bois des Censiers (70), à 8 km au NE, où existe de l'or alluvionnaire et une brèche siliceuse et ferrifère analogue à celle du bois d'Apremont. En raison des mauvais résultats obtenus dans celui-ci, ce deuxième indice possible n'a pas été reconnu.

3.2.3.4 - Bois de la Ture (70) (Sb, W) - Carte à 1/50 000 de Lure

La prospection géochimique stratégique de la carte de Lure avait mis en évidence, en 1980, une importante anomalie W, Sb, As dans les communes d'Etobon (70) et Belverne (70), définie par une groupement de 24 prélèvements. On y effectua à la suite, en 1981, une prospection semi-stratégique comportant 445 échantillons analysés pour W, Sb et Ag, qui mirent en évidence un secteur circonscrit particulièrement anomal en W et Sb, étendu sur 1 km^2 environ dans la partie occidentale du bois de la Ture, commune d'Etobon (70). Par ailleurs, on fit analyser pour Au les 395 prélèvements anomaux en As, ce qui permit de définir l'anomalie du bois d'Apremont (cf. ci-dessus).

Au point de vue géologique, le bois de la Ture est occupé entièrement par des formations permiennes du bassin de Ronchamp : grès micacés rougeâtres et conglomérats, roches volcaniques et pyroclastiques acides (rhyolites et tufs rhyolitiques).

A la suite, on effectua, dans le secteur anomal du bois de la Ture, une prospection géochimique tactique à la maille carrée de 50 m (480 échantillons analysés pour W et Sb). Celle-ci mit en évidence plusieurs anomalies étendues sans formes bien définies, présentant des teneurs relativement élevées : Sb entre 100 et 400 ppm pour un fond $\leq$ 20 ppm ; W entre 80 et 200 ppm pour un fond $\leq$ 20 ppm.

On exécuta alors des forages à la moto-tarière, à la maille carrée de 25 m, dans le secteur le plus fortement anomal (112 forages : 187,40 m). Ces forages trouvèrent un substratum formé de grès permiens altérés et diversement colorés, substratum qui fut analysé dans chaque sondage (112 échantillons). Les résultats (quantomètre) confirmèrent l'anomalie générale : nombreuses teneurs en Sb comprises entre 200 et 500 g/t ; nombreuses teneurs en W comprises entre 100 et 200 g/t. On peut en conclure qu'il s'agit très probablement d'une anomalie

formationnelle*, liée au Permien.

PARTIE OCCIDENTALE (A L'OUEST DE LA GRANDE FAILLE DE SAINTE-MARIE-RETOURNEMER)

Cette région SW du Viséen des Vosges méridionales renferme quelques gîtes et indices de fluorine à sulfures, dont le plus important est le gisement du Mont-de-Vannes, ainsi que quelques filons de fer ou fer et manganèse (notamment Saphoz et Servance).

3.2.3.5 - Mont-de-Vannes (70) (F, Pb, Zn, Cu) - Carte à 1/50 000 de Giromagny

Le gisement de fluorine et sulfures du Mont-de-Vannes (cote 709), se trouve sur le flanc ouest de cette hauteur, dans la commune de Saint-Barthélémy (70), sur la rive gauche de la rivière l'Ognon. Cette région, d'altitude moyenne 500 à 800 m, dominée au NE par les ballons granitiques de Servance (1 216 m) et d'Alsace (1 248 m), est inscrite dans l'arc structural de la retombée méridionale des Vosges et elle est occupée par les formations du Viséen inférieur de la série de Plancher-Bas, série terminant au sud les Vosges hercyniennes.

Dans le secteur du gisement, ces formations, présentant une disposition synclinale, sont formées essentiellement par des schistes pélitiques à intercalations de diabases (et diabases albitiques). Les pélites, dont la schistosité concorde avec le litage, sont de teinte noirâtre ou gris-verdâtre quand elles deviennent gréseuses, tandis que les diabases, qui encaissent le gîte étudié et le gisement voisin du Magny-de-Fresse, présentent des structures microgrenues porphyriques, doléritiques ou microlitiques. Elles peuvent avoir des caractères spilitiques, comme le montre la présence de "pillow-lavas" sur le flanc NW (cf. B. GRIVEAUX, 1966).

Au-dessus de cette série viséenne, pénétrée par quelques intrusions de microgranite dans la région voisine du Raddon, se trouvent des dépôts détritiques du Trias reposant sur l'ancienne surface de la pénéplaine post-hercynienne. Ces dépôts occupent, en particulier, la partie sommitale du Mont-de-Vannes ; ils débutent par une passée métrique de grès vosgien, surmontée par un conglomérat

* Cette anomalie est à rapprocher de l'anomalie W-As du Bois Saint-Léonard, dans le Permien du bassin de Saint-Dié (carte à 1/50 000 de Gérardmer).

principal très réduit (2 m), puis par les couches intermédiaires du Buntsandstein moyen. Le flanc SW, au sud du gisement, est largement recouvert par des cônes d'éboulis.

Comme indiqué sur la carte géologique (carte de Giromagny à 1/50 000), les failles sont très nombreuses dans le secteur. Les principales sont parallèles au fossé d'effondrement de l'Ognon et donc dirigées environ N30°E ; elles abaissent toutes leur compartiment ouest et elles encaissent les minéralisations filoniennes connues : filon des granges du Mont-de-Vannes (Ba) ; filon du Mont-de-Vannes (F, Ba, Pb, Zn, Cu) ; filon du Magny-de-Fresse (F, Pb, Zn, Cu) ; filon du Raddon (Ba), lesquels sont supposés être d'âge alpin.

Ce faisceau principal, qui est donc un métallotecte tectonique, est accompagné par un faisceau "complémentaire" pénécontemporain, orienté N120°E, qui détermine un compartimentage de tout le flanc occidental du Mont-de-Vannes. Ces derniers accidents ne renferment que des traces de barytine, notamment près des granges du Mont-de-Vannes.

Description générale sommaire du gite

Le filon principal, objet des anciens travaux, affleure sur le flanc NW du Mont-de-Vannes, au nord des granges, entre le chemin dit des Mines et le chemin du Plat de l'Epine (ou de la Mine Blanche). Cet affleurement, complexe, est encaissé dans une bande de diabase bréchifiée et silicifiée, formant relief à la façon d'un dyke. Il s'étend sur une longueur de 330 m, suivant la direction générale N30GE, avec un pendage ouest de 70 à 80G, entre les cotes environ 375 et 425.

Au nord, l'affleurement est interrompu à la traversée d'un petit ravin, exactement au contact de la coulée de diabase et des schistes pélitiques, et il n'existe probablement pas de prolongement dans cette direction. Au sud, à 30 m, la "galerie ancienne" a retrouvé le passage en profondeur de la minéralisation, dans la recoupe de la poudrière, mais elle y est réduite à un filonet de quartz et fluorine verte.

Ainsi, au total, le filon était reconnu sur une longueur de 350 m et une dénivelée de 70 m (entre les cotes environ 355 et 425).

En outre de ce filon principal, il existe deux lentilles minces voisines, sur lesquelles ont été ouvertes des amorces de galeries. Ces lentilles sont, elles aussi, marquées en affleurement par deux dykes de diabase silicifiée. Celle de

l'ouest, à 70 m environ du filon, présente une direction sensiblement parallèle (N25GE), celle de l'est, à 45 m environ, une direction N45GE, direction du tronçon sud des dépilages de surface ; les pendages, par contre, sont opposés, dirigés vers l'est. Mais, il est à noter que, dans sa partie sud, près de la "galerie ancienne", le filon principal présenterait, lui aussi, un pendage est.

D'autres minces lentilles fluorées se trouvent dans ce même secteur et, parmi elles, on peut citer un élément de direction N5GE, avec un pendage 90GW, qui traverse le filon à l'entrée du principal dépilage au jour ; son épaisseur maximale atteint 30 cm et son remplissage comprend de la fluorine et du quartz.

Historique

Les premiers travaux exécutés sont très anciens et une première mention en est faite, dans la littérature, par de GENSSANE (1756) qui s'exprime ainsi à propos du Mont-de-Vannes et du Magny-de-Fresse :

"Un peu plus haut que Ternuay, dans la paroisse de Fresse, se trouve un ancien travail d'une grande profondeur. Le filon qu'on a ouvert en 1739 donne du cuivre, du plomb et de l'argent, mais en si petite quantité qu'on n'a pas cru devoir en poursuivre le travail". "A un quart de lieue de là, est la montagne du Mont-de-Vannes. Il y a ici plusieurs petits travaux commencés par les Anciens sur des filons de mine de plomb. En général, ces dernières mines sont peu considérables et ne paraissent pas mériter qu'on y hasarde une dépense".

Dans sa Statistique minéralogique et géologique de la Haute-Saône, en 1833, M. THIRRIA reproduit essentiellement le texte de de GENSSANE et il ajoute (sans mentionner la fluorine) que "les deux filons sont quartzeux et renferment de la galène et du cuivre gris argentifère en trop petite quantité pour mériter d'être explorés".

Comme le signale plus tard L. MEYER (1910), les travaux furent repris au début du siècle, en 1904, par un certain Charpentier-Page, ingénieur au Valdoie (90), et cette fois-ci pour fluorine. D'après les archives du Service des Mines de Belfort, les Anciens qui, eux, recherchaient seulement la galène argentifère, y avaient déjà ouvert le petit travers-bancs et la galerie en direction du niveau 382, ainsi que les deux petits puits de reconnaissance de 8 m. Ils avaient également creusé la "galerie ancienne" et avaient attaqué, à la cote 297, non loin du chemin de la vallée, un travers-bancs qui ne fut jamais terminé et qui était destiné à recouper "le pied" du filon et à servir à l'écoulement des eaux. Tous ces travaux

avaient été abandonnés parce que, comme signalé ci-dessus, la galène argentifère n'était que peu abondante.

Dans la partie supérieure explorée et exploitée depuis 1905, au-dessus du niveau principal, cote 382, la puissance en fluorine avait varié de 0,20 m à 1,30 m et le minéral contenait environ 2 % de galène disséminée dans la masse. Il n'y avait pas de salbandes et des fragments de "porphyre" se trouvaient souvent noyés dans la fluorine, ce qui rendait cette dernière un peu siliceuse.

En fait, depuis cette reprise de 1905, il ne semble pas qu'on ait rencontré de quantité appréciable de Pb S et les travaux furent développés pour la seule fluorine. L'exploitation avait lieu à l'intérieur pendant la mauvaise saison, à partir du niveau 382, en amont-pendage et vers le nord ; pendant l'été, par contre, on travaillait à ciel ouvert, dans divers dépilages superficiels échelonnés entre les cotes 390 et 412 ; dans le dernier (cote 412), la puissance atteignait 0,70 m en haut contre 1 m en bas et, en 1912, on y avait rencontré au mur "un nid de minerai de cuivre et plomb qui a produit environ 300 kg".

En cette même année 1912, on avait poursuivi le travers-bancs des Anciens (cote 297) jusqu'à sa longueur totale définitive de 46 m, donc bien avant d'atteindre le "pied" du filon, et on avait attaqué, à 90 m au nord de l'entrée du niveau d'exploitation, un deuxième travers-bancs dit du "Grand Foyard", pour aller recouper le filon à la cote 383. Ce travers-bancs a été arrêté à une longueur de 28 m, donc également avant d'atteindre la formation.

Plus tard, en 1918, après la reprise, on a creusé la galerie de la cote 373, afin d'obtenir un étage de 10 m, mais, dans cette galerie au sud, le filon était simplement indiqué par sa cassure. L'avancement se trouve à 1 m environ de la verticale du puits B, puits profond de 4,50 m.

L'extraction fut suspendue du 1er août 1914 à juillet 1917, en raison de la guerre, puis, après une reprise, abandonnée définitivement en mars 1920, "à cause de toutes les entraves, tant pour le transport par voie ferrée que pour la desserte du minerai en gare". Depuis, elle n'a jamais été reprise, le gisement ayant fait seulement l'objet d'un examen des anciens travaux et d'une prospection géochimique par la Société Minière et Métallurgique du Châtelet (SMMC), pendant les années 1961 et suivantes. L'ancienne exploitation avait occupé 5 ouvriers au maximum.

Les chiffres officiels de production depuis 1905 donnent seulement un total de 1 713 tonnes de fluorine, la meilleure année ayant été 1908 avec 250 t. Cette production intéresse, si l'on en croit le plan des dépilages, une superficie de 700 m^2 environ, dans le panneau amont situé entre le niveau d'extraction de 60 m de longueur et les affleurements (soit une hauteur maximale de 30 m).

Ce panneau partiellement dépilé correspond apparemment à la passée lenticulaire la plus épaisse, mais, après examen des affleurements, un 2ème renflement pourrait exister dans la zone du dépilage superficiel noyé (près de la cote 419,74), qui ne présenterait toutefois qu'une vingtaine de mètres de longueur ; au delà vers le nord, tant les divers affleurements que le sondage MV_2 montrent une intensification de la silicification, accompagnée d'une importante raréfaction de la fluorine ; vers le sud, après la traversée du filon croiseur N5GE, la galerie de la cote 373,37 et la "galerie ancienne" montrent un amincissement considérable de la formation (avec inversion probable du pendage).

En définitive, dans la zone superficielle, le tronçon dont les puissances peuvent dépasser 1 m atteint seulement une longueur de 130 m. Avec les chiffres précédents de production et de superficie de dépilage, le tonnage utile par m^2 serait de l'ordre de 2,4 tonnes (soit une puissance moyenne de 0,80 m) et une lentille de 130 m fournirait seulement, par mètre d'approfondissement, une quantité de fluorine de 300 t environ. Il était évident que si ces valeurs se maintenaient en profondeur, voire se réduisaient, le gisement ne pourrait pas présenter d'intérêt économique.

Mais, on pouvait penser que, en raison de la complexité de la structure, toute la fluorine superficielle n'avait pas été exploitée, et que, le gisement étant essentiellement lenticulaire, il pouvait présenter des renflements en profondeur. C'est pourquoi le BRGM y a effectué en 1971 et 1972, époque d'expansion du marché, 2 sondages courts Winkie de 38,35 m et 25 m et 1 sondage Stenuick de 155 m.

Au point de vue qualité, on ne possède pas d'analyses de la fluorine produite ; tout ce que l'on sait, c'est qu'elle tenait 10 % de silice en moyenne et, en 1912, "les mouches de galène, de blende, de pyrite de fer et de cuivre étant devenues plus nombreuses", on avait constitué cette année-là, après triage, un petit stock d'environ 1 000 kg de produits impurs.

Postérieurement aux travaux, deux études métallogéniques du gisement ont été effectuées, la première dans la thèse de R.W. KARPINSKI (1931). Cet

auteur indique que le gisement contient du plomb, du zinc et du cuivre, dans une gangue de quartz, fluorine, calcite et barytine. Il mentionne que le filon principal est dirigé N25°E, avec un pendage d'environ 65°WNW. La puissance varie depuis une dizaine de cm jusqu'à 1 m ; on peut le suivre sur 450 m et, tout au long, on observe des variations dans l'épaisseur et dans la minéralisation.

Comme minéraux primaires, se trouvent : galène, blende, chalcopyrite et pyrite ; comme minéraux secondaires : pyromorphite et bornite ; comme gangues primaires : quartz, fluorine, bayritine et calcite ; comme gangue secondaire : quartz.

Les concentrations de blende se trouveraient près des parois, suivies par une zone de fluorine stérile ou presque stérile. La galène, elle, se trouve dans une gangue de quartz ou quartz et fluorine. Les dernières manifestations de la minéralisation sont la formation de la barytine et les moulages du quartz sur la fluorine. Certaines sections du remplissage présentent des structures bréchoïdes.

La succession serait la suivante :

1) Fluorine, blende, un peu de galène (chalcopyrite).
2) Fluorine, un peu de quartz et galène.
3) Fluorine, quartz, barytine, pyrite.
4) Quartz et calcédoine ; dissolution d'une partie de la fluorine.

Plus récemment, le gisement et la région ont été étudiés par B. GRIVEAUX (1964 et 1966). Suivant cet auteur, la zone minéralisée est située entièrement dans une coulée andésitique d'environ 550 m de puissance, encadrée au NE et au SW par des pélites et disparaissant à l'est sous le Trias.

Le filon principal a une direction moyenne N27°E, avec un pendage W de 80°. Sa puissance est en général de 1,50 m à 2 m, mais peut atteindre localement 5 m. La fluorine occupe presque toute l'épaisseur ; la blende et la galène sont en placages minces contre les épontes.

La synthèse des observations permet de déduire la chronologie suivante des cristallisations : 1. quartz - 2. chalcopyrite, blende, fluorine et galène - 3. fluorine verte, galène, blende et quartz - 4. fluorine blende et quartz - 5. quartz - 6. barytine - 7. quartz et calcédoine.

Description détaillée

Comme indiqué, le filon et les principales lentilles satellites sont encaissés dans des dykes en relief parallèles au système tectonique de la vallée de l'Ognon. Ces dykes, notamment celui du filon, présentent un caractère spilitique net, caractère déjà signalé dans un affleurement voisin "de pillow-lavas". Leur roche peut être dénommée diabase albito-chloritique ou, plus brièvement, diabase spilitique.

De teinte générale gris verdâtre, leur structure est généralement microlitique-porphyrique et leur mésotase ne renferme plus que des minéraux hydrothermaux : chlorite genre pennine, préhnite, adulaire, calcite, auxquels s'ajoute de la calcédoine cryptocristalline au voisinage des filons, témoignant d'un phénomène général de silicification.

Outre les agrégats calcédonieux "poivre et sel" précédents, ce phénomène est aussi marqué par la présence de petites plages de quartz onduleux remplissant des vacuoles et par de nombreux microfilets. Ces derniers peuvent présenter un plus grand développement et évoluer en filonets macroscopiques, dont certains renferment de la fluorine et des sulfures, tandis que d'autres contiennent seulement de la pyrite et de la marcasite ; les principaux se trouvent à proximité des filons et leurs remplissages contiennent à la fois de la calcédoine et du quartz.

Dans les filons, ainsi que dans certains filonets voisins, le remplissage prédominant est constitué par de la fluorine de teintes diverses (verte, violette, jaune pâle), associée à des sulfures de Pb, Zn et Cu distribués irrégulièrement. Cette fluorine présente une nette tendance automorphe et elle peut former de belles cristallisations géodiques (notamment dans la "galerie ancienne"). D'une façon générale, elle est associée à de la silice postérieure qui peut la corroder et les cubes des géodes sont souvent recouverts par des cristaux de quartz. Cette silice, accompagnée par des sulfures de fer, termine la succession, mais il existe, en outre, de la silice antérieure à la fluorine.

Parmi les sulfures, la blende peut être localement abondante et, semble-t-il, plus particulièrement au toit du remplissage. Elle peut se trouver associée à de la chalcopyrite et elle peut renfermer quelques inclusions de cuivre gris. Pour l'essentiel, elle forme des microbandes festonnées (faciès schalenblende), localisées préférentiellement près des épontes, et, pour le reste, de courts éléments de filets, des agrégats de tailles diverses et des grains isolés.

La galène, qui peut être aussi localement abondante, est généralement anisotrope et elle renferme de fréquentes inclusions de minéraux argentifères des séries pyrargyrite - proustite et polybasite - péarcéite, de préférence de la pyrargyrite et de la polybasite, ainsi que quelques inclusions de cuivre gris. Elle est partiellement altérée en cérusite et, d'après B. GRIVEAUX (1964), en pyromorphite, tandis que du quartz postérieur peut la remplacer suivant les clivages. Cette galène est parfois associée à de la chalcopyrite et plus souvent à de la blende, qu'elle peut mouler ou remplacer.

La chalcopyrite est beaucoup plus rare que les sulfures de plomb et de zinc. Elles est généralement associée soit à l'un, soit à l'autre, et elle peut se trouver, en dehors du filon, comme ciment de passées bréchiques à pyrite et marcasite. Elle peut présenter des altérations en covellite et renfermer quelques inclusions de cuivre gris.

Les sulfures de fer présents comprennent de la pyrite, de la marcasite et un peu de melnicovite. Ils constituent des agrégats de tailles diverses ou forment (pyrite et marcasite) des cristaux automorphes disséminés dans les minéraux de gangue. Ils peuvent être abondants en dehors des filons fluorés, dans certains passées bréchiques où ils sont cimentés par de la silice avec du rutile et, plus rarement, de la chalcopyrite. Ils se trouvent souvent aux épontes des filets et ils apparaissent en relation étroite avec la silice, étant, par contre, relativement indépendants des autres sulfures de l'association.

Enfin, on peut trouver, en petite quantité, de la calcite tardive, associée à la silice postérieure, et, d'une façon sporadique, des cristallisations de barytine également tardives. Ce dernier minéral est très subordonné à la fluorine dans le secteur du filon principal, tandis que, dans d'autres remplissages de la même région, il peut devenir le principal constituant, avec la silice (Granges du Mont-de-Vannes, Mont Chatton).

Sous toutes réserves, la succession serait la suivante : d'abord, une première cristallisation de quartz, accompagnée de sulfures de fer ; puis, un dépôt de fluorine (probablement multi-phasé), suivi, dans l'ordre, par de la blende et de la galène argentifère, associées à de moindres quantités de chalcopyrite ; ensuite, après un épisode de bréchification, une cristallisation postérieure de silice (quartz et calcédoine), avec sulfures de fer accessoires, qui peut corroder tous les minéraux préexistants ; enfin, sporadiquement, des dépôts localisés tardifs de calcite et barytine.

Géométrie de la formation principale

Sur toute sa longueur reconnue (350 m), entre la "galerie ancienne" (au SW) et les "tranchées du sondage MV_2" (au NE), le filon présente des variations d'épaisseur importantes et, comme déjà indiqué, seul le tronçon central présente des puissances non négligeables. Sa longueur est de 130 m, entre l'extrémité sud du grand dépilage et le "dépilage noyé" ; sa puissance maximale est de 1,30 m, mais il existe des serrées, notamment au nord de la grande tranchée, où l'épaisseur est réduite à 20 cm.

Dans l'allongement de 60 m (niveau 382), la lentille principale présente une puissance variant entre 0,80 m et 1,20 m et, d'après les résultats connus de l'exploitation, on peut estimer à 0,80 m l'épaisseur moyenne dépillée entre ce niveau et le jour. Avec une telle valeur et la longueur donnée du tronçon utile, on obtiendrait 300 tonnes seulement par mètre d'approfondissement, c'est-à-dire 30 000 t pour une hauteur de 100 m. Avec de tels chiffres, il était évident que le gisement ne pouvait pas présenter d'intérêt économique et il aurait été déraisonnable d'y effectuer des travaux de recherches.

Heureusement, il existait certaines indications laissant espérer des tonnages supérieurs. En effet, comme l'a confirmé la coupe du sondage MV_1, le filon est complexe : il comporte plusieurs lentilles distinctes, peut-être en nombre variable, et il n'est pas certain que les anciens travaux aient reconnu la totalité de la formation. D'autre part, dans la zone superficielle, comme on peut le constater facilement dans le niveau 382, une partie importante de la fluorine a pu être dissoute et il reste seulement un "squelette siliceux" avec des enduits argileux, ce qui ne se produit plus à des niveaux inférieurs. Enfin, au moins dans le secteur, il existe un épaississement de la formation entre le jour et le niveau, épaississement qui continue en aval-pendage au moins jusqu'à la traversée du forage MV_1.

Dans ce forage, qui se trouve sensiblement à l'aplomb du renflement du niveau, la puissance totale de la formation complexe atteint 6,50 m et, au toit, on peut trouver des filets et filonets de fluorine jusqu'à une distance de 11 m. Dans le détail, il existe 5 lentilles principales représentant une épaisseur cumulée de 2,80 m et trois d'entre elles (à 16 m au-dessous du niveau) forment un groupement intéressant. Leur puissance cumulée atteint 2,15 m (0,30 m + 0,45 m + 1,40 m) et leur teneur pondérée en Ca F_2 68 % ; prenant en compte les deux intercalations de diabases, elles-mêmes traversées par des lacis de filets de silice et fluorine verte ou violette (avec galène et blende), l'épaisseur totale atteint 2,55 m, avec une teneur moyenne en fluorine de 50 % environ.

Les trois passées fluorées précédentes renferment, en outre, des sulfures de Pb et Zn, distribués de façon très irrégulière comme l'indiquent les teneurs suivantes : dans la lentille du toit : Pb = 6,70 % et Zn = 7,85 % ; dans la lentille centrale : Pb = 0,40 % et Zn = 2 % ; dans la lentille du mur : Pb 1,95 % et Zn = 2,80 %.

De tels chiffres seraient encore insuffisants pour laisser espérer un tonnage exploitable, car ils correspondent seulement à un tonnage de 90 000 à 100 000 t de fluorine très siliceuse pour une hauteur de 100 m, mais la longueur de la formation utile pouvait elle aussi augmenter en profondeur, sans atteindre toutefois un grand développement : en effet, confirmant les indications des tranchées de surface où la formation est réduite à un filonet de 10 cm, le sondage MV_2, exécuté à 220 m au NE du sondage MV_1, n'a rencontré, outre des filets insignifiants, qu'un filonet quartzeux de 20 cm.

Le problème se posait alors de savoir si, dans l'état des connaissances, la poursuite de la reconnaissance par sondages était justifiée. Avant d'en discuter, il peut être intéressant de donner quelques renseignements sur les gisements et indices fluorés les plus voisins, à commencer par la région même du Mont-de-Vannes.

Lentilles annexes du Mont-de-Vannes. Dans le secteur de la formation principale, deux amorces d'allongement sont ouvertes, à l'ouest et à l'est, sur deux lentilles voisines.

La lentille ouest (N30GE ; pendage 72 à 80GE), associée elle aussi à un dyke de diabase silicifiée, est connue sur une longueur d'une trentaine de mètres, avec une épaisseur de 0,20 m à 0,30 m ; au front, elle apparaît biseautée et décalée par une petite faille longitudinale (N25GE) et son remplissage est constitué principalement par du quatz, de la fluorine et de la galène.

La lentille est (N50GE ; pendage 75GSE), signalée aussi par un affleurement en relief de diabase, n'apparaît que sur une dizaine de mètres et son épaisseur ne dépasse pas 20 cm ; son remplissage est également quartzo-fluoré (fluorine bleue et cubes de fluorine blanche) et parsemé de fine galène.

Un 3ème élément annexe est représenté par le filon croiseur NSGE de l'entrée sud du grand dépilage au jour, mais son remplissage quartzo-fluoré ne constitue qu'une lentille d'une vingtaine de mètres, dont l'épaisseur maximale atteint seulement 30 cm. Il existe encore, dans la même zone, quelques minces

fissures NNE remplies de fluorine siliceuse, ce qui indique que le phénomène métallogénique a eu une certaine extension, mais, en contre-partie, un certain "éparpillement" et, dans l'ensemble du secteur, prospecté en détail, seul le tronçon dépilé de la formation principale paraît susceptible d'appartenir à une lentille d'importance non négligeable.

Minéralisations régionales voisines

Le Magny-de-Fresse. L'indice du Magny-de-Fresse se trouve dans la vallée du Raddon, à 1 km environ au NE du filon principal du Mont-de-Vannes. Comme celui-ci, il est encaissé dans une coulée de diabase et il appartient au remplissage bréchique et silicifié d'une faille de direction générale N20GE, donc sensiblement parallèle, qui décale le Trias couronnant le Mont-de-Vannes.

Selon B. GRIVEAUX (1966), la formation fluorée traverse le ruisseau à une centaine de mètres en aval du barrage de la chute des "Scieries du Creusot", mais les anciens travaux se trouvent tous sur la rive droite. D'après les traces actuellement visibles, ils auraient consisté en 3 galeries étagées à partir du fond du ravin, sur une hauteur d'une cinquantaine de mètres et une longueur d'une centaine.

C'est encore R.W. KARPINSKI (1931) qui en fournit une première description géologique. Il indique que la veine, qui se trouve dans une andésite, est orientée N20°E, avec pendage 70°E. Plus loin, il lui semble, d'après les travaux limités visibles, que "la minéralisation n'a pas été très intense dans les parties superficielles du gisement". Il cite, comme minéraux de gangue, le quartz, la fluorine et la calcite, et, comme sulfures, la galène et la blende.

Quant à B. GRIVEAUX, il indique que les échantillons minéralisés sont constitués d'une brèche "dont les éléments sont des blocs anguleux de mylonite gris clair et d'andésite et le ciment des minéraux de gangue : quartz, calcédoine et fluorine, et du minerai : galène". Il ajoute qu'il n'a pas trouvé trace de blende. L'ordre de cristallisation serait le suivant : 1. quartz et calcédoine - 2. fluorine verte, galène et quartz - 3. fluorine blanche et quartz - 4. quartz. La mise en place et le type métallogénique sont semblables à ceux du Mont-de-Vannes.

A la suite d'un éboulement superficiel, on a pu examiner l'affleurement supérieur du filon. Cet affleurement, encaissé dans des épontes très laminées, est constitué essentiellement par de la fluorine cristallisée bleuâtre et jaunâtre, supportant des grains de galène ; son épaisseur n'est que de 20 cm. On trouve une minéralisation semblable avec, en outre, du quartz, dans les déblais de la galerie

inférieure. Il semble que la puissance ait toujours été faible, inframétrique.

Combrageot. Cet indice se trouve dans la vallée de l'Ognon, à 750 m au sud de l'église de Ternuay-Melay-et-Saint-Hilaire, à proximité immédiate du ravin du Bois du Chanerot et à 200 m environ au NE de la ferme Combrageot. Contrairement aux minéralisations précédentes, il n'est pas encaissé dans une coulée de diabase, mais dans des schistes pélitiques noirâtres.

Les anciens travaux, très réduits, consistent en 3 courtes galeries. La première, dans le ravin même, est ouverte sur un filon de quartz apparemment stérile. Les deux autres, en bordure d'un chemin forestier, ne sont que des amorces situées à 25 m l'une de l'autre, qui ont recoupé, encaissé dans les schistes, un faisceau de filonets de fluorine de direction variable entre N-S et N30GE. L'épaisseur maximale atteint à peine 20 cm et les longueurs ne dépassent probablement guère une dizaine de mètres. La minéralisation comporte, en outre de la fluorine jaune, de la blende et de la galène.

Etant donné les très faibles dimensions, conséquence entre autres de la nature schisteuse de la roche encaissante, cet indice ne peut guère présenter d'extension et son intérêt économique est nul. Il a fait l'objet de courtes descriptions par R.W. KARPINSKI (1931) et B. GRIVEAUX (1966), qui n'apportent pas de renseignements nouveaux.

Les Etroitures de Ternuay. Ce dernier indice régional a été découvert par B. GRIVEAUX, à la faveur d'une sécheresse estivale qui lui a permis de prospecter le lit de l'Ognon, profondément encaissé en cet endroit qui franchit un verrou glaciaire. En raison du niveau des eaux, il ne nous a pas été possible de retrouver cette minéralisation très limitée, pratiquement confinée dans le lit de la rivière. Aussi, présenterons nous un résumé de la description de l'auteur cité.

L'indice se trouve dans une zone bréchifiée, dont l'épaisseur atteint au maximum 50 cm ; sa direction N125°E, est sensiblement orthogonale à celles des minéralisations du Mont-de-Vannes et du Magny-de-Fresse. Il est constitué par une mylonite rhyolitique (ou orthophyrique ?) qui renferme, sur une dizaine de mètres de longueur, des amandes et veinules de fluorine et quartz, puissantes de 5 à 10 cm. A côté, de nombreuses fractures, dont certaines postérieures, présentent de minces remplissages de calcite.

Cet élément principal est accompagné d'un filon croiseur de quartz stérile, épais de 15 à 30 cm, et, dans son prolongement, on ne trouve que de

minuscules filets de quartz. La présence de la fluorine est donc limitée au lit encaissé de la rivière et, en tout état de cause, étant donné les dimensions très réduites, il ne peut s'agir que d'un indice économiquement insignifiant.

Conclusions

Ainsi, la région de Mélisey-Ternuay a-t-elle été le siège d'une métallogenèse fluorée étendue, mais, en contre-partie, "éparpillée" en plusieurs indices. Toutefois, il existe une concentration relative dans un secteur, celui du Mont-de-Vannes et, a priori, c'est dans ce secteur que pouvaient se trouver éventuellement des lentilles exploitables.

Aussi, pour résoudre le problème des ressources régionales en fluorine, le choix de la formation principale du Mont-de-Vannes paraissait indiscutable et, en conséquence, avait-on proposé un programme de sondages "au marteau fond du trou", pour reconnaître l'ordre de grandeur des dimensions de cette formation. Rappelons, à ce sujet, qu'un argument favorable était fourni par le sondage MV_1, qui avait montré une augmentation importante de la puissance à 15-20 m au-dessous des anciens travaux. En cas de résultats positifs, on aurait pu, par la suite, explorer le gisement voisin analogue du Magny-de-Fresse, gisement resté à peu près inconnu.

Le but principal était évidemment la recherche d'un gisement de fluorine, mais, en cas de succès, les sulfures de plomb et de zinc auraient pu constituer éventuellement des sous-produits économiques pour Pb, Zn et Ag. Si, en raison de leur distribution par trop irrégulière, il était difficile de prévoir l'ordre de grandeur de leurs teneurs, ils n'en étaient pas moins présents de façon constante dans toutes les lentilles du Mont-de-Vannes et, notamment dans le sondage MV_1, leurs teneurs partielles (cf. supra) pouvaient être parfois élevées.

En fait, un seul sondage Stenwick (155 m) a été exécuté, en 1972, car ses résultats négatifs rendaient superflue la poursuite de la campagne. En effet, ce sondage, destiné à reconnaître l'aval-pendage du tronçon le plus intéressant, celui des anciens dépilages et du forage MV_1, n'a retrouvé aucune trace de la formation et celle-ci est donc complètement coincée à 80 m de profondeur (sauf importante inversion improbable du pendage). Dans ces conditions, les réserves étaient certainement très inférieures à 100 000 tonnes de fluorine siliceuse et il n'existait pas de gisement économique de la substance au Mont-de-Vannes, ni certainement d'ailleurs dans les formations voisines connues.

D'une façon plus générale, après l'étude de ce dernier gîte, on peut noter que la "modestie" du tonnage est un caractère commun aux nombreux filons de fluorine et sulfures de la partie méridionale des Vosges, encaissés dans le Viséen volcano-sédimentaire ou, plus rarement, dans des roches granitiques. Leurs tonnages de fluorine sont, en effet, toujours faibles ou très faibles (moins de 20 000 t aux Baudys et au Bramenstein, par exemple), et, seule, une formation renferme un tonnage > 100 000 tonnes, celle de Maxonchamp (88), dans laquelle les sulfures sont très rares.

3.2.3.6 - Saphoz (70) (Mn, Fe) - Carte à 1/50 000 de Giromagny

Le gîte de Saphoz, situé dans les communes d'Esmoulières (70) et d'Amont-et-Effreney (70), est le gisement de Mn le plus important des Vosges, tout étant relatif. Il a fait l'objet de deux anciennes concessions : Faucogney (20 juin 1868 - 9 mars 1896) et Esmoulières (20 juin 1868 - 23 mai 1923) et, comme le gîte de Romanèche (71), il a été exploité dès le XVIIIème siècle (à partir de 1755 environ), cette première production étant utilisée par les faïenceries de Franche-Comté.

Puis, une première tentative de reprise, en 1805, fut abandonnée rapidement, tandis qu'une seconde, vers 1860, aboutissait à l'institution de deux concessions. En cette année 1860, fut fournie une petite production : 50 t et, en 1867-68, 304 t. Cette production alimentait l'usine de Dieuze qui fabriquait du chlorure de calcium et les usines métallurgiques de la Haute-Saône. Elle cessa lorsque ces usines fermèrent et deux nouvelles tentatives de réouverture, en 1913 et 1932, s'avérèrent infructueuses. Le minerai trié tenait 32 à 38 % Mn, 35 à 37 % SiO_2, 0,12 à 0,14 % P et 0,01 à 0,67 % As, cette dernière impureté étant gênante pour les usages métallurgiques.

Les filons se trouvent dans le complexe volcanique du Viséen inférieur, non loin d'un granite de l'association des Ballons, à mi-chemin entre les villages de Faucogney et Esmoulières (20 km environ à l'est de Luxeuil-les-Bains). Reconnus en une douzaine de points, ils occupent une bande fracturée NW-SE longue de 3 km, encaissée en partie dans des volcanites acides et en partie dans des diabases et spilites.

Les divers travaux exécutés, à Es Mottes, au Volcan, à l'étang de la Corveraine, à la Maison Toinot et au Couvent, ont démontré qu'il n'existait pas une seule cassure minéralisée, laquelle, étant donné sa longueur totale (3 km), aurait pu renfermer un tonnage important, mais un faisceau de filonets et lentilles, dont

seuls quelques éléments (au Volcan et à la Maison Toinot) pouvaient atteindre une centaine de mètres. En outre, le minerai exploitable : les oxydes de Mn - constituait seulement un "chapeau très superficiel" et, généralement, à moins de 20 mètres de la surface, apparaissaient des carbonates complexes. Tous ces faits expliquent l'éparpillement des travaux et leurs médiocres résultats.

Les oxydes de Mn (cf. E.A. PERSEIL, 1975) étaient représentés principalement par de la braunite, remplacée partiellement en surface par de la cryptomélane, de la romanéchite et de la todorokite, ou bien par de la groutite altérée elle-même en ramsdellite. En profondeur, il apparaissait de la hausmannite fréquemment remplacée par de la birnessite. De la manganite, largement oxydée en pyrolusite, formait des veinules ou des masses fibreuse associées à de l'hématite. La teneur de ce chapeau pouvait atteindre 60 % Mn, avec 2 % Fe, 3 % SiO_2 et 2 % Ba O.

Les carbonates de Mn, partiellement oxydés ou non, étaient représentés par de la kutnahorite renfermant de fines gerbes de ranciéïte et, au Couvent, par de la dialogite. Il s'y associait des carbonates de Fe et de la dolomite, ainsi que de la barytine.

Dans une zone intermédiaire entre le "chapeau" et les carbonates, les oxydes de fer étaient abondants sous la forme d'hématite et de beaux cristaux d'oligiste, accompagnés par de la calcite plus ou moins dolomitisée, de la calcédoine et de la cornaline, du quartz et de la barytine rose, ainsi que des oxydes de Mn, sous la forme principale de braunite et accessoirement de psilomélane ; les structures bréchiques étaient fréquentes. Toutes les analyses effectuées, dans les diverses parties, ont montré des teneurs anomales en As, Cu, Pb et Zn, ce qui pose le problème de l'existence éventuelle de sulfures profonds. Deux analyses pour W, effectuées par le BRGM, ont donné les résultats suivants : à la Corveraine : $WO_3 \leq 0{,}20$ % et à la Maison Toinot : WO_3 : 0,38 %. Ce dernier chiffre indique que, comme dans les gîtes rive droite du Haut-Poirot (88), il y a du tungomélane diffus dans les oxydes de Mn.

Deux indices voisins du gîte de Mn de Saphoz sont signalés dans la littérature, mais on en a perdu la trace depuis longtemps. Le premier est un filon de galène argentifère, qui se trouverait près de Faucogney. Il aurait été découvert en octobre 1755 et reconnu par de GENSSANE (1756). La sulfure formait des "nids de la grosseur du poing" dans une gangue de quartz.

Le 2ème filon était situé près du hameau de La Mer (4 km au SE de Faucogney). Il était argentifère et renfermait du "cobalt arseniaté terreux", dans une gangue comportant des oxydes de Mn. Il a été également l'objet de quelques travaux de la part de de GENSSANE.

La prospection géochimique stratégique de la carte de Giromagny a mis en évidence une petite anomalie Ag dans ce dernier secteur (deux échantillons à 0,6 et 0,7 ppm) et une anomalie ponctuelle Pb-Ag à 2 500 m à l'est d'Esmoulières. Leur reconnaissance n'a permis aucune découverte d'indice et, étant donné leurs faibles amplitudes, on n'y a pas effectué de complément.

Il existe également une anomalie As étendue dans la même région, entre Beulotte-la-Guillaume et le voisinage d'Ecromagny. Cette anomalie, définie par un groupement de 8 points, n'est pas accompagnée par une anomalie Au, ni par une anomalie Ag générale. Il s'agit probablement d'une anomalie formationnelle, en relation avec le complexe volcanique et pyroclastique du Viséen inférieur qui affleure dans l'aire de l'anomalie.

3.2.3.7 - Servanceuil (70) (Fe) - Carte à 1/50 000 de Giromagny

Le gîte de fer de Servanceuil se trouve sur le flanc NW de la Montagne du Ménil, à 1 km environ au nord de Servance (70). Dirigé environ E-W, il est encaissé dans des roches volcaniques acides du Viséen inférieur, non loin de leur contact avec le monzo-granite des Ballons ; sa gangue est quartzeuse et sa puissance, qui augmente de bas en haut, atteint 15 m à la crête.

Les premiers travaux ont eu lieu dans la première moitié du XIXème siècle, dans le cadre d'une concession du Ménil accordée le 5 avril 1827. Le minerai contenait, d'après une analyse faite par le chimiste BERTHIER, 57 % Fe et 18 % SiO_2 + $BaSO_4$. Plusieurs tentatives de reprise eurent lieu ensuite, la dernière avant 1914 ; depuis, la mine a été abandonnée. Les travaux comportent un travers-bancs qui a rencontré le filon à 30 m, un traçage de 20 m, un puits et un dépilage à ciel ouvert au NW de l'entrée du travers-bancs ; à ce niveau, le filon, subvertical, est épais de 2 à 3 m.

La minéralisation est formée par de gros nids de fer oligiste, dans une gangue de quartz blanc et de jaspe qui renferme également des nids de barytine, des veines de sidérite et des géodes de calcite ; très accessoirement, se trouvent des oxydes de Mn.

A 2 km au sud de Servance, au lieu-dit "Le Revers-aux-Chiens", se trouve un réseau de filons et filonets quartzeux qui, comme à Servanceuil, renferment des nids d'oligiste et des nids de barytine. Les deux principaux sont à peu près parallèles et sont, eux aussi, dirigés E-W.

D'autres filons de fer oligiste, quelque peu exploités en 1830 et 1831, se trouvent également dans la commune de Servance, près des hameaux de La Pille et des Ivaudois, sensiblement sur les prolongements du gros filon de Servanceuil.

Pour terminer, on peut signaler la présence de 3 anomalies Ag stratégiques peu importantes, définies par 2 ou 3 prélèvements : les Granges du Bois (0,5 ppm, 1,1 ppm, 0,4 ppm) ; Etang de la Gélinotte (0,7 ppm, 0,8 ppm et 1,6 ppm) et Ecromagny (0,6 ppm, 0,7 ppm). Ces anomalies pourraient se trouver en relation avec des indices de fluorine (présence du minéral dans les batées), indices probablement très faibles qui n'ont pu être découverts.

4 - HOUILLER

Le Houiller des Vosges est un métallotecte stratigraphique pour l'uranium, les deux principales occurrences se trouvant dans le bassin de Saint-Hippolyte (68) et le bassin de Ronchamp (70).

4.1 - SAINT-HIPPOLYTE (68) (U) - CARTE A 1/50 000 DE SELESTAT

L'ensemble de ce Houiller (Westphalien), qui comprend 3 lambeaux principaux à caractère lacustre, a été exploré pour uranium par le CEA, entre 1951 et 1958. Ces lambeaux reposent sur un paléo-relief granitique et constituent, dans leur ensemble, un compartiment affaissé entre une faille limite Ouest et la faille vosgienne. La série comprend :

- 0 à 50 m d'arkoses non uranifères, dans lesquelles s'intercalaient les couches de charbon exploitées.

- 0 à 50 m de shales bitumineux uranifères, finement détritiques ou pélitiques. Du fait de la tectonique alpine, ils ont localement glissé vers le fossé rhénan, pénétrant parfois en écailles le Permien sus-jacent.

L'ensemble est affecté par des chenaux comblés par du Permien conglomératique et gréseux, et les couches sont redressées près de la faille Ouest.

Le lambeau le mieux étudié a été celui de Teufelsloch, situé 1 km à l'est de la faille-limite. La répartition de l'uranium y est assez anarchique, mais il existe une couche préférentiellement minéralisée : la "grande couche", puissante de 10 m et connue sur une longueur de 120 m ; les teneurs en U y sont de 2,3, exceptionnellement 7 °/oo. Quand le contexte est mixte, ce sont les lits détritiques qui sont les mieux minéralisés.

Aucun porteur individualisé d'uranium n'est observable en section polie. Les autoradiographies montrent d'ailleurs qu'on ne trouve pas de concentration de U > 12 %, ce qui exclut la présence de pechblende ou de coffinite. Par ailleurs, l'étude par la méthode Hiller a montré qu'il n'y a pas de "fond continu" uranifère, mais des concentrations nettes en coïncidence avec des joints ou des filonets sécants, remplis par une phyllite, de la galène et du mispickel authigène.

De plus, on observe que les parties riches coïncident avec des lits à débris végétaux reconnaissables : spores, cuticules, ... et, comme dans d'autres bassins houillers, il existe des intercalations de sidérite, avec souvent chalcopyrite ; celles-ci excluent l'uranium.

Dans le lambeau du Schäntzel, accolé à la faille Ouest, les échantillons riches, voisins de cette faille, présentent des filonets de matériau carboné à 12-14 % U, dans les fissures desquels on peut observer de la pechblende microscopique ; ces filonets sont recoupés par des veinules de sidérite à mispickel, chalcopyrite, blende et galène. On peut souligner la forte teneur moyenne en Mo (100 à 500 ppm), ce qui caractérise un milieu de dépôt franchement sapropélique.

Aux affleurements, se trouvent les minéraux supergènes significatifs suivants : zeunérite, sabugalite et scorodite.

Quant à la genèse, deux hypothèses ont été proposées : celle d'un dépôt épigénétique per ascensum (Carlier) et celle d'un dépôt syngénétique. De toute façon, si le dépôt était primitivement sédimentaire syngénétique, des remaniements et des reconcentrations très importantes ont du jouer.

Dans le voisinage de Saint-Hippolyte, vers l'ouest, le petit lambeau de Westphalien D du Hurcy (près de Sainte-Marie-aux-Mines, 68) renferme lui aussi des indices d'uranium et il a été exploré également par le CEA (sondages).

4.2 - BASSIN DE RONCHAMP (70) (U) - CARTE A 1/50 000 DE GIROMAGNY

Dans le bassin permo-houiller de Ronchamp, l'uranium présente deux modes de gisement, découverts dans la "Bowette Canada", à 800 m de profondeur, qui est creusée dans le "talqueux" des mineurs, c'est-à-dire une série épaisse de schistes à illite-kaolinite renfermant une couche de houille de 0,80 m.

Le premier mode est stratiforme : le "talqueux" montre les anomalies à 700 ppm dans des roches à glomérules de bitume polymérisé, englobant de la pechblende microscopique, et des anomalies à 1 200 ppm dans certains lits de charbon ; le tout présente un caractère lenticulaire discontinu, sans liaison avec les accidents tectoniques.

Le deuxième mode est filonien, au voisinage du "Grand Soulèvement", qui est une faille NW à pendage 50°SW, postwestphalienne mais antépermienne. Dans la partie minéralisée, le toit est du Houiller, le mur du Viséen. L'uranium se trouve dans la faille et surtout dans son mur schisteux, avec des teneurs locales de plusieurs %. La minéralisation pourrait s'étendre sur 400 m de longueur, mais elle ne s'éloigne pas de la faille de plus de 15 m. Son extension verticale reste inconnue.

L'uranium se présente sous forme de pechblende concrétionnée typique, englobée dans des bitumes polymérisés. Ceux-ci enclavent des fragments bréchiques de schistes et ils sont repris eux-mêmes dans une venue de dolomite et barytine, avec pyrite, blende, galène et chalcopyrite. A signaler, parmi les produits secondaires, deux raretés : la zippéite et la schröckingérite, en petits cristaux.

Les gisements décrits d'uranium n'ont pas été mis en exploitation.

5 - PERMIEN

5.1 - BASSIN DU NIDECK

Dans le Permien du bassin du Nideck, on connaît seulement un petit filon de barytine, épais de 20 cm, qui a été découvert récemment par A. SIAT (Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Strasbourg), dans le vallon du Schiferbachel, commune de Oberhaslach (67), sur la carte à 1/50 000 de Molsheim.

5.2 - BASSIN DE SAINT-DIE

Dans le bassin permien de Saint-Dié, on connaissait seulement, avant 1970, deux petits gîtes ou indices de cuivre : Anozel (88) et Nayemont-les-Fosses (88). Les prospections du BRGM ont permis d'y découvrir, en outre, un gisement de fluorine et une occurrence de cinabre (Saint-Dié N et N-E (88) ; le Hang ou le Han (67)).

5.2.1 - Anozel (88) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Saint-Dié

Les anciens travaux d'Anozel, dits travaux de Saint-Jean, se trouvent à 5 km au SSW de Saint-Dié, à 700 m au SW de la maison forestière, dans la commune de Saulcy-sur-Meurthe (88). Leur secteur est occupé par du Permien en contact faillé avec des gneiss.

Les premiers travaux eurent lieu probablement au XVème siècle et ils furent arrêtés, une première fois, en 1489. Ils furent repris par les exploitants de La-Croix-aux-Mines, de 1592 à 1608, avec une interruption en 1604-05, leur deuxième abandon étant dû à l'impossibilité d'assurer l'exhaure. Puis, la galerie fut réouverte en 1846, sur une centaine de mètres ; elle était tracée d'abord dans le socle gneissique, puis, à partir de 60 m, dans les arkoses du Saxonien, dans lesquelles étaient ouverts des puits au jour ("pingen"). Le minerai était probablement fondu sur place, comme en témoignent de nombreuses scories dans les haldes.

Une prospection géochimique Cu, effectuée par le BRGGM en 1957 (équipe P. BRANDY - P. SAINFELD), a montré seulement une anomalie N-S à l'emplacement des anciens travaux, confirmant l'hypothèse filonienne et excluant une extension en dehors de ces travaux.

La minéralisation des haldes se trouve uniquement dans des grès permiens et elle comprend essentiellement du chrysocolle, en veinules ou en imprégnations, accompagné de petites quantités de malachite, d'azurite, de cérusite, de mimétèse, de pyromorphite et de divers vanadates et arséniates de Cu, auxquels s'ajouterait de la fluorine. Toutefois, d'après un rapport de la Chambre des Comptes de Nancy, daté de 1608, cette mine aurait été riche en argent et "rosette" (cuivre rouge : bornite), ce qui laisse supposer que le gisement exploité était probablement un filon sulfuré N-S, filon accompagné ici d'imprégnations oxydées dans les épontes permiennes. Cette hypothèse est étayée par la présence de l'indice filonien voisin de Nayemont-les-Fosses.

Les travaux anciens comprennent une galerie effondrée et, au-dessus, des puits superficiels marqués par des entonnoirs, alignés en direction N-S sur une distance supérieure à 400 m.

La production est totalement inconnue, mais elle a dû être peu importante.

5.2.2 - Nayemont-les-Fosses (88) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Saint-Dié

L'indice de Nayemont-les-Fosses se trouve à 5 km à l'ENE de Saint-Dié, dans un ravin près de la ferme Moncel. Il s'agit d'un filon mince traversant le Saxonien supérieur et le Thuringien inférieur, dirigé N110° à 125°, avec un pendage de 60°S. Son remplissage quartzeux renferme des grains de chalcopyrite, de bornite et de pyrite et, contrairement aux cas d'Anozel et de Triembach, il n'y a pas d'imprégnations cuivreuses dans la roche encaissante.

Les travaux de recherches, effectués sans doute au début du XVIème siècle, comportent une galerie de 30 m et un puits intérieur.

Il est à noter que, sur la crête à l'ouest, dans le prolongement du filon, se trouvent des filonets sub-parallèles de quartz taché de malachite.

5.2.3 - Nord et Nord-Est Saint-Dié (88) (F) - Carte à 1/50 000 de Saint-Dié

La présence d'un vaste gisement stratiforme de fluorine encaissé dans le Permien supérieur du bassin de Saint-Dié, au nord et au nord-est de la ville, a été mise en évidence par la prospection alluvionnaire stratégique des années 1969 et 1970, complétée par une prospection tactique en 1971.

L'importante anomalie alluvionnaire (qui comprend aussi de la barytine) coïncide de façon remarquable avec la minéralisation en place, localisée de façon précise grâce à ses nombreux affleurements. Ultérieurement, à titre méthodologique, lorsqu'on bénéficia de la présence sur place d'un ionomètre Orion, une prospection hydrogéochimique du fluor fut effectuée dans le réseau hydrographique de la zone minéralisée (prélèvements à la maille linéaire de 250 m et resserrements à un intervalle de 20 m dans des phases tactiques locales).

Les résultats de cette prospection ont été positifs. Il existe en effet, d'une façon générale, une différence systématique de teneurs entre les analyses faites en amont ($\leq$ 100 mg/t), dans les grès rouges du toit, et celles faites à la

traversée et en aval du niveau minéralisé, dont les valeurs sont variables mais nettement plus élevées ; dans certains cas, les teneurs maximales peuvent atteindre 1 500 mg/t et, ainsi, les facteurs de concentration peuvent être supérieurs à 15. On remarqua aussi, de façon très nette, que les "ruisselets" au débit très faible, voire intermittent, présentaient les anomalies les plus élevées.

En définitive, dans ce cas sans doute favorable d'un gisement stratiforme étendu, une prospection hydrogéochimique, effectuée à la maille kilométrique de la prospection alluvionnaire, aurait sans doute mis en évidence une anomalie F régionale et, complétée éventuellement par des prospections tactiques, elle aurait certainement permis de découvrir la minéralisation en place, sans qu'il y ait eu besoin d'effectuer des batées.

Avant la découverte du BRGM, la fluorine n'était pas totalement inconnue dans la région, mais elle y était seulement signalée comme indice minéralogique. On en trouve d'abord mention dans l'ouvrage classique de A. LACROIX (1896) qui écrit : "La collection Daubrée renferme de petits cubes violets de fluorine associés à du calcaire dolomitique, dans une géode de grès rouge de Robache, près de Saint-Dié". Ensuite, en 1909, H. UNGEMACH signale ainsi l'indice : "La fluorine se présente à Robache dans les géodes de grandes masses de calcaire dolomitique enclavées dans le grès rouge ; elle y est accompagnée de dolomite cristallisée, de barytine lamellaire, de quartz fumé, de paillettes d'hématite et, rarement, de différents arséniates de cuivre. C'est le seul gisement vosgien non filonien ...".

Plus tard, R. WEIL et M. JAROVOY (1952) signalent de nouveau le minéral à Robache (avec aphanèse et dolomite) et à la ferme de La Goule, se référant aux deux auteurs précédents et au catalogue de la collection Ungemach (Institut de Minéralogie de l'Université de Strasbourg). Enfin, en 1968-69, un géologue allemand de l'Université de Mayence, J. HOLLINGER, préparant une thèse sur le Permien du nord des Vosges, avait remarqué la présence de fluorine dans la région. Mais, toutes ces indications évoquaient plus des indices minéralogiques qu'un gisement géologique et ce sont bien les travaux de prospection du BRGM qui ont mis ce dernier en évidence.

Il se trouve, pour l'essentiel, immédiatement au nord et au nord-est de la ville de Saint-Dié, avec un prolongement possible (non reconnu) au nord de la vallée de la Hure. Ses nombreux affleurements, sub-horizontaux mais décalés par des failles, serpentent à flanc de côteau, à hauteur d'un replat caractéristique, dans la région accidentée comprise entre la Meurthe, la Fave et la Hure ; ils entourent

les deux buttes-témoins triasiques de la Montagne d'Ormont et de la Roche de la Burre.

Comme, toutes questions de teneurs mises à part, on peut considérer que la minéralisation est continue, la superficie intéressée dans cette zone est de 14 km^2 environ. En admettant une épaisseur moyenne de 2 m, chiffre très raisonnable, la quantité totale de roche magasin doit atteindre un tonnage dont l'ordre de grandeur est de 70 10^6 tonnes. Du seul point de vue géologique, il s'agit bien d'un gisement considérable.

Le gisement étant stratiforme (cf. infra), il sera indispensable de bien connaître son environnement stratigraphique. Celui-ci a été exposé dans le chapitre I (Bassins de Saint-Dié, de Villé et du Nideck) et il sera donc seulement nécessaire ici de décrire plus en détail l'assise permienne supérieure qui renferme le niveau minéralisé, appelée assise de Saint-Dié.

Les dépôts supérieurs du Thuringien, formant cette assise, transgressent largement le domaine des assises inférieures et vont s'étaler sur la totalité de l'aire de sédimentation permienne, ennoyant les divers paléo-reliefs subsistants, notamment le bombement de Ban-de-Sapt-Senones. Atteignant une puissance maximale de 120 m, ils sont constitués principalement par des grès feldspathiques brun-rouge, mal classés et mal stratifiés, renfermant des lentilles bréchiques ou conglomératiques et, vers leur sommet, de nombreuses passées d'argilites sableuses.

Les grès présentent généralement une matrice illitique ferrugineuse, mais parfois un ciment dolomitique blanchâtre. En fait, l'abondance de la dolomie est un caractère important de l'assise : le carbonate, qui comprend quelques reliques calcaires (cf. infra), peut y former lui-même des lentilles individualisées, dont la nature varie entre celle d'une dolomie relativement pure (carrières souterraines de la Culotte) et celle d'une arkose dolomitique.

Ces lentilles sont localisées préférentiellement dans des horizons déterminés, dont le plus continu se trouve à la base, sur une hauteur de 20 m ; un 2ème horizon, plus discontinu, se rencontre à l'extrême sommet et, beaucoup plus rarement (la Culotte), des lentilles isolées existent dans la partie moyenne.

Les roches dolomitiques de la base et du sommet renferment fréquemment des nodules siliceux rouges (cornaline), parfois blanchâtres, et, dans les mêmes niveaux, se trouvent de courtes et minces passées de silexites. En outre,

confinée dans l'horizon basal et dans la dépression de Saint-Dié, se rencontre de la fluorine, associée aux dolomies impures ou aux silexites.

L'horizon basal dolomitique précédent existe dans la plus grande partie du bassin du Saint-Dié, y compris dans les lambeaux conservés sur le bombement de Ban-de-Sapt-Senones, mais sa minéralisation en fluorine n'apparaît que dans la dépression située au nord et au nord-est de la ville. Cet horizon manque toutefois dans les régions extrêmes, celle de Bruyères et celle du Nideck, où l'on trouve seulement les couches supérieures les plus transgressives, dépourvues de carbonates. Dans le bassin de Villé, il existe bien un niveau dolomitique et siliceux, mais, d'après sa position stratigraphique, il doit correspondre à l'horizon supérieur de l'assise de Saint-Dié.

Au point de vue tectonique, la tectonique cassante est bien représentée, particulièrement dans les dépressions subsidentes installées dans des zones de faiblesse. On y trouve, d'une part, des accidents rhénans subméridiens (NNE à NNW) et, d'autre part, de nombreux éléments varisques ou plus anciens (NE, ENE, ESE), qui ont rejoué pendant l'orogenèse tertiaire et pendant le dépôt même du Permien. Les failles rhénanes sont généralement postérieures à ces rejeux et elles sont accompagnées de multiples accidents satellites et d'un faisceau de diaclases ; au moins dans la région du gisement, elles ont toutes un rejet vertical vers l'ouest.

Description générale du gisement. Dans la série permienne, le gisement de fluorine est bien localisé verticalement et horizontalement. Verticalement, comme on le sait, il est encaissé dans l'horizon carbonaté basal de l'assise de Saint-Dié, à l'exclusion des horizons moyen et supérieur et de la partie sommitale dolomitique de l'assise de Champenay, pourtant très proche stratigraphiquement. La formation de Saint-Dié étant la plus transgressive des formations permiennes, on retrouve là une situation bien connue pour de nombreux gîtes stratiformes des séries marines, qui sont encaissés dans les assises basales des trangressions.

Horizontalement, le gisement se trouve dans une dépression au contact du bombement de Ban-de-Sapt-Senones et les secteurs apparemment les plus "riches" sont les plus proches de ce contact. Comme ce bombement a constitué un important paléo-relief recouvert seulement au cours du Thuringien, on retrouve là aussi une situation bien connue dans les séries marines, où les flancs des paléo-reliefs (ou les bordures des dépressions) constituent des métallotectes paléogéographiques pour les gîtes stratiformes. Ainsi, au point de vue localisation, il existe de grandes analogies entre ce gisement en milieu continental-lagunaire et de nombreux gîtes en milieu marin.

Dans l'horizon basal, puissant de 20 m à 25 m, la fluorine est strictement confinée dans les passées à matrice dolomitique, accessoirement à matrice siliceuse. Les premières peuvent former des corps de dimensions très diverses : d'une part, des bancs relativement épais (1 m à 2,5 m), dont la longueur peut atteindre 1 km, et, d'autre part, de courtes et minces lentilles, à la limite des nodules à ciment dolomitique enclavés dans des couches de grès brun-rouge. Quant à la silice, elle constitue soit des rognons dans les carbonates, soit de très petites lentilles de silexites, soit des concrétions isolées. Dans la région du gisement, tous ces éléments carbonatés et siliceux renferment généralement de la fluorine, au moins des traces.

Les niveaux exacts, les épaisseurs, la nature et le nombre des corps minéralisés seront donc variables d'une coupe à l'autre, même sur de courtes distances. En fait, il est remarquable que, dans toute la série permienne, cet horizon fluorifère soit probablement celui qui présente la sédimentation la plus instable, avec de multiples alternances et mélanges de clastiques, de colloïdes et de dépôts chimiques. On trouve là une 3ème analogie avec les gîtes stratiformes classiques, qui se trouvent de préférence dans de telles successions hétérogènes, plutôt que dans des successions homogènes stables.

Comme indiqué plus haut, il existe de nombreux accidents tectoniques dans la zone du gisement, dont une multitude de diaclases "rhénanes". On ne trouve jamais de fluorine dans ces diverses cassures et, à leur voisinage, on ne rencontre aucune concentration relative du minéral, lequel apparaît "indifférent" à la tectonique postérieure à l'horizon. Comme, par ailleurs, aucun de ses agrégats ne recoupe les limites des corps encaissants, le gisement est parfaitement stratiforme, étant, dans le détail, multi-lenticulaire.

Pétrologie

Les carbonates encaissants sont principalement des dolomies secondaires, beaucoup plus rarement des calcaires primaires, les uns et les autres étant pratiquement toujours associés à des clastiques et des "silex", ces derniers pouvant former, en outre, des petites lentilles de silexites. En plus de la fluorine, ils peuvent renfermer, comme minéraux tardifs, de la barytine, du quartz, de la calcédoine, de la calcite, des oxydes de fer et des traces d'oxydes de cuivre.

Clastiques. Les clastiques, toujours présents, sont répartis irrégulièrement à toutes les échelles et on peut trouver tous les intermédiaires entre des passées gréseuses et des passées carbonatées relativement pures. Etant

les mêmes que ceux des grès rouges associés, ils présentent tous les caractères des arkoses, indiquant par là leur provenance de l'érosion active de reliefs voisins. Ils "flottent" dans le ciment carbonaté, qui peut corroder leurs bordures ou même les remplacer largement (cas de certains feldspaths altérés) ; par contre, les grains quartzeux peuvent être accrus par de la silice secondaire.

Calcaire. Le carbonate initial était un calcaire fin grisâtre, dont il subsiste quelques reliques, en particulier dans le secteur de Hédibu, près de Denipaire. Il présente là des bancs qui alternent verticalement avec des bancs de dolomie, ce qui indique a priori que la dolominisation a été un phénomène syn-diagénétique.

Le dépôt originel, associé à des clastiques et des minéraux argileux, est constitué par un sédiment micritique chimique, dont il reste quelques éléments, par exemple sous la forme de gravelles. Conservés par la silicification, on peut y trouver des spicules de spongiaires et des débris d'organismes coloniaux*. Enfin, la présence de cristaux de gypse pseudomorphosés en calcite démontre qu'un climat aride a dû régner pendant le dépôt.

Marquant une première phase de diagenèse, la micrite est largement recristallisée en calcite microcristalline (ordre de 50 microm.), plus fine là où les impuretés carbonées sont les plus abondantes, et en calcite spathique microgrenue. Celle-ci constitue, dans l'ensemble, des réseaux de plages et de filets et elle s'est développée préférentiellement au contact des clastiques, qu'elle entoure de "couronnes". Témoignant de la compaction, se trouvent de nombreux délits stylolithiques jalonnés par des détritiques et des impuretés résiduelles. En outre, de nombreuses microfissures, rectilignes ou sinueuses, peuvent être remplies par de la calcite maclée grossière probablement tardive.

Une deuxième phase diagénétique est indiquée par le développement, au sein des calcaires précédents, de petites plages de dolomie (avec ou sans fluorine). Ces plages sont toujours constituées par des agrégats de dolomites beaucoup plus grosses que la calcite remplacée, qui présentent systématiquement des anomalies optiques, signes de déformation pendant la cristallisation.

---

* D'après Ch. GREBER (SGN), il pourrait s'agir d'algues siphonées calcaires.

D'une façon générale, cette dolomitisation "à l'état naissant" apparaît indépendante des recristallisations en calcite spathique et, pour des causes restées inconnues, elle est confinée dans quelques bancs-reliques de calcaire, seulement légèrement dolomitisés. Ultérieurement, dans ces calcaires, il s'est formé les mêmes minéraux tardifs que dans les dolomies, peut-être en moindres quantités.

Dolomie. Les calcaires-reliques étant l'exception, la roche principale du gisement est une dolomie blanchâtre saccharoïde, à grain moyen et grossier, poreuse et géodique, plus ou moins chargée de clastiques. Elle est très généralement hétérogène, comportant trois éléments distincts : des agrégats, un ciment-mosaïque et des remplissages.

Les agrégats, aux formes émoussées ou anguleuses, correspondent à la dolomitisation totale du calcaire. Ils sont constitués par des associations de dolomites moyennes ou grossières, pouvant présenter des groupements tels que des rosettes et pouvant montrer les mêmes anomalies optiques que les plages dolomitisées du calcaire. Ces associations renferment des concentrations de fines impuretés, carbonées et phylliteuses, ainsi que des traces de structures antérieures ; en outre, systématiquement, leurs bordures sont entourées par des accroissements secondaires orientés. Ces agrégats sont donc des "intraclastiques intra-formationnels", formés soit par la dolomitisation elle-même, soit sous l'influence d'une tectonique de type "saccades épirogéniques".

Leur ciment, dépourvu de détritiques, est constitué par des mosaïques dolomitiques hypidiomorphes hétérométres sans anomalies optiques, dont la plupart des cristaux présentent une zonalité : noyau central finement impur et bordures limpides pouvant montrer des zones successives d'accroissement. Il y subsiste des pores, limités par des rhomboèdres microcristallins.

Quant aux remplissages de vides, ils sont formés par des dolomites limpides automorphes, pouvant être très grossières (couramment 2 mm et plus), et ils peuvent comporter, en outre, d'autres minéraux tels que la fluorine, la barytine, le quartz et la calcite.

Silice. La silice est fréquente dans toutes les roches carbonatées, sous la forme générale de nodules irréguliers analogues aux silex ; dans certaines lentilles minces, ces nodules peuvent "coalescer" et constituer des silexites. Ils présentent généralement une couleur rouge (cornaline), due à la présence d'un pigment hématitique ; plus rarement, ils sont de teinte rose pâle ou blanchâtre. En outre de ces "silex", se trouvent de la silice microscopique (silicification "à l'état

naissant") et des cristallisations postérieures.

Les nodules, comportant des éléments très fins, millimétriques, se sont certainement déposés initialement à l'état de gel siliceux accompagné d'hydroxydes de fer, comme en témoignent des fantômes de rubans colloformes délimités par des liserés "limonitiques", ainsi que des groupes de minuscules globules, isolés ou coalescents. Actuellement, ce gel initial est recristallisé sous deux formes : d'une part, en grande partie, des agrégats "poivre et sel" de quartz fibreux microcristallin ; d'autre part, des structures calcédonieuses fibreuses ou fibro-radiées.

D'une façon générale, la silicification est postérieure à la dolomitisation : inclusions de plages dolomitiques corrodées dans la masse des "silex" ; corrosion, voire dislocation, des dolomites contiguës, avec détachement d'îlots résiduels" enclavés dans les bordures siliceuses ; apophyses de quartz microcristallin pénétrant dans les agrégats carbonatés voisins ; remplacement siliceux partiel des inclusions dolomitiques corrodées. Mais, il existe des fantômes de bandes calcédonieuses remplacées et les deux phénomènes ont dû présenter un certain recouvrement, la silicification ayant débuté avant la fin de la dolomitisation. Il est possible que la première silicification, étant donné l'environnement, ait pu correspondre à un phénomène de silcrête.

En dehors de ces silex, la roche est généralement plus ou moins imprégnée par de la silice microscopique. Celle-ci y constitue, d'une part, des microplages microcristallines associées ou non à de la fluorine et, d'autre part, des remplissages de micropores accompagnés d'un certain remplacement et, parfois, de microfilets dans les clastiques complexes.

Une phase siliceuse tardive, provenant probablement d'une remobilisation partielle des "silex", se trouve associée aux remplissages. Elle présente soit un habitus de cristaux automorphes de quartz, soit un faciès de silice fibreuse microcristalline ou microgrenue. En relation avec elle, les clastiques quartzeux peuvent présenter des accroissements authigènes, parfois plus importants que les noyaux détritiques. En outre, le quartz tardif remplit les interstices des structures calcédonieuses ; il englobe des micro-éléments de fluorine et il peut remplacer la barytine de façon idiomorphe. La silice fibreuse, elle, envahit les remplissages de fluorine, dans lesquels elle forme des réseaux diffus intergranulaires corrosifs. Enfin, des microquartz pyramidés peuvent être déposés sur de minuscules cubes de fluorine tapissant les parois de certains pores.

Fluorine. La fluorine, de couleur générale violette, existe pratiquement dans toutes les unités carbonatées de l'horizon et dans les silexites dérivées, mais elle y présente une répartition très irrégulière dans le détail. Elle apparaît plus abondante dans les dolomies que dans les calcaires et, dans celles-ci, elle est localisée préférentiellement dans les lentilles relativement pures plutôt que dans les lentilles arkosiques, dans le ciment plutôt que dans les "intraclastiques" et, d'une façon générale, au contact des carbonates et des silex. Elle présente deux habitus principaux : d'une part, des agrégats divers, isolés ou reliés, et, d'autre part, des multitudes de micro-éléments, intragranulaires ou plus rarement intergranulaires.

Les agrégats se sont formés soit par remplacement, soit par remplissage. Les premiers, d'apparence impure, présentent un grain moyen microcristallin (50 microm. environ) ou cryptocristallin (< 15 microm.), en relation probable avec la pureté de la trame remplacée. Les carbonates de bordure sont largement corrodés, voire déchiquetés, avec des "ilôts" détachés enclavés dans la fluorine, et ils fourmillent généralement de micro-éléments du second habitus. On peut y trouver, en outre, plus loin du contact, des microplages intersticielles au voisinage desquelles se retrouvent des inclusions de microcubes et de micrograins.

Les seconds agrégats (remplissage) sont limpides, à tendance automorphe, plus grossiers (microgrenus ou grenus) ; ils sont bordés par des rhomboèdres dolomitiques seulement légèrement remplacés.

Les principales plages sont souvent localisées au contact de la dolomie et des "silex". Il s'agit parfois de remplissages moulés à la fois sur des rhomboèdres et des bandes calcédonieuses festonnées, mais, le plus souvent, il s'agit de remplacements microcristallins. Dans ce cas, les dolomites de bordure peuvent être largement corrodées, tandis que, de l'autre côté, la fluorine "diffuse" dans la silice recristallisée à son contact, à la faveur des diverses discontinuités ; elle peut y former ainsi des réseaux fluorés internes, qui peuvent disloquer totalement certaines parties des "silex", dont il ne subsiste plus que des fragments anguleux effilochés. La fluorine peut aussi remplir certaines fissures de ces "silex", seule ou associée à des dolomites. A l'inverse, rappelons-le, il existe de la silice postérieure qui, elle, remplace la fluorine.

Dans les calcaires-reliques, cette dernière est souvent associée aux petites plages diagénétiques de dolomie, auquel cas elle se trouve en bordure, remplaçant tant les dolomites que les calcites. Mais, elle peut exister aussi en dehors de ces plages, sous la forme de liserés autour des clastiques et sous celle de

petits agrégats dispersés dans la matrice calcaire ; il est à noter que le grain de ces agrégats est plus gros (microgrenu), quand ils se trouvent dans les plages de calcite spathique.

Comme pour la silice et localisée dans les mêmes passées, il existe une "fluoritisation à l'état naissant". Il s'agit soit de files discontinues de microcubes, jalonnant des contacts intergranulaires ou esquissant des alignements, soit de minuscules plages isolées de remplacement, soit de rares concentrations de micrograins, voire seulement quelques microcubes disséminés.

Enfin, il existe des cristaux géodiques incolores ou faiblement teintés, généralement de petite taille (1 ou 2 cm) et de forme cubique, ce qui indiquerait une formation en milieu légèrement alcalin. Ces cristaux renferment de nombreuses inclusions biphasées (liquide + vapeur) primaires, de dimensions assez importantes (20 microm. à 90 microm.), qui, étudiées par décrépitoscopie au Laboratoire de Minéralogie du Service Géologique National (C. JACOB), ont donné des dégagements gazeux à des températures comprises entre 160 et 300-320° C. Par ailleurs, les températures d'homogénéisation déterminées par Ph. FORQUIN (Université de Nancy I) montrent que le piégeage des fluides aurait eu lieu, pour la plupart des inclusions, à 110° C, et, pour une autre catégorie, à 140° C.

Pour les dolomites limpides automorphes des remplissages, qui renferment des inclusions biphasées moins nombreuses et plus petites, ces températures d'homogénéisation sont étalées dans l'intervalle 115° - 160° C. Quel que soit le chiffre adopté, et il s'agit de valeurs minimales, on peut affirmer qu'une anomalie thermique a présidé à la mise en place de la minéralisation*.

Barytine. La barytine, blanche ou rosée, forme des agrégats géodiques grossiers, tant dans les calcaires que dans les dolomies, mais elle présente aussi de fines lamelles (1 à 6 mm), groupées en éventail ou entrecroisées. Ces lamelles sont souvent associées à de la fluorine qui les corrode, le remplacement apparaissant contrôlé par les clivages. Mais, il existe une seconde cristallisation du sulfate, plus limpide et plus automorphe, qui, elle, remplit des fissures de la fluorine.

---

* Il est regrettable que l'on n'ait pas pu, en outre, jusqu'à ce jour, analyser les éléments en traces de la fluorine, notamment les Terres Rares, ce qui aurait fourni des arguments supplémentaires pour la discussion génétique.

Au contact des "silex", la barytine peut remplacer leurs bordures de façon poeciloblastique, tandis que le quartz tardif, lui, remplace toujours le sulfate de façon automorphe. Il peut être de même recoupé par des filets de calcite et il peut remplir des microfissures de "silex", avec des dolomites et de la fluorine.

Calcite. Une calcite limpide grossière souvent maclée, à distinguer de la calcite spathique précoce, représente le minéral le plus tardif de l'association, tant dans les dolomies que dans les calcaires ; elle peut mouler, corroder ou recouper tous les autres minéraux. Son origine la plus probable est celle d'une remobilisation partielle de la calcite diagénétique, en relation avec un épisode final de fissuration.

Oxydes de fer et de cuivre. Outre le pigment hématitique qui colore la cornaline, on trouve dans celle-ci des micro-agrégats d'oxydes de fer, au contact des enclaves et des impuretés jalonnant les stylolithes ; tous ces éléments dérivent probablement d'une évolution d'un "gel limonitique" initial. Il existe, en plus, une seconde cristallisation beaucoup plus tardive, représentée par des dépôts d'hématite en bordure des filets terminaux de calcite ; ces dépôts pourraient provenir d'une remobilisation des oxydes de la cornaline.

Quant aux arséniates de cuivre signalés par les auteurs, ils sont exceptionnels et nous en avons trouvé un seul petit indice, près de Marzelay. Plus récemment, en 1982, Ph. FORQUIN a découvert, au Sptizenberg, des granules millimétriques de cuivre natif dans la silice corrodant des cristaux de dolomite. On peut penser que ces traces éparses de minéraux de Cu pourraient se trouver en relation avec des filonets du type Nayemont-les-Fosses (cf. ci-dessus), qui traverseraient le Thuringien.

A la suite des descriptions précédentes, on peut résumer comme suit l'évolution pétrologique des lentilles fluorifères :

1) Dépôt d'une vase calcaire (avec argile accessoire) dans des lagunes ou lacs temporaires sursalés, peuplés de spongiaires et d'algues. Influences de la géodynamique externe (apports saccadés de clastiques arkosiques) et climat chaud, voire aride (cristallisation de gypse).

2) Recristallisation de la micrite en calcite microcristalline et en calcite spathique microgrenue, accompagnée d'une certaine corrosion des clastiques. Formation de stylolithes de compaction et microfissuration.

3) Dolomitisation généralement totale, toutefois arrêtée à l'état naissant dans certains bancs (cause inconnue). Etat général de contrainte mécanique : formation d'intraclastiques et nombreuses anomalies optiques.

4) Avant la fin de la dolomitisation, dépôt d'un gel siliceux et limoniteux formant, par coalescence, des nodules irréguliers de "silex" et même des silexites, aux dépens du calcaire ou de la dolomie. Evolution de ce gel en calcédoine et en quartz fibreux microcristallin. Evolution concomitante de la "limonite" en hématite, formant en particulier un pigment rouge général (cornaline). Stylolithes de compaction et microfissures remplies de dolomites remobilisées.

5) Cristallisation sporadique de barytine dans divers vides, accompagnée de rares remplacements des carbonates et des "silex".

6) Formation générale de fluorine, irrégulière et parfois arrêtée à l'état naissant. Mise en place par remplacement des minéraux préexistants (calcaire, dolomie, silice, barytine) et par remplissage de vides, dont des fissures dans les "silex". Formation de petits cristaux géodiques cubiques à une température supérieure à 110° C au moins.

7) En relation avec un épisode tectonique, remobilisation de la barytine et postérieurement de la silice, sous forme de quartz automorphe ou de quartz fibreux, ce dernier remplaçant nettement des agrégats de fluorine de remplissage.

8) Episode final de fracturation, marqué par des filets tardifs de calcite maclée et d'hématite accessoire, ces deux minéraux provenant probablement d'une remobilisation de leurs cristallisations antérieures.

9) Plus tard, dans certains cas, remobilisation de la seule silice (ou venue postérieure ?) pour former des éléments de filonets dans les cassures "rhénanes". Phénomène seulement observé dans l'horizontal sommital non fluorifère.

En ce qui concerne la genèse, l'hypothèse la plus probable est celle de l'introduction du fluor par des eaux thermo-minérales représentant l'hydrothermalisme du volcanisme acide permien, signalé à la limite du Saxonien et du Thuringien (ou, pour d'autres auteurs, à la limite des couches de Champenay et de Saint-Dié). Cette hypothèse peut expliquer la température de dépôt, trop élevée pour une formation sédimentaire et, d'autre part, on est quasi-assuré que, dans les

Vosges, le volcanisme acide tardi-hercynien a présenté une phase fluorée : le gîte décrit de Faymont, dans les Vosges centrales, est lié presque certainement au volcanisme rhyolitique intra-permien du petit bassin du Val d'Ajol, tandis que le granite du Kagenfels, dans les Vosges septentrionales, qui est lui-même fluorifère, présente un développement subvolcanique paraissant se poursuivre dans le volcanisme du bassin du Nideck.

Il est également probable que la silice étroitement associée, déposée initialement à l'état d'"opale limoniteuse", puisse trouver son origine dans les mêmes venues hydrothermales, de même que la barytine. Ces venues auraient été contemporaines d'une période d'activité tectonique, dont témoignent la grande transgression de l'assise de Saint-Dié et l'hétérogénéité de la sédimentation de l'horizon minéralisé ; elles auraient été, par ailleurs, concentrées dans les zones les plus intenses de cette activité, notamment la zone située à la jonction de la fosse subsidente de Saint-Dié et du paléo-relief de Ban-de-Sapt-Senones ; lorsque, plus tard, l'activité tectonique a diminué, l'hydrothermalisme fluoré aurait cessé, ce qui expliquerait la stérilité de l'horizon supérieur. Mais, il reste bien entendu que la genèse décrite n'est qu'une hypothèse.

Travaux d'échantillonnage du BRGM

Il était certain, dès le premier examen des multiples affleurements de la formation fluorée présentée ci-dessus, que la teneur moyenne serait beaucoup trop faible pour que le gisement puisse jamais être exploité dans sa totalité. Mais, par contre, on était assuré d'un tonnage considérable (cf. chiffre cité) et, avant de classer le problème, il apparaissait nécessaire d'effectuer quelques travaux de reconnaissance détaillée et d'échantillonnage, afin de déterminer ou non, dans cette minéralisation inexploitable dans son ensemble, la possibilité d'existence de panneaux plus riches, disons, pour fixer les idées, des panneaux de 10^6 tonnes à une teneur > 30 % CaF_2.

Après examen détaillé d'un grand nombre d'affleurements, on a choisi, pour effectuer ces travaux, d'une part le secteur de La Culotte - Les Raids de Robache et, d'autre part, celui de Hédibu. Dans ces deux secteurs, en effet, les lentilles dolomitiques affleurantes apparaissaient plus continues et plus épaisses que dans la majorité des autres régions et, donc, la géométrie y était plus favorable. En outre, en cas de succès, il aurait été loisible de reconnaître par des sondages relativement courts la région cachée intermédiaire, soit un panneau de 1 km^2 environ.

Secteur La Culotte - Les Raids de Robache. Ce secteur, qui s'étend en fait depuis Pont des Raids jusqu'au-delà des Raids de Robache, était le mieux connu, car il présente de nombreux affleurements naturels et on peut y tracer avec une bonne précision (et parfois même avec exactitude) le contact des assises de Champenay et de Saint-Dié.

La première est représentée essentiellement pour son "faciès de la Montagne d'Ormont", c'est-à-dire par des dalles de schistes rougeâtres micacés et, à quelques mètres au-dessous du contact, elle renferme un banc repère de microconglomérat, épais de 40 à 50 cm, qui s'étend au moins jusque dans la région de Marzelay, vers l'ouest. Au-dessus, formant transition, les shales alternent avec des grès fins argileux, sur une épaisseur de quelques mètres, et renferment de premiers éléments carbonatés, non fluorés, sous la forme de grès dolomitiques vert clair.

La formation de Saint-Dié, superposée en concordance apparente, débute généralement par un banc détritique grossier, à ciment dolomitique et à microgalets subanguleux ; son épaisseur est très variable (0,40 m à 1,80 m) et, exceptionnellement, on peut trouver, accolée au mur, une première petite lentille siliceuse minéralisée en fluorine. Au-dessus, sur une hauteur de 4 à 6 m, se rencontre un ensemble lenticulaire d'arkoses rouges présentant des passées dolomitiques "décolorées" et des passées plus grossières microconglomératiques ; il peut s'y individualiser quelques bancs de grès dolomitiques, par exemple dans le ravin de La Culotte où l'un d'eux renferme de la barytine géodique.

C'est à la suite de ce premier ensemble peu épais que se trouve le banc dolomitique inférieur minéralisé en fluorine. Il s'agit, dans le secteur, d'un banc très étendu et comme, d'autre part, il présente une puissance relativement élevée, variant entre 1 m et 2,5 m, il constitue un élément géométrique important, un des plus importants de l'ensemble du gisement. Il est formé par une dolomie gréseuse blanchâtre à grain moyen-grossier, enclavant des micro-lentilles arkosiques et caractérisée, en outre, par des débuts de karstification en relation avec un réseau dense de diaclases subméridiennes.

Malheureusement, sa minéralisation en fluorine, associée en général à des petits rognons de cornaline, est très dispersée et elle ne présente pas de concentration apparente au voisinage des cassures qui sont elles-mêmes stériles. Les échantillons effectués ont bien confirmé ces observations défavorables : dans la tranchée T_{14} des Raids de Robache, la teneur en Ca F_2 est de 5,20 % sur une puissance de 2,20 m ; dans la tranchée T_{15}, au-dessous de La Culotte, cette teneur

est de 5,40 % sur une épaisseur de 1,90 m (dans le tronçon D) et de 3,15 % sur une puissance de 1,10 m (dans le tronçon D'), lequel comprend aussi une mince (15 cm) lentille siliceuse superposée, relativement moins pauvre (14,10 %) ; enfin, dans la tranchée intermédiaire T_{16}, il n'existe plus que des traces de fluorine. On peut en conclure que la teneur moyenne du niveau ne doit pas dépasser 4 à 5 %, ce qui, naturellement, lui enlève tout intérêt économique.

Vers l'ouest, le banc inférieur précédent est interrompu par une faille subméridienne à 150 m de la tranchée T_{15} ; retrouvé au-delà, il ne présente plus qu'une épaisseur de 70 à 80 cm, jusqu'à la rencontre d'une faille parallèle. Il est généralement plus silicifié que dans le tronçon est et, en raison des lacunes d'observation, il n'est pas possible d'affirmer qu'il s'agit bien d'un seul et même banc et non de deux lentilles qui se relaient. Comme sa minéralisation apparaissait également très dispersée, on n'a pas effectué d'échantillonnage dans cette région, où la puissance est nettement plus faible.

Au-dessus du banc inférieur précédent, on retrouve une passée stérile d'épaisseur variable, généralement de l'ordre de 10 m, constituée, comme l'horizon de base, par des dépôts arkosiques rougeâtres avec enclaves dolomitiques "décolorées", mélangés de façon confuse à des lits de grès argileux et des lentilles de dolomies gréseuses. Puis, dans le secteur à l'est de la première faille, se rencontre un 2ème niveau continu minéralisé en fluorine, que l'on peut suivre (avec des lacunes d'observation) depuis le voisinage de la tranchée T_{15} jusqu'au-delà des Cinq Maisons, sur la rive gauche du ruisseau de Robache.

Il possède lui aussi une puissance relativement élevée, au moins métrique, et il pouvait constituer un 2ème élément favorable géométriquement. Mais, formé par une dolomie plus gréseuse, souvent en fait un grès dolomitique, il enclave des lentilles d'arkoses rouges stériles et sa minéralisation en fluorine est très dispersée. Les deux échantillons y prélevés (dans les tranchées T_{14} et T_{16}) ont donné les faibles teneurs suivantes : 3,36 % CaF_2 sur une épaisseur de 2,85 m et 4,95 % sur une épaisseur de 1,20 m. On peut en conclure que ce 2ème niveau n'a pas plus d'intérêt économique que le premier.

Dans la région située à l'ouest de la faille et du village de La Culotte, on ne retrouve plus le 2ème niveau, mais à sa place, en quelque sorte, de minces lentilles fluorifères très siliceuses, dont l'extension est sans doute réduite à quelques mètres. On peut en compter 5 dans le ravin occidental de La Culotte, sur une épaisseur de 15 m environ, et, même lorsqu'elles apparaissent comme de petits "accidents" isolés au sein de la masse des grès rouges, elles peuvent renfermer des

agrégats de fluorine, ce qui démontre la grande affinité entre celle-ci et la silice.

Quelques éléments de ce type peuvent toutefois être relativement plus importants. L'un d'eux, situé au sommet de la tranchée T_{14} des Raids de Robache, peut être suivi sur une longueur de 150 m, avec une épaisseur moyenne de 0,50 m ; il présente des agrégats spectaculaires de fluorine violette, mais sa teneur, dans la tranchée, n'est égale qu'à 2,6 % $Ca F_2$. Toutes ces petites lentilles silico-dolomitiques fluorées ne peuvent évidemment avoir aucun intérêt économique et, a fortiori, il en est de même des enclaves "décolorées" au sein de la masse détritique rouge, dont certaines n'ont parfois que la grosseur d'un poing.

En rappelant que la lentille dolomitique sus-jacente des carrières souterraines de La Culotte, située à 50 m environ au-dessus du contact avec l'assise inférieure, est complètement stérile, on peut affirmer que le secteur étudié, malgré la présence d'éléments géométriquement favorables, ne présente absolument pas d'intérêt économique en ce qui concerne la fluorine.

Secteur de Hédibu. Ce secteur se trouve exactement au nord du précédent, sur le versant gauche de la vallée de la Hure, et il en est séparé par une crête déprimée, entre la Roche des Corbeaux et l'Hortimont, ce qui, en cas de résultats favorables, aurait permis de compléter la reconnaissance par des sondages relativement courts. A défaut de bons affleurements, on y avait trouvé de nombreux blocs "bien" minéralisés en fluorine.

Il n'est certes pas possible, étant donné la distance (> 1 km), d'établir des corrélations couche à couche, mais les deux secteurs présentent toutefois une similitude d'ensemble. En effet, à Hédibu comme dans la région est de La Culotte, il existe deux niveaux principaux minéralisés en fluorine, dans la partie basale de l'assise de Saint-Dié.

A une courte distance au-dessus du contact de l'assise inférieure de Champenay, 6 à 10 mètres suivant les endroits, après une formation d'arkoses rougeâtres comportant quelques lentilles et amandes gréso-dolomitiques, on trouve un niveau fluorifère inférieur complexe. Au lieu d'un seul banc dolomitique, il comporte plusieurs lentilles carbonatées et, parmi celles-ci, une lentille de calcaire gris microcristallin, épaisse de 2 m, qui constitue un repère local dans le thalweg.

Cette lentille présente seulement des débuts de dolomitisation et elle renferme des traces de fluorine. Sur la rive droite, elle est encadrée par deux bancs

dolomitiques, tandis que, sur la rive gauche, il existe seulement un banc dolomitique supérieur. De minces lits gréseux ou gréso-dolomitiques complètent l'ensemble de ce niveau carbonaté inférieur hétérogène.

Les lentilles dolomitiques renferment des agrégats relativement grossiers de fluorine violette, mais, là aussi, ces agrégats sont dispersés et, dans le détail, la minéralisation ne présente aucune continuité. Aussi, comme dans le premier secteur, les teneurs sont-elles très faibles : la plus élevée atteint 8,40 % CaF_2 et elle concerne deux lits distincts (0,60 m au total) séparés par une intercalation gréseuse ; au-dessus, dans la tranchée 8, un 2ème niveau mince (20 cm) tient seulement 5,60 % et un banc supérieur, visible sur 0,60 m, 2,97 % CaF_2.

Dans la tranchée 11^{bis} (rive droite), le banc dolomitique est seulement minéralisé à sa base, sur une hauteur de 0,20 m, avec une teneur de 5,86 %, et, à 2 mètres plus haut, une autre lentille mince de 20 cm présente une teneur du même ordre (5,12 %). Il n'est pas besoin d'insister pour noter l'absence totale d'intérêt du niveau.

Le 2ème niveau fluorifère, qui n'a pas été reconnu partout, se situe à 7 ou 8 mètres au-dessus du premier. L'épaisseur intercalaire est occupée par des arkoses rougeâtres avec "accidents" dolomitiques et, dans le détail, ce niveau est lui-même complexe et très lenticulaire.

Sur la rive gauche du petit thalweg, où il est bien connu, son épaisseur totale atteint 3,20 m, mais, dans cette épaisseur, il existe seulement 3 bancs dolomitiques minéralisés (1,35 m au total), dont le plus épais atteint 0,75 m. La teneur de ce banc est de 6,70 % CaF_2, celle du banc intermédiaire (0,40 m) 10,25 % et celle du banc inférieur (0,20 m) 5,20 %.

En face, sur la rive droite, la puissance totale est plus élevée (4,80 m), ainsi que la puissance minéralisée (2,60 m). On trouve là aussi 3 bancs distincts fluorifères : le banc inférieur, épais de 2 m, renferme 7,17 % CaF_2, le banc intermédiaire très siliceux (0,20 m) 6,35 % et, enfin, le banc supérieur (0,40 m) 6,8 %. Ainsi, le 2ème niveau complexe ne présente pas, lui non plus, d'intérêt économique.

D'autres éléments minéralisés en fluorine existent au-dessus, mais il s'agit de très petites lentilles, voire d'enclaves "décolorées". Quand les arkoses argileuses sont profondément altérées, on peut trouver superficiellement des

concentrations très pures de fluorine violette, associées à des amandes argileuses brunâtres. Ces petits éléments "riches" argilo-fluorés proviennent certainement de la décarbonatation d'anciennes micro-lentilles carbonatées minéralisées, telles qu'on peut en trouver dans tous les secteurs.

En conclusion, les travaux effectués ont démontré qu'il n'existait certainement pas, dans leur région, de gisement économique de fluorine. Seuls, deux éléments y présenteraient une géométrie favorable : la lentille dolomitique des carrières souterraines de La Culotte et le niveau dolomitique inférieur, à l'est de La Culotte. Or, la première est complètement stérile et la teneur moyenne du second ne doit guère dépasser 5 %, même si l'on admet une certaine dissolution superficielle de $Ca F_2$. Quant aux autres éléments, défavorables par leur minceur et leur lenticularité, ils présentent des teneurs du même ordre de grandeur, n'atteignant 10 % qu'exceptionnellement.

Autres secteurs. Par acquit de conscience et pour s'assurer qu'il n'existait pas d'autres secteurs plus intéressants, on a effectué 3 échantillonnages supplémentaires sur des affleurements choisis parmi les plus "riches" à l'oeil nu, à Marzelay, aux Molières et à la Ferme César.

Marzelay. Dans ce secteur, qui se trouve dans la partie occidentale du gisement et donc dans sa partie la plus abaissée, à l'ouest de la grande faille de Pont des Raids - Denipaire, on connaissait des affleurements fluorifères au lieu-dit Les Goutteaux, immédiatement au nord de Marzelay. D'après leur position par rapport au conglomérat - repère de l'assise de Champenay, ils représentent le niveau inférieur local fluorifère, mais on ne saurait, en aucun cas, les assimiler au prolongement du premier niveau dolomitique des Raids de Robache.

En fait, les travaux de décapage ont mis en évidence, sur une hauteur de 5,50 m, au lieu d'un seul banc puissant, 4 lentilles minéralisées peu épaisses (0,20 m, 0,40 m, 0,30 m, 0,40 m), séparées par des intercalations de grès feldspathiques rouges plus ou moins chargés de nodules dolomitiques "décolorés". Les teneurs sont faibles ou très faibles : 1,47 %, 14,25 %, 9,77 % et 4,18 % $Ca F_2$. Cet indice de Marzelay n'est donc pas plus intéressant que le niveau inférieur des Raids de Robache, décrit plus haut.

Les Molières. Cet affleurement particulier se trouve approximativement sur le prolongement du 2ème niveau minéralisé des Raids de Robache, sur la rive gauche du ruisseau et à 250 m du ravin des Molières. A quelques mètres plus bas, le premier niveau est bien visible dans des abris de

guerre.

Ce 2ème niveau est ici plus complexe et, sur une hauteur totale de 4,80 m, l'épaisseur minéralisée représente seulement 2,20 m, répartie entre 4 lentilles de dolomie gréseuse fluorifère, puissantes de 0,30 m, 0,30 m, 0,80 m et 0,80 m. Malgré les apparences, les teneurs sont très faibles, la plus élevée atteignant seulement 4,12 % CaF_2. Donc, dans ce secteur oriental des Molières, le 2ème niveau ne présente pas de meilleurs paramètres économiques, bien au contraire.

Ferme César. Ce dernier affleurement étudié se trouve, lui, dans la partie NE du gisement, la partie la plus élevée (200 m plus haut que Marzelay). Là, tout près de la ferme César (aujourd'hui "auberge du Spitzenberg")*, un banc dolomitique minéralisé en fluorine, dont on ignore les relations exactes avec les niveaux des précédents secteurs, forme localement la surface structurale et présente, sur 1 mètre environ d'épaisseur, une minéralisation particulièrement "riche", mais variable : en effet, deux échantillons distants de 100 m ont donné les teneurs respectives de 18,75 % CaF_2 (sur 1,10 m de hauteur) et 5,82 % (sur 0,80 m).

La première valeur est de beaucoup la plus élevée rencontrée, mais elle reste toutefois inférieure à 20 %, et la deuxième montre que cette "richesse relative" n'a pas de grande extension. Donc, on ne peut pas non plus raisonablement admettre qu'il puisse exister un panneau exploitable dans ce secteur de la ferme César.

Conclusions générales

A la suite des descriptions précédentes et des échantillonnages effectués, sans reconnaître une valeur absolue aux chiffres cités de teneurs, on peut malheureusement conclure à l'inexploitabilité du gisement : les éléments

---

* Ultérieurement, un sondage exécuté par la COGEMA, à 250 m environ au NW de la ferme, a rencontré un banc dolomitique puissant de 2 m environ et minéralisé en fluorine. Cette découverte confirme les observations des affleurements et confirme la présence de la fluorine, avec une faible teneur moyenne, dans tout l'ensemble des lentilles carbonatées du niveau basal de l'assise de Saint-Dié, du moins dans la région étudiée.

géométriques favorables par leur puissance et leur surface sont rares et, de toutes façons, les teneurs en Ca F_2 sont toujours beaucoup trop faibles. D'autre part, avec les connaissances acquises, on ne dispose d'aucun argument permettant de croire à l'existence de panneaux économiques dans les parties cachées du gisement ; cette éventualité n'est toutefois pas à exclure totalement, mais on ne dispose d'aucun guide pour leur recherche éventuelle.

Il semble donc que les quelques travaux effectués (coupes géologiques détaillées, tranchées (110 m^3) et échantillonnage (30 échantillons)) permettent de classer définitivement le problème dans le sens négatif, à moins de découvertes nouvelles (qui ne pourraient être apportées que par des sondages). Toutefois, à défaut d'intérêt économique, le "gisement" (qui renferme au moins 3.10^6 tonnes de fluorine) présente un intérêt métallogénique certain, car il démontre que les minéralisations fluorées du Zechstein marin d'Europe Centrale (RDA) peuvent trouver un prolongement dans les formations équivalentes latérales du Thuringien continental d'Europe Occidentale.

A priori, cette remarque était une incitation pour la recherche d'autres minéralisations du même type dans les formations carbonatées d'autres bassins permiens, en France notamment. En fait, jusqu'ici, le "gisement" de Saint-Dié est resté unique.

5.2.4 - Le Han ou Le Hang (67) (Hg) - Carte à 1/50 000 de Saint-Dié

Les indices alluvionnaires de cinabre du Hang ou du Han ont été découverts au cours de la prospection stratégique de 1972 et ils étaient associés généralement à de l'or natif et à de la "scheelite" relativement abondante. Une prospection alluvionnaire complémentaire (25 batées) confirma la présence abondante de Hg S et permit de sélectionner une zone à explorer en premier lieu, dans laquelle on effectua une prospection géochimique tactique sols à la maille rectangulaire de 100 m x 50 m, dont la moitié environ des échantillons (125 sur 240) furent analysés pour W et Hg.

En 1973, dans les zones anomaliques, on analysa 19 prélèvements intercalaires de la prospection précédente, pour Hg seul et, enfin, terminant les travaux du BRGM sur le terrain, on fit creuser, par une entreprise de Saint-Dié, deux tranchées longues de 100 m et 110 m (460 m^3 environ).

Avant de décrire rapidement le sujet, on peut mentionner ce qu'il advint de la "scheelite". Sa présence était surprenante, étant donné le contexte géologique, et la prospection géochimique ne mit en évidence aucune anomalie W, si faible soit-elle. Aussi, demanda-t-on une vérification de l'identité du minéral, qui ressemblait beaucoup à la scheelite (même fluorescence à la lampe Mineralight, mêmes caractères optiques et, surtout, même diagramme de rayons X Debye-Scherrer). Malgré ces confirmations apparentes, le doute subsistait et on fit effectuer une analyse chimique, qui mit en évidence la présence de Pb dans le minéral. Finalement, ayant appris l'existence d'une ancienne verrerie (dont toute trace a disparu) au bord de la rivière, on a pu conclure que la "scheelite" en question était probablement un minéral artificiel issu de cette verrerie. Quant à l'or natif, il est quasi certain qu'il provient du Buntsandstein de la montagne du Climont.

Les anomalies étudiées se trouvent dans la haute vallée de la Bruche, dans la commune de Bourg-Bruche (67) et à 1 km seulement de la source qui se situe au pied ouest de la butte - témoin du Climont. Plus précisément, elles se placent dans le fond du thalweg, de part et d'autre de la rivière, immédiatement en amont du chemin vicinal n° 4 et au sud-est de la ferme du Han (ou Hang).

Au point de vue géologique, elles se trouvent en dehors du bassin de Saint-Dié proprement dit, dans la dépression synclinale de Colroy-la-Grande qui relie ce bassin à celui de Villé et se trouve sur le trajet du grand linéament NE-SW formant zone charnière entre les Vosges Septentrionales et Centrales, zone parcourue par un faisceau de failles longitudinales et recoupée par quelques failles transversales. Son socle est constitué par la série briovénienne de Villé, recouverte ou non, selon le jeu des accidents précédents, par des assises permiennes formant un appendice NE du bassin de Saint-Dié. Couronnant ce Permien, se dressent les deux buttes - témoins triasiques du Climont et du Voyémont.

L'anomalie la plus contrastée, présentant un maximum de 9 000 mg/t, se trouvait sur la rive gauche ; en face, une 2ème anomalie atteignait 3 050 mg/t et, immédiatement en aval, existait une 3ème anomalie, plus étendue mais plus faible (maximum de 2 350 mg/t). Situées au bord de la rivière, elles restaient confinées dans les alluvions de celle-ci et, a priori, on pouvait donc craindre un certain transport et penser que leurs "racines" pouvaient se trouver plus haut. Toutefois, faute d'indications plus précises, effectua-t-on deux tranchées dans les deux premières anomalies citées : la tranchée T_1, longue de 100 m, dans la première, et la tranchée T_2, longue de 110 m, dans la deuxième.

A priori, cet indice alluvionnaire et géochimique pouvait avoir un certain intérêt économique, si l'on se rappelait l'existence du district mercurifère du Palatinat (plus de 60 mines), formé par des filons, des veinules et des imprégnations, encaissés dans des schistes plus ou moins métamorphiques de la limite Permien inférieur - Permien moyen et en liaison génétique probable avec le volcanisme basique ultime du Permien (base du Permien supérieur). L'analogie du contexte géologique autorisait donc quelque espoir, bien que les niveaux des anomalies géochimiques Hg ne soient pas très élevés.

Les deux tranchées ont découvert, sous un manteau alluvial peu épais, diverses formations sédimentaires, mais aucune trace de la présence d'un volcanisme. Ces formations sont les suivantes : siltites micacées, arkoses micacées à ciment silteux micacé, arkoses peu cimentées, siltites micacées avec éléments arkosiques et subgrauwackes. Elles peuvent renfermer des débris carbonés et elles pourraient appartenir à l'Antunien*.

S'il existe des grains de cinabre dans le manteau superficiel (alluvial-éluvial), les roches permiennes des tranchées, malgré un examen très minutieux, n'ont montré aucune trace du minéral. On a donc effectué un échantillonnage de ces tranchées (46 prélèvements de roches), dont les résultats d'analyse ont montré un accroissement notable des teneurs aux abords de la seule cassure y trouvée. La valeur maximale atteint 1 000 g/t et cette valeur est explicable seulement par la présence de cinabre exprimé, probablement localisé dans la fissure.

L'indice a donc seulement un intérêt métallogénique, en démontrant une extension des minéralisations du Permien du Palatinat. Mais, dans les autres bassins permiens des Vosges, on n'a plus retrouvé (à part des traces) d'indice alluvionnaire de cinabre et le petit indice du Han reste le seul connu.

Non loin de cet indice, on a exploité autrefois du fer hématite pour le haut-fourneau de Rothau, près de Saales (67). Le minerai se trouvait dans une faille limitant à l'ouest un compartiment gréseux permo-triasique. Dans la même région,

---

* La carte géologique à 1/50 000 de Saint-Dié (n° 306) est erronée dans ce secteur, où elle indique, comme formation affleurante, la série briovénienne de Villé. Cette erreur est certainement due à l'absence totale d'affleurements naturels.

500 m au SE de l'église, dans le ravin de la Goutte Chevrière, une amorce de galerie a exploré des filets millimétriques de fer oligiste, remplissant les diaclases d'un granite porphyroïde.

Enfin, pour terminer avec le bassin de Saint-Dié, on peut mentionner l'anomalie géochimique stratégique W-As du Bois Saint-Léonard, située à l'ouest de Saint-Léonard (88) (carte à 1/50 000 de Gérardmer). Cette anomalie, couvrant une surface importante et définie par 22 prélèvements, est certainement une anomalie formationnelle, en relation avec l'assise de Frapelle du Saxonien supérieur.

5.3 - BASSIN DE VILLE

Dans le bassin de Villé, on connaît une petit gîte cupro-argentifère, celui de Triembach-en-Val, à rapprocher des gîtes d'Anozel et de Nayemont-les-Fosses du bassin de Saint-Dié, des indices d'uranium, probablement dans les assises basales, et, comme "curiosité minéralogique", des cristaux de mispickel dispersés dans les calcaires de la formation autunienne d'Albé.

5.3.1 - Triembach-en-Val (67) (Cu, Ag) - Carte à 1/50 000 de Sélestat

Le petit gîte de Triembach-en-Val (67) se trouve au pied SW de l'Ungersberg, en bordure du chemin de Triembach au hameau de Sauloch, à 2 500 m à l'est de Villé. Cette région est occupée par de l'Autunien (conglomérats, arkoses et schistes à plantes de l'assise de Triembach), dans lequel apparaît une petite boutonnière du granite des Crêtes.

Les premiers travaux eurent lieu dès la fin du XVème siècle, mais "le fondeur, peu habile de son art, n'ayant su tirer exactement le métal de cette mine, elle fut abandonnée par les entrepreneurs qui, d'ailleurs, n'ont pu continuer à payer les ouvriers". Puis, au début du XXème siècle, avant 1906, furent instituées deux concessions allemandes : FORTUNA I pour Cu et FORTUNA II pour Ag, sans qu'il y ait eu probablement de production.

Plus tard, en 1920, on réouvrit les travaux du filon principal, dont la minéralisation apparut insuffisante pour justifier l'octroi d'une concession. Enfin, récemment, la SNPA effectua une prospection géochimique Cu-Ag du secteur, qui n'aboutit pas à la reprise des travaux.

Le filon principal, épais de 80 cm, est dirigé NE-SW avec un pendage SE de 85°. Il est encaissé dans une faille mettant en contact l'Autunien et la boutonnière de granite et sa minéralisation primaire, dans une gangue de quartz, "quartz haché" et sidérite, est constituée par de la tétraédrite et de la chalcopyrite. Il s'y ajoute une minéralisation secondaire variée, qui peut imprégner les arkoses et les conglomérats de l'assise de Triembach : azurite, malachite, tyrolite, atacamite, chrysocolle, pharmacolite et, enfin, pyrolusite et "limonite" (dérivant de la sidérite).

Un 2ème filon se trouve à 400 m environ au sud. Dans sa halde très ancienne, au milieu des vignes, se trouvent des échantillons de granite des Crêtes et une minéralisation en cuivre gris, chalcopyrite, "limonite", malachite, chrysocolle et tyrolite.

Il existe 2 galeries ouvertes sur le filon principal et un puits de 15 m donnant accès à la galerie inférieure, laquelle est un allongement de 190 m environ. Sur le 2ème filon, le travail ancien devait être un "pingen" (puits au jour).

La production a dû être très faible (ou nulle).

5.3.2 - Uranium

Dans les années 1970, le CEA, puis la COGEMA, ont exécuté d'importantes campagnes de sondages profonds dans le bassin de Villé, campagnes qui ont obtenu des résultats positifs et ont abouti à la demande d'un PER pour mines d'uranium et autres métaux radioactifs, dit "Permis de Villé".

On ne connaît pas ces résultats, restés confidentiels, mais on sait que les indices se trouvent probablement dans des niveaux pélitiques et carbonés de l'Autunien basal, à moins qu'il ne s'agisse de lambeaux houillers restés enfouis sous le Permien.

5.4 - BASSIN DU VAL D'AJOL

De l'uranium a été trouvé, à la fin des années 1940, dans le Permien du Val d'Ajol (88), au lieu-dit La Feuillée-Dorothée, près de l'agglomération. Il s'agit de lamelles d'autunite plaquées sur la surface des galets d'un conglomérat surmonté d'argilolithes. Toutefois, une prospection radiométrique effectuée par le CEA n'a montré aucune extension notable de cette minéralisation, qui semble plutôt liée à une zone fracturée de direction NE plutôt qu'à un horizon stratigraphique.

On peut rappeler que la faille - limite NW du bassin renferme le dyke de Faymont, important dyke quartzeux minéralisé localement en barytine, avec des traces de fluorine et d'oligiste. Ce dyke (cf. supra) est à rattacher au faisceau filonien Ba-F de Faymont, encaissé dans le granite du compartiment haut.

5.5 - BASSIN DE RONCHAMP

Le Permien du bassin de Ronchamp ne renferme qu'un seul indice connu de minéralisation : l'indice cuprifère de Courmont (70) (carte à 1/50 000 de Lure), situé près du hameau des Basses Valettes. Il s'agit de carbonates Cu (malachite et azurite) imprégnant des grès argileux.

Cet indice a fait l'objet de quelques travaux de reconnaissance de la part de la SNPA (géochimie et sondages), travaux restés infructueux.

Rappelons que ce Permien renferme une importante anomalie formationnelle W-Sb-As au sud d'Etobon (70), étudiée dans le bois de la Ture (cf. supra), et mentionnons l'absence de fluorine dans les formations carbonatées du sous-bassin de Giromagny, formations probablement antérieures à celles du Thuringien du bassin de Saint-Dié.

6 - TRIAS

6.1 - COUVERTURE TRIASIQUE OCCIDENTALE

Dans la couverture triasique occidentale, on connaissait seulement, à part de très faibles indices Ba-F, un filon minéralisé faiblement en galène, pyromorphite et fluorine, le filon des Trémeures, près de Bains-les-Bains (88). Les prospections du BRGM ont permis d'y ajouter des indices d'or natif et de fluorine, indices restés sans intérêt économique.

6.1.1 - Or natif du Buntsandstein 270

Des indices alluvionnaires d'or natif très fin ont été découverts dès les premières prospections, en 1969, et, dans certains secteurs où il était relativement plus abondant, comme celui de Celles-sur-Plaine (88), il provenait certainement de la base du Trias détritique et le problème se posait, à l'époque, de l'existence éventuelle d'anciens placers aurifères dans le Trias et aussi de flats dans les alluvions actuelles.

De nouveaux indices, trouvés en 1970, confirmèrent la provenance à partir du Buntsandstein ; ils étaient particulièrement fréquents dans le Trias inférieur des côtes gréseuses pré-lorraines et constituaient une petite concentration dans la forêt de Sainte-Barbe (54), au NE de Rambervillers. A priori, ce sujet était susceptible de présenter une extension considérable sur tout le versant lorrain, en raison de l'origine du Trias détritique, issu de l'érosion du "Continent gaulois" (paléo-ride située sous la bordure du bassin de Paris, à l'ouest des Vosges). Aussi, effectua-t-on une étude détaillée de l'indice précédent, qui était le plus important de beaucoup.

On peut signaler que cet or natif est souvent accompagné de cassitérite détritique et de cinabre. La cassitérite forme un 2ème minéral lourd fréquent dans les grès vosgiens et elle peut exister seule dans certains secteurs. Quant au cinabre, il peut être associé à de l'amalgame et les deux minéraux sont probablement supergènes, dérivant de l'or qui serait argentifère et mercurifère, comme cela a été signalé outre-Rhin.

Forêt de Sainte-Barbe (54) (Au) - Carte à 1/50 000 de Rambervillers 305

Sur le pourtour d'un lambeau étendu de grès vosgien, chargé de lentilles conglomératiques, des indices alluvionnaires d'or natif (et de cassitérite) formaient des concentrations, d'une part dans le Ruisseau Monseigneur, en aval de Saint-Benoît- la-Chipote (88), et, d'autre part, dans le ruisseau des Grands Fins, en amont de Thiaville (88), ainsi que dans ses petits affluents : le ruisseau des Etangs Coltat et la Basse des Grands Fourchons. Par ailleurs, ce réseau alimentait des flats importants dans les vallées de la Meurthe et du Ruisseau Monseigneur. Toutefois, les teneurs en lit vif étaient faibles, n'atteignant qu'exceptionnellement 1 g/m^3.

Les travaux effectués ont consisté en une étude géomorphologique (par J. VOGT), deux prospections géochimiques tactiques (105 échantillons en 1971 et 50 échantillons en 1972) et une prospection alluvionnaire complémentaire (71 batées).

La prospection complémentaire confirma largement l'indice alluvionnaire (Au + Sn), tandis que les prospections géochimiques montraient seulement quelques petites anomalies erratiques. Quant à l'étude géomorphologique, elle n'apporta aucun élément nouveau et elle conclut à la provenance de l'or à partir des lentilles conglomératiques intercalées dans la "haute masse" des grès vosgiens. Toutefois, au début de 1973, on découvrit, dans le lit

même du ruisseau des Etangs Coltat, un banc gréseux faiblement aurifère, visible sur une épaisseur de 40 cm et ne renfermant pas de galets. On pouvait penser alors que la formation minéralisée devait affleurer dans le fond même des thalwegs, ce qui expliquait l'absence d'une véritable anomalie géochimique sur les versants.

Pour reconnaître cette formation supposée, on fit creuser, en 1973, par le Service Travaux Miniers du BRGM, 11 petits puits de prospection (64,20 m ; 84,54 m^3) dans le vallon des Etangs Coltat et dans celui de la Basse des Grands Fourchons, et, accessoirement, on fit effectuer un échantillonnage d'alluvion dans le flat et la terrasse du Ruisseau Monseigneur.

Après concassage, le matériau extrait des puits (71,140 t) fut traité sur place, au moyen d'un sluice et d'un vibro-crible de la Division Vendée-Bretagne. On traita également deux échantillons provenant du conglomérat principal (3 307 kg) et un échantillon (480 kg) de l'indice aurifère en place.

Les résultats ont été très décevants. En dehors de l'indice en place, situé, rappelons-le, non dans un conglomérat mais dans un banc de grès moyen, on a seulement trouvé des traces d'or dans le puits 3 (sur le prolongement du banc minéralisé, à 20 m en aval), ainsi que de faibles teneurs dans la partie alluviale du puits 1 (sur une hauteur de 80 cm) et dans le banc gréseux supérieur décomposé du puits 4 (épais de 90 cm). Dans le Ruisseau Monseigneur, les teneurs, en restant très faibles ($\leq$ 1 g/m^3), étaient plus importantes dans le flat que dans la terrasse. Enfin, le métal est totalement absent dans le conglomérat principal, ce qui a été vérifié ailleurs.

En raison de la médiocrité de ces résultats, les travaux ont été définitivement abandonnés en octobre 1974.

Auparavant, en 1972, une prospection alluvionnaire semi-stratégique (maille linéaire de 500 m) avait été effectuée autour de Fontenoy-le-Château (88) (carte à 1/50 000 de Plombières-les-Bains), où de DIETRICH (1800) avait signalé une "mine de zinc et d'or", explorée en 1748 par la Cie Saur ; un échantillon de minerai aurait donné "1/72ème de son poids en or". En fait, les 35 batées réalisées ont été entièrement négatives, ne montrant pas la moindre paillette d'or, ni d'ailleurs de minéraux de zinc.

C'est aussi dans un but de recherche d'or natif qu'on a entrepris, en 1972, la prospection alluvionnaire de la carte de Vittel 7-8. En effet, la région de cette carte environnant Darney apparaissait a priori particulièrement favorable, du

fait de la présence, sur des boutonnières du "socle gaulois" dans le fond des thalwegs, de conglomérats particulièrement grossiers, lesquels, on le supposait alors, devaient renfermer préférentiellement les éléments lourds, à commencer par l'or natif.

En fait, la prospection (158 batées) fut négative pour l'or, mais elle découvrit des indices alluvionnaires de fluorine, qui firent l'objet de travaux ultérieurs allant jusqu'à un sondage carotté (cf. Attigny-Bleurville plus loin).

Etant donné la vastitude du sujet, les résultats négatifs précédents ne permettent pas d'affirmer l'absence absolue de placer aurifère important dans le Buntsandstein situé entre les Vosges et le "Continent gaulois". Mais, pour rechercher de tels placers non affleurants, liés à une sédimentation détritique particulière, on ne dispose d'aucun critère. Seule, une étude sédimentologique poussée pourrait peut-être déterminer les zones les plus favorables à cette recherche. Par contre, on est maintenant assuré de l'absence de flat économique dans les alluvions actuelles ou récentes.

Enfin, il est important de noter que l'or natif du Buntsandstein n'est pas limité à la bordure occidentale précédente. De DIETRICH (1789) en a signalé au sommet du Donon, sous la forme de lamelles sur un galet de quartz d'un conglomérat, et les batées du versant alsacien en renferment souvent, avec éventuellement du cinabre associé, en particulier dans la région d'Obernai, au pied des collines sous-vosgiennes du champ de fractures de Saverne*.

6.1.2 - Les Trémeures (88) (Pb, F) - Carte à 1/50 000 de Plombières-les-Bains

Le filon des Trémeures est connu dans une carrière de grès à meules (Buntsandstein supérieur) située à proximité de l'étang des Trémeures, commune de Trémonzey (88), à 4 km environ au sud de Bains-les-Bains. Il est encaissé dans une faille de direction N50°, avec un pendage NW de 80°, et le grès est fortement silicifié à son contact.

---

* En ce qui concerne l'or du Trias, on peut mentionner qu'il a été signalé, en dehors de la bordure proprement dite, dans un sondage de Raucourt (54), près de Nomény. Selon F. LAUR (1906), ce sondage contiendrait de l'or et de l'argent dans les grès argileux du Keuper (Au : 4 g/t ; Ag : 6 g/t) et dans une dolomie gréseuse du Muschelkalk (Au : 36 g/t ; Ag : 245 g/t). On peut douter de la véracité de ces chiffres, dont les seconds sont particulièrement élevés.

Son épaisseur atteint 2 m et son remplissage comprend deux générations de quartz, de la galène, de la pyromorphite, des oxydes de Mn sphérolithiques, de la "limonite" ocre ou jaune et de l'argile blanche ou brunâtre. La galène est remplacée par de la cérusite et de l'anglésite, qui se développent à partir des clivages, et, avec la pyromorphite, se trouve de la plumbogummite ; il existe aussi des traces de covellite et des boxworks cubiques témoignent de la présence initiale de galène ou fluorine. Au total, dans la carrière, la minéralisation Pb-F apparaît peu importante.

Pour la reconnaissance de ce filon, on a effectué d'abord, en 1971, une prospection hydrogéochimique du fluor (35 analyses) et une prospection géochimique tactique sols Pb (264 échantillons). La prospection hydrogéochimique a montré seulement une petite anomalie F (800 mg/t) au voisinage immédiat de la carrière et la prospection géochimique n'a mis en évidence que deux faibles anomalies Pb (teneurs maximales entre 100 et 200 g/t), qui pouvaient toutefois indiquer que le filon avait une grande longueur (ordre de 3 km).

Une tranchée effectuée au SW de la carrière, à 75 m de distance, retrouva le filon qui y présentait de gros cristaux de quartz, mais seulement des traces de pyromorphite. Son épaisseur était de 1,40 m et sa direction avait quelque peu varié (N35°E). Puis, un sondage "marteau fond du trou" (116 m), exécuté, en 1972, pour recouper vers -80 m l'affleurement de la carrière, n'a rencontré aucune trace de remplissage. A moins d'un changement important improbable de pendage, le filon se coince donc rapidement en profondeur.

Globalement, il s'agit certainement d'un gîte de cassure dans le Buntsandstein, très faiblement minéralisé en plomb et sans aucun intérêt économique.

D'autres indices du même type (gîtes de cassure avec Pb, F ou Ba) se trouvent dans la même région. L'un des plus importants, tout étant relatif, est situé au nord du village du Clerjus (88), à 4,5 km à l'est de l'étang des Trémeures ; il est encaissé dans le même niveau stratigraphique (à l'affleurement) et sa direction et son pendage sont sensiblement parallèles. Son remplissage est formé par du quartz carié, avec des traces de pyromorphite et des boxworks de fluorine.

Dans la même région de Bains-les-Bains, un autre indice filonien se trouve dans la tranchée de la voie ferrée Epinal-Belfort, creusée, aux alentours du PK 78, dans une boutonnière de microgranite. Cet indice comprend de la barytine crêtée, de la pyromorphite, de la galène et quelques cristaux de fluorine.

De la barytine se trouve également dans le remplissage de la grande faille NW-SE de la fôret de Gruey-les-Servance, au NW de Bains-les-Bains, et ce minéral peut former çà et là des imprégnations diffuses dans les grès, insignifiantes au point de vue économique.

Dans la région Les Trémeures - Le Clerjus, la prospection géochimique stratégique multi-éléments de la carte de Plombières-les-Bains a mis en évidence quelques anomalies ponctuelles Pb ou Pb-Ag, dont aucune n'a été proposée pour être l'objet de travaux plus détaillés. Par contre, une anomalie Ba-As-(Zn) (Les Coupes Mourrey), située à 6 km à l'ouest de Bains-les-Bains, a fait l'objet d'un complément d'échantillonnage (14 prélèvements), qui n'a pas confirmé l'anomalie initiale. Il en a été de même de l'anomalie Pb-Ag de Corbéfaing (3 échantillons supplémentaires), située au voisinage de l'indice du PK 78.

En restant dans le même contexte géologique : Buntsandstein supérieur des plateaux de La Vôge, on peut signaler l'existence de deux petites anomalies Cu-Ag : celle de La Torèle (88) et celle du Bois de Fays Richard (88), situées au nord de Plombières-les-Bains. Les compléments y effectués (49 échantillons et 10 échantillons) ont eu également des résultats négatifs. Toutefois, à Torèle, immédiatement au-dessus du conglomérat principal, la prospection au marteau a permis de découvrir un niveau gréseux décimétrique taché par de faibles imprégnations de malachite et des oxydes de Mn.

En conclusion générale, les minéralisations du Buntsandstein de la couverture du SW des Vosges constituent de nombreux indices filoniens, plus rarement stratiformes, mais ne forment jamais, il s'en faut de beaucoup, de gîte exploitable.

6.1.3 - Attigny (88) - Bleurville (88) (F) - Carte à 1/50 000 de Vittel

Les indices alluvionnaires de fluorine d'Attigny (88) et Bleurville (88) ont été trouvés au cours de la prospection stratégique de la carte de Vittel 7-8, effectuée en 1972 dans le but particulier de rechercher des indices d'or natif (cf. supra), dans les conglomérats des grès vosgiens affleurant au NW de la grande faille de Relanges. Ces indices de fluorine étaient concentrés, eux, dans le compartiment SE de cette faille, dans les cours d'eau des communes d'Attigny (88) et Bleurville (88) : ruisseau du Braun, ruisseau des Essarts, ruisseau de Regnoncourt et ruisseau des Ailes. A priori, on pouvait penser qu'ils provenaient des calcaires et dolomies du Muschelkalk supérieur, formations qui renferment de la fluorine et de la barytine dans les collines sous-vosgiennes du versant alsacien (notamment à

Bergheim (68)). Mais, la prospection au marteau du secteur ne permit la découverte d'aucun indice de fluorine.

Une prospection alluvionnaire tactique ultérieure (32 batées), en 1973, confirma largement l'indice alluvionnaire stratégique, mais une prospection hydrogéochimique effectuée en même temps ne montra absolument aucune anomalie de l'ion F^- (toutes teneurs $\leq$ 50 mg/t).

Dans ces conditions, on effectua, en 1974, une prospection géochimique tactique sols F (572 échantillons), à la maille carrée de 100 m. Cette prospection mit en évidence plusieurs anomalies, sur les hauteurs occupées par les calcaires à entroques et cératites. La plus importante se trouvait sur le Haut du Cra, commune d'Attigny, et, pour la confirmer et la préciser, on y effectua une 2ème prospection géochimique tactique sols (156 échantillons), à petite maille.

Cette prospection confirma bien les résultats de la première, à savoir que l'anomalie F était confinée sur la partie sommitale occupée par les calcaires précédents. Mais, les teneurs étaient relativement faibles, ne dépassant guère 3 000 g/t, et, a priori, on pouvait craindre qu'il ne s'agissait que d'une anomalie formationnelle. Toutefois, les calcaires eux-mêmes, analysés par le BRGM, ne renferment que 400 g/t F, et, a priori, ils ne seraient pas responsables de l'anomalie, qui aurait bien un caractère métallogénique.

Pour "en avoir le coeur net" et faire progresser la reconnaissance, on se proposa alors d'exécuter deux sondages courts verticaux, à travers la base du Muschelkalk supérieur des deux secteurs anomaux, dans l'espoir d'y découvrir un ou plusieurs niveaux fluorifères. Ces sondages devaient être implantés, le premier au Haut du Cra et le second en bordure de la route D56, entre le Plain du Haut et la Haumerie.

Comme cette reconnaissance n'avait aucun caractère prioritaire, on effectua seulement en 1980 le sondage du Haut du Cra, près de la borne 342. Profond de 50,55 m, ce sondage a traversé d'abord, jusqu'à 19,95 m, des calcaires oolithiques et sublithographiques avec lits à entroques (base du Muschelkalk supérieur), puis, jusqu'au fond, des marnes argileuses sombres avec de nombreux interbancs de gypse (sommet du Muschelkalk moyen). Les calcaires de la partie supérieure renferment des filets de calcite, mais pas la moindre trace de fluorine.

Devant ce résultat défavorable, on a arrêté les travaux, sans exécuter le second sondage prévu. On ne connaît donc pas la provenance de la fluorine alluvionnaire, mais il est certain qu'elle ne peut provenir que d'indices probablement très affectés par l'érosion. On n'a pas retrouvé non plus la barytine, présente en traces ou micro-traces dans les batées.

6.1.4 - Région de Niderviller (57) - Hommarting (57) (F) - Carte à 1/50 000 de Sarrebourg

La prospection stratégique alluvionnaire (132 batées) des cartes de Sarrebourg 3-4 et 7-8, effectuée en 1975-76 et accompagnée par une prospection hydrogéochimique (127 analyses), avait mis en évidence une anomalie alluvionnaire en fluorine, accompagnée d'une anomalie de l'ion F^- à des teneurs importantes (500 à 600 mg/t). Ces anomalies s'étendaient sur une grande superficie, autour de Hommarting (57), Niderviller (57), Schneckenbush (57) et Hartzviller (57), dans une région occupée par diverses assises du Muschelkalk et rappelant ainsi celle d'Attigny - Bleurville. Mais ici, contrairement à cette dernière, les indices alluvionnaires étaient associés à des anomalies hydrogéochimiques.

Cette région fut prospectée en détail au marteau, en 1978, avec l'aide d'un stagiaire de l'Ecole des Mines de Paris, prospection accompagnée par une prospection hydrogéochimique complémentaire (62 analyses), dans une zone de 15 km^2 environ. Cette dernière a confirmé les anomalies de l'ion F^- dans les eaux (avec, toutefois, des valeurs moindres en raison de l'augmentation du débit des cours d'eaux), mais aucun indice n'a pu être découvert, ni en place, ni dans les éboulis.

On a seulement pu localiser une zone restreinte (2 km^2), au SW d'Ibigny, occupée par des dolomies de la Lettenkohle et des calcaires du Muschelkalk, dans laquelle on pouvait supposer la présence de fluorine en place. Pour reconnaître cette zone, on a finalement effectué, en 1982, le problème n'ayant pas de caractère prioritaire, une prospection géochimique sols à large maille (6 éch./km^2). Cette prospection mit en évidence une anomalie générale correspondant aux affleurements de calcaires à cératites, à l'intérieur de laquelle 3 anomalies "ponctuelles" présentaient des valeurs plus élevées. L'une d'elles a été reconnue par une prospection tactique à petite maille (121 échantillons analysés pour F), qui confirma les plus fortes teneurs. Mais, aucun indice n'ayant été trouvé dans ce dernier secteur, on ne poursuivit pas la reconnaissance, les chances de découvrir un gîte important étant quasi-nulles.

6.2 - VOSGES GRESEUSES SEPTENTRIONALES

6.2.1 - Minéralisation Pb, Zn, Ag, Cd liées aux "chapeaux de fer" de la région de Lembach (67) : Cartes à 1/50 000e de Lembach, Wissenbourg, Bouxwiller et Haguenau

Les Vosges gréseuses septentrionales (67) et leur prolongement dans le Palatinat (RFA) renferment un district de filons ferrifères, qui ont eu autrefois une certaine célébrité. Encaissés dans le faisceau d'accidents de la Faille Vosgienne, leurs alignements atteignent une longueur de 12 km, voire même 20 km, et une largeur de plusieurs centaines de mètres. Il pouvait donc s'agir au total d'une minéralisation importante et, d'autre part, comme l'indiquaient, entre autres, les anciens travaux de Katzenthal (67) et Erbenbach (Palatinat), cette minéralisation pouvait présenter un protore sulfuré de métaux de base et, dans ce cas, les oxydes de fer exploités superficiellement représentaient un "chapeau ferrugineux". C'est dans cette optique "chapeaux de fer" que l'étude de la région a été reprise, pour l'exploration de filons éventuels Pb-Zn-Cu.

Cette région, située près de la frontière du Palatinat, à l'extrémité nord des Vosges gréseuses septentrionales, a fait l'objet d'une première reconnaissance dès 1970. Elle avait connu une époque de célébrité, au début du XIXème siècle, quand on y découvrit du plomb sulfuré et oxydé, (avec cuivre et zinc accessoires) en aval - pendage d'une exploitation d'hématite (Katzenthal, 67). Par ailleurs, la seule carte géologique existante du secteur (Wissembourg à 1/80 000) indiquait trois gros filons de quartz et oxydes de fer, longs de 4 à 6 km. D'après l'exemple de Katzenthal, on pouvait penser a priori que ces oxydes formaient les "chapeaux de fer" de minéralisations sulfurées profondes, pouvant être importantes en raison de l'étendue des filons. En fait, la reconnaissance permit de s'assurer que les filons figurés n'existaient pas et qu'il n'y avait pas de continuité entre les diverses occurrences connues de fer. L'exploration du secteur, non prioritaire, fut alors abandonnée, pour être reprise en 1978, dans le cadre de l'Inventaire des ressources minérales métropolitaines.

Après une étude bibliographique, la reconnaissance des sites des travaux anciens et des prélèvements d'échantillons des divers "chapeaux de fer" aux fins d'analyse, on arriva à la conclusion que le secteur le plus favorable était celui où se trouvait la plus célèbre exploitation ancienne : le secteur de Katzenthal - Froensburg.

On y effectua alors, au cours de l'année 1980, 3 sondages carottés représentant un métrage total de 518,45 m (KZ_1 = 193,80 m ; KZ_2 = 114,15 m ; KZ_3 = 210,50 m), qui permirent de conclure qu'il existait bien en profondeur des minéralisations plombo-zincifères, au-dessous des travaux superficiels pour fer, mais que, du moins dans ce secteur exploré jugé le meilleur, ces minéralisations ne présentaient aucun intérêt économique, en raison de leurs faibles teneurs et de leur discontinuité. Il serait toutefois prématuré d'étendre cette conclusion à l'ensemble de la région des "chapeaux de fer".

Auparavant, après la découverte, près de Windstein (67), à 6 km au SW de Katzenthal, d'une petite halde renfermant des sulfures et des carbonates de Pb, Zn et Cu imprégnant des fragments de grès d'Annweiler (Buntsandstein inférieur), le BRGGM avait entrepris, en 1958, une prospection géochimique des alluvions (471 prélèvements) dans un secteur limité au NE par la Sauer et les travaux de Froensburg, au SW par le Schwarzbach et les travaux de Windstein, soit une superficie de 40 km^2. Les échantillons, prélevés à la maille linéaire de 250 m, avaient été analysés seulement pour Pb et Zn, comme il était d'usage à l'époque.

Les teneurs les plus importantes (> 400 ppm Pb et > 800 ppm Zn) étaient situées dans l'environnement des anciens travaux de Froensburg, Katzenthal et Trautborn, avec une exception à l'est et en amont de la halde de Windstein, où il existait un prélèvement à 3 700 ppm Pb. On effectua alors, dans la zone de drainage de ce prélèvement, une prospection géochimique tactique sols Pb-Zn, à la maille carrée de 100 m, resserrée à 50 m dans les secteurs anomaux. 254 échantillons furent ainsi prélevés et analysés.

Les teneurs en zinc étaient très faibles, mais, par contre, les teneurs en plomb montraient une anomalie générale étendue sur 6 ha, à 400 m au NE de la halde, avec un alignement de 3 points > 1 000 ppm Pb suivant une direction "vosgienne" NNE. Les travaux complémentaires prévus sur cette anomalie n'ont pas été exécutés à l'époque et, en raison des résultats décevants obtenus à Katzenthal, la reconnaissance de Windstein n'a pas été reprise.

Généralités

Les gîtes régionaux d'oxydes de fer, qui ont été l'objet d'une exploitation minière du XVIème au XIXème siècle, n'appartiennent certes pas aux grands filons figurés à tort sur la carte de Wissembourg, mais, néanmoins, ils se relaient de façon discontinue sur une distance de 12 à 15 km, en direction NE ou NNE, le long du système de fractures de la faille vosgienne, qui traverse ici des

formations détritiques du Permien supérieur et du Buntsandstein.

Ces gîtes sont des filons, sans formations stratiformes associées, et certains d'entre eux au moins sont des "chapeaux de fer" (Katzenthal, Erlenbach, ...), car leurs travaux souterrains ont rencontré, à faible profondeur, des minéralisations sulfurées ou oxydées de Pb, Zn, Cu et Ag. Le phénomène a été bien confirmé par les analyses multi-élémentaires effectuées sur des échantillons ferrugineux prélevés dans les anciennes haldes et, à Windstein, où il n'existe pas de "chapeau", la minéralisation Pb-Zn est directement affleurante. D'une façon générale, les minerais de fer ont été très prédominants, mais, sauf dans quelques cas (Katzenthal, Erlenbach, Bobenwald, ...), les travaux sont restés très superficiels, donc confinés dans les "chapeaux de fer".

Ces filons, associés à la faille vosgienne ou aux cassures voisines du champ de fractures de la bordure, doivent se trouver en relation directe avec la formation du fossé rhénan. Des auteurs allemands récents (O. ERMANN (1958), H. ILLIES (1963)) s'accordent pour attribuer leur mise en place dans les roches du socle au stade ancien de la formation du fossé, c'est-à-dire à l'époque varisque. Ces minéralisations hercyniennes auraient été remobilisées par la suite, lors de la réactivation de la tectonique au cours de l'orogenèse alpine, pendant l'Eocène moyen, et c'est ainsi qu'elles traverseraient maintenant les séries de couverture. Si cette hypothèse plausible est vraie, les filons devraient se prolonger dans le socle et il serait souhaitable de s'en assurer au moyen de sondages. Toutefois, l'hypothèse d'une métallogenèse proprement alpine n'est pas à exclure.

Superficiellement, d'après les anciennes descriptions, les filons de fer étaient, en fait, constitués le plus généralement par des "assemblages de veines irrégulières de minerai limonitique, se ramifiant les unes aux autres". Ces faisceaux de veines présentaient des épaisseurs très variables et ils enserraient de grandes masses de grès stériles (les "sandkeule" des anciens mineurs). Le mur était ordinairement net et limité par une salbande argileuse, le toit n'était par contre que rarement bien défini.

La puissance, très irrégulière, variait de 0,10 m à 6 m, pouvant atteindre 20 m, et le minerai de fer exploitable prenait souvent la forme de colonnes verticales, qui s'étendaient en direction sur une longueur de 15 à 50 m. Les oxydes de Mn étaient assez fréquents et, dans certains filons, comme déjà souligné, il apparaissait des minéraux de plomb et de zinc qui, en trois endroits : Katzenthal (Bas-Rhin), Erlenbach et Bobenthal (Palatinat), ont fait l'objet de petites exploitations pour Pb et Ag.

Erlenbach (Palatinat). A Erlenbach, où l'exploitation s'est poursuivie jusqu'à 150 m au-dessous de la vallée, le filon, puissant de 0,50 m à 2,50 m, présentait une structure typiquement bréchique et il renfermait de la pyromorphite (minerai principal), de la galène, de la cérusite, de la zincite, de la descloizite et de la "limonite". Cette minéralisation se trouvait enrichie dans les passées étranglées.

Bobenthal (Palatinat). Cette mine, réputée pour sa production d'argent, présentait la même association minérale que celle d'Erlenbach, avec toutefois prédominance de la galène.

Katzenthal (67). Du minerai de plomb y a été découvert au-dessous du minerai de fer et l'association minérale, très complexe, comportait les espèces suivantes : aurichalcite, anglésite, barytine, blende, cérusite, chessylite, chrysocolle, galène, hémimorphite, "limonite", malachite, manganite, mimétèse, psilomélane, pyrolusite, pyromorphite, quartz, ranciéïte, smithsonite et wulfénite.

Bremmelsberg (Palatinat). Des minéraux de Pb et de Mn se trouvaient associés à la "limonite".

Mont Pétronelle (Palatinat). Au Mont Pétronelle, près de Bergzabern, de la galène et de la pyromorphite ont été signalées récemment dans une gangue "limonitique" avec sidérite résiduelle.

Windstein (67). Enfin, à Windstein, où il n'existe pas d'oxydes de fer, des échantillons bréchiques siliceux et barytiques renferment de la galène largement altérée en cérusite, de la digénite, de la covellite, de la blende, de l'argentite, de l'argent natif, de la pyrite oxydée, des traces de chalcopyrite et du psilomélane cryptocristallin.

Tous ces indices ou petits gîtes laissaient supposer l'existence d'un petit district particulier Pb-Zn-Cu-Ag, constitué par des minéralisations filoniennes associées étroitement au faisceau de la faille vosgienne de l'extrémité nord des Vosges gréseuses septentrionales et encaissées tant dans le socle que dans la couverture permo-triasique. Sauf dans le cas de Windstein, ces minéralisations se manifestent en surface par des "chapeaux de fer" et celles connues occupent un territoire assez vaste pour qu'on puisse y espérer des découvertes importantes. Aussi, dans l'Inventaire des ressources minérales du Massif des Vosges, était-il obligatoire d'inclure une reconnaissance de ce district, au moins partielle.

Historique

Dans la région, une activité minière est mentionnée pour la première fois en 1521, mais c'est dans la deuxième moitié du XVIIIème siècle et la première du XIXème qu'elle a connu sa période la plus florissante. Les exploitations principales jalonnaient la faille vosgienne : Bremmelsberg, près de Brudenthal (1748-1811) ; Mont Humbert (1772-1814) ; Nothweiler (1774-1823) ; Litschoff, Thalenberg et Gimbelhof (1815-1824 et 1843-1844) ; Fleckenstein (1817-1837) ; Froensburg et Katzenthal (Fe : fin du XVIIIème siècle, Pb-Ag : 1826-1829). Il existait, en outre, des travaux de recherches au Schauffeshalt, au Weyerswald et à Trautborn.

Sur des failles parallèles du champ de fractures, se trouvaient les mines de Niederschlettenbach (Fe : 1774-1853), de Bobenthal (Fe puis Pb : découverte en 1571 et exploitation à la fin du XVIIIème siècle) et d'Erlenbach (Pb : 1765-1803). Environ 8 km plus à l'est, associées à d'autres fractures parallèles, les anciennes mines de la région de Bergzabern - Böllenborn : Mont Pétronelle, Mont Quéremberg, Mont Walckerberg, auraient été exploitées dès 1585, jusqu'au début du XIXème siècle.

Les minerais de fer étaient fondus depuis 1592 au haut-fourneau de Schönau (Palatinat), qui traitait environ 300 tonnes de fer par an au début du XVIIème siècle et fut arrêté au milieu du XIXème siècle. On constate à cette époque que, comme conséquence de la présence de minéraux de Pb et Zn parfois associés aux oxydes de fer, des accumulations de plomb, lors de la fusion du fer, avaient colmaté des fissures et des encroûtements de zinc avaient localement recouvert les parois.

Les trois principales exploitations de plomb ont été celles d'Erlenbach, de Bobenthal et de Katzenthal :

1) L'exploitation d'Erlenbach (Palatinat), mentionnée pour la première fois en 1765, démarra sur un affleurement de brèche gréseuse puissant de 0,50 m et renfermant de la "limonite", de la pyromorphite, de la mimétèse et de la wulfénite ; en profondeur, l'épaisseur augmenta jusqu'à 2,50 m.

Les travaux furent arrêtés en 1787, par suite de venues d'eau, puis repris en 1799. De 1800 à 1803, ils produisirent 72,4 tonnes Pb, puis la mine fut arrêtée en raison d'inondations, pour être reprise quelques années plus tard. On ne dispose pas d'informations chiffrées sur cette dernière période, mais on sait que les

travaux furent poussés jusqu'à 150 m au-dessous du niveau de la vallée et qu'ils furent arrêtés par suite des difficultés de traitement du minerai.

2) La mine de Bobenthal (Palatinat), découverte en 1571, aurait été exploitée, avec des interruptions, jusqu'à la fin du XVIIIème siècle. Son minerai était plus riche en galène que celui d'Erlenbach.

3) A Katzenthal (67), les premiers travaux ont été ouverts initialement pour le fer, à une époque inconnue, et, avant la Révolution de 1789, ils alimentaient les forges du baron de DIETRICH ; mais, ils furent arrêtés à cette date, en raison de la mauvaise qualité du minerai. C'est en examinant leurs déblais, en 1799, qu'un certain Dubois, directeur de la Monnaie de Strasbourg, reconnut le premier la présence de plomb (surtout cérusite) et exécuta quelques recherches, rapidement abandonnées.

Celles-ci furent reprises en 1818, puis en 1823, et une demande de concession pour plomb et argent fut déposée le 15 juillet 1826. Les travaux d'exploitation durèrent de 1826 à 1828, époque où l'on installa un bocard et une laverie près de la mine, puis une fonderie au lieu-dit "Vogelsthal". Le minerai principal était constitué par des "rognons" de cérusite et de galène massive.

Le minerai était fondu avec des calcaires du Muschelkalk du graben de Lembach et des scories des forges voisines, qui étaient ajoutées à proportion pour réduire les phosphates et arséniates de plomb, en quantités fort variables dans le minerai. Le produit de fusion (schlick) tenait environ 50% de plomb fort impur, renfermant des teneurs notables d'arsenic et un peu de zinc, cuivre et antimoine. Lorsque le carbonate dominait dans le minerai, le plomb contenait de l'argent que l'on extrayait avec bénéfice ; quand les arséniates et phosphates prédominaient, les teneurs en Ag étaient, par contre, très faibles.

Les chiffres de production connus ont été les suivants : 1826 : 384 qx de plomb, 120 qx de litharge, 41,23 kg d'argent - 1827 : 610 qx de plomb et litharge, 31 kg d'argent.

Mais, dès 1826, il se produisit une baisse du cours du plomb, qui se poursuivit en 1827 "d'une façon désastreuse", tandis que la teneur en argent du minerai diminua de façon sensible. Aussi, les travaux furent-ils arrêtés le 23-02-1829, bien que la partie inférieure du gîte restait intacte et paraissait plus riche. De nouvelles recherches, entreprises en 1833, par les Forges de DIETRICH, ne donnèrent aucun résultat concret.

D'après des documents aux Archives Nationales, les travaux auraient atteint en direction une longueur de 300 m, mais leur hauteur ne dépassait guère 60 m. Il existait deux galeries principales, appelées "galerie profonde" et "galerie d'aération", et un puits d'extraction de 12 m environ. Les chantiers se trouvaient tous au-dessus de la galerie profonde et ils auraient dépilé principalement une tranche haute de 30 m. Vers le SW, le filon devenait stérile.

Au XXème siècle, quelques travaux de recherches furent exécutés dans la région de Bobenthal, dans les mines "Johann" et "Erlenbach", entre 1901 et 1903, par la "Société des Mines d'Alsace". D'autres reconnaissances furent effectuées dans les secteurs du Mont Pétronelle et de Brudenthal, entre 1937 et 1942, par la "Société d'Etudes du Sol Sarre-Palatinat". On ne possède aucun renseignement sur leur nature et leurs résultats.

Enfin, plus récemment, avant les travaux du BRGGM, puis du BRGM, les géologues J. BALCON et Ph. LAUNEY de la Cie Royale Asturienne des Mines (CRAM), après une reconnaissance sur le terrain, proposèrent en 1956 un programme de travaux (géochimie sols et sondages carottés) qui ne fut pas exécuté.

Géologie

Dans la région étudiée, grâce à une fenêtre d'érosion, le socle affleure au sud de Windstein, dans le vallon du Jaegerthal. Il s'agit d'un granite à biotite légèrement porphyroïde, granite qui a été retrouvé dans le sondage KZ_3, à 190 m de profondeur. D'après différents auteurs, ce granite aurait été mis en place pendant la phase sudète de l'orogenèse varisque.

Le Permien superposé, qui affleure seulement dans le compartiment haut (ouest) de la faille vosgienne, présente des épaisseurs très variables. Au-dessus du granite du Jaegerthal, il n'est représenté que par quelques mètres de grès argileux rouges, avec niveaux conglomératiques et dolomitiques, faciès rapportés au Zechstein (Thuringien). Ailleurs il s'épaissit, ce qui semble démontrer que la boutonnière de socle granitique correspond à une partie sommitale, et, à Katzenthal, grâce aux forages KZ_1 et KZ_2, on sait que sa puissance dépasse 110 m. Ici, la succession connue comprend, de bas en haut : des argilites sableuses, silteuses et micacées (> 21 m), des fanglomérats rougeâtres (55 m), des grès argilo-sableux (25 m) et, enfin, des grès sablonneux (10 m).

Le Buntsandstein inférieur sus-jacent est représenté par les grès d'Annweiler, qui affleurent bien le long de la faille vosgienne, depuis Windstein jusqu'à Schauffeshalt. Il s'agit de grès homogènes de couleur rouge-brique, dont la stratification est sub-horizontale ; leur épaisseur, relativement constante, atteint 70 à 80 m.

Au-dessus, se trouve le grès des Vosges du Buntsandstein moyen, qui affleure largement dans le compartiment bas (est) de la faille. Son épaisseur atteint 340 à 360 m, et, à sa base, il comporte un niveau conglomératique puissant de 10 à 15 m, qui succède à un premier niveau de grès poreux à galets de quartz très dispersés. La stratification est généralement oblique, parfois entrecroisée.

Analyse des "chapeaux de fer"

Préalablement à la reconnaissance par sondages, pour confirmer la présence de métaux de base et sélectionner la zone a priori la plus favorable, on a effectué un échantillonnage des oxydes de fer, prélevés soit dans les haldes, soit dans les affleurements, soit dans les galeries accessibles (réouvertes par le Groupe de Spéléologie minière de Strasbourg).

52 échantillons (de 3 kg environ) ont été ainsi prélevés dans les secteurs du Schauffeshalt, de Litschoff, de Gimbelhof, de Thalenberg, de Fleckenstein, de Froensburg, de Katzenthal et de Tannenbruck. A part la dernière localité citée, il s'agit du groupement le plus dense de travaux anciens, qui jalonnent le trajet de la faille vosgienne depuis Katzenthal, au SW, jusqu'à la frontière du Palatinat (Schauffeshalt), au NE, sur une distance supérieure à 5 km.

D'une façon générale, des teneurs relativement fortes en $Si\ O_2$ et faibles en Fe, des valeurs résiduelles localement élevées en $Al_2\ O_3$, $Na_2\ O$ et $K_2\ O$, ainsi que des chiffres élevés pour Mn et Zn, toutes ces valeurs traduisent un faible lessivage acide et montrent qu'on se trouve en présence non de produits d'oxydation d'un minerai massif, mais de "chapeaux de fer" sur minéralisations dispersées dans des roches ou gangues. Par ailleurs, l'association d'éléments tels que Cu, Zn, Pb, As, Sb, Ag, indique que les oxydes échantillonnés dérivent bien de sulfures ; en particulier, les fortes teneurs en As et Sb constituent un critère favorable.

Dans l'ensemble, les teneurs les plus élevées et les plus continues se trouvaient dans les secteurs contigus de Katzenthal et de Froensburg, zone dans laquelle existait, par ailleurs, une ancienne mine de plomb argentifère (celle de Katzenthal). En outre, les fortes valeurs des éléments Ag, Cd et Sb pouvaient être

significatives de teneurs intéressantes en Zn. Il n'était donc pas exclu que, malgré l'exploitation ancienne de Pb-Ag, le zinc pouvait être en profondeur aussi important que le plomb, voire prédominant.

Enfin, dans les échantillons prélevés, se trouvaient, associés aux oxydes de fer dans une gangue de quartz et barytine, les minéraux résiduels suivants : galène partiellement ou totalement remplacée par de la cérusite et localement par de la digénite, elle-même remplacée par de la covellite ; en inclusions dans cette galène, de l'argentite et de l'argent natif ; dans la cérusite, des traces-reliques de blende environnée de galène ; entre les grains de quartz, des chapelets de micrograins d'argent natif.

Pour toutes ces raisons, la zone précédente de Katzenthal - Froensburg fut choisie pour démarrer la reconnaissance par sondages. En seconde priorité, des résultats positifs de cette première exploration auraient incité à poursuivre les recherches dans les secteurs du Fleckenstein, de Gimbelhof et de Litschoff, prolongement vers le NE de la zone étudiée en premier.

Katzenthal (67) - Carte à 1/50 000 de Lembach

La reconnaissance de cette zone a comporté 3 sondages carottés : KZ_1, KZ_2 et KZ_3, dont le but était l'exploration en profondeur du métallotecte tectonique primordial constitué par la faille vosgienne, au voisinage des anciens travaux de Katzenthal, commune de Lembach (67).

En admettant l'hypothèse formulée plus haut d'une mise en place initiale de la minéralisation dans le socle, à l'époque varisque, il était très intéressant a priori de reconnaître le prolongement profond de la faille dans le socle. Compte tenu des indications fournies par les affleurements et la littérature, on pouvait estimer à 130 m l'épaisseur de la couverture permo-triasique dans la vallée du Steinbach, entre Katzenthal et Froensburg. Selon ces estimations, un sondage de 300 m, incliné à 75G et implanté dans le compartiment SE abaissé de l'accident, devait recouper ce prolongement dans le socle.

Le sondage KZ_1 n'a malheureusement pas pu atteindre cet objectif, par suite de fortes déviations tant en direction qu'en inclinaison ; pour des raisons techniques, il a dû être arrêté dans le Permien, à 193,80 m de longueur. Il a toutefois fourni un résultat stratigraphique important concernant l'épaisseur des grès et fanglomérats permiens, qui dépasse 90 m, ce qui était tout à fait inattendu. En conséquence, au lieu de 130 m, la puissance de la couverture dépassait 185 m.

Compte tenu de cette indication, le 2ème sondage, KZ_2, également implanté dans la vallée du Steinbach, à 25 m à l'ouest de KZ_1, mais avec une inclinaison de 60G, devait reconnaître le prolongement en profondeur dans la couverture et non plus dans le socle. Il a été arrêté à la longueur de 114,15 m, dans des argilites permiennes rougeâtres silteuses et micacées, après avoir recoupé la faille vosgienne à 76,20 m (62 m de profondeur). Ici, cette dernière met en contact anormal les grès d'Annweiler (Buntsandstein inférieur) et des fanglomérats du Permien.

A la traversée des grès, dans le compartiment abaissé, diverses minéralisations ont été rencontrées :

- entre 26 m et 50 m, plusieurs cassures renferment des enduits de minéraux oxydés de plomb et zinc ; à leur contact, les grès présentent des auréoles de décoloration ;

- entre 62,25 m et 65,80 m (profondeur 50 m à 53 m), une passée bréchique décolorée et plus ou moins silicifiée, est imprégnée de barytine, de blende et d'oxydes de zinc ; elle renferme, sur une longueur de 10 cm (63,70 m à 63,80 m), un filonet rubané quartzo-barytique et ferrugineux, minéralisé en "schalenblende", galène, greenockite, traces de covellite et de chalcocite associées à de la galène tardive.

Les résultats des analyses effectuées ont été les suivants :

de 62,25 m à 63,70 m : Zn = 0,70 %,

de 63,70 m à 63,80 m : Zn = 5,40 % ; Pb = 1,90 % ; Ag = 392 g/t et Cd = 1200 g/t,

de 63,80 m à 65,80 m : Zn = 3,1 %,

- entre 69 m et 69,60 m (profondeur de 54,50 m), une passée gréseuse grossière, bréchifiée et décolorée, est cimentée par de la barytine et renferme de la blende résiduelle et des oxydes de Zn ; sa teneur est de 3,40 % Zn ;

- entre 73,40 m et 73,90 m (profondeur de 59 m), une passée bréchique à éléments de grès, phtanites, schistes gréseux et quartz recristallisé, est cimentée par de la barytine et minéralisée par de la blende et de la galène, avec un peu de greenockite ; ses teneurs sont les suivantes : Zn = 4,79 % ; Pb = 1,35 % ; Ag =

106 g/t ; Cd = 1590 g/t ;

- entre 73,90 m et 76 m (profondeur de 59 m à 61,50 m), une nouvelle passée bréchifiée décolorée, à éléments gréseux abondants dans un ciment argilo-gréseux, est minéralisée en blende disséminée soit dans les éléments, soit dans le ciment ; sa teneur est de 1,12 % Zn. Cette dernière passée, faiblement minéralisée, est située directement au toit d'une bande d'argile brune de 20 cm, qui marque le mur très net de la faille vosgienne. Les diverses passées bréchiques minéralisées doivent appartenir au remplissage de cette faille, qui serait ainsi épais de 10 m environ, avec un toit moins net.

Les intervalles gréseux (65,80 m à 69 m et 69,60 m à 73,40 m), non décolorés, sont pratiquement stériles, titrant respectivement 0,28 % et 0,29 % Zn.

Etant donné ces résultats médiocres, le 3ème sondage carotté, KZ_3, également implanté dans le compartiment bas et incliné à 70G, a été effectué dans le but de reconnaître l'aval-pendage direct de la minéralisation Pb de l'ancienne mine de Katzenthal. Arrêté à 210,50 m dans le socle (granite type Jaegerthal), il a rencontré la faille vosgienne à 206,50 m, soit une profondeur de 190 m, après avoir traversé successivement les grès vosgiens (0 à 38,80 m), les grès d'Annweiler (38,80 m à 120,40 m), des grès conglomératiques et des fanglomérats permiens (120,40 m à 206,50 m).

Les minéralisations suivantes ont été rencontrées au toit de l'accident :

- à 41,80 m, 46,50 m, 70 m et 74,80 m, des micro-traces de plomb oxydé se trouvent dans des fissures subverticales des grès d'Annweiler, tapissées par des enduits d'oxydes de fer et manganèse ;

- à 133,90 m, 136,40 m, 141,70 m et 156,40 m, les mêmes traces fissurales de Pb O sont encaissées dans des grès conglomératiques permiens ;

- à 173 m et 178,20 m des feutrages de cristaux de barytine et des traces de minéraux oxydés de plomb et de zinc se trouvent dans des fissurales subverticales traversant des fanglomérats du Permien ;

- entre 181,30 m et 182,85 m (profondeur environ de 155 m), une passée bréchique, formée par des éléments gréseux abondants et des éléments quartzeux recristallisés plus rares dans un ciment argileux, renferme par endroits des gerbes de lamelles de barytine, ainsi que de rares petits grains de blende et galène,

dispersés dans les éléments gréseux ou quartzeux ou associés à la barytine du ciment. Cette passée très pauvre (0,60 % Zn et 0,25 % Pb) semble bien représenter le prolongement en profondeur de la minéralisation exploitée autrefois près de la surface.

Ainsi, les résultats des 3 sondages KZ ont été défavorables. Ils ont bien confirmé la présence en profondeur d'une minéralisation sulfurée Pb-Zn, étroitement liée à la tectonique cassante de la faille vosgienne, car encaissée dans des passées bréchifiées au voisinage immédiat de cette faille. Mais, ces minéralisations ne présentent pas (cf. chiffres ci-dessus) de caractère économique, leurs teneurs étant manifestement trop faibles et, d'autre part, la coupe de KZ_3 a montré que ces minéralisations, au lieu de s'enrichir dans le socle, comme on pouvait l'espérer, avaient plutôt tendance à s'appauvrir, voire à se coincer.

Le zinc peut être nettement plus abondant que le plomb, comme l'a montré le forage KZ_2, mais les minéralisations rencontrées dans ce sondage se trouvent plus bas que les minéralisations plombifères de la mine de Katzenthal et elles traduisent peut-être simplement un phénomène de zonalité verticale : plomb au-dessus et zinc au-dessous. En tous cas, l'appauvrissement constaté en profondeur laisse planer un doute sérieux sur la mise en place varisque dans le socle. Il pourrait plutôt s'agir de gîtes de cassure dans la couverture, formés directement par la métallogenèse alpine, laquelle est responsable d'autres gisements Pb-Zn dans les bordures du Fossé Rhénan.

Quoiqu'il en soit, après l'exploration décrite du secteur de Katzenthal - Froensburg, la reconnaissance de la région a été arrêtée. Les autres secteurs, en effet, présentaient a priori des caractères moins favorables et le fait que les minéralisations n'occupaient probablement que des cassures superficielles dans la couverture, sans perspective d'aval-pendage important, n'incitait guère à la poursuite de l'exploration, les chances étant réduites de trouver un gisement important. Toutefois, après l'exécution de trois seuls sondages, il serait prématuré de conclure définitivement que l'ensemble de la région ne renferme aucun gîte d'ordre économique.

Il paraît logique de mentionner maintenant les travaux exécutés en dehors des Vosges proprement dites et de ses bordures, dans le bombement de Saint-Avold (57) de la ride anticlinale sarro-lorraine. Ces travaux sont, en effet, les plus proches géographiquement de ceux des Vosges gréseuses septentrionales (80 km environ en direction WNW) et ils intéressent des minéralisations qui, quoique d'un type différent, sont également encaissées dans la couverture triasique

ou permo-triasique.

6.2.2 - Gîtes Cu-Pb du district de Saint-Avold (57) - Hargarten-aux-Mines (57) - Cartes à 1/50 000 de Saint-Avold et de Boulay-Moselle

La région de Saint-Avold (57) - Hargarten-aux- Mines (57), qui se trouve à 45 km de Metz en direction est et nord-est, tout près de la frontière de la Sarre (RFA), renferme deux groupes importants de travaux anciens, ouverts sur des minéralisations plombifères ou cuprifères. Suite à l'étude de la documentation, notamment celle obligeamment communiquée par la Cie Royale Asturienne des Mines (CRAM), et suite aux reconnaissances effectuées sur le terrain, on y connaissait en 1976 les anciennes mines suivantes :

a) dans le groupe de Hargarten-aux-Mines : La Grande Saule (Pb) ; La Petite Saule (Pb) ; Saint-Nicolas (Pb) ; Saint-Jacques (Pb) ; Bois de Béring (Pb) ; Bois des Trembles (Pb) ; Dalem (Cu) et Falck (Cu) ;

b) dans le groupe de Saint-Avold : Le Bleiberg (Pb) ; Le Castelberg (Pb) ; Le Haut-Bois (Cu), auxquels on peut adjoindre les indices signalés de Steinberg, Hellering et Hiéraple (Cu).

Si l'on y ajoute, dans la Sarre, les anciennes exploitations de cuivre du secteur de Wallerfaugen (autrefois Vaudrevanges), célèbres pour leur "azur" (azurite), c'est sur une longueur de 25 km en direction NNE que s'étendent les minéralisations Pb et Cu de la région. Comme, en outre, il existe des indices de blende, galène et smithsonite, dans les dolomies du Muschelkalk supérieur de Bouzonville, Alzing et Helling, et que les deux sulfures ont été également signalés dans les filons de fer de la plaine de Creutzwald, il est manifeste que la région entière renferme une grosse anomalie métallogénique intéressant essentiellement le plomb (dominant), le cuivre et le zinc (ce dernier très accessoire).

A grande échelle, cette anomalie coïncide avec "le bombement anticlinal de Saint-Avold", appartenant à la ride sarro-lorraine bien connue, et, si l'on connaît une telle densité d'indices dans les secteurs précités, c'est en raison de l'existence d'une boutonnière d'érosion datant de la fin du Tertiaire, qui a mis à jour, sur tout son pourtour, les lentilles minéralisées exploitées par les Anciens, disséminées dans les barres gréseuses formant la base des escarpements entourant la cuvette.

Vers le SW, direction générale de l'ennoiement, l'horizon métallifère reste enfoui, mais on y est cependant assuré de l'existence de minéralisations cachées, associées au prolongement de la ride : en effet, de telles minéralisations, dans le même horizon, ont été rencontrées dans deux sondages anciens (pour recherche de houille et d'eau), à 150 m dans celui de Laudrefang (57), qui se trouve à 2 km au sud du Castelberg, et à 360 m dans celui de Nomény (54) qui, lui, est situé à 40 km au SW de Saint-Avold.

On est donc en droit de penser que la grande ride anticlinale constitue un métallotecte paléogéographique ou structural de première grandeur et, pour réaliser l'inventaire général de ses ressources métallifères (probablement essentiellement plombifères), il faudrait nécessairement s'éloigner du secteur des gîtes superficiels et procéder à une reconnaissance de gisements cachés.

Tels qu'ils sont connus, tous les gîtes et indices précités de cuivre et de plomb (sauf ceux du Muschelkalk et des filons de fer, très accessoires) sont constitués par des minéralisations stratiformes ou pénéconcordantes en milieu détritique, c'est-à-dire des minéralisations du type appelé improprement "red-beds". Elles sont, en effet, encaissées en totalité dans les horizons gréseux grossiers ou micro-conglomératiques situés à la base des grès bigarrés du Buntsandstein supérieur (Vaslénien dans la terminologie locale), immédiatement au-dessus du conglomérat principal et de la zone-violette limite (termes de passage entre les grès vosgiens et les grès bigarrés).

Ces horizons minéralisés appartiennent donc aux couches intermédiaires du Buntsandstein supérieur, qui ont une épaisseur variant entre 15 et 40 m. Des petits galets, appelés "dragées", persistent dans leurs niveaux inférieurs, puis apparaissent des niveaux micacés, qui se généralisent en approchant du contact des grès supérieurs à Voltzia. A l'extrême base, la zone-limite violette est remaniée, ravinée, et il apparaît souvent une brèche indurée dolomitique et ferrugineuse.

Le banc inférieur est un banc de grès grossiers à petits galets de quartz épars, appelé grès "à dragées", dont l'épaisseur varie entre 2 m et 12 m ; on peut noter que les secteurs minéralisés correspondent à des zones d'épaississement. Ces grès sont feldspathiques et ils peuvent présenter des passées franchement arkosiques, notamment dans les travaux du Castelberg. Généralement très poreux, leurs vides sont partiellement occupés par des oxydes de fer ou de manganèse, ou des minéraux oxydés de plomb et de cuivre.

Cette assise basale est surmontée par une "zone-violette supérieure", en tous points comparable à la zone-limite, qui peut être également coiffée par un horizon discontinu de brèche dolomitique et ferrugineuse. Puis, se retrouvent des grès à "dragées", mais plus fins et à galets plus espacés, puissants de 1 m à 4 m. Au-dessus, marquant un changement de sédimentation, se trouve un premier banc de grès argileux micacé, puis une nouvelle "zone-violette". Le cycle grès grossiers - grès micacés - "zone-violette" peut se répéter plusieurs fois (La Grande Saule, par exemple).

Au-dessus de la dernière "zone violette", se trouve un horizon de "grès à racines" (Ph. LAUNEY) ou "grès à noyaux" (E.M. MULLER) ainsi appelés parce qu'ils renferment des petits nodules ovoïdes argilo-limonitiques de teinte ocre, qui sont des nodules de dolomie altérée. Etant poreux, ils peuvent être minéralisés et ils forment généralement plusieurs bancs, séparés par des lits moins épais de grès fins micacés. De minces niveaux dolomitiques lenticulaires sont interstratifiés dans l'une ou l'autre des formations gréseuses précédentes. De couleur brun-rougeâtre, car chargés d'oxydes de fer, ils sont constitués par des concrétions développées in situ.

Au-dessus, les grès à Voltzia débutent par un niveau à plantes, qui peut encore renfermer des traces de minéralisation Cu. Puis, classiquement, ils comportent des grès à meules à la base (2 m à 15 m) et, au sommet, des grès fins argileux versicolores, qui terminent les dépôts du Buntsandstein.

Le phénomène structural majeur est le bombement général des couches, qui a rejoué à plusieurs époques. Une voûte anticlinale se dessine dès le Houiller et, au Permien, la zone anticlinoriale subit une phase de plissements plus aigus, accompagnés de failles bordières NE-SW et de failles transverses NW-SE. Les sédiments permiens sont presque totalement érodés avant le dépôt du Trias, marqué par une subsidence générale, puis des mouvements post-triasiques, probablement alpins, reprennent les anciennes structures et font rejouer les anciennes failles.

Actuellement, les plissements, de faible amplitude, ont une orientation NE-SW, au sud, qui s'infléchit en orientation ENE-WSW vers le nord ; ils s'ennoient, au SW, vers le centre du Bassin de Paris (plongement de 2 % dans l'axe de l'anticlinal de Saint-Avold). Ils sont dissymétriques, leurs flancs SE étant plus accentués que leurs flancs NW. Les pendages des couches sont de l'ordre de 2 à 5G.

Des failles longitudinales et des failles transverses affectent l'ensemble de la région. Elles sont généralement très redressées et présentent d'importants rejets verticaux (jusqu'à 100 m). Des petites failles les accompagnent : les unes sont plus ou moins perpendiculaires à la grande faille proche (réseau de fractures sub- perpendiculaires à la faille bordière sud, dans la mine du Haut-Bois), les autres lui sont plus ou moins parallèles (fractures ENE-WSW parallèles à la faille bordière sud, dans les travaux du Bleiberg ; ...).

L'allure des courbes isopaques du Buntsandstein supérieur (cf. E.M. MULLER, 1958) laisse apparaître une division de l'aire de sédimentation en zones de bassins et de seuils, qui coïncident exactement avec les structures plus anciennes du substratum. Ce sont, du nord au sud :

- un bassin NE-SW dans la dépression tectonique du Merzig ;
- un seuil allongé sur la structure anticlinale de Düppenweiler à Bouzonville ;
- le bassin de Felsberg-Sarrelouis ;
- le seuil de Dalem ;
- le bassin de Guerting ;
- le petit seuil de Bisten ;
- la cuvette de Porcelette ;
- le seuil principal sur l'anticlinal de Saint-Avold.

Cette division a une grande importance gîtologique, car la plupart des minéralisations sont situées sur l'axe ou en bordure des seuils : les anciennes mines du secteur de Wallerfangen, en Sarre, se trouvent sur la bordure sud du seuil de Düppelweiler ; les anciennes mines de plomb (et cuivre) du secteur d'Hargarten-aux- Mines se situent sur l'axe et sur les flancs nord et sud du seuil de Dalem ; enfin, les anciens travaux Pb et Cu du secteur de Saint-Avold se rencontrent dans l'axe et sur le flanc sud du seuil de Saint-Avold. Par contre, les zones de bassins de Guerting et Porcelette ne renferment aucune minéralisation Pb-Cu.

Individuellement, les niveaux minéralisés ne sont pas les mêmes, mais il s'agit toujours de niveaux gréseux poreux (dans les grès "à dragées" ou les grès à noyaux dolomitiques), coiffés par des toits imperméables, soit des lentilles argileuses, soit des lentilles argilo-dolomitiques, soit des lits de grès fins micacés.

Par ailleurs, les divers gîtes ou indices apparaissent toujours proches de failles régionales importantes, qui ont pu jouer un rôle de métallotectes

tectoniques, et, dans les travaux, on peut noter des enrichissements systématiques au contact de failles mineures ou de cassures, perpendiculaires ou parallèles à la grande faille proche. Ce phénomène démontre que la tectonique à petite échelle a certainement joué un rôle concentrateur, rôle paraissant plus important dans le cas du cuivre : tant au Haut-Bois qu'à Wallerfangen, les Anciens ont exploité préférentiellement ces enrichissements et les minces remplissages associés des cassures elles-mêmes.

Il est important de noter que les deux métaux (Pb et Cu) ne se trouvent réunis qu'exceptionnellement et de telle sorte que l'un soit toujours très prédominant ; ce phénomène, général, est dû à leur mobilité différentielle au cours des phénomènes d'érosion et d'altération continentale. En ce qui concerne le plomb, le minerai principal est la cérusite, accompagnée de galène et très accessoirement d'anglésite ; cette prédominance du carbonate est très nette, même dans les anciens travaux signalés comme essentiellement galénifères (Le Bleiberg), mais, en profondeur, comme dans les sondages de Laudrefang ou de Nomény, c'est le sulfure qui pourrait devenir prédominant.

La cérusite peut être disposée suivant des lits de la stratification entrecroisée des grès à noyaux dolomitiques (Bois de Béring, ...), ou bien elle peut être disséminée en grains millimétriques dans ces mêmes grès ; elle peut participer aussi au ciment des grains de quartz de ces mêmes grès ou des grès "à dragées" (Bois de Béring, Saint-Nicolas, ...).

La galène, comme au Bleiberg et à Saint-Nicolas, peut constituer des squelettes résiduels dans la cérusite enrobant les grains de quartz ; elle peut former, en outre, des nodules de la grosseur d'un pois à celle d'un poing, ou bien des concrétions cylindriques à axe vertical, qui sont répartis en "nuages" ou groupés dans de petites lentilles décimétriques ; ces nodules et concrétions se trouvent souvent au sommet des couches intermédiaires, dans les horizons à grès micacés (Saint-Nicolas, La Petite Saule, ...).

Comme autres minéraux plombifères, outre l'anglésite rare, se trouvent exceptionnellement de la wulfénite, signalée par Ph. LAUNEY, et du minium ; ce dernier est apparemment localisé dans un affleurement restreint situé sur le flanc SE du Castelberg, où il forme des enduits terreux rouge vif enrobant les grains d'un banc de grès "à dragées".

En ce qui concerne le cuivre, on trouve essentiellement de la malachite, de l'azurite, du chrysocolle, de la ténorite et de la cuprite, tous minéraux oxydés,

auxquels peuvent s'ajouter de la chalcopyrite, du cuivre gris, de la pyrite, de la lampadite et un minéral argentifère du groupe argentopyrite-sternbergite. Comme dans le cas du plomb, les sulfures devraient devenir relativement plus abondants dans les éventuels gisements cachés à découvrir.

La chalcopyrite est généralement résiduelle dans des plages disséminées d'hydroxydes de fer, où elle peut être associée à du cuivre gris. Elle peut former des grains microscopiques dans les grès "à dragées", et, éventuellement (dans la mine du Haut-Bois), elle peut être visible à l'oeil nu dans des zones fracturées, sous la forme de "mouches" associées à de l'hématite, de la malachite et de la cuprite.

La malachite, minéral Cu le plus abondant en Moselle, présente de fines paillettes fibro-radiées ou des masses d'aspect amorphe cimentant des grès à noyaux dolomitiques ou des grès "à dragées". En Sarre, à Honzrath, elle forme des placages sur des débris végétaux du niveau à plantes des grès à Voltzia. L'azurite, en Moselle, est toujours subordonnée à la malachite, sous la forme de petits cristaux disséminés ou sous celle de ciment des grès. En Sarre, elle accompagne la malachite dans le niveau à plantes et elle devient très abondante dans la mine du Blauwald, où elle formait de belles cristallisations, autrefois célèbres, dans les lèvres de petites fractures.

Le chrysocolle, dans la mine du Haut-Bois, forme des enduits sur les grains de quartz des "grès à dragées". La cuprite n'a été trouvée que dans une zone fracturée de cette même mine, associée à de la chalcopyrite et de l'hématite. Le cuivre gris accompagne la chalcopyrite résiduelle des plages de "limonite". La ténorite, non retrouvée, a été signalée au Haut-Bois, tandis que la lampadite, psilomélane cuivreux, forme des enduits noirs terreux enrobant les grains des grès "à dragées" (Le Haut-Bois) ou des grès "à noyaux" (Dalem).

Le minéral argentifère, découvert en section polie par Cl. LAFORET (SGN), est associé à la chalcopyrite. La pyrite, comprenant de la bravoïte, est rare dans l'ensemble et, pour compléter l'association minérale, il convient de mentionner des oxydes et hydroxydes de fer, de la barytine et de la rhodonite.

Les épaisseurs minéralisées totales sont très variables, pouvant atteindre des valeurs importantes, couramment 5 à 6 mètres et jusqu'à 10 mètres. Mais, dans le détail, la répartition est toujours irrégulière, avec des successions diverses de passées quasi-stériles et de passées "riches", lesquelles sont constituées préférentiellement soit par les lits les plus grossiers, soit par les intercalations chargées de matière carbonée ; en outre, des concentrations relatives peuvent se

trouver, comme déjà dit, au voisinage des fractures, mais également au contact immédiat des toits argileux ou argilo-dolomitiques. Au Bleiberg, pour citer un exemple, les travaux détaillés de la CRAM ont mis en évidence 5 niveaux lenticulaires voisins superposés.

Les minéralisations de ce type ("red-beds" en milieu détritique) dépassent rarement, tant en plomb qu'en cuivre, des teneurs > 3 à 4 % (exemple de Mechernich, en Rhénanie). C'est bien le cas pour les gîtes de la région de Saint-Avold - Hargarten-aux-Mines et il ne faut pas s'attendre à des enrichissements sensibles dans les gisements cachés éventuels. Par contre, étant donné la vastitude du domaine de recherche lié à la grande ride anticlinale, on pouvait espérer y trouver de très gros tonnages. C'est cette considération qui a été l'argument majeur pour la reprise de la reconnaissance de la région, jointe à la morphologie favorable (lentilles quasi-horizontales souvent épaisses de plusieurs mètres) et, comme l'ont montré les essais de la CRAM pour le plomb, les facilités de préconcentration. En ce qui concerne les tonnages, on peut rappeler que les gisements superficiels connus sont largement érodés et, par suite, il était tout à fait justifié de penser pouvoir trouver en profondeur des volumes minéralisés beaucoup plus importants.

Avant d'entreprendre cette exploration des minéralisations cachées, qui a constitué le but principal des recherches dans la région, le BRGM a effectué au préalable, à partir de 1976, une reconnaissance générale des minéralisations affleurantes, ce qui était nécessaire pour acquérir un maximum de connaissances concernant les divers métallotectes de tous ordres (paléogéograhie, tectonique, stratigraphie, sédimentologie, ...), connaissances qui, on pouvait l'espérer, permettraient d'orienter la recherche de nouveaux gisements, d'abord dans le voisinage de ceux déjà connus, ensuite dans le domaine caché vers le SW. Pour ce faire, après compilation de la documentation et reconnaissance générale de tous les indices et vieux travaux, on a étudié en détail et échantillonné une ancienne mine de cuivre, celle du Haut-Bois, et une ancienne mine de plomb, celle du Bois de Béring.

Les résultats de ces travaux ont confirmé que, en Moselle, le cuivre est très accessoire par rapport au plomb et, en ce qui concerne ce dernier, tant les travaux de la CRAM dans le groupe de Saint-Avold que ceux du BRGM dans le groupe de Hargarten-aux-Mines, ont montré que, s'il peut exister des petits tonnages à 3-4 % Pb (cas du Bleiberg, par exemple), les gros volumes (ordre du million de tonnes) ont des teneurs ne dépassant guère 1 %, du moins dans le cas des minéralisations affleurantes à cérusite prédominante.

Etant donné ces conclusions défavorables, on a entrepris tout de suite la reconnaissance des gîtes cachés, en partant nécessairement du "connu", faute de toute autre indication, c'est-à-dire en effectuant un premier sondage vertical (175,15 m) à Laudrefang, à l'emplacement de l'ancien sondage houiller de 1906, dans lequel on avait signalé de la galène entre 150 m et 175 m. Puis, en 1978, pour compléter la reconnaissance, on exécuta, autour du premier, 4 nouveaux sondages carottés (692,30 m au total), dont les résultats furent malheureusement négatifs.

Description des divers gîtes et indices

Groupe de Saint-Avold (57)

Le Bleiberg (57) (Pb) - Carte à 1/50 000 de Saint-Avold

L'ancienne mine de plomb du Bleiberg, exploitée aux XVIIIème et XIXème siècles, est située dans le quartier SW de la ville de Saint-Avold (57), à l'extrémité est de la colline du Geckenberg, allongée est-ouest. Les travaux couvrent une superficie de 3,5 ha environ, dans un rectangle de 250 m x 150 m, et ils comportent 5 étages d'exploitation ; leur longueur totale est de l'ordre de 2 km. Ils ont été étudiés par la Cie Royale Asturienne des Mines (C.R.A.M.), en 1957, qui y a effectué les travaux suivants : levé topographique et géologique des travaux souterrains, échantillonnage par rainurage, campagne de sondages carottés au jour.

Le gîte est situé dans la zone axiale du seuil de Saint-Avold, immédiatement au nord de la grande faille bordière sud dirigée ENE-WSW. Stratigraphiquement, on observe une alternance de niveaux plus ou moins épais de grès poreux à noyaux dolomitiques, grès fins micacés à ciment sablonneux et dolomies bréchiques à lits argileux. Sur une épaisseur de 14 m, on observe 5 horizons constitués de bas en haut par la succession des 3 niveaux précédents.

Les grès à noyaux dolomitiques sont généralement bien minéralisés par de la cérusite renfermant de petits grains noirâtres de galène altérée, tandis que les niveaux argilo-dolomitiques sont toujours stériles et les grès fins micacés très pauvres (quelques petites plages très sporadiques du carbonate). Des concentrations, sous forme d'amandes de galène, peuvent être observées localement au-dessous des lits micacés ou des lits argileux. Enfin, des placages de cérusite peuvent se trouver sur les lèvres de petites failles tangentielles et à faible rejet vertical, parallèles au grand accident bordier sud, mais, en général, les remobilisations observées sont faibles.

Les corps minéralisés exploités ont la forme de "nuages" ovoïdes et aplatis de dimensions variables : 50 m x 25 m x 3 m dans le chantier Ernest, mais seulement 13 m x 4 m x 1 m dans le chantier Jacques. Dans le détail, les deux facteurs essentiels de localisation sont l'existence d'une roche poreuse protégée par un toit imperméable et une disposition ondulée de ces roches (rides et chenaux). D'après Ph. LAUNEY (CRAM), les Anciens auraient extrait 20 000 tonnes de tout-venant à 3-4 % de plomb total.

Les échantillons des rainurages ont été analysés pour plomb total et plomb oxydé, analyses qui ont confirmé la prépondérance de la cérusite, le rapport moyen PbO/Pb_t étant de 0,85. D'autre part, les teneurs des grès poreux à noyaux ont tendance à croître du bas vers le haut de la série : 2,65 % Pb dans le niveau José ; 3,04 % dans le niveau Ernest ; 3,8 % dans le niveau Clément et 5,38 % dans le niveau supérieur Lin. Enfin, le niveau inférieur présentant des imprégnations de malachite à la base de la minéralisation plombifère, ce niveau a été analysé pour cuivre et argent ; pour Cu, les teneurs ont varié de 0,02 à 0,17 % avec un échantillon à 0,54 % ; pour Ag, entre 2 et 47 g/t. Quelques échantillons dosés pour zinc ont donné de 0,10 à 0,25 % Zn.

Une campagne de sondages carottés (18 forages totalisant 1 400 m) fut entreprise, à la suite, pour reconnaître les seules extensions possibles de la minéralisation des travaux, dans l'extrémité ouest de la colline du Geckenberg. Ces sondages ont exploré une surface de 16 ha et deux d'entre eux ont reconnu le compartiment abaissé au sud de la grande faille bordière. Ils ont tous été stériles, sauf le plus proche des anciens travaux, qui a traversé 4 mètres de grès poreux à noyaux tenant 4 % Pb et, au toit, un niveau de grès micacés titrant 1 % Pb. Ces niveaux minéralisés se situeraient juste au-dessus du niveau supérieur de la mine (niveau Lin).

En se basant sur l'échantillonnage et la campagne de sondages précédente, Ph. LAUNEY a estimé que les réserves, situées immédiatement autour de l'ancienne exploitation, atteignaient 100 000 tonnes titrant 3 à 4 % Pb.

Le Castelberg (67) (Pb) - Carte à 1/50 000 de Saint-Avold

Les minéralisations Pb du Castelberg, commune de Longevville-lès-Saint-Avold (57), se trouvent sur le pourtour de l'avancée NE de la colline du même nom. Elles consistent en imprégnations irrégulières de cérusite, accompagnées localement de minium (cf. supra), dans les affleurements de grès à "dragées" situés à la base des couches intermédiaires, qui ceinturent la colline sur

une longueur visible de 1 500 m.

De nombreuses fouilles et amorces de galeries jalonnent ces affleurements, ainsi que 6 chambres d'extraction sur le versant sud et un travers-bancs NW-SE qui traverse la colline de part en part, travers-bancs achevé pendant la guerre de 1914-18.

Dans les chambres, on observe 4 à 6 mètres de grès "à dragées" à stratification entrecroisée, surmontés de grès fins micacés. Ces grès "à dragées" sont formés par des niveaux lenticulaires qui se différencient par leur granulométrie et la richesse de leur minéralisation. Parmi ces niveaux, certains sont des arkoses grossières, mais tous renferment des petits galets de quartz épars. Les circulations phréatiques ont provoqué des auréoles de lessivage et de rubéfaction, qui sont toujours stériles. L'épaisseur totale est très variable, entre 1 m et 7 m, et c'est dans les parties épaissies que sont ouvertes les chambres de préparation et d'exploitation du versant sud et du travers-bancs.

Le minerai prédominant est la cérusite. Elle peut cimenter les grains des lentilles arkosiques et, dans ce cas, la teneur en Pb peut atteindre 8 à 9 %. Dans les grès poreux "à dragées", plus fins, elle cimente également les grains, mais seulement partiellement, et la teneur ne varie plus que de 1,5 à 4 % Pb. Dans cette cérusite, peuvent s'observer des squelettes de galène et des cristaux d'anglésite. Le petit indice de minium est situé à 100 m environ au NE de l'entrée sud du travers-bancs.

La minéralisation est contrôlée d'abord par un facteur lithologique : roche poreuse (grès "à dragées") surmontée par un toit imperméable (grès micacés ou "zone violette"), avec enrichissement dans les niveaux les plus grossiers. Elle l'est ensuite par un facteur structural, étant localisée dans une zone d'épaississement qui serait située le long d'une faille-flexure orientée NNW-SSE.

Les travaux de la CRAM ont comporté essentiellement des échantillonnages par rainurage et des sondages carottés. Les premiers ont été effectués d'abord (40 échantillons) dans les chambres et le travers-bancs, ensuite (202 échantillons) le long des 1 500 mètres d'affleurements. Les premiers échantillons donnèrent des résultats encourageants : 3 à 9 % Pb dans les lentilles arkosiques grossières et 1,5 à 4 % Pb dans les grès "à dragées" plus fins. Les deuxièmes, intéressant des hauteurs de 0,50 m à 2,50 m, fournirent des teneurs variant entre 0,3 et 5 % Pb, réparties de façon tout à fait irrégulière.

Les sondages (au nombre de 13, représentant un métrage de 760 m), implantés sur le replat des grès coquilliers (base du Muschelkalk) marquant le sommet de la colline, ont traversé les grès à Voltzia et les couches intermédiaires jusqu'au grès des Vosges. La minéralisation est toujours localisée dans les grès "à dragées" ; ses puissances sont irrégulières et ses teneurs généralement basses.

D'après les résultats de ces sondages et des rainurages, on peut estimer que l'ensemble plus ou moins imprégné par de la cérusite représente environ $1{,}5\ 10^6$ tonnes, avec une teneur moyenne < 1 % Pb. Dans cet ensemble, trois zones circonscrites (200 000 tonnes environ) ont des teneurs >> 3 %.

Le Haut-Bois (57) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Saint-Avold

L'ancienne mine de cuivre du Haut-Bois est située sur le flanc nord de la colline du même nom, commune de Longeville-lès-Saint-Avold (57), à 1 400 m environ au SW du carrefour des Trois Maisons.

Les premières recherches pour Cu dateraient de 1858 et auraient consisté en petites tranchées profondes de 2 m, ouvertes sur des grès "à dragées" minéralisés. L'année suivante, ces recherches auraient été poursuivies en carrière, puis on creusa des galeries de reconnaissance disposées radialement, qui amenèrent la découverte, en 1860, des premières lentilles minéralisées.

En 1861, une petite usine fut bâtie sur le carreau de la mine, pour traiter le minerai par voie humide ; le cuivre, précipité de sa solution par des rognures de fer, était expédié sous forme de cément à Sternerhütte, près de Linz (RFA), pour y être fondu.

L'exploitation dura de 1862 à 1864. En 1862, la teneur du minerai extrait était de 2,2 % Cu, mais, dans cette année du démarrage de la mine, on produisit seulement 1 351 t. En 1863, on produisit 9 070 t, mais la teneur s'était abaissée à 0,5 % Cu, pour tomber en 1864 (production : 9 981 t) à 0,35 puis 0,25 % Cu, ce qui causa la fermeture de l'exploitation.

Les anciens travaux comprennent :

- des chambres de dépilage, hautes de 3 m à 6 m, ouvertes dans l'allongement des amas minéralisés ;
- des galeries d'exploitation ;
- des galeries de recherche tracées en suivant les failles ;

- des montages de recherche ou d'aération.

Il existait deux chantiers d'exploitation reliés par une galerie : un chantier ouest et un chantier sud, chacun englobant plusieurs chambres.

Les travaux du BRGM ont consisté essentiellement, en 1976, dans un levé géologique détaillé des ouvrages souterrains, accompagné d'un levé topographique, puis, en 1977, dans un échantillonnage par rainurage de la partie utile des parements et des piliers (129 échantillons dans 45 rainures, représentant un métrage total de 129,70 m).

Le levé géologique a mis en évidence les principaux faits suivants :

a) confirmation de la quasi-horizontalité des couches (pendage de 2 à 5G au maximum) ;

b) nombreuses cassures subverticales N-S (donc presque perpendiculaires à la faille bordière sud), qui sont des failles de très faible rejet (quelques cm à quelques dm, exceptionnellement 1,40 m) ;

c) présence de deux ondulations à très grand rayon de courbure, s'ennoyant vers l'ESE comme les couches, ondulations qui, malgré leur très faible "flèche" (2 m sur 80 m), paraissent avoir joué un rôle concentrateur ;

d) minéralisation visible formée principalement de malachite, accessoirement d'azurite, constituant des "nuages" irrégulièrement distribués dans des grès grossiers, accompagnés de "taches" d'oxydes de fer dans lesquelles peuvent se trouver des sulfures résiduels ;

e) présence de traînées et d'auréoles discontinues dues manifestement à des remobilisations par les circulations météoriques ;

f) localisation stratigraphique stricte dans des niveaux très poreux de grès "à dragées", situés sous un toit imperméable (lentilles argileuses, brèches dolomitiques, grès fins micacés) ;

g) localisation également stricte dans les voûtes des ondulations, ce qui est une constatation nouvelle qui serait importante pour la poursuite éventuelle de l'exploration ;

h) concentration autour des failles N-S (sur une distance atteignant 2 m au maximum), à leur traversée des niveaux minéralisés et à cette traversée seulement ;

i) éventuellement, présence de minces croûtes de malachite dans les failles elles-mêmes et, dans un seul cas, de quelques rubans centimétriques ;

j) hauteurs minéralisées très variables, situées dans l'intervalle 0,60 m - 6 m.

Les résultats d'analyse des échantillonnages ont confirmé les faibles chiffres cités de l'ancienne exploitation, les teneurs en cuivre variant entre 0,10 et 2,88 % Cu, avec des teneurs en argent comprises entre 6 g/t Ag et 112 g/t Ag. Confirmant les observations de l'étude géologique, les teneurs les plus élevées, celles > 2 % Cu, se trouvent sur les voûtes des deux petites rides, celles des flancs tenant seulement en moyenne 0,3 % Cu. A partir de ces chiffres et du volume calculé des dépilages, on peut estimer que les Anciens ont extrait 20 000 tonnes à une teneur moyenne de 0,57 % Cu. On retrouve bien les valeurs citées plus haut, qui se trouvent dans un rapport du Service des Mines de Metz datant de l'époque de l'exploitation.

Ces résultats médiocres, joints à la petitesse des lentilles minéralisées individuelles, confirment le fait que, en Moselle, le cuivre n'est que très accessoire par rapport au plomb. On n'a donc pas poursuivi sa reconnaissance et on n'a pas recherché d'autres lentilles minéralisées dans l'environnement du gîte, recherche qui avait été programmée au cas où les teneurs auraient été beaucoup plus élevées.

Indice de plomb du Haut-Bois

Cet indice, découvert par les prospections de la CRAM en 1957, se trouve sur le flanc nord de la colline du Haut-Bois, à 1 200 m environ au SW des chambres de dépilage du Castelberg. Il est situé dans les grès micacés du sommet des couches intermédiaires et il a été suivi sur 50 m, avec une épaisseur variant de 0,50 m à 1 m. Mais, une ligne de 3 forages a montré son peu d'extension et sa lenticularité, car un seul a traversé une minéralisation, épaisse de 0,20 m et tenant seulement 0,5 % Pb.

L'indice de cuivre d'Hellering n'a pas été retrouvé. Quant à l'indice de Hiéraple, situé dans une ancienne carrière de grès à meules, il s'agit d'imprégnations de cérusite sur des empreintes végétales du niveau de base des grès

à Voltzia. Par sa position, il est à rapprocher de l'indice de Honzrath, en Sarre.

Groupe de Hargarten-aux-Mines

Dalem (57) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Boulay

Les anciens travaux de Dalem (57), consistant en deux courtes galeries, se trouvent à 300 m à l'ouest de l'église du village, en bordure de la route. La minéralisation imprègne un banc de grès "à noyaux", épais de 1,20 m à 1,50 m et surmonté par une couche de grès fins micacés. Elle consiste essentiellement en fins cristaux ou enduits de malachite, associés à des oxydes de Mn (lampadite) et présentant parfois une disposition litée. Des traces microscopiques de chalcopyrite peuvent se trouver dans des plages d'hématite auréolant les noyaux argilo-dolomitiques.

Un échantillonnage par rainurage (8 rainures longues de 1 m à 1,70 m) a été effectué en 1977, à la suite de celui du Haut-Bois. Tous les échantillons ont présenté de faibles teneurs : 0,17 à 0,65 % Cu, soit une moyenne de 0,4 % Cu. Il s'agit donc simplement d'un indice, étant donné par ailleurs le faible volume minéralisé.

Falck (57) (Cu) - Carte à 1/50 000 de Boulay

Sur le flanc SE du Flagberg, à environ 600 m au NW de l'ancien moulin d'Ohligmuhl, se trouvent plusieurs tranchées et amorces de galeries creusées à différents niveaux des couches intermédiaires. Les plus basses intéressent un banc très poreux de grès "à dragées", imprégné par de petits "nuages" (quelques mètres) de malachite et azurite, associées à des "taches" de limonite.

Plus haut, la minéralisation (même type avec malachite dominante) imprègne une couche de grès "à noyaux" et faiblement un niveau de grès micacés.

Au total, il ne s'agit que d'un petit indice sans valeur économique.

Hargarten-aux-Mines (57) (Pb) - Carte à 1/50 000 de Boulay

Les indices de plomb de Hargarten-aux-Mines (57) ont été découverts par les prospections de la CRAM. Le premier se trouve à 350 m au NW de l'église, en bordure du chemin conduisant au sommet du Bingelburch. Il s'agit de cérusite imprégnant un lit de grès fin micacé situé au sommet des couches intermédiaires.

A 500 m au NE, sur les pentes du Hargarten Ecken, un banc de grès poreux "à dragées" est imprégné faiblement et sporadiquement par de la cérusite ; il se trouve à la base des couches intermédiaires.

Ces deux indices n'ont aucune extension et sont sans valeur économique.

La Grande Saule (57) (Pb) - Carte à 1/50 000 de Boulay

Immédiatement à l'est de Falck, La Grande Saule est une butte-témoin des couches intermédiaires, coiffant le grès des Vosges qui affleure sur tout le pourtour. Elle est truffée d'anciens travaux miniers, en partie effondrés, ouverts pour l'exploitation du plomb.

A la base, immédiatement au-dessus du conglomérat principal et de la "zone-limite violette", qui sont ici d'épaisseur très réduite (10 à 30 cm), un premier banc de grès poreux "à dragées" renferme des mouches éparses de malachite et azurite, avec des "taches" d'oxydes de fer et de manganèse, concentrées dans des "nuages" d'extension très réduite. La teneur doit être certainement faible et ce premier banc n'a pas été exploité.

Plus haut, au-dessus d'une zone violette intercalaire, d'autres bancs de grès "à dragées" renferment des imprégnations plus étendues de cérusite, qui peuvent contenir des "squelettes" résiduels de galène. Deux échantillons prélevés par la CRAM, sur des hauteurs de 2,50 m et 2 m, ont donné 2,67 % Pb et 2 % Pb. Selon le géologue allemand BECK, la minéralisation serait accumulée sous les voûtes de selles argileuses, caractère structural déjà observé dans la mine de cuivre du Haut-Bois.

La butte-témoin couvre une superficie de 25 ha, dont le tiers aurait été exploité, des travaux de recherches existant sur tout le pourtour. Dans ces conditions, étant donné par ailleurs les faibles teneurs (< 3 %), la minéralisation restante ne peut former un gisement exploitable et il était déraisonnable d'en entreprendre la reconnaissance.

La Petite Saule (57) (Pb) - Carte à 1/50 000 de Boulay

Le promontoire de La Petite Saule se trouve à 1 800 m environ au sud de la butte de La Grande Saule et à 750 m au sud de la gare de Hargarten-Falck. Il est constitué par des grès des couches intermédiaires, en contact anormal, au sud, avec le grès coquillier (base du Muschelkalk), le long de la grande faille transverse

Teterchen-Creutzwald. Les anciens travaux (puits et galeries) se trouvent dans la partie nord, sur une superficie de 7 ha environ.

Les ouvrages principaux ont été réouverts par la CRAM, en 1957, qui y effectua un levé géologique et un échantillonnage, ainsi que, ultérieurement, deux sondages carottés pour reconnaître le compartiment abaissé de la grande faille transverse. La minéralisation était formée par de la cérusite imprégnant des grès "à noyaux" et par des nodules et des "cylindres" de galène dans des lits de grès micacés.

Les analyses effectuées (au nombre de 42) ont donné des teneurs variant entre 0,5 et 5 % Pb, avec une moyenne de 1,41 % Pb (sur 39 échantillons). On peut estimer que, dans l'emprise des vieux travaux, les lentilles minéralisées représentent un tonnage de 15 000 t à 1,41 % Pb, avec une zone enrichie de 1 000 t titrant environ 2,7 % Pb.

Les deux forages, arrêtés dans le grès des Vosges, n'ont découvert aucun indice de minéralisation dans les couches intermédiaires. Au total, l'indice de La Petite Saule n'est pas plus intéressant que celui de La grande Saule.

Saint-Nicolas (57) (Pb) - Carte à 1/50 000 de Boulay

L'ancienne mine Saint-Nicolas se trouve à 500 m au sud du village de Hargarten-aux-Mines, sur le flanc nord du promontoire du Schutzberg et au nord de la faille transverse Teterchen-Creutzwald. Elle a été réouverte et échantillonnée par la CRAM.

La minéralisation comprend de la galène et de la cérusite. La première forme des nodules centimétriques, dans lesquels elle est altérée superficiellement en produits noirâtres, qui sont groupés, dans des couches de grès micacés, au-dessous d'un mince lit d'argile grise et de lentilles dolomitiques. La seconde forme des dépôts enrobant les grains de quartz de bancs de grès à noyaux dolomitiques ; elle est d'origine secondaire et elle renferme de très fins résidus de galène, ainsi que, rarement, de la pyrite et de la marcasite.

21 échantillons ont été effectués par rainurage et, à partir de leurs résultats d'analyse, on peut estimer le tonnage du niveau principal (niveau 294) à 1 500 t environ de minerai tenant 1,71 % Pb.

Compte tenu de la pauvreté de ce minerai et de la faiblesse des tonnages, aucun sondage n'a été effectué pour reconnaître le compartiment sud abaissé de la grande faille transverse.

Bois de Béring (57) (Pb) - Carte à 1/50 000 de Boulay

Les anciens travaux du Bois de Béring, qui n'avaient pas été repérés par la CRAM, se trouvent sur la pente est du Katzenrech, à 1 500 m environ au SE de Hargarten-les-Mines. Ils se situent immédiatement au sud de la grande faille Teterchen-Creutzwald, près de son intersection avec un accident N-S.

Les travaux effectués par le BRGM, en 1977, ont été les suivants :

- levé topographique détaillé des travaux miniers accessibles ;
- levé géologique détaillé de ces travaux ;
- échantillonnage par rainurage.

La minéralisation, complexe, comprend les éléments suivants :

- nodules (1 à 5 cm de diamètre) et "cylindres verticaux" (5 à 10 cm) de galène ; ils sont concentrés au mur des niveaux argileux, dolomitiques ou micacés, et leur teinte est noirâtre ; ces concentrations forment des "grappes" plus ou moins espacées, situées juste en dessous du lit imperméable, sur une épaisseur de 10 à 40 cm ; leur constitution est formée par des petits grains de quartz, dans les interstices desquels se trouvent des cristaux de galène altérée superficiellement en cérusite noirâtre ; de la marcasite résiduelle peut se trouver associée à cette galène, souvent remplacée par des hydroxydes de fer ;

- "amandes" de galène et cérusite noirâtre (longues de 1 à 2 cm et épaisses de quelques mm), développées sous les horizons argileux ou micacés des niveaux dolomitiques ;

- grains noirâtres formés de cérusite, galène résiduelle et matière organique, ayant 1 à 3 mm de diamètre et irrégulièrement disséminés ;

- cérusite imprégnant irrégulièrement les grès à noyaux dolomitiques, concentrée dans des "nuages" de toutes tailles ; elle colmate les vides entre les grains de quartz et peut former des auréoles autour des nodules argilo-limonitiques ; ses concentrations constituent des lentilles récurrentes peu puissantes (10 à 40 cm).

D'une façon générale, la minéralisation précédente est préférentiellement localisée dans les voûtes et sur les flancs des ondulations

observables. D'autre part, on remarque un léger enrichissement à la traversée des nombreuses fractures N-S ou NW-SE et de la cérusite peut remplir certaines fissures.

60 échantillons provenant de 42 rainures (métrage total : 69,90 m) ont été analysés. A partir de leurs résultats et du calcul des volumes, on peut estimer qu'il existe, dans l'emprise des travaux miniers, une masse de 17 000 tonnes minéralisée irrégulièrement et titrant, en moyenne, 1,31 % Pb seulement. Les petites lentilles chargées de nodules de galène présentent toujours des teneurs dépassant 2 % Pb (jusqu'à 5,40 %), mais les passées imprégnées de cérusite, qui constituent le plus gros volume, ont, elles, des teneurs de l'ordre de 1 % seulement (souvent moins).

Ces résultats sont en accord avec ceux des travaux effectués par la CRAM dans le groupe de Saint-Avold, à savoir que, s'il peut exister des petits tonnages à 3-4 % Pb (cas du Bleiberg, par exemple), les gros volumes (ordre du million de tonnes) ont des teneurs ne dépassant guère 1 %, du moins dans le cas des minéralisations affleurantes où la cérusite est largement prédominante.

Bois des Trembles (57) (Pb) - Carte à 1/50 000 de Boulay

Les anciens travaux du Bois des Trembles, commune de Falck (57), se situent sur le flanc est de la colline du bois, à 1 km environ au sud des mines du Hellenmühle. Répartis sur une distance de 250 à 300 m, ils sont actuellement effondrés, mais l'importance des haldes laisse supposer un volume similaire à ceux du Bois de Béring ou de La Petite Saule.

Au front des entrées éboulées, on peut remarquer des imprégnations de cérusite dans des grès micacés et les haldes montrent, outre ces grès, des grès à noyaux dolomitiques. Les niveaux minéralisés sont probablement les mêmes que ceux du Bois de Béring.

La CRAM y a effectué un échantillonnage par rainurage, mais nous n'en connaissons pas les résultats.

Saint-Jacques (57) (Pb) - Carte à 1/50 000 de Boulay

Les anciens travaux de Saint-Jacques, commune de Guerting (57), sont situés à 400 m environ au sud de la ferme Esch et à 800 m au SW de ceux du Bois des Trembles, sur la rive droite du Vergerbach et au lieu-dit "Betschingin". La

CRAM y a effectué une série de travaux, en 1957, comprenant un échantillonnage par rainurage et 2 sondages carottés.

Comme dans la mine du Bois de Béring, on observe une alternance de grès "à noyaux", niveaux dolomitiques, grès fins poreux et lits argileux. La minéralisation sulfurée (galène) se trouve dans les grès fins et la minéralisation oxydée (cérusite) dans les grès "à noyaux", l'une et l'autre étant concentrées sous des toits imperméables.

Les résultats d'analyse de l'échantillonnage (49 rainures de 1 m à 1,80 m) ont donné des teneurs en plomb comprises entre 0,5 et 3,5 % Pb, avec une moyenne de 1,10 % Pb, intéressant une masse minéralisée de l'ordre de 8 000 à 10 000 t englobant une zone enrichie de 1 000 t environ à 2,5 % Pb.

Dans le premier sondage, on a observé 6 passées minéralisées dans l'horizon des grès "à noyaux" (épais de 15 m), puissantes de 1 m à 2 m et titrant entre 0,10 et 0,68 % Pb. Dans le second sondage, on a noté quelques "nodules" de cérusite et une passée de 6,30 m, très faiblement minéralisée, tenait seulement 0,10 % Pb.

Ainsi, à 50 m de l'emprise des anciens travaux, on passe d'une épaisseur minéralisée de 10 m à une teneur moyenne de 1,1 % Pb à une épaisseur de 8 m titrant 0,30 %, puis, à 100 m plus loin, à une puissance de 6 m à 0,10 %. Etant donné cette irrégularité et les faibles teneurs, la reconnaissance n'a pas été poursuivie.

Hellenmühle (57) (Pb) - Carte à 1/50 000 de Boulay

Une ancienne galerie, signalée par la CRAM, se trouve à 500 m au NE des ruines d'Hellenmühle, dans la commune de Falck, légèrement au nord de la grande faille Teterchen-Creutzwald. Elle est orientée N-S et elle a une longueur de 50 m.

Dans les grès poreux des couches intermédiaires, présentant un pendage anormal de 15°NNW, pendage probablement dû au voisinage de l'accident transverse, on observe des petites "taches" irrégulièrement réparties, constituées par de la cérusite cimentant des grains de quartz et auréolée d'un liseré d'hématite. Trois rainures y ont été effectuées par la CRAM, dont on ignore les résultats d'analyse, mais, à l'oeil nu et par comparaison, on peut être assuré que la teneur moyenne ne dépasse pas 0,50 % Pb. Il s'agit donc d'un très faible indice.

Groupe de la Sarre (Secteur de Wallerfangen)

Honzrath (Cu)

L'indice de Honzrath se trouve dans une ancienne carrière située à 1 km environ à l'ouest du village. Il consiste en enduits millimétriques de malachite et d'azurite sur des empreintes végétales carbonisées marquant le niveau à plantes de la base des grès à Voltzia. Ce niveau présente également une augmentation relative de la radioactivité.

Limberg (Cu)

Les travaux de Limberg comprennent deux galeries sur le flanc sud du plateau, à environ 1 500 m au NW de Nieder-Limberg, dans lesquelles on peut observer des "nuages" de mouches d'azurite, dans un banc de grès à noyaux dolomitiques.

Sur tout le pourtour du plateau, existent des traces de "pingen" (puits ronds au jour) datant du XVIème siècle, qui ont été creusés jusqu'au niveau à azurite.

Santa Barbara (Cu)

La galerie de Santa Barbara, réputée gallo-romaine, se trouve à l'entrée du village, au sud de la route de Gisingen. Sa minéralisation (malachite et azurite) se trouve dans un banc de grès "à dragées" reposant directement sur le grès des Vosges et surmonté par une zone violette supérieure. A l'endroit de la galerie, les couches forment la voûte d'une ondulation et la minéralisation est localisée sous cette voûte.

Galeries Aemilianus (Cu)

Ces deux galeries, très voisines de Santa Barbara, sont célèbres par l'inscription latine figurant au front de l'entrée supérieure. Dans cette galerie supérieure, seule accessible actuellement, se trouvent seulement quelques enduits de malachite épars dans des grès micacés, où l'on observe des empreintes végétales carbonisées.

Blauwald (Cu)

A environ 500 m au SE de Gisingen, un "pingen" du XVIème siècle, profond de 28 m, a été récemment réouvert. Ses minéralisations à azurite dominante et parfois bien cristallisée, sont encaissées dans des couches de grès à noyaux dolomitiques et sont essentiellement fissurales.

Le plateau montre environ 150 effondrements, qui sont des vestiges de "pingen" et témoignent d'une importante extraction de l'"azur", à partir de puits rapprochés au jour.

Blaufels (Cu)

Les travaux de Blaufels, qui auraient été actifs du XVIIème au XIXème siècle, se trouvent à environ 500 m au sud du village de Santa Barbara. Ils sont très étendus et seule une partie en est accessible. Dans cette partie, on peut observer, dans de petites chambres de dépilage, des "nuages" minéralisés en malachite et azurite, soit en paillettes fibro-radiées sur les noyaux dolomitiques, soit en enduits enrobant des grains de quartz. Des placages de ces carbonates sont également observés sur de petites cassures NW-SE.

Humburg (Cu)

Plusieurs galeries très anciennes, peut-être antérieures à l'époque gallo-romaine, sont ouvertes sur le flanc nord du plateau de Humburg. On y remarque seulement, actuellement, quelques plages de malachite enrobant les nodules argilo-limonitique des grès "à noyaux"*.

Ainsi, en Sarre, contrairement à la Moselle, le cuivre est très prédominant et, dans le secteur de Wallerfangen, le plomb est quasi-inexistant, tous les travaux anciens ayant été ouverts sur des minéralisations en azurite et malachite (avec probablement chalcopyrite résiduelle). Les minéralisations plombifères existent seulement à l'état de traces, dans les mêmes bancs des couches intermédiaires.

---

* Les anciens travaux du secteur de Wallerfangen ont été visités par le BRGM au mois de mai 1977, sous la conduite du professeur E.M. MULLER (Géologisches Landesamt des Saarlandes), de M. KLINKHAMMER (Université de Sarrebruck) et de M. CAASPART ("archéologue minier" habitant Wallerfangen).

Après l'exécution des travaux décrits (tant ceux de la CRAM que du BRGM), on pouvait considérer que l'étude gîtologique de l'ensemble des minéralisations de la "boutonnière" de Saint-Avold était terminée et que l'on devait passer à la phase de reconnaissance de nouvelles minéralisations. Initialement, on avait prévu de compléter l'inventaire précédent par des campagnes de "sondages waggon-drill" au voisinage des anciens travaux étudiés, afin de reconnaître leurs prolongements éventuels. Mais, devant les médiocres résultats obtenus, étant donné par ailleurs les limitations de profondeur des sondages précédents, on ne pouvait guère explorer au maximum qu'un million de tonnes, c'est-à-dire démontrer, pour le plomb, la possibilité d'un autre gisement de l'ordre du Castelberg ; en outre, pour le cuivre, après l'étude détaillée de la mine du Haut-Bois, il était déraisonnable de poursuivre l'exploration de ce métal.

On a donc fort justement, en 1977, décidé de remplacer la campagne prévue de "forages waggon-drill" par un premier sondage carotté d'exploration des minéralisations cachées. En l'absence de toutes autres indications, il était quasi-obligatoire de "partir du connu", c'est-à-dire d'effectuer un nouveau sondage de Laudrefang à l'emplacement de l'ancien de 1906. Cet emplacement se trouvait d'autre part sur le seuil de Saint-Avold, autrement dit dans une situation structuralement la plus favorable.

Sondages de Laudrefang (57) (Pb) - Carte à 1/50 000 de Saint-Avold

Le premier sondage, exécuté presque à l'emplacement de l'ancien, se trouve à 2 km environ au sud des travaux du Castelberg et au nord du village de Laudrefang. Débutant dans le calcaire à entroques du Muschelkalk supérieur, il a été arrêté à la profondeur de 175,15 m, dans la partie supérieure du grès vosgien.

Confirmant les indications sommaires de la coupe du sondage de 1906, il a rencontré une minéralisation en galène (à l'exclusion de cérusite) dans le niveau porteur habituel régional, c'est-à-dire les couches intermédiaires du Buntsandstein supérieur. Dans le détail, cette galène, qui forme un ciment plus ou moins compact, se trouve dans 3 niveaux séparés contenus dans une tranche de 7 m (entre -136 m et -143 m), l'épaisseur minéralisée totale étant de 3,30 m.

Le niveau supérieur, épais de 0,25 m (-136 m à -136,25 m), se trouve au toit d'une couche de grès "à dragées", immédiatement au-dessous d'une lentille d'argile dolomitique ; il titre 3,46 % Pb. Le niveau moyen, puissant de 0,70 m (-139,20 m à -139,90 m), se trouve au sommet d'un banc grossier de grès arkosiques ; sa teneur est de 2,75 % Pb. Quant au niveau inférieur, le plus épais :

2,35 m (-140,65 m à -143 m), il se trouve à la base de ce même banc, immédiatement au-dessus de la "zone-limite violette", donc dans le même horizon que la minéralisation affleurante la plus voisine, celle du Castelberg ; sa partie supérieure (1,35 m entre -140,65 m et -142 m) est relativement plus "riche" : 4,30 %, sa partie inférieure (1 m entre -142 m et -143 m) relativement plus pauvre : 1,76 % Pb. En négligeant la mince passée supérieure isolée, on obtient une teneur moyenne de 2,5 % Pb sur une hauteur de 3,80 m, dont une passée inférieure de 3,35 m titrant 3,2 % Pb.

Ce premier sondage avait donc confirmé la présence d'une minéralisation sulfurée à Laudrefang et, d'autre part, pour le type de gîte donné, ses chiffres de teneurs et de puissances étaient relativement satisfaisants. Aussi a-t-on poursuivi en 1978 la reconnaissance du secteur, en recherchant les extensions de l'indice ponctuel au moyen de forages.

Faute de guides locaux, on a admis l'hypothèse que les directions structurales devaient être les mêmes qu'au Bleiberg et au Haut-Bois et, en conséquence, on a bâti un programme de 4 sondages situés sur 2 lignes perpendiculaires NE-SW et NW-SE, dont le point d'intersection était le premier sondage L_1 ; sur chacune de ces lignes, les nouveaux sondages se trouvaient à 200 m de part et d'autre de ce dernier, ce qui permettait d'explorer, dans une première phase, un volume utile de l'ordre de 600 000 tonnes.

Le sondage L_2 (190 m), à 200 m au NW de L_1, a débuté dans les couches grises et les argiles bariolées du Muschelkalk moyen et il a été arrêté dans la partie sommitale du grès des Vosges. Sa coupe géologique montre un épaississement considérable des couches intermédiaires par rapport à celles de L_1 (58,60 m contre 36,10 m), ainsi que du conglomérat principal (9,25 m contre 2,30 m) : ceci ne peut guère s'interpréter que par la présence d'un paléo-relief local actif durant le dépôt du Buntsandstein et constituant généralement un site paléo-géographique favorable.

Toutefois, dans ce dépôt épais, on n'a rencontré qu'un seul niveau minéralisé, puissant de 1,65 m (entre -162,25 m et -163,90 m) et situé dans la couche supérieure de grès "à dragées", à 10 mètres au-dessus de la "zone-limite violette" ; quant à la couche inférieure, qui renfermait la minéralisation principale du sondage L_1, elle est ici stérile. La teneur du seul niveau minéralisé est faible, atteignant juste 2 % Pb, et on doit considérer le sondage comme négatif.

Le sondage L_3 (145,65 m), à 200 m au NE de L_1, a débuté dans le calcaire à entroques du Muschelkalk moyen et a été arrêté (pour des raisons techniques) au sommet de la "zone-limite violette". Il présente encore, par rapport à L_1, un certain épaississement des couches intermédiaires (47,25 m contre 36,10 m) et on peut le considérer comme stérile. En effet, il renferme seulement quelques traces de galène, associée à de la pyrite très disséminée, dans un niveau de grès grossier "à dragées".

Le sondage L_4 (170 m), à 200 m au SE de L_1, également commencé dans le Muschelkalk moyen, a été arrêté dans le conglomérat principal. Il montre également des épaississements par rapport à L_1, intéressant tout le Buntsandstein supérieur et le grès coquillier, tout en présentant des altitudes plus élevées (+25 m pour le sommet du Trias), ce qui laisse supposer le passage d'une faille entre les deux forages.

Quoiqu'il en soit, sa minéralisation en galène est très faible, localisée dans deux niveaux distincts situés à la base des couches intermédiaires : un niveau supérieur très mince (0,20 m), où le minéral est associé à de la matière organique dans une couche de grès fins, sa teneur étant de 3,85 % Pb ; un niveau inférieur (0,70 m) situé dans les grès "à dragées" de la base, tenant seulement 0,61 % Pb. On doit donc encore considérer que ce sondage est négatif.

Le sondage L_5 (186,65 m), à 200 m au SW de L_1, commencé dans le calcaire à entroques, a été arrêté dans le sommet du grès des Vosges. Il est quasi-stérile, car il a seulement rencontré, dans la partie sommitale des couches intermédiaires (entre -137,50 m et -137,75 m), un petit niveau gréseux de 0,25 m renfermant des agrégats de galène très disséminés (Pb : 0,53 %).

Ainsi, c'est l'ancien sondage houiller (ou L_1) qui, "par hasard", reste de beaucoup le meilleur indice de plomb rencontré et la campagne de forages 1978 n'a pas confirmé l'espoir entrevu en 1977 d'une minéralisation plus importante que celle des anciens travaux. Certes, on aurait sans doute pu obtenir de meilleurs résultats si les derniers sondages avaient été implantés plus près du premier, mais, dans ce cas, ou aurait seulement démontré qu'il existait un petit tonnage à teneur de 3-4 % Pb, tel qu'il s'en trouve au Castelberg ou au Bleiberg.

En bref, on a retrouvé à Laudrefang tous les caractères défavorables des minéralisations superficielles, à savoir une grande variabilité dans les puissances, les positions et les teneurs des lentilles plombifères, celles-ci ne dépassant guère 3 % Pb. Dans ces conditions, on a abandonné la reconnaissance de

l'indice et, d'une façon plus générale, l'exploration des gîtes cachés éventuels liés au métallotecte de la ride anticlinale sarro-lorraine. On ne peut certes pas exclure a priori l'hypothèse que de tels gîtes (au sens économique) puissent exister quelque part, mais, dans l'état des connaissances, on ne disposait d'aucun guide de recherche permettant de les localiser sous une couverture de plus en plus épaisse au fur et à mesure que l'on s'éloigne du bombement de Saint-Avold.

Prospection géochimique de la faille des Quatre-Vents. Pour la reconnaissance de minéralisations cachées en dehors du secteur de Laudrefang, on pouvait penser que des indications pourraient être fournies sur leur présence grâce à des anomalies de fuite le long des failles existantes connues. Commençant par l'accident apparemment le mieux situé : la faille des Quatre-Vents ou de Bambiderstroff, qui passe entre Laudrefang et Le Castelberg, on a effectué, en 1977, une prospection géochimique tactique sols Pb (573 échantillons) axée sur le trajet de cette faille et comportant 53 profils de 200 m équidistants de 100 m (longueur totale de 5 200 m).

Les résultats d'analyse ayant mis en évidence une petite anomalie dans le secteur de Bambiderstroff Est, on y a effectué une prospection complémentaire (61 prélèvements) à la maille 50 m x 10 m. En fin de compte, il existait dans ce secteur une anomalie Pb longue de 200 m, qui pouvait effectivement représenter une anomalie de fuite. Mais, étant donné les résultats défavorables de Laudrefang, on a abandonné le projet d'entreprendre son exploration en profondeur.

Au point de vue métallogenèse, les gisements mosellans ont été étudiés récemment, dans la thèse de M. BONNETON (1980). Cet auteur rejette l'hypothèse hydrothermale simple, ce qui paraît tout à fait justifié, et il relie la genèse des concentrations minérales à deux événements : la transgression marine du Muschelkalk et la présence d'un paléo-relief "actif". Ce serait la conjonction de ces deux phénomènes, associée à l'existence d'une source de plomb et de cuivre, qui expliquerait la création et la localisation des minéralisations.

La transgression marine, et elle est la seule, a succédé à un long épisode continental qui a permis la libération et la solubilisation des métaux dans l'arrière-pays. Elle fournit de grandes quantités de soufre sous forme de sulfates et elle favorise le développement de l'activité organique, qui est à l'origine de la création de milieux réducteurs. Mais, à l'époque, le Nord-Est de la France était une vaste plaine d'épandage (cf. J. PERRIAUX, 1961), où la précipitation des métaux devait être très diffuse et non localisée, à la limite fluctuante entre les domaines marin et continental. Aucune accumulation n'aurait pu se former sans l'intervention

du paléo-relief.

Celui-ci, l'"anticlinal - horst sarro-lorrain", crée des ravinements et des chenaux fluviatiles à remplissage grossier sur ses flancs. Ce remplissage grossier crée, à son tour, de véritables drains qui vont canaliser efficacement les solutions percolantes. Puis, lors de la transgression, la dénivellation entre l'amont (domaine continental) et l'aval (domaine marin) entraîne une stricte localisation de ces deux domaines. La pérennité du paléo-relief, due au jeu synsédimentaire des failles bordières, assure la pérennité des phénomènes et permet la réalisation de concentrations plus ou moins importantes.

La séparation manifeste du plomb et du cuivre peut avoir deux causes :

- soit elle est "primaire", le cuivre précipitant en amont du plomb par simple réduction préférentielle ;
- soit elle est "secondaire", le cuivre étant remobilisé lors de l'activité superficielle éventuelle en milieu riche en CO_2 et relativement basique, alors que le plomb est oxydé sur place.

En somme, le modèle proposé comporte les points suivant :

- métaux provenant de l'altération de l'arrière-pays ;
- contrôle par les chenaux drainant les apports continentaux ;
- précipitation à l'arrivée des apports continentaux dans une nappe constituant un piège géochimique ;
- origine marine du soufre (directe ou indirecte) ;
- existence de phénomènes pédogénétiques, séquence après séquence ;
- contrôle séquentiel strict ;
- pérennité du système due à des pulsations tectoniques ;
- caractère précoce de la minéralisation, au plus tard à l'époque des grès à Voltzia.

On en déduit les guides de recherches suivants :

- une série continentale détritique précédant immédiatement une transgression marine ;
- un paléo-relief "actif" ;
- des chenaux fluviatiles à remplissage grossier, sur les bordures du paléo- relief ;

- des grès grossiers poreux à la base de séquences lithologiques positives, elles mêmes à la base de méso-séquences positives ;
- l'existence de préconcentrations du plomb et du cuivre, non localisables ici.

Les minéralisations peuvent être nombreuses, aussi nombreuses qu'il y a de paléo-chenaux sur les flancs du paléo-relief. Elles peuvent être situées à plusieurs niveaux des couches intermédiaires, à la faveur de pulsations tectoniques (base des méso-séquences positives). Elles sont lenticulaires, la taille des lentilles étant directement liée à celle des chenaux ; au Bleiberg (Pb) et au Haut-Bois (Cu), les chenaux, donc les lentilles, sont de petite taille. Elles comprennent plusieurs niveaux minéralisés superposés, par suite de l'empilement des séquences lithologiques.

La découverte de concentrations non affleurantes est donc possible, mais, pour les rechercher, il faudrait connaître les structures favorables précédentes, ce qui paraît bien difficile dans le cas de minéralisations cachées.

7 - COLLINES SOUS-VOSGIENNES

Les champs de fractures des collines sous-vosgiennes, contrairement à la bordure occidentale, renferment de nombreuses minéralisations Pb-Zn-Ba-F-Cu, les unes stratiformes ou pénéconcordantes, les autres filoniennes. Elles peuvent se trouver dans le remplissage de la faille vosgienne elle-même, ou bien dans le Trias (Buntsandstein et Muschelkalk), voire dans le Tertiaire (découverte SNEA (P) de la région de Steinbach). Nous les décrirons du nord au sud :

7.1 - MINERALISATIONS BA, PB, AG DU CHAMP DE FRACTURES DE SAVERNE (67)

Westhoffen (67) (Pb, Ba) - Carte à 1/50 000 de Saverne

Au cours de la première campagne alluvionnaire, en 1969, une concentration d'indices de galène avait été découverte dans le réseau du Westerbach, immédiatement à l'est de Westhoffen (67). L'intérêt de cet indice était renforcé par la présence d'un lieu-dit "Silbergruebel" (petite mine d'argent), mais aucun travail minier n'y était signalé dans la littérature géologique et la tradition en était complètement perdue. Toutefois, grâce à l'assistance d'un stagiaire alsacien (Walgenwitz), en 1970, une référence bibliographique fut découverte : un article de V. NESSMAN paru en 1917, auquel on peut adjoindre quelques documents

administratifs datant de 1492 à 1544, conservés aux archives départementales du Bas-Rhin.

On apprit ainsi que deux mines, dont l'exploitation commença en 1492, avaient été découvertes sous le règne de Philippe II, comte de Hanau-Lichtenberg, au lieu-dit Hinschberg ou Hinsch, près de l'actuel Silbergruebel, et sur la hauteur du Geierstein (La Roche aux Autours). Une société s'était constituée, composée de particuliers habitant tous Saint-Avold (57), et, dans l'année qui suivit, on construisit "toute une série de fonderies" au Hinschberg, car le minerai était riche en argent. La société, agrandie, prit le nom de "Fabriques unies des gisements de Westhoffen" et elle s'engagea à livrer au comte la dîme de tous les métaux : "brun, noir et argenté" (?).

Mais, vers le milieu du XVIème siècle, une récession se produisit, due principalement au manque continuel de bois. A cette époque, il existait deux anciens puits au Hinschberg et un 3ème était creusé en profondeur ; d'après une lettre de 1566, le 2ème puits produisait du "joli minerai brun"* (?).

On ne trouve plus ensuite de documents sur ces travaux pendant deux siècles, probablement par suite d'un arrêt de l'exploitation, jusqu'aux années 1747 et 1748. Au cours de ces années, de nouveaux percements retrouvèrent les anciens travaux, tant au Geierstein qu'au Hinsch, mais les recherches faites ne rencontrèrent que des calcaires stériles.

On peut penser que, malgré la durée relativement longue des travaux (une cinquantaine d'années), après le début de l'exploitation en 1492, la production totale restée totalement ignorée a été faible et on peut aussi penser que, d'après les descriptions et le fait qu'il y ait eu plusieurs fonderies, cette production a intéressé le fer, outre l'argent.

En 1970, les travaux du Hinsch, probablement cachés par une décharge publique, étaient complètement invisibles. Par contre, ceux du Geierstein étaient encore apparents ; situés à proximité immédiate du refuge du Club Vosgien, ils montraient deux galeries obstruées voisines à flanc de coteau, dirigées N20GW, ainsi qu'une tranchée de 10 m, au NE du refuge, orientée N10GE, sans compter les

---

* Il pourrait s'agir de minerai de fer.

ouvrages plus profonds non décelables en surface. Dans leurs déblais, se trouvaient des échantillons de barytine avec rares mouches de galène, échantillons massifs d'apparence fissurale.

Au voisinage des travaux du Geierstein, tous les affleurements calcaires sont stériles ; par contre, immédiatement au nord de ceux de Silbergruebel, sur le flanc ouest de la petite éminence du Hinsch, se trouvent quelques petits indices de galène et cérusite, dans des marnes grises de la "Lettenkohle moyenne" ; des enduits de cérusite se rencontrent par ailleurs non en place, sur des passées silicifiées (jaspéroïdes du Muschelkalk supérieur). Ces indices sont insignifiants et on peut penser que, dans leurs deux centres de travaux, les Anciens avaient exploré et exploité des petits gîtes de cassures.

La prospection régionale, effectuée avec emploi systématique du réactif plomb "Jérome" (solution faiblement acide de IK donnant, par réaction avec Pb O, de l'iodure de plomb jaune d'or), a été très décevante. Si l'on a découvert fréquemment de la barytine, parfois abondante, par exemple à l'extrémité sud du Bois de Wangen, dans les cultures au NE de Marlenheim ou au Kronthal, on a trouvé un seul indice de galène, insignifiant, dans le Muschelkalk supérieur de la grande carrière de Wasselonne (région où se rencontrent plusieurs indices alluvionnaires de galène ou galène et blende). Le sulfure y présente des cubes millimétriques, accompagnés d'enduits de cérusite, et il peut être associé à de la barytine et de la calcite.

Au total, dans l'état actuel des connaissances, les indices de plomb de la région sensu lato de Westhoffen sont très faibles et les travaux des Anciens n'ont certainement intéressé que de petits gîtes de cassures, qui seraient aujourd'hui inexploitables. Il ne semble pas, par ailleurs, exister de minéralisation stratiforme associée et, à ce point de vue, l'absence de dolomitisation en masse peut être un facteur défavorable.

Aussi, est-ce sans regret que ce secteur de recherche a été abandonné au profit de la SNPA (aujourd'hui SNEA (P)), laquelle, à partir de la région de Steinbach-Watwiller, se proposait d'explorer systématiquement toutes les collines sous-vosgiennes. Autant qu'on le sache, après une prospection stream-sédiments négative, celle-ci, à son tour, a abandonné rapidement le secteur.

On peut insister sur la fréquence et l'abondance des indices alluvionnaires de barytine (teneurs > 1 kg/m^3), notamment dans les secteurs de Wangenbourg, Rosenwiller et Klingenthal. Mais, les minéralisations en place sont

très décevantes : il s'agit de minces filonets dans les grès vosgiens, sans aucune indication de minéralisation stratiforme.

Le minéral est également très abondant dans le Muschelkalk supérieur des collines de Rosheim, sous la forme de veinules ramifiées. Le calcaire encaissant est largement silicifié et il est également parcouru par des filonets de quartz hyalin.

Enfin, de la barytine se trouve dans la brèche siliceuse de la faille vosgienne, près des ruines du château de Truttenhausen, commune de Saint-Nabor (67). Elle y serait associée à de la fluorine, ce pourquoi on a effectué une prospection hydrogéochimique de la région de Saint-Nabor, en 1971. Cette prospection n'a mis en évidence aucune anomalie et comme, par ailleurs, il n'y existe pas d'indice alluvionnaire, cette minéralisation F-Ba, non retrouvée par la prospection au marteau, doit être insignifiante.

En définitive, les minéralisations connues du champ de fractures de Saverne ne présentent plus d'intérêt économique.

7.2 - MINERALISATIONS F, BA ET SULFURES DU CHAMP DE FRACTURES DE RIBEAUVILLE

342

Dans ce champ de fractures long de 15 km, entre Saint-Hippolyte, au nord, et les environs d'Ingersheim, au sud, de nombreux indices de fluorine étaient signalés, encaissés soit dans le Muschelkalk (Bergheim, Reichenberg), soit dans le socle (gneiss du Schlusselstein, ...) soit dans la faille vosgienne (Orschwiller) ; ils étaient généralement accompagnés par de la barytine.

Aussi, la région de Bergheim (68) sensu lato (carte à 1/50 000 de Colmar) a-t-elle fait l'objet d'une prospection hydrogéochimique du fluor (81 analyses), en 1971, époque de grande expansion du marché de $Ca F_2$. Cette prospection a mis en évidence une anomalie significative de l'ion F^-, plus élevée dans le Trias (1 300 mg/t) que dans le socle (400 mg/t). Mais, en raison de la demande du PER de Bergheim par la SECME, ces travaux de prospection durent être abandonnés.

L'anomalie du socle était étendue sur une vaste surface de la rive gauche (nord) du Strengbach, en amont de Ribeauvillé ; elle intéressait diverses roches (granite des Verreries, granite du Brézouard, gneiss rubanés), dans lesquelles on ne connaissait pas d'indices de fluorine. En conséquence, après l'expiration du

permis F de Bergheim, cette anomalie a-t-elle fait l'objet, en 1978, d'une seconde prospection hydrogéochimique (80 échantillons), à maille plus étroite (150 m environ).

Les résultats d'analyse ont confirmé l'anomalie, avec des teneurs atteignant 700 mg/t, et ils ont permis d'effectuer une prospection au marteau sur une aire restreinte. Celle-ci a été décevante car elle a montré que, comme dans le cas précédemment décrit du col de Longeroye (88) (près de Remiremont), l'anomalie était due à la présence de minuscules remplissages de fluorine dans les diaclases du granite du Brézouard, parfois accompagnés de filets de barytine.

Ces indices du socle ne peuvent donc avoir aucun intérêt économique. Les indices de la faille vosgienne et ceux du Muschelkalk sont certainement plus importants, mais ils se trouvent dans le vignoble alsacien et, de ce fait, leur reconnaissance se heurterait à de sérieuses difficultés d'environnement. Comme, par ailleurs, à première vue, aucun de ceux connus n'apparaît très important, ils n'ont fait l'objet d'aucun travail de la part du BRGM. Les principaux sont les suivants :

- **Château de Reichenberg.** Près du château en ruines de Reichenberg, commune de Bergheim, des travaux superficiels anciens ont été ouverts sur des calcaires à entroques du Muschelkalk supérieur minéralisés faiblement par de la fluorine disséminée. Plus haut, une galerie a été ouverte pour suivre une lentille mince de barytine.

- **Schlossmuehle.** Sur l'autre rive du Strengbach, en face du château, de la barytine se trouve dans une carrière abandonnée, située au voisinage immédiat de la faille vosgienne.

- **Maison forestière Emile Jeannelle.** Près de la maison forestière Emile Jeannelle, des blocs de barytine blanche se trouvent dans le remplissage siliceux de la faille vosgienne. Cet indice paraît plus important que les deux premiers.

- **Carrières de Tempelhof et de l'Osterweg, commune de Bergheim.** Dans ces carrières, ouvertes dans les calcaires silicifiés du Muschelkalk supérieur, se trouvent de la barytine et de la fluorine et on y a signalé autrefois de la galène et de la blende. La fluorine peut former de beaux cristaux violets dans les géodes du jaspéroïde, très recherchés par les collectionneurs - Ces deux derniers indices se trouvent en plein vignoble et on ne connaît pas leur extension.

Orschwiller (68) (Pb, Zn, F, Ba) - Cartes à 1/50 000 de Colmar et de Sélestat

Le filon du Silberloch est un filon essentiellement quartzo-fluo-barytique encaissé dans la faille vosgienne bordière. Bien connu sur une longueur de 200 m, entre Orschwiller et Saint-Hippolyte, il est dirigé NNE-SSW, avec un pendage E de 85°, et il forme une petite falaise d'une centaine de mètres de longueur, haute de 3 m. Son épaisseur, dans la partie connue, varie entre 6 m et 2 m, et il a été exploré sur une distance de 200 m environ. Son mur est formé par le granite porphyroïde de Tannenkirch, tandis que son toit est caché par des formations d'épandage caillouteuses.

Il a été exploité dès la fin du XVème siècle, puis repris de nouveau pour plomb et argent en 1852. Les premiers travaux auraient produit une assez grande quantité de minerai et auraient permis de découvrir un gîte de kaolin (sans doute dans le granite du mur). Le minerai lavé rendait 80 % Pb et 34 onces (environ 1 kg) d'argent pour 1 000 kg. En 1853, ces travaux occupaient 30 ouvriers.

L'entrée du travers-bancs se trouve à 110 m du chemin dit Altenberg-Weg. Il présente une longueur de 222 m et une direction N10°W ; à son extrémité, étaient creusés un puits de 20,55 m et deux traçages ; le premier, vers le NE, était long de 75 m, le deuxième, vers le SW, de 115,30 m ; à 95 m de son entrée, une recoupe aboutissait à un puits d'aérage de 29,30 m. En aval-pendage, un puits de recherche avait été abandonné à la profondeur de 20 m, par suite de l'affluence des eaux.

Le remplissage était formé essentiellement par une roche siliceuse de teinte foncée, ayant l'aspect d'un "silex corné" ; sa coloration était due à une matière bitumineuse brunâtre, que l'on rencontrait parfois dans des géodes. Vers le toit (est), il prenait une structure bréchiforme, car il enclavait des fragments d'une roche grise, probablement des marnes indurées du Keuper. Toutefois, dans le village d'Orschwiller, le toit était formé par des dolomies brunâtres (sans doute base du Keuper).

Le remplissage précédent était sillonné par des veinules de barytine et de quartz et, en allant vers le sud, la barytine augmentait d'importance : dans une cave creusée à mi-chemin des villages d'Orschwiller et de Saint-Hippolyte, elle formait une bande massive de 1 m. Avec cette barytine, se trouvaient de la fluorine, de la calcite lamellaire, de la galène, de la blende et de la pyrite. La galène était associée à de la fluorine bleu-vert, la blende à de la fluorine lilas bien

cristallisée, ces minéraux formant des nids géodiques.

Des fissurations verticales longitudinales donnaient un faux aspect de stratification et le mur présentait une salbande d'argile verdâtre ou brune. Le granite au contact présentait une structure pegmatitique : agrégats de quartz, grands cristaux de feldspath, nodules de kaolin, et il était imprégné par de la barytine et de la fluorine. Dans sa masse, plus loin vers l'ouest, une fracture parallèle renferme de gros cristaux de blende, et, près du village d'Orschwiller, il montre des fissures tapissées de fluorine violette.

On a retrouvé le prolongement du remplissage vers le SW, dans le territoire de Saint-Hippolyte, où un puits a rencontré des blocs de barytine et de fluorine. Il pourrait s'étendre assez loin dans cette direction et, par suite, présenter un tonnage important. Mais, dans cette région, le trajet de la faille vosgienne se trouve en plein vignoble et, en conséquence, on n'y a effectué aucun travail. Il n'en reste pas moins que ce filon - faille du Silberloch est l'une des rares minéralisations connues des Vosges qui pourrait présenter encore des réserves appréciables. Son intérêt avait déjà été signalé par P. SAINFELD, en 1957.

7.3 - CHAMP DE FRACTURES DE GUEBWILLER - ROUFFACH : INDICE D'OSENBACH (Cu, Pb, Zn) 378

Dans ce champ de fractures, on connaît deux occurrences de minéralisation près d'Osenbach : une occurrence cuprifère qui a été l'objet de travaux anciens et une occurrence plombo-zincifère découverte par le BRGM.

1) **Cuivre.** Le filon cuprifère d'Osenbach (68), qui se trouve à l'entrée sud du village, est encaissé dans les grès vosgiens du Buntsandstein. Les premiers travaux datent de la fin du XVème siècle, quand une concession fut établie en 1498 au bénéfice de l'évêque de Strasbourg. Cette première mine était dénommée "Unser Lieben Frau Fundgrube". Puis, une société fut constituée en 1501 pour exploiter le cuivre et l'argent, mais elle fut dissoute dès 1505. Un entrepreneur de Schaffhouse reprit alors les anciens travaux, ainsi que ceux de la nouvelle mine "Santa Anna". Une nouvelle société fut créée en 1516, mais la mésentente survint bientôt entre les associés et il s'ensuivit une longue période d'inactivité.

Plus tard, en 1590, un mineur d'Echery (Sainte-Marie-aux-Mines) obtint la permission de réouvrir la vieille "Fundgrube" et la mine plus récente "Zum ver Güldt- Esel". On ne possède aucun renseignement sur ces anciens travaux.

Puis, au XVIIIème siècle, de GENSSANE (1756) fit exploiter ce qu'il appelait "une très belle mine de cuivre azur". "Les Anciens y avaient quelques travaux : on appelle encore cet endroit "Gulden Esel", c'est-à-dire "l'Ane d'or" ..., le filon contient peu de mine entière, mais il rend quantité de mine de pilon très riche ; le minéral tout brut rend à la fonte huit à dix livres de cuivre et quatre loths d'argent par quintal* ; le filon est un quartz noir entièrement dur, tout parsemé de mine couleur de lapis avec quantité de cobalt. Je fais transporter ce minéral à la fonderie de Planché**".

Les travaux comprenaient 3 puits appelés "Goldener Esel", "Silberrain" et "Osberggasse", dont le dernier fut comblé seulement en 1850. Après de GENSSANE, la mine fut amodiée à un habitant de Besançon et une concession appelée "Glücksfund" fut accordée en 1900 à une société allemande. On ignore la teneur de ces derniers travaux et on ne dispose d'aucun chiffre de production.

Actuellement, une galerie est ouverte à l'ouest de la route de Soultzmatt, à l'entrée d'Osenbach, sur la rive droite du ruisseau et au pied du Heidenberg. Il s'agit d'un traçage, long de 40 m, sur un filon dirigé NE-SW, avec un pendage 80°SE, qui traverse la vallée et se retrouve derrière les maisons, dans un escarpement de grès vosgien. Sa puissance varie entre 1 m et 2 m et sa caisse quartzeuse est recoupée par des filets millimétriques de barytine.

La minéralisation est constituée principalement par de l'azurite, en petits cristaux bien formés. Il s'y ajoute de la malachite et du chrysocolle, ainsi que quelques sulfures très disséminés : essentiellement tétraédrite non bismuthifère, accessoirement chalcopyrite et pyrite très fines. Les filets de barytine, qui verdissent par altération, renferment, eux, des petits cristaux sporadiques de tétraédrite. Cette minéralisation filonienne, comme celle de Nayemont-les-Fosses (88) par exemple, n'est apparemment accompagnée d'aucune imprégnation cuivreuse dans les grès encaissants.

Récemment, une tranchée creusée dans le village même a rencontré de minuscules cristaux de cuivre natif, que l'on a découverts dans ses déblais. Mais, la tranchée ayant été rebouchée, on n'a pas pu voir l'indice en place. Il semble, toutefois, qu'il s'agit d'un filonet.

---

* 8 à 10 % Cu et 1 250 g/t Ag.

** Aujourd'hui, Plancher-les-Mines (70).

Enfin, on peut mentionner qu'il n'existe pas d'anomalie géochimique stratégique Cu au voisinage de la minéralisation précédente.

2) Plomb-Zinc. Le petit indice Pb-Zn d'Osenbach a été trouvé et étudié par le BRGM, suite à la prospection géochimique stratégique de la carte à 1/50 000 de Neuf-Brisach, effectuée en 1978. En effet, après élimination des importantes anomalies Cu-Zn-Ag dues au vignoble alsacien, cette prospection avait mis en évidence une anomalie Pb-Zn-Ag étendue (8 "points"), située au N et au NE du village. Elle se trouvait dans un secteur compliqué, du fait qu'il était haché de failles appartenant au faisceau vosgien et d'accidents transverses, secteur où affleurent les calcaires et dolomies de la Lettenkohle, les calcaires à entroques et les calcaires à cératites du Muschelkalk supérieur, les marnes et dolomies du Muschelkalk moyen.

Une première prospection au marteau, avec emploi systématique des réactifs colorimétriques pour Pb O et Zn O, n'ayant permis la découverte d'aucun indice, on décida toutefois de poursuivre la reconnaissance, étant donné qu'on se trouvait dans un contexte géologique favorable aux minéralisations Pb-Zn (niveaux calcaréo-dolomitiques dans une zone tectonisée, en bordure d'un môle de socle). Pour cela, on effectua d'abord, en 1980, une prospection géochimique Pb-Zn-Ag "semi- stratégique", à la maille carrée de 200 m.

Cette prospection mit en évidence deux secteurs anomaliques :

- le premier, au NW du village, traversait la butte du Waldacker formée par des assises du Muschelkalk moyen et supérieur ; il renfermait une anomalie Pb-Zn-Ag subméridienne, allongée sur une distance de 600 m ;
- le second, au nord du village, se trouvait sur la butte du Bickenberg (ou Birkenberg) ; il comprenait 3 anomalies Pb-Zn-Ag étendues sur le Muschelkalk supérieur et la Lettenkohle.

En 1981, on effectua une prospection géochimique tactique Pb-Zn-Ag à plus petite maille (100 m x 50 m), dans l'anomalie de Waldacker (191 échantillons) Celle-ci montra un fond géochimique élevé et des alignements discontinus de fortes teneurs (1 000 à 1 200 g/t Pb, 1 000 à 1 500 g/t Zn). Mais, une prospection très détaillée de sa surface ne permit la découverte d'aucun indice superficiel et on y exécuta alors, en 1982, 3 tranchées (87,40 m, 72 m^3). Celles-ci, et plus particulièrement la tranchée T_1, mirent en évidence une faille mineure du système vosgien, remplie par une brèche calcaréo-dolomitique dont le ciment renferme des traces de Pb O. Cette minéralisation pouvant traduire elle-même "une fuite", on

effectua, à la suite, un sondage carotté vertical (92,10 m), implanté dans le compartiment abaissé à une vingtaine de mètres de l'accident.

Ce sondage, commencé dans les calcaires dolomitiques à cératites du Muschelkalk supérieur, a été arrêté dans les marnes ondulées du Muschelkalk inférieur. Les niveaux dolomitiques traversés du Muschelkalk supérieur et du Muschelkalk moyen sont stériles et les seuls indices rencontrés sont des traces de Pb O et Zn O, parfois dans de minces veinules, parfois sporadiquement dispersées, encaissées dans les couches à cératites (entre 8,60 m et 8,67 m ; entre 12,60 m et 12,70 m ; entre 13,05 m et 13,15 m ; entre 14,30 m et 14,55 m ; entre 16,20 m et 16,70 m). Etant donné ces très médiocres résultats, on n'a pas poursuivi la reconnaissance.

Bickenberg. Les compléments de prospection géochimique tactique (346 échantillons analysés pour Pb, Zn et Ag) confirmèrent la présence d'anomalies, avec des teneurs élevées pour Pb, plus faibles pour Zn. En surface, on découvrit, par une prospection minutieuse, quelques indices fissuraux de Pb O dans les calcaires dolomitiques du niveau à cératites, c'est-à-dire dans le même niveau que les indices du sondage de Waldacker. Mais, étant donné les résultats négatifs de ce dernier, on ne poursuivit pas l'exploration du secteur du Bickenberg.

On ne peut pas considérer que les travaux décrits aient résolu définitivement le problème dans un sens défavorable. En effet, on ne peut pas être assuré que les anomalies géochimiques importantes mises en évidence proviennent des médiocres indices oxydés découverts. Il n'est pas à exclure la présence de minéralisations cachées, situées peut-être plus profondément, par exemple dans le Buntsandstein (cf. Saint-Avold). Mais, leur existence était trop aléatoire pour entreprendre une campagne de sondages longs, au seul vu des anomalies géochimiques.

7.4 - CHAMP DE FRACTURES DE VIEUX-THANN (68) : DISTRICT Pb - Zn - Ag DE THANN (68)

Dans ce dernier champ de fractures, qui est en fait une zone faillée étroite (1 à 2 km) d'orientation NE-SW (et non plus NNE-SSW), se trouvent les minéralisations les plus importantes des collines sous-vosgiennes, qui sont encaissées soit dans le faille vosgienne elle-même, soit dans le Muschelkalk, soit dans le Sannoisien. Dans le socle contigu, rappelons-le, se rencontrent les filons Pb-Zn-Ag de Steinbach (68), l'ensemble constituant un petit district métallogénique d'âge tertiaire. Cette région, depuis 1966, est couverte par les PER

de Thann, puis de Vieux-Thann, au profit de la Société Minière et Métallurgique du Châtelet (SMMC), ensuite de la SNPA et de la SNEA (P). Aussi, le BRGM n'a-t'il pu y effectuer aucun travail de reconnaissance.

Faille vosgienne

La faille vosgienne, dirigée ici N45°, est bien marquée par une puissante brèche quartzo-barytique (une quinzaine de mètres) qui affleure, à 750 m environ au NW de Steinbach (68), sur la rive gauche de l'Ertzenbach, depuis le bas de la pente jusqu'aux roches du Schletzenberg. 412

A peu près à mi-côte, à 60 m au-dessus du fond du thalweg, se trouve, dans cette brèche, un indice Pb qui a fait l'objet de deux décapages superficiels. Localisé au toit (SE), il montre, sur une épaisseur de 1 m, une riche minéralisation (teneur : environ 40 % Pb) formée par de la galène, de la cérusite et de la pyromorphite bien cristallisée. Mais, il ne s'agit que d'une petite lentille et un sondage SMMC a montré son coincement rapide en profondeur. La brèche contient également du zinc (oxydé et sulfuré), finement disséminé, et d'autres petits travaux y ont été exécutés au sud de l'Amselkopf.

Au fond du thalweg, au-dessous des décapages Pb, un petit travail minier "digité" a exploré l'épaisseur de la brèche, qui se montre ici stérile. Au voisinage, elle présente quelques enduits de carbonates de cuivre.

Tous ces travaux dans la faille vosgienne sont voisins (500 à 600 m) des travaux du Silberthal dans le socle (cf. supra).

Muschelkalk

Les minéralisations du Muschelkalk, qui se trouvent près de Watwiller (68), ont fait l'objet de nombreux travaux de la part de la SMMC, puis de la SNEA (P) : sondages carottés et destructifs ; prospections géochimiques et prospections géophysiques. Nous n'en connaissons pas les résultats et nous pouvons seulement présenter un bref résumé, d'après quelques renseignements communiqués par P. COUSTAU (SNEA (P)). 412

Ces minéralisations sont connues en surface et en profondeur. En surface, il s'agit d'une minéralisation oxydée visible dans le ravin du Silberlochrunz, à proximité de la faille vosgienne et en contrebas de la colonie de vacances. Elle consiste en un remplissage noirâtre, formé principalement d'argiles zincifères

(soconites), dans les dolomies du Muschelkalk supérieur. En profondeur, dans le secteur de la Pépinière (sondage TN_{11}), au sud et toujours au voisinage de la faille vosgienne, ce sont des minéralisations sulfurées Pb-Zn qui ont été observées, associées à de la barytine et à de la fluorine, dans les mêmes dolomies très silicifiées, ainsi que dans les argiles noires du Muschelkalk moyen.

Ces minéralisations peuvent atteindre une puissance importante, de l'ordre de 15 m, mais elles sont très irrégulières et on ne peut les corréler d'un sondage à l'autre. En fait, dans le détail, elles se trouvent en liaison avec un réseau dense de fractures très redressées et avec des zones bréchiques à ciment argileux, siliceux, dolomitique ou barytique ; leurs teneurs moyennes sont toujours très faibles (3 à 4 % métal). L'association minérale comprend, dans les passées sulfurées, de la galène, de la blende, de la pyrite framboïdale, du quartz, de la barytine et de la fluorine. Le quartz est postérieur à la barytine et à la fluorine, car il peut les mouler ou les corroder ; les sulfures sont généralement inclus dans la silice, la blende étant légèrement antérieure.

Oligocène

Les minéralisations reconnues de l'Oligocène, découvertes au cours de l'exploration par sondages des indices du Muschelkalk, sont des minéralisations cachées, car elles n'affleurent nulle part. Elles se trouvent principalement au voisinage immédiat de Steinbach (68) et à proximité de la faille vosgienne, comme celles du Muschelkalk.

Elles sont encaissées dans des formations argilo-détritiques grises du Sannoisien, surmontées par un Tertiaire rouge conglomératique dont l'épaisseur atteint localement 300 m. Le changement de couleur est situé dans une formation rubanée qui a pu être corrélée avec les marnes grises situées au mur des couches de potasse du bassin de Mulhouse.

La minéralisation est constituée par de la blende et de la galène, associées à de la barytine très abondante et accompagnées de silicifications importantes. Elle comporte également de la pyrite framboïdale et, en outre des baguettes de barytine, sa gangue est formée par du quartz et de la fluorine ; l'association minérale est donc la même que celle du Muschelkalk. La disposition générale stratiforme n'est pas évidente, du moins dans la zone explorée voisine du faisceau de la faille vosgienne, car les minéraux précédents, particulièrement la galène et la barytine, se trouvent de préférence dans des filets et filonets redressés constituant une importante zone fracturée et bréchique, au voisinage de la faille

vosgienne.

La hauteur minéralisée peut être très importante, atteignant une centaine de mètres, mais la teneur moyenne est très faible (2 % Pb + Zn) ; il existe toutefois des passées "riches" plurimétriques : par exemple, dans le sondage TN_4, à 110 m de la faille, Pb : 7,60 % et Zn : 2,73 % sur une hauteur de 7,60 m, mais on ne peut corréler ces passées. Aussi, la très faible teneur moyenne, ainsi que la profondeur qui augmente en s'éloignant de l'accident vosgien, sont des facteurs qui ont entraîné l'abandon des travaux.

Même si cette minéralisation (dont l'exploration n'est pas terminée) ne pourra pas constituer un gîte économique, pour les raisons ci-dessus, sa découverte est un fait d'importance primordiale, car elle démontre l'existence de minéralisations cachées Pb-Zn liées à la métallogenèse alpine. Il n'est donc pas exclu que de telles minéralisations, encaissées tant dans le Trias que dans le Tertiaire, puissent exister ailleurs dans la bordure faillée du Fossé Rhénan. Leur reconnaissance systématique n'a pas été entreprise.

8 - FORMATIONS SUPERFICIELLES

On connaît et on a exploité sur la bordure sud et la bordure NE du massif des Vosges des gîtes de minerai de fer pisolithique, attribués au Sidérolithique (Eocène), qui se trouvent à la base de poches argilo-marneuses dans des calcaires du Dogger, plus rarement dans le Trias. Outre les pisolithes, les oxydes et hydroxydes de fer peuvent constituer des grains et rognons de forme irrégulière. Ils peuvent être plus ou moins associés à des oxydes de Mn, de la pyrite et du gypse, et ils peuvent contenir des traces de phosphore et d'arsenic.

Leurs occurrences sont très nombreuses, notamment à l'est des Vosges gréseuses septentrionales, sur le territoire de la carte à 1/50 000 de Haguenau (67). 198
Un premier groupe s'étend aux environs de Soultz-sous-Forêts, Surbourg, Schwabwiller et Kutzenhausen ; un second comprend les environs de Mietesheim, de Neubourg, de Huttendorf, et d'Ohlungen.

Un des gîtes relativement les plus importants a été celui de Neubourg (67). Il repose sur un mur très irrégulier de Bathonien et son épaisseur moyenne est de 1,10 m. Une autre occurrence importante était la mine profonde de Mietesheim (67), dont la puissance moyenne était de 1,30 m.

L'argile encaissante était bariolée, tantôt verdâtre, tantôt jaunâtre ou rougeâtre. Dans les deux occurrences citées ci-dessus, ainsi qu'à Gundershoffen, il existait de la pyrite très fine, dont l'altération donnait des enduits de sulfate de fer (mélantérite) et du gypse. Il était possible de trier une grande partie de cette pyrite. A Gundershoffen, le gypse encaissé dans un banc argileux supérieur a été exploité.

Sur le versant occidental des Vosges, les dépôts pisolithiques sont beaucoup moins importants. Ils reposent en général sur des calcaires du Muschelkalk et ils peuvent être superficiels ou pénétrer dans les crevasses jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur. Le minerai brut rendait 1/10ème à 5/10ème de son volume de minerai lavé.

Un 2ème type de minerai de fer superficiel était fourni par ce qu'on appelait la "mine plate", la "mine en plaquette" ou, en allemand, "bloettelerz". Il s'agissait d'un mélange de "limonite" et de sidérite formant des rognons dans les alluvions anciennes du Quaternaire, rognons assez abondants pour avoir servi à l'alimentation des hauts-fourneaux.

Les principaux dépôts de ce minerai se trouvaient près de Zinswiller (67) (minière de Neuweyer), près d'Offwiller (67) (minière de Sainte-Anne), près d'Uhrwiller (67) (minières du Vierzefeld, du Wachholderberg et de Molkenbronn) près de Mulhausen et de Gunbrechtshoffen. La puissance exploitée variait de 1 m à 3 m, exceptionnellement 4 m (Molkenbronn).

Enfin, on peut signaler que le minerai de fer pisolithique, par suite d'un remaniement ultérieur, peut se retrouver dans les alluvions anciennes.

On possède très peu d'indications sur les productions, mais il est certain qu'elles ont été faibles, les productions annuelles étant souvent inférieures à 100 t (à Goersdorf (67), 60 t au XVIIIème siècle).

Outre les traces d'oxydes de Mn associées aux hydroxydes de fer précédents, on connaît un gîte de Mn superficiel d'altération continentale, celui de Frasne-le-Château (70).

Frasne-le-Château (70) (Mn) - Carte à 1/50 000 de Vesoul

Située à 25 km environ au SW de Vesoul, la région de Frasne-le-Château - Vaux-le-Moncelot (70) se trouve à la limite des formations tertiaires de la plaine de la Saône et de la zone des plateaux jurassiques.

La présence du minerai de Mn y est connue depuis fort longtemps, car il est localement subaffleurant et, jusqu'en 1851, en vertu d'une tolérance spéciale, l'exploitation était effectuée par les propriétaires du sol, au moyen de tranchées peu profondes (ordre de 1 m). Le minerai était vendu à un habitant du pays, qui le transportait à Besançon et en Alsace, pour les besoins des verreries et la fabrication de chlore ; cette production artisanale était de l'ordre de 35 t/an. Puis, en 1851, l'exploitation devint industrielle et prit une certaine importance (40 ouvriers), le prix de la tonne augmentant brutalement de 30 F à 80 F ; toutefois, les travaux cessèrent presque complètement dès 1852. On travaillait surtout à l'ouest et au nord-ouest de Frasne, aux lieux-dits "La Fontaine du Verrat" et "Le Rameau".

Plus tard, en 1868, époque de trois demandes en concession toutes refusées, les travaux les plus importants étaient effectués au voisinage du hameau de Grachaux et au Mont-Bormeaux, sur la limite sud de la commune de Frétigney (70). Les premiers produisirent environ 100 tonnes de $Mn\ O_2$, au titre de 55° Cl ; les seconds explorèrent un dépôt d'hématite manganésée. Plus récemment, en 1920, des travaux par tranchées furent repris au bord de la route de Frasne à La Montbleuse, notamment au lieu-dit "Le Feuillet" ; ils produisirent environ 15 tonnes.

Dans tous les travaux situés à l'ouest et au nord-ouest de Frasne-le-Château, la psilomélane, constituant le minerai Mn, se présentait sous la forme de rognons tuberculés, de plaquettes et de nodules de 1 à 5 cm, enrobés dans une argile ocreuse renfermant également des pisolithes d'oxydes de fer, au-dessous d'une couche d'argile stérile de 50 cm et reposant sur des marnes. Ce minerai, d'âge pliocène comme le fer en grains, avait une épaisseur exploitable variant entre 10 et 50 cm et il était concentré irrégulièrement en "nids" ou petites lentilles, découverts au hasard des labours et des tranchées ; il pouvait exister dans une zone étendue, étant largement masqué par les limons des plateaux.

Ce minerai de Mn était d'excellente qualité, "le meilleur que nous ayons en France" a écrit THIRRIA (1833). Il renfermait 92,5 % de $Mn\ O_2$, 3,30 % de Ba O, 1,50 % de $Si\ O_2$, 2 % de $Fe_2\ O_3 + Al_2\ O_3$, 0,7 % de $H_2\ O$; aussi, était-il très recherché pour les verreries.

Par contre, les travaux plus profonds de Grachaux et du Mont Bormeaux ont exploré des poches argileuses de décalcification dans les calcaires du Bathonien, dans lesquels les rognons de psilomélane pouvaient être "énormes" et le fer pouvait être largement prédominant. De telles poches minéralisées en Fe et Mn se trouvaient également dans le Kimméridgien, à l'est de Frasne-le-Château.

Dans la même région, près du Gy (70), 9 km au SW de Frasne, les calcaires (probablement bathoniens) renferment des poches argileuses dans lesquelles on a signalé des nodules d'ébelménite, accompagnés de calcite.

9 - GITES ALLUVIONNAIRES

9.1 - OR DU RHIN

L'or alluvionnaire du Rhin est connu depuis une époque fort ancienne et, d'après P. FLUCK et R. WEIL (1975), il aurait fait l'objet de recherches depuis la période celtique. Toutefois, les auteurs latins ne parlent pas de cet or, bien que l'Alsace était connue des Romains à l'époque de Pline. Ce qui est plus certain, c'est que cette industrie de l'orpaillage était active au Moyen Age, avant la découverte des gisements du Nouveau Monde. On connaît une charte datant de 667 par laquelle Ethicon, duc d'Alsace, accordait le droit de lavage à un monastère à titre de donation. Puis, au VIIIème siècle, Rémi, évêque de Strasbourg, assigna parmi les revenus de l'abbaye d'Eschau qu'il avait fondée en 777, l'"île de Zuzenau (?)", avec le droit de recueillir des paillettes d'or dans le Rhin.

Une 2ème période active fut la première moitié du XIXème siècle, au cours de laquelle une concession (refusée) fut demandée en 1845. L'année 1831 fut la plus productive : 12,523 kg et, de 1804 à 1834, la quantité d'or fournie à la Monnaie de Carlsruhe atteignit 140,916 kg, ce qui représentait au moins les 4/5ème de la production totale. En 1846, d'après A. DAUBREE (1846), la valeur extraite était de 45 000 F. 500 hommes environ étaient occupés à cet orpaillage, mais ce n'était pour eux qu'une activité accessoire.

Cet or du Rhin n'était pas seulement contenu dans le lit du fleuve, mais il était aussi dispersé dans une grande partie des cailloutis de la plaine alluviale, où prédominent les galets d'origine alpine. Des atterrissements et des ilôts de sables et graviers se formaient sans cesse, avant la régularisation du cours, par destruction des berges et transport de leurs éléments vers l'aval. C'est dans ces atterrissements que se trouvaient les bancs aurifères appelés "goldgründe", qui présentaient des enrichissements à l'amont sur une profondeur ne dépassant pas

15 cm ; ces enrichissements étaient associés à de gros galets et on n'a jamais trouvé d'or dans les sables fins. Des graviers aurifères "riches" se rencontrèrent également dans les bancs formés au milieu du fleuve, où ils résultaient de remaniements sur place.

Le métal ne se trouvait jamais sous forme de pépites ou de grains, mais toujours sous celle de paillettes très minces, dont le diamètre n'excédait pas 1 mm ; en moyenne, d'après A. DAUBREE (1846), il y aurait 17 à 18 paillettes par milligramme ; leur titre était de 0,934 Au et 0,066 Ag. Les principaux minéraux lourds associés étaient l'ilménite, la magnétite, le grenat, le zircon et le rutile, la richesse en or étant proportionnelle à celle en ilménite. Dans les enrichissements des "goldgründe", les teneurs atteignaient seulement 1 g/m^3, étant en moyenne de 0,23 g/m^3 dans les graviers exploités.

On suppose que le métal provient des Alpes Suisses, des molasses miocènes de la Napfgebirt, mais, d'après un travail récent (K. Schmid, 1971), les compositions de l'or du Rhin et de l'or de ces molasses seraient différentes.

Le cours est aurifère depuis Bâle jusqu'à Mannheim, soit sur une longueur de 250 km environ, mais la richesse est irrégulièrement répartie et les exploitations les plus nombreuses se trouvaient en aval de Rhinau (67), jusqu'à Dorland, près de Carlsruhe. Sur la rive alsacienne, les principaux gisements se trouvaient à Breisach (68) (carte à 1/50 000 de Neuf-Brisach - Oberaasheim), où ils étaient particulièrement irréguliers, à Istein (68) (carte à 1/50 000 de Mulhouse), où la teneur variait de 0,15 à 0,7 g/t, et à Goldschener (67) (carte à 1/50 000 de Strasbourg).

Quand des batées ont été effectuées dans la plaine d'Alsace (cartes de Sélestat et de Colmar), elles renferment toutes systématiquement 1 ou 2 paillettes d'or minuscules (diamètre : 1/10 mm).

9.2 - MONAZITE DE COINCHES (88)

Accessoirement, on peut signaler la présence de concentrations anormales de monazite (120 g/m^3 en lit vif), accompagnée de rutile et de zircon, dans le ruisseau de Coinches (88) (carte à 1/50 000 de Saint-Dié), à son débouché dans le flat de la Fave. Cette présence, mise en évidence par la prospection alluvionnaire stratégique de 1970, a été confirmée par une prospection tactique en 1972 (22 batées). Mais, l'intérêt restant très aléatoire et l'exploration du flat se heurtant à des problèmes d'environnement (nombreuses constructions), on n'a pas

poussé plus avant l'exploration.

Théoriquement, la roche mère de ces minéraux lourds se trouve parmi les gneiss de l'unité de La Croix-aux-Mines.

10 - SONDAGES PROFONDS

Enfin, pour en terminer avec la revue des minéralisations, nous signalerons quatre indices trouvés en profondeur dans des sondages longs effectués dans la plaine d'Alsace et dans la partie septentrionale du département du Bas-Rhin. Les trois premiers sont des sondages de recherche de pétrole, exécutés pour le compte de la PREPA, le quatrième est un sondage thermal.

a) Sondage 1 de Soultz-sous-Forêts (67). Dans ce sondage, sont signalés des indices de galène et de barytine encaissés dans les grès vosgiens du Buntsandstein. On ignore s'ils sont filoniens ou stratiformes.

b) Sondage 2 de Soultz-sous-Forêts (67). Dans ce sondage, ont été découverts des indices de blende, pyrite et fluorine, encaissés dans le Muschelkalk moyen à -937 m.

c) Sondage de Schirrein (67). Dans ce sondage, présence de blende dans le Muschelkalk.

d) Sondage de Péchebronn (67). Dans le Trias (sans autre précision), entre -924 m et -1 064,5 m, présence de blende, pyrite et galène.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE*

ACKERMANN E. (1911) - L'industrie minière et métallurgique en Alsace, 40 ans après l'annexion. Rixheim.

ALLEMAND G. (1908) - Les mines de plomb et d'argent de La-Croix-aux-Mines, en Lorraine. Bayonne, Impr. A. Lamaignère.

AUBERT J. (1968) - Etude géologique de la mine du Haut-du-Them (Vosges). Dipl. Et. Sup. Sci. Nat, Univ. Besançon.

BALCON J. (1956) - Région de Saint-Avold : caractéristiques géologiques du gisement. Note CRAM-IMM, 22 Novembre 1956.

BALCON J. (1958) - Conclusions générales sur la campagne de recherches dans le secteur de Saint-Avold. Rapport CRAM-IMM n° 246, 9 Septembre 1958.

BAPST G., SIAT A. et WEIL R. (1965) - Notes de Minéralogie Vosgienne. Espèces minérales uranifères du Haut-Poirot. Espèces minérales wolframifères de la mine Donner. Bull. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine, 18, 2, pp 111-115.

BARI H. (1977) - Minéralogie des Vosges et de l'Alsace. Minéralogie du Bluttenberg. Pierres et Terre, n° 12, 4ème trimestre 1977, pp 40-47.

BARI H. (1980) - Le filon Sylvestre à Urbeis (vallée de Villé, Alsace) et son directeur d'exploitation : H. Ungemach. Minér. Foss. Guide collectif, France, BRGM F-62, 1980, n° 69, pp 38-43, 9 réf.

BARI H. (1981) - Les nouveaux minéraux de Sainte-Marie-aux-Mines. Pierres et Terre, n° 21, 1er Septembre 1981, pp 38-49.

BARI H. (1982 a) - Le plus gros filon plombifère de France : La-Croix-aux-Mines (Vosges). Minér. Fossiles. Guide collectif, 1982, vol. 8, n° 83, pp 31-40.

---

* Cette liste bibliographique a été établie par J. Lougnon puis C. Coulombeau à partir des archives de la mission Vosges Alsace du BRGM.

BARI H. (1982 b) - Minéralogie des filons du Neuenberg à Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin). Thèse Univ. Minér, Strasbourg, 25 Mars 1982.

BARI H. (1983) - Les grandes périodes de l'histoire minière vosgienne. Orientation des études historiques actuelles. Pierres et Terre, n° spécial, Juillet 1983, pp 11-16.

BARI H. et FLUCK P. (1980) - Minéralogie des mines de Framont - Grandfontaine. Pierres et Terre, n° 19, 1er semestre 1980, pp 51-61.

BARI H., FLUCK P., LAGARDE G. et LEURELOUP C. (1979) - La zone d'oxydation du filon de Saint-Louis (Sainte-Marie). Découverte de wulfénite. Pierres et Terre, n° 18, 2ème semestre 1979, pp 25-30.

BEAUMONT Cl. (1955) - Rapport sur les résultats de la prospection microchimique de La-Croix-aux-Mines (Vosges) - Rapport BRGM A 859, 26 septembre 1955.

De BEAUMONT E. (1822) - Notice sur les mines de fer et les forges de Framont et Rothau. Ann. Mines, (1), 7, pp 521-554.

De BEAUMONT E. (1883) - Sur les gîtes de fer de Rancié et de Framont. Bull. Soc. Géol. France, (1), 3, p 249.

BERTHIER P. (1821) - Examen comparatif de plusieurs minerais de manganèse Ann. Mines, (I), VI, p 291 (Le Repas).

BERTHIER P. (1824) - Minerai de cuivre de Framont. Ann. Mines, (1), 9, p 809.

BERTHIER P. (1825) - Essai sur le cuivre gris de Sainte-Marie-aux-Mines. Ann. Mines, Paris, XI, pp 121-142.

BERTRAND E. (1877) - Topas von Framont. Z. Kristallogr. Mineral. Deutsch, 1, p 297

BERTRANEU J. (1962) - Compte rendu de visite au gisement de Saint-Bresson - Note BRGM, 2 p., 26 janvier 1962.

BERTRANEU J., SAINFELD F., SAVEROT B., SINGER R. (1961) - Programme de travaux miniers à Grandfontaine - Rapport BRGM R 7 000.

De BILLY E. (1838) - Mines de La-Croix-aux-Mines.

De BILLY E. (1841) - Description géologique des différents gisements de minerais de fer de Framont et de Rothau, dans les Vosges. L'Institut, 9, pp 142-144.

BOHLY B. et FLUCK P. (1981) - Bonnes opérations. I. Vosges du Sud ; II. District de Sainte-Marie-aux-Mines. Pierres et terre, n° 21, 1er Septembre 1981.

BOHLY B. et KLEIN A. (1980) - Bonnes explorations. Giromagny - Thann - Fellering (Langenbach) - Tête du Mineur. Pierres et Terre, n° 19, 1er semestre 1980, pp 4-8.

BONHOMME M. (1958) - Contribution à l'étude d'une mine de manganèse dans la région de Gérardmer. Dipl. Inst. Phys. Globe, Strasbourg.

BONNETON M. (1980) - Les minéralisations en plomb et cuivre des grès triasiques de la région de Saint-Avold (Moselle, France). Sédimentologie et thermochimie. Thèse Docteur Ingén. Sciences Techn. Min., Ecole Nat. Sup. Mines Paris, 28 Mars 1980, 279 p + ann.

BORDIER R. (1948) - Mines de La-Croix-en-Lorraine - Histoire générale et travaux. Saint-Dié, impr. Thouvenin A.

BOUDET H. (1981) - Prospecton géochimique stratégique multiélémentaire de la feuille de Lure (Haute-Saône). Rapport BRGM/GMX/GCA n°123.

BOUDET H. (1981) - Prospection géochimique stratégique multiélémentaire de la feuille de Luxeuil les Bains (Haute-Saône). Rapport BRGM/GMX/GCA n°144.

BOULADON J., BURNOL L., PICOT P et SAINFELD P. (1964) - Les skarns métallifères de Framont - Grandfontaine (Bas-Rhin) : leur minéralisation en fer et tungstène. Bull. BRGM, n° 4, 1964, pp 55-109.

BOULANGER P. et VIALLEFOND L. (1978) - Prospection géochimique multiélémentaire de la feuille de Munster (Haut-Rhin) - Rapport BRGM/GMX/GCA n°032.

BOURGEOIS J. (1899) - Contribution à l'histoire des mines de Sainte-Marie-aux-Mines - Les collections et les collectionneurs de minéraux au XVIIIème siècle. Revue Alsace, pp 281-299.

BRANDY P. et SAINFELD P. (1957 a) - Mémorandum de l'état des recherches dans les Vosges au 1er Juillet 1957 - Rapport BRGM A 1162.

BRANDY P. et SAINFELD P. (1957 b) - Mission des Vosges et état des travaux au 1er Novembre 1957 - Rapport BRGM R 1000.

BRANDY P. et SAINFELD P. (1957 c) - Etat de nos connaissances sur le gisement de Gabe Gottes, dans le Rauenthal - Rapport BRGM n°1 1125, 22 Mars 1957.

BRANDY P. et SAINFELD P. (1958) - Note sur l'indice de plomb de Steinbach près de Thann (Haut-Rhin) - Rapport BRGGM R 7001, 31 Juillet 1958.

BÜCKING H. (1913) - Zur Kenntnis der Erzgänge im Lebertal unterhalb Markirch (Les filons minéralisés du Val de Lièpvre en aval de Sainte-Marie-aux-Mines). Mitt. d. Geol. Land. v. Elsass-Lothringen, VIII, 2, pp 153-199.

BUHLER Th. (1965) - Histoire des mines du Val de Lièpvre. Soc. Hist. Val de Lièpvre, 3ème cahier, 70 f.

BURNOL L. (1954) - Etude des anciennes mines de Framont et de l'Evéché (Bas-Rhin) et de leur minéralisation en tungstène - Rapport BRGM A 649.

BURNOL L. (1956) - Note sur le molybdène dans la région de Château-Lambert (Vosges) et Brillac (Charente) - Note BRGM.

BURNOL L., COULOMBEAU C., ESCANDE J.C., LEBEL L., LOUGNON J. (1981) - Travaux de reconnaissance de l'indice de molybdène de Breitenbach (Bas Rhin) Campagnes 1980 et 1981 - Rapport BRGM 81 RDM 041 FE.

BURNOL L., LEBEL L. et LOUGNON J. (1980) - Le stockwerk à molybdène de Breitenbach (Bas-Rhin) dans le granite du Kreuzweg. Premières données géologiques - Chron. Rech. Min., 48ème année, n° 455, Mai-Juin 1980, pp 36-59.

BURNOL L. et LOUGNON J. (1952 a) - Note sur la molybdénite et la scheelite de Raon - L'Etape (Vosges) - Rapport BRGM A 305, 12 Février 1952.

CABOURDIN G. (1967) - Les Mines d'Argent du Val de Lièpvre et le duché de Lorraine de la fin du XVème siècle à la guerre de Trente Ans - Soc. Hist. Val. Lièpvre, 5ème cahier, pp 21-44.

CABOURDIN G. (1969) - Les ducs de Lorraine et l'exploitation des mines d'argent (1480-1635). Ann. Est, 5ème, n° 2, pp 91-119.

CALMELET T. (1814) - Description des mines de fer des environs de Bergzabern, arrondissement de Wissembourg, département du Bas-Rhin - Journal Mines, XXXV, t. 25, pp 215-239.

(Dom) CALMET (1704-1882) - Histoire de l'abbaye de Munster - Dinago F., Colmar, 1882.

CARDOT C. (1913) - Esquisse géologique et minéralogique du tunnel de Château-Lambert (Haute-Saône) - Bull. Soc. Belfort. Emul., n° 32.

CARLE W. (1950) - Die Molybdan - Vorkommen zwischen Le Thillot, Château-Lambert und Saint-Maurice (Vogesen). (Les occurrences de molybdène entre le Thillot, Château-Lambert et Saint-Maurice (Vosges)) - N. Jahrb. Min. Petr. Abt. A Bd 80, pp 101-120.

CARLIER A. (1965) - Minerais uranifères français. Les schistes uranifères des Vosges - Paris, Presses Univ. France, 3, n° 2, pp 8-94, 3 fig.

CARRIERE P. (1849) - Recherches sur la minéralogie des gîtes métallifères de Framont - Ann. Soc. Emul. Vosges, Epinal, 7, n° 1, pp 129-179.

CARRIERE P. (1850 a) - Recherches sur la minéralogie des anciens gîtes métallifères de Sainte-Marie-aux-Mines. Ann - Soc. Emul. Vosges, Epinal, VII, 2, pp 159-225.

CARRIERE P. (1850 b) - Note complémentaire de la minéralogie des gîtes de Framont - Ann. Soc. Emul. Vosges, Epinal, 12, n° 2, pp 155-159.

CARRIERE P. (1851) - Note sur les mines de La-Croix et description des principales espèces minérales de ce gîte - Ann. Soc. Emulat. Vosges, Epinal, VII, 3, pp 119-143.

CASTRO H. et SAINFELD P. (1956) - Gisement barytique de Rombach-Le-Franc - Rapport BRGM A 1049, 25 Novembre 1956.

CHEVALLOT (Abbé) (1893) - Château-Lambert - Besançon, Impr. Bessanne A.

COULOMBEAU C. (1977) - Les gîtes de cuivre et de plomb du Trias inférieur sarro-lorrain (Région de Saint-Avold, Hargarten-aux-Mines - Moselle-et Wallerfangen - Sarre) - Rapport BRGM 77 RDM 023 FE, Décembre 1977.

COULOMBEAU C. (1978) - Recherche et étude, par sondages carottés, de minéralisations plombifères des couches intermédiaires du Trias inférieur dans la région de Laudrefang, près de Saint-Avold (Moselle) - Rapport BRGM 78 RDM 065 FE, Décembre 1978.

COULOMBEAU C. (1980) - Prospection et reconnaissance par sondages carottés des indices antimonifères du Rain des Allemands et de la Mine deWackenbach (Champ antimonifère de Charbes - Bas-Rhin) - Rapport BRGM 80 RDM 015 FE.

COULOMBEAU C. (1981) - Etude et reconnaissance en profondeur par sondages carottés des minéralisations (Pb, Zn, Ag, Cd) liées aux chapeaux de fer de la région de Lembach. Rapport BRGM 81 RDM 004 FE, Avril 1981.

COULOMBEAU C. et ESCANDE J.C. (1983) - Etude et travaux de reconnaissance des indices de scheelite et cassitérite de Soultzbach-les-Bains (Haut-Rhin). Rapport BRGM 83 RDM 013 FE.

COULON M. (1976) - Origine probable des concentrations uranifères dans les grauwackes du Viséen supérieur de la région de Thann (Haut-Rhin) - C.R. Ac. Sci. Paris, t. 283, s^{ie} D, 20 Décembre 1976, pp 1691-1694.

COUTELIER G. (1973) - Découverte de minéralisations en tungstène dans les formations paléozoïques d'Auxelles-Haut (Territoire de Belfort) - C.R. Ac. Sci. Paris, 276, pp 3245-47.

COUTELIER G. (1974) - Les minéralisations en tungstène de l'intrusion d'Auxelles-Haut (Territoire de Belfort). Etude géologique et métallogénique - Mém. Nancy I, DES. Sci. Nat., 28 Janvier 1974.

DARTIQUES (1807) - Sur les mines de plomb du Bleyberg, département de la Roër - Journal Mines, t. XXII.

DAUBREE A. (1846) - Mémoire sur la distribution de l'or dans la plaine du Rhin et sur l'extraction de ce métal - Ann. Mines, (40), t. 10, 1846.

DAUBREE A. (1850 a) - Notice sur les filons de fer de la région méridionale des Vosges et sur la corrélation des gîtes métallifères des Vosges et de la Forêt Noire -Mém. Soc. Museum Hist. Nat. Strasbourg, t. IV, pp 159-70.

DAUBREE A. (1850 b) - Sur la présence du bismuth natif dans le minerai de fer de Framont - Bull. Soc. Géol. France, 7, p 352.

DAUBREE A. (1850-51) - Note sur la présence de zircons dans les granites et syénites des Vosges et sur celle de l'or dans la Moselle - Bull. Soc. Géol. France , (2), t. VIII, pp 346-7.

DAUBREE A. (1852 a) - Description géologique et minéralogique du département du Bas-Rhin - Strasbourg, 500 p.

DAUBREE A. (1852 b) - Sur un nouveau gisement de berthiérite dans les Vosges - Ann. Mines, (5), t. 5, pp 123-4.

DAUBREE A. (1857) - Sphène dans les gîtes ferrifères de Framont - L'Institut, 25, p 38.

DELAUZUN M. (1939) - Sur un groupe de gisements métallifères de la Haute-Moselle - Rapport inédit, Le Thillot, Septembre 1939.

DELBOS S. et KOECHLIN-SCHLUMBERGER J. (1866) - Description géologique et minéralogique du département du Haut-Rhin - Mulhouse, 2 tomes, 477 et 513 p, Librairie Emile Perrin.

DELESSE A. (1853) - Terre verte de Framont - Ann. Mines, (5), 4, p 351.

DEMMLER A. (1899) - Notice sur les mines de plomb argentifère de La-Croix-aux-Mines - Sceaux, Impr. E. Charaire.

DESCLOIZEAUX A. (1886) - Note sur la phénacite du Colorado et de Framont - Bull. Soc. Fr. Minér., 9, p 174.

DESPECHER J. (1891) - Notice sur les mines de La-Croix - Paris, Impr. Wuestendieck, Mars 1891.

De DIETRICH Ph. (1789) - Description des gîtes de minerais, forges, salines, verreries, etc., de la Haute et Basse-Alsace. Paris, t. II, 3ème et 4ème parties, chez Didot ; Strasbourg, chez Treutel.

De DIETRICH Ph. (1800) - Description des gîtes de minerais, forges, salines et verreries de la Lorraine méridionale - Paris, t. III, chez Didot.

DIETRICH J.J. (1875-76) - La chronique des mines de Jean Haubensack. Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar, XVI-XVII, pp 325-45.

DUBLED H. (1960) - Sainte-Marie-aux-Mines et sa région dans le passé - Alsatia, Sélestat, 16 p.

DURAND G. (1958) - Contribution à l'étude du gîte de vanadinite d'Hérival - Sci. Terre, 5, 1957, pp 70-116, 1 pl. h - t, 7 fig., Nancy.

DURAND G. et JURAIN G. (1958) - Age de minéraux uranifères des Vosges méridionales - Bull. Soc. Fr. Minér. Cristall., t. 85, n° 1, pp 90-91 (Hérival).

DURRFELD V. (1909) - Whewellit von der grube S^{t}-Sylvester bei Urbeis in Weilertal (Vogesen) - Centralblatt, f. Miner., ec., 1909, p 553.

DURRFELD V. (1909-1911) - Mineralien von Urbeis (Weilertal) und Markirch -Mitt. Geol. Landes. Elsass-Lothringen, Bd VII, 1, pp 115-19 et VII, 3, pp 293-310. Traduction BRGM n° 5352.

Von ELLER J.P. et WEIL R. (1962) - Les gîtes métallifères de la région de Sainte-Marie-aux-Mines - Bull. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine, 15, 2.

ERMANN O. (1954) - Die wichtigsten lagerstätten von Rheinland-Pfalz (unter besonderer berüchsichtigung der vorkommen im Rothliegendes) - 32 Jahr Deutsch. Miner. Gesell in Mainz, 1954, pp 142-170.

ERMANN O. (1958) - Zur geschichte der Blei-Zink erzlagerstätten der Pfalz - Der tuffschluss, 9, pp 277-83, Göttingen.

ESCANDE J.C., JOHAN Z., LOUGNON J., PICOT P. et PILLARD F. (1973) - Note sur la présence de minéraux de bismuth dans un filon de barytine et fluorine à Faymont, près du Val d'Ajol (Vosges) - Bull. Soc. Fr. Minér. Cristall., 96, pp 398-9.

FAERBER M. et J. (1983) - Bonnes explorations. I. District de Sainte-Marie-aux-Mines. II. District de Château-Lambert - Pierres et Terre, n° 27, 1er semestre 1983, pp 3-25.

FAERBER J. et PFAADT M. (1980) - Le district minier de Framont en 1828 - Pierres et Terre, n° 19, 1er semestre 1980, pp 37-50.

FAIVRE P. (1966) - Etude de quelques gîtes minéraux de Giromagny (Territoire de Belfort). D.E.S Besançon, 45 p, dactylo.

FLUCK P. (1968) - Description et minéralogie des mines de Sainte-Marie-aux-Mines - Bull. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine, 21,2, pp 63-120.

FLUCK P. (1972) - Les mines métalliques dans les Vosges. I : les Vosges et le club vosgien - Strasbourg 1972, pp 41-54.

FLUCK P. (1975) - Le filon Saint-Guillaume à Sainte-Marie-aux-Mines - Histoire de l'exploitation, minéralogie et géologie du gîte - IPG, Strasbourg, Bull. Stat. Géoph. note techn. n° 1, 27 p, ronéo + plan + coupe.

FLUCK P. (1976) - Introduction à la chronique de Haubinsack, suivie d'une traduction de la chronique - Pierres et Terre, n° 8, 4ème trimestre 1976, pp 3-29.

FLUCK P. (1977 a) - Les mines de Sainte-Marie-aux-Mines en 1736 et 1740. Traductions rapport de 1736 et rapport de KROEBER - Pierres et Terre, n° 11, 3ème trimestre 1977, pp 36-49.

FLUCK P. (1977 b) - Les mines de Sainte-Marie en 1745. Le rapport de JACOBI J.B. au Baron de l'Empire (Traduction) - Pierres et Terre, n° 12, 4ème trimestre 1977, pp 48-52.

FLUCK P. (1977 c) - Découverte d'un indice plombifère isolé dans une partie peu minéralisée des Vosges - Pierres et Terre, n° 9-10, 1er semestre 1977, p 26.

FLUCK P. (1977 d) - Metallogeny of Vosges - Freiberger Forschungschefte, C 345, 1979, pp 83-93.

FLUCK P. (1978) - Les mines de Sainte-Marie en 1846 - Pierres et Terre, n° 15-16, 3ème et 4ème trimestres 1978, pp 59-86.

FLUCK P. (1978 a) - Les quinze plus belles courses souterraines à Sainte-Marie-aux-Mines - Pierres et Terre, 13, pp 3-52.

FLUCK P. (1978 b) - Trouvailles récentes d'argent natif à Sainte-Marie-aux-Mines - Pierres et Terre, 13, pp 64-71.

FLUCK P. (1978 c) - Présentation d'une carte des filons de Sainte-Marie-aux-Mines - Pierres et Terre, 13, pp 64-71.

FLUCK P. (1978 d) - Minéralogie des Vosges et de l'Alsace. Catalogue des minéraux des roches de la vallée de Sainte-Marie-aux-Mines - Pierres et Terre, numéros 15-16, 3ème et 4ème trimestres 1978, pp 87-104.

FLUCK P. (1979) - Un des plus vieux plans des mines de Sainte-Marie - Pierres et Terre, n° 17, pp 29-49.

FLUCK P. (1980) - Métamorphisme et magmatisme dans les Vosges moyennes d'Alsace. Contribution à l'histoire de la chaîne varisque - Mém. Sci. Géol.

FLUCK P. (1983) - Les mines du Val de Lièpvre et du Val de Villé vers 1575. (Traduction de deux rapports techniques inédits) - Pierres et Terre, n° 27, 1er semestre 1983, pp 78-102.

FLUCK P. et ANCEL B. (1984) - Rapport de fouilles sur les mines de plomb. Saint-Pierre-sur-l'Hâte - Altenberg - District de Sainte-Marie-aux-Mines - Pierres et Terre, n° 28, 1er semestre 1984.

FLUCK P., BOHLY B., SCHOEN H. et KLEIN A. (1979) - Atlas des haldes des districts miniers vosgiens - Pierres et Terre, n° 17, 1er semestre 1979, pp 3-29.

FLUCK P., LESSLER G. et TAESCH A. (1976) - Bonnes explorations. I. District de Sainte-Marie-aux-Mines. II. Dluttenberg. III. Vallée de Villé. IV. Vallée de Munster - Pierres et Terre, n° 7, 3ème trimestre 1976, pp 38-53.

FLUCK P. et LOUGNON J. (1983) - Les grands traits de la métallogénie vosgienne - Pierres et Terre, n° spécial, Juillet 1983, pp 39-53.

FLUCK P. et MAURER R. (1977) - Bonnes explorations. I. District de Sainte-Marie-aux-Mines. II. District d'Urbeis - Pierres et Terre, n° 9-10, 1er semestre 1977, pp 14-25.

FLUCK P. et WEIL R. (1975) - Géologie des gîtes minéraux des Vosges et des régions limitrophes - Mém. BRGM n° 87, 190 p.

FORQUIN Ph. (1982) - Le gisement fluoré stratiforme de Saint-Dié (Vosges). Pétrographie et inclusions fluides - Rapport interne, Univ. Nancy I, Labor. Pétrol. Struct. et Métall., 1er Février 1982.

FORRER R. (1927) - Les mines de Sainte-Marie-aux-Mines et l'antimoine dans les monnaies en potin des Leuques et des Séquaves - Cahiers Arch. Hist. Alsace, pp 54-55.

FRANCOIS J. (1962) - Etude métallogénique et pétrographique de la région de Schirmeck (Vosges septentrionales) - Thèse Doct. 3ème cycle (Pétrographie et Géochimie), Fac. Sci. Univ. Nancy, 121 p, 19 pl., 28 photos, Bibl.

FRIEDEL G. (1902) - Rapport sur les mines de La-Croix-aux-Mines - Nancy, 29 Octobre 1902, Archives Services des Mines.

GACHOT H. (1922) - Rapport sur les gîtes de minerais de manganèse de Dambach et avis sur la possibilité de les exploiter - Inédit, 16 p dactyl.

GACHOT H. (1933) - Vom alter Bergbau im Münstertal (L'exploitation minière ancienne dans la vallée de Munster) - Jahrb. d. Geschichtsver f. Stadt. u. Tal. Munster, VII, pp 122-141.

GEFFROY J. (1953) - Les minéralisations du granite et du complexe métamorphique de Raon - L'Etape (Vosges) - C.R. Ac. Sci. Paris, t. 236, pp 1 293-95, 23 Mars 1953.

GEFFROY J. (1980) - Une visite à Sainte-Marie en 1936 - Pierres et Terre, 19, pp 29-35.

GEFFROY J. (s.d.) - L'uranium dans les Vosges - Rapport CEA inédit.

De GENSSANE (1756-79) - Mémoire sur l'exploitation des mines de l'Alsace et du comté de Bourgogne. Paris : Les anciens Minéralogistes du Royaume de France, II, 1779, pp 734-94 - Mém. présenté Ac. Sci., IV, 1756.

GEROCK J.E. (1900) - Die Mineralquellen in Sulzmatt in geologischer und chemischer Hinsicht - Mitt. Philomath. Gesells. Elsass-Lothringen, t. II.

GIRODIE. A. (1909) - Les mines d'argent de La-Croix-aux-Mines au XVIème siècle - Nancy, Revue lorraine illustrée.

GOBET (1779) - Les anciens minéralogistes du Royaume de France - Paris, 1779. Vosges, tome II : Munster (pp 02-06) ; Alix : pp 706-27 ; d'Hérouville : pp 727-743 ; de Genssane : pp 743-94.

GRAFFENAUER J.Ph. (1806) - Essai d'une minéralogie économico-technique des départements du Haut et du Bas-Rhin. Strasbourg, chez Louis Eck.

GRANDEMANGE J. et Y. (1983) - Rapport de prospection sur les communes de Sainte-Croix-aux-Mines et de Sainte-Marie-aux-Mines - Pierres et Terre, n° 27, 1er semestre 1983, pp 47-65.

GRANDIDIER P.A. (abbé) (1779) - Mémoire historique sur l'origine des mines d'argent de Sainte-Marie en Alsace - Journal de Monsieur, Avril 1779, et Journal de Nancy, n° IX-XI, pp 224-30 et 269-73.

GRANDIDIER P.A. (abbé) (1807) - Historique de la vallée de Lièpvre - Sainte-Marie-aux-Mines.

GRANIER C. et SAKOWITCH W. (1957) - Note préliminaire à la prospection microchimique du molybdène aux Oeillets, près du Grand Langenberg - Rapport BRGGM A 1208.

GRIMBERT A. et CARLIER A. (1957) - Les schistes uranifères du versant alsacien des Vosges moyennes. Le lambeau houiller du Schaentzel, près de Saint-Hippolyte (Haut-Rhin) - Bull. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine, Strasbourg, t. 9, fasc. 2, pp 4-45, 3 pl.

GUITARD G. (1960) - Note sur la constitution pétrographique des skarns minéralisés du gîte des Minières, près de Grandfontaine (ou Framont) dans les Vosges - Rapport BRGM A 1587.

HAMMER F.L. (1826) - Minéralogie du Bas-Rhin parue dans le Bulletin de la Société des Sciences, etc, t. III, Strasbourg.

HAUBENSACK J. (1875) - La Chronique des mines de Sainte-Marie. Trad. DIETRICH J.J. Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar, 1875-76, pp. 325-345.

HAUCHECORNE W. (1879) - Uber Bleierzen aus dem Buntsandstein von Saint-Avold - Zeitsch. Deutsch Geol. Gesell. t. XXI, Berlin.

HENRY B. (1971 a) - L'indice de sulfures de Ni-Cu de Talhorn (commune d'Oderen - Haut-Rhin) - Rapport BRGM 71 SGN 177 GIT.

HENRY B. (1971 b) - Nouvelles données sur l'indice de sulfures de Ni-Cu de Talhorn (commune d'Oderen - Haut-Rhin) - Rapport BRGM 71 SGN 271 GIT.

HENRY B. (1974) - L'indice de Cu (Pb, Zn, As, Au, Bi) du Lac des Perches (Haut-Rhin) - Rapport BRGM 74 SGN 251 MET.

HERDE* (société KALI-CHEMIE) (1972) - La mine de barytine du Val d'Ajol (Vosges du Sud, France) de la Société des Mines de Garrot (M d G) - Rapport de visite du 20 Octobre 1972, en allemand. Prétraduction BRGM, 20 p.

HEROUVILLE DE CLAYE (comte d') (1741) - Sur les mines d'Alsace. in Gobet : les anciens minéralogistes du Royaume de France, II, 1779, pp. 727-743, Paris, 1779.

JEBRAK M. (1982 a) - Les filons de fluorine-barytine des Vosges méridionales - Compte rendu de mission, note GMX n° 846, 5 p.

JEBRAK M. (1982 b) - Géochimie des terres rares dans les fluorines filoniennes des Vosges méridionales - Rapport BRGM 82 SGN 834 GMX, Novembre 1982.

JEBRAK M. (1983) - La structure à fluorine de Langenberg (Haut-Rhin) - Rapport BRGM 83 RDM 055 FE.

JEBBRAK M. (1985) - Données préliminaires sur l'indice de Mo-Cu de la Goutte des Oeillets - Note BRGM/GMX 1128.

JURAIN G. (1956) - Présence d'uranium dans quelques gîtes de manganèse dans les Vosges méridionales et centrales. C.R. Acad. Sci., Fr., 243, N°15, pp. 1044-1045.

KARPINSKI R. W. (1931) - Contribution à l'étude métallogénique des Vosges méridionales. Mém. Soc. Sci., Nancy, pp. 1-141.

KERVELLA P. (1965) - Minerais uranifères français. IV. Gisements et indices sédimentaires divers. Paris, Presses Univ. Fr., 3, n°2, pp. 268-303, 12 fig.

KIRCHHEIMER F. (1965) - Über das Rheingold. A propos de l'or du Rhin. Jh. geol. Landesamt Baden-Württ., 7, pp. 55-85.

KOPP (1849) - Gravier aurifère de l'Ill. L'Institut, XVII, p. 215.

KRAEMER R. (1914) - Die Mineralien der St. Kreuzer Erzgänge. Mitt. der geol. Land. v. Els-Lothr., XIII, 3, pp. 449-509. Les minéraux des filons minéralisés de Sainte-Croix-aux-Mines.

KROMMENACKER P. (1961) - La présence de molybdénite aux environs de Château-Lambert - Rapport BRGGM, sans n°, 31 Juillet 1961.

LEDUC C. (1984) - Prospection géochimique stratégique multiélémentaire des feuilles de CIREY sur VEZOUZE (Meurthe et Moselle) et MOLSHEIM (Bas Rhin) - Rapport BRGM/GMX/GCA n°218.

LEDUC C., BOULANGER P. (1981) - Prospection géochimique stratégique multiélémentaire de la feuille de Lembach (Bas Rhin) - Rapport BRGM/GMX/GCA n°146.

LEDUC C., BOULANGER P. (1983) - Prospection géochimique stratégique multiélémentaire de la feuille de Colmar (Haut Rhin) - Rapport BRGM/GMX/GCA n°187.

LEDUC C., BOULANGER P. (1983) - Prospection géochimique stratégique multiélémentaire de la feuille de St Dié (Vosges) - Rapport BRGM/GMX/GCA n°190.

LEDUC C., BOULANGER P. (1983) - Prospection géochimique stratégique multiélémentaire de la feuille de Sélestat (Bas Rhin) - Rapport BRGM/GMX/GCA n°191.

LEDUC C., BOULANGER P. (1984) - Prospection géochimique stratégique multiélémentaire de la feuille de Bruyères (Vosges) - Rapport BRGM/GMX/GCA n°232.

LEPAGE H. (1851) - Recherches sur l'industrie lorraine (chap. "Exploitation des mines"). Mémoires de l'Académie Stanislas.

LESLIN A. (1854) - Liste des minéraux et des roches de la vallée de Lièpvre, canton de Sainte-Marie-aux-Mines. Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar, pp. 97-112.

LONGCHAMBON L. et H. (1932) - Sur la vanadinite d'Hérival (Vosges). C.R. Acad. Sci., Fr., 195, p. 1397.

LOUGNON J. (1956) - Rapport général sur les gisements de manganèse en France. (Vosges, pp. 143-151). Symposium sur le manganèse, XXe Congrès géol. international Mexico, 1956, V, pp. 63-171.

LOUGNON J. (1974) - Contribution à l'étude d'un gisement stratiforme de fluorine encaissé dans le Permien supérieur de la dépression de Saint-Dié (Vosges, France). Bull. Sci. Géol., 27, N°3, pp. 195-217.

LOUGNON J. (1976) - Rapport sur le gisement de La Croix aux Mines (Vosges) (Pb, Ag, Cu, Zn) - Rapport BRGM 76 RDM 002 FE.

LOUGNON J. et ESCANDE J.C. (1971) - Rapport sur la présence d'un gisement stratiforme de fluorine dans le bassin permien de Saint-Dié (Vosges) - Rapport BRGM 71 RME 030 RMM.

LOUGNON J. et ESCANDE J.C. (1972 a) - Rapport sur le gisement de fluorine et sulfures du Mont-de-Vannes - Rapport BRGM 72 RME 018 FE, Octobre 1972.

LOUGNON J. et ESCANDE J.C. (1972 b) - Note sur l'indice polymétallique de Saulx (Pb, Zn, Cu, Fe, Mo), commune de Rupt-sur-Moselle (Vosges) - Rapport BRGM 72 RDM 020 FE, Décembre 1972.

LOUGNON J. et ESCANDE J.C. (1973) - Etude du faisceau filonien de Faymont (barytine, fluorine et quartz), commune du Val d'Ajol (Vosges) - Rapport BRGM 73 RME 008 FE, Avril 1973.

LOUGNON J. et ESCANDE J.C. (1974) - Résultats définitifs des travaux de reconnaissance du faisceau filonien de Faymont (barytine et fluorine), commune du Val d'Ajol (Vosges) - Rapport BRGM 74 RME 018 FE, Mars 1974.

LOUGNON J. et ESCANDE J.C. (1977) - Résultats de la campagne de sondages 1977 de La-Croix-aux-Mines (Vosges) (Pb, Ag, Zn et Cu) (avec proposition d'un programme de travaux pour 1978) - Rapport BRGM 77 RDM 035 FE.

LOUGNON J. et ESCANDE J.C. (1978) - Etude des indices de cuivre et de tungstène de la commune de Lubine (Vosges - 88) - Rapport BRGM 78 RDM 033 FE.

LOUGNON J. et ESCANDE J.C. (1979 a) - Rapport sur les minéralisations de Lusse (Vosges) (plomb, zinc, argent et cadmium). Résultats des travaux 1978 du BRGM - Rapport BRGM 79 RDM 011 FE, Mai 1979.

LOUGNON J. et ESCANDE J.C (1979 b) - Rapport sur les minéralisations antimonifères de Charbes, commune de Lalaye (Bas-Rhin) - Rapport BRGM 79 RDM 036 FE, Septembre 1979.

LOUGNON J. et ESCANDE J.C. (1980) - Résultats des travaux 1979 du BRGM effectués pour la poursuite de la reconnaissance du filon principal de Lusse (88 -Vosges) (plomb, zinc, argent et cadmium) - Rapport BRGM 80 RDM 010 FE, Avril 1980.

LOUGNON J., MASLARD P. et ESCANDE J.C. (1972) - Résultats des travaux d'échantillonnage du gisement stratiforme de fluorine du bassin permien de Saint-Dié (Vosges) - Rapport BRGM 72 RME 004 FE.

MADELAINE B. (1980) - Etude par la méthode EM-VLF de filons de quartz et fluorine dans les Vosges : Sewen (Haut-Rhin) et Val d'Ajol (Vosges) - Rapport BRGM 80 SGN 065 GPH, Janvier 1980.

MARCHAL C.J. (1971) - Les mines d'argent, de cuivre et de plomb du Comté du Rosemont. Rev. D'Hist. des mines et de la métall., III, n°2, pp. 113-147.

MARCHAND J. (1973) - Etude pétrologique et métallogénique de la région de Giromagny (Vosges méridionales). Thèse 3e cycle, Besançon.

MEISTER L. (1958) - Contribution à l'étude d'une mine de manganèse dans la région de Gérardmer. Diplôme Inst. Phys. du Globe, Strasbourg.

MENNECHET C. (1980) - Etude par méthode EM-VLF de filons de quartz et fluorine dans les Vosges : Petit et Grand Langenberg (Haut-Rhin) et Val d'Ajol (Vosges) - Rapport BRGM 80 SGN 387 GPH, Juin 1980.

MEYER L. (1895) - Essai d'une minéralogie des environs de Belfort. Bull. Soc. Belf. Emul. n°14, pp. 153-195.

MEYER L. (1910) - Excursion minéralogique et géologique de la section des Sciences, du 17 octobre 1909. Compte rendu (gîte de Mélisey, description détaillée).

MILLON R. (1972) - Essais de géophysique sur des filons de barytine et fluorine au Val d'Ajol (Vosges) - Rapport BRGM 72 MET GPH 36, Septembre 1972.

MILLON R. (1985) - Reconnaissance géophysique sur le permis de Breitenbach (Bas-Rhin) (Mo) - Rapport BRGM 85 GPH 056.

MILLON R., PILET Ph. et VANDENHOER A. (1973) - Levés géophysiques (résistivité) autour de l'ancienne mine de barytine de Faymont (Val d'Ajol, Vosges). Campagne 1973 - Rapport BRGM 73 MET GPH 10, Février 1973.

MONNET A. G. (vers 1770-1780) - Voyages minéralogiques dans les Vosges (Bussang). Minéraux de Sainte-Marie-aux-Mines, reproduit dans l'Histoire des mines de Sainte-Marie, d'Ad. Lesslin. Bull. Soc. Ind. Mulhouse, 1974, 2, pp. 91-92.

MOUILLAC J. (1974) - Géologie du granite des Ballons et de ses minéralisations Cu-Mo associées (Vosges méridionales). Essai de contrôle métallogénique des résultats de la prospection. Thèse Université (Nancy).

MÜHLENBECK E. (1898) - Histoire des mines de Sainte-Marie, côté d'Alsace. Sainte-Marie-aux-Mines. Cellarius, éd. 208 p.

MÜLLER F. T. (1905) - Die Eisenerzlagerstätten von Rothau und Framont im Breuschtal (Vosges) (Les gîtes de fer de Rothau et Framont dans la vallée de la Bruche (Vosges)). Mitt. Geol. Land. Els-Lothr., V, 4, pp. 417-471.

MÜLLER G. (1967) - Zur Bergbautechnik des historischen Bergbaus bei Wallerfangen/Saar. Sur les techniques d'exploitation minière des vieilles mines de Wallerfangen (Sarre), Der Aufschluss 1967, 9.

MUNCK F. (1953) - Prospection électromagnétique dans la région de Schirmeck (Bas-Rhin) - Rapport BRGM A 616.

MUNCK F. (1958) - Framont - Grandfontaine - Prospection géophysique - Rapport BRGM A 1312.

NAGY J.M. (1959) - Rapport sur la prospection microchimique Pb-Zn à Saint-Avold (Moselle) - Rapport BRGGM A 1478, 12 Juin 1959.

NAGY J.M. (1959) - Rapport sur la prospection géochimique de Lembach (Bas-Rhin) - Rapport BRGGM A 1490, 12 p, 6 fig.

NAGY J.M. et SAKOWITCH W. (1958) - Rapport sur la prospection microchimique du molybdène à Château-Lambert (Vosges) - Rapport BRGGM A 1257, 3 Janvier 1958.

NICOURT B. (1983) - Les filons à fluorine et barytine des Vosges mériodionales - Mém. Ing. Ecole Sup. Energ. Mat., Univ. Orléans. Rapport BRGM 83 SGN 709 GMX, Octobre 1983.

PERAGALLO J. (1976) - Filon de Fresse-sur-Moselle à Bussang (Vosges). Reconnaissance géophysique minière par électro-magnétisme VLF - Rapport BRGM 76 GPH 036, Novembre 1976.

POIROT M. (1961) - Le gîte de Straiture (Vosges). Note inédite, 4 p. man.

POUIT G. (1979) - Minéralisations et plutonisme dans les Vosges septentrionales - Rapport BRGM 79 RDM 075 FE.

PRECHTER W. (1602) - Rapport sur les mines de Sainte-Marie-aux-Mines, côté d'Alsace. Trad. FLUCK P., Soc. d'Histoire Val de Lièpvre, 9e cahier, 1974. pp. 15-61.

RAGUIN E., JACQMIN E. (1946) - Les gisements de molybdène de Château-Lambert dans les Vosges. Houille, Mines, Pétr., n°2, pp. 60-65, 4 fig.

RAY B. C. (1937) - Betrag zur Kenntnis der Geologie und der Erzlagerstätten von Markirch (Vosegen). (Contribution à la connaissance de la géologie et des gîtes minéraux de Markirch (Vosges)). Würzbourg, 58 p.

RICHARD M. (1909) - Histoire de Bussang (étude historique sur les mines ; p. 374, carte des emplacements approximatifs des vieux travaux). Bull. Soc. Philo-math. Vosgienne, Saint-Dié, XXXIV, pp. 82-101.

RICHER (1263) - Chronique de l'abbaye de Senones (Mines de Sainte-Marie).

ROYER L. (1925) - Une nouvelle industrie minière en Alsace : la barytine (Romabch-le-Franc). Bull. Ass. philomath. Alsace Lorraine, VII, pp. 24-28.

SAINFELD P. (1956 a) - Prospection du Haut-Rhin. Rapport préliminaire - Rapport BRGGM A 960, 26 Avril 1956.

SAINFELD P. (1956 b) - Reconnaissance du secteur à molybdène du Massif du Ballon d'Alsace - Rapport BRGGM A 1063, 29 Décembre 1956.

SAINFELD P. (1956 c) - Note sur le molybdène dans les Vosges - Rapport BRGGM A 991.

SAINFELD P. (1956 d) - Note sur l'or dans la Plaine du Rhin (d'après documents) - Rapport BRGGM A 992, 23 Juillet 1956.

SAINFELD P. (1957 a) - Projet de programme géochimique dans les Vosges - Rapport BRGM A 1145, 29 Mai 1957, (Château-Lambert, Les Oeillets, Anozel, Sainte-Marie-aux-Mines).

SAINFELD P. (1957 b) - Note sur les indices métallifères des environs de Saint-Dié (Vosges) et en particulier sur le gisement d'Anozel - Rapport BRGM A 1153, 3 Juin 1957.

SAINFELD P. (1957 c) - Note sur les recherches dans les Vosges au cours du mois de Juillet 1957 - Rapport BRGGM n° 1193, 1er Août 1957.

SAINFELD P. (1958 a) - Résultats de la campagne de sondages de Framont - Grandfontaine (Bas-Rhin) (été 1958) - Rapport BRGM A 1385.

SAINFELD P. (1958 b) - Note au sujet des travaux de la C.R.A.M. dans la région de Saint-Avold - Hargarten - Rapport BRGGM R 7002, 18 Novembre 1958.

SAINFELD P. (1959) - Mission Vosges - Alsace - Résultats des recherches dans le Haut-Rhin (1956-58) - Rapport BRGGM A 1465, 22 Mai 1959.

SAINFELD P. (1961) - Note sur les recherches par sondages proposées dans les Vosges - Rapport BRGGM R 1001.

SAINFELD P. (1962) - Note sur les travaux miniers de Grandfontaine (Bas-Rhin) - Rapport BRGM R 1003.

SAINFELD P. et SAKOWITCH W. (1958) - Note préliminaire à la prospection géochimique stratégique du plomb aux environs de Saint-Avold et de Hargarten-aux-Mines (Moselle) - Rapport BRGGM, GL 12, 6 Novembre 1958.

SAINFELD P. et SAKOWITCH W. (1958) - Note préliminaire à la prospection stratégique du plomb et du zinc aux environs de Lembach (Bas-Rhin) - Rapport BRGGM GL 13.

SCHNAEBELE E. (1916) - Die Mineralgänge des oberen Dollertales und ihre Nebengesteine. Les filons minéralisés de la haute vallée de la Doller et leurs encaissants. Mitt. Geol. Land. Els-Lothr., IX, 2, pp. 159-272.

THIEBAUT J., BULLE J., MORRE N. (1961) - Le gîte de fluorine de Rupt-sur-Moselle, dans les Vosges méridionales. C.R. somm. Soc. Géol., Fr., n°8, pp. 225-227.

THIRION C. (1927) - Note sur la géologie et la métallogénie des environs de Giromagny. Bull. Soc. Industr. de l'Est, Nancy, n°185.

THIRION C. (1935) - Etude géologique sommaire des gîtes de manganèse et de fer de Saphoz (Haute-Saône). Congr. Internat. des mines, métal. et de la géol. appl., VIIe session, Paris, pp. 165-171, section de géol. appl., tome I.

THIRION C. (1935 a) - Les anciens gîtes métallifères des environs de Giromagny. Etude de géologie appliquée. Mines, carr., n°149, pp. 8-11.

THIRION C. (1935 b) - Historique des anciennes mines des environs de Giromagny (Territoire de Belfort). Mines, carr., n°153, pp. 1-11.

THIRION C. (1935 c) - La mine de Saint-Daniel. Bull. Groupe anciens élèves inst. géol. appl. univ. Nancy, pp. 16-21.

THIRION C. (1935 d) - Les Vosges minières. La mine Saint-Jean et les mines des environs de Giromagny (Territoire de Belfort). Rev. Ind. (sept. 1935), pp. 377-383.

THIRION C. (1935 e) - Les Vosges minières. La géologie et les mines des environs de Giromagny (Territoire de Belfort). Bull. Soc. géol. Fr., 5, V, n^{os} 1-2-3, pp. 33-63.

THIRION C. (1936) - Les mines de second plan des environs de Giromangy (Territoire de Belfort). Mines, carr., n°162, pp. 3-7, n°163, pp. 1-7.

THIRION C. (1936) - Les gisements métallifères des Vosges. Rev. Industr. (avril).

THIRION C. (1938) - Les anciennes mines des environs de Giromagny. Bull. Assoc. Ing. géol. anciens élèves Inst. Géol. Appl. Univ. Nancy, n°5, pp. 2-23.

UNGEMACH H. (1906) - Gîtes métallifères du Val de Villé (Alsace). Bull. Soc. Fr. Minéral. Cristallogr., pp. 194-282.

UNGEMACH H. (1908) - Die Grube Sanct-Sylvester bei Urbeis. (La mine de Saint-Sylvestre près d'Urbeis.) Mitt. philomath. Ges. Els. Lothr., 4, pp. 7-10.

UNGEMACH H. (1909 a) - Notes sur les cristaux de whewellite rencontrés dans un filon métallifère alsacien. Bull. Soc. Fr. Minéral., 32, pp. 20-34.

UNGEMACH H. (1909 b) - Notes cristallographiques sur la fluorine vosgienne. Bull. Soc. Fr. Minéral., 32, pp. 304-313.

UNGEMACH H. (1936) - Précisions cristallographiques sur quelques silicates minéraux alsaciens (tourmaline de Surlatte, calamine de Katzenthal et Neuweiher, béryl de la grotte des Partisans, prehnite et datolite de Schwartzbach, épidote de Framont et Schwarzbach). Bull. Serv. Carte géol. Alsace Lorraine, 3, pp. 87-99.

VAILLANT F.X. (1979) - Prospections géophysiques des secteurs de Lusse, Le Chipal et La Croix aux Mines (Vosges) - Rapport BRGM 79 SGN 242 GPH.

VIALLEFOND L. (1980) - Prospection géochimique stratégique multiélémentaire de la feuille de Thann (Haut-Rhin) - Rapport BRGM/GMX/GCA n°083.

VIALLEFOND L., BOUDET H. (1978) - Prospection géochimique stratégique multiélémentaire de la feuille de Giromagny (Territoire de Belfort) - Rapport BRGM/GMX/GCA n°049.

VIALLEFOND L., BOULANGER P. (1979) - Prospection géochimique stratégique multiélémentaire de la feuille de Neufbrisach (Haut-Rhin) - Rapport BRGM/GMX/GCA n°061.

WEIL R. et JAROVOY M. (1950) - Catalogue des espèces minérales d'Alsace. Bull. Serv. Carte géol. Alsace Lorraine, 6, 140 pages.

WEIL R., SAINFELD P. (1962) - Présentation de la feuille "Vosges" de la carte des gîtes minéraux de la France à 1/320 000 publiée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.). C.R. 86e congr. Soc. savantes, Montpellier 1961, sect. sci., Fr., pp. 393-403, 1 fig.

WEIL P. et SIAT A. (1969) - Présence d'emplectite $CuBiS_2$ à Sainte-Marie-aux Mines (Haut-Rhin). Bull. Ass. Philomath. Alsace Lorraine, 13, II, pp. 132-136.

WEIL R., SIAT A., BAPST G. (1971) - La bertrandite de Framont, près Schirmeck, Bas-Rhin. 96e Congrès national des sociétés savantes. Toulouse, 13-17 avril 1971, II, pp. 349-352.

WEIL R., SIAT A., MEISTER L., BONHOMME M. (1960) - Les espèces minérales du gisement de maganèse du Haut Poirot, près de Gérardmer (Vosges). Bull. Serv. Carte géol. Alsace Lorraine, 12 (1959), n°2, pp. 49-60, 1 fig., 1 pl., h.-t.

WEIL R., STUTZMANN V. (1955) - La vallée de la Fecht, mines anciennement exploitées et principaux gisements minéraux. Bull. Soc. Hist. nat. Colmar., 46, n°3, pp. 3-40, 2 fig., 1 dpl. h.-t.

WERVEKE VAN L. (1907) - Über Kupfererzvorkommen bei Triembach und über die nördliche grenze des Kammgranits. (Le gisement de minerai de cuivre de Triembach et la limite nord du granite des crêtes.) Mitt. philomath. Ges. Els. - Lothr., III, pp. 541-545.

WILHEM E., BOULANGER P. (1977) - Prospection géochimique multiélémentaire de la feuille de Remiremont (Vosges) - Rapport BRGM/GMX/GCA n°012.

WINKELMANN H. (1962) - Bergbuch des Lebertats. (Le livre des mines du val de Lièpvre.) Bochum. (1962).

ZEEGERS H., BONNEFOY D. (1980) - Prospection géochimique stratégique multiélémentaire de la feuille de Plombières les Bains (Vosges) - Rapport BRGM/GMX/GCA n°117.

INDEX MINERALOGIQUE

INDEX MINERALOGIQUE

Acanthite : Ag_2S

Agardite : (Y, Ca) Cu_6 $(AsO_4)_3$ $(OH)_6.3H_2O$

Aïkinite : Cu Pb Bi S_3

Amalgame : Ag, Hg

Amblygonite : (Li, Na) Al PO_4 (F, OH)

Anatase : Ti O_2

Andorite : Ag Pb Sb_3 S_6 (?)

Anglésite : Pb SO_4

Anhydrite : Ca SO_4

Ankérite : Ca (Mg, Fe) $(CO_3)_2$

Annabergite : Ni_3 $(As\ O_4)_2.8H_2O$

Annivite : Cu_3 (As, Bi) S_3

Antimoine natif : Sb

Antlérite : Cu_3 $SO_4(OH)_4$

Apatite : $Ca_5(PO_4)_3F$

Aragonite : Ca CO_3

Aramayoite : Ag (Sb, Bi) S_2

Argent natif : Ag

Argentite	: Ag_2S
Argentopyrite	: $Ag\ Fe_2\ S_3$
Argyrite	: Argentite
Argyrose	: Acanthite
Arsenic nactif	: As
Arsénolite	: As_2O_3
Atacamite	: $Cu_2\ Cl(OH)_3$
Aurichalcite	: $(Zn, Cu)_5(CO_3)_2(OH)_6$
Autunite	: $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2.12H_2O$
Azurite	: $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$
Barytine	: $Ba\ SO_4$
Berthiérite	: $Fe\ Sb_2\ S_4$
Bertrandite	: $Be_4\ Si_2\ O_7\ (0H)_2$
Béryl	: $Be_3\ Al_2\ Si_6\ O_{18}$
Bismuth natif	: Bi
Bismuthinite	: Bi_2S_3
Bismutite	: $(BiO_2)_2CO_3$
Blende	: ZnS
Bornite	: $Cu_5Fe\ S_4$
Boulangérite	: $Pb_5\ Sb_4\ S_{11}$

Bournonite : $Cu\ Pb\ SbS_3$

Brannérite : $(U, Ca, Th, Y)\ ((Ti, Fe)_2O_6)$

Braunite : $Mn^{2+}\ Mn^{3+}_6\ SiO_{12}$

Bravoïte : $(Ni, Fe)\ S_2$

Brochantite : $Cu_4SO_4(OH)_6$

Calcite : $Ca\ CO_3$

Cassitérite : SnO_2

Céragyrite : Chlorargyrite

Cérusite : $Pb\ CO_3$

Chalcanthite : $Cu\ SO_4.5H_2O$

Chalcocite : Cu_2S

Chalcopyrite : $Cu\ Fe\ S_2$

Chalcosine : Chalcocite

Chalcostibite : $Cu\ S\ Sb_2$

Chalcotrichite : Cuprite

Chapmanite : $Fe_5\ Sb_2\ Si_5O_{20}.2H_2O$

Chessylite : Azurite

Chloanthite : $NiAs_2$

Chlorargyrite : $AgCl$

Chlorotile : $Cu_2\ AsO_4\ OH\ 1\text{-}2\ H_2O$

Chrysobéryl : $B_2Al_2O_4$

Chrysocolle : $CuSiO_3.2H_2O$

Cinabre : Hg S

Clausthalite : Pb Se

Clinoclasite : Cu_3 As $O_4(OH)_3$

Cobaltite : Co As S

Cornubite : $Cu_5 (AsO_4)_2(OH)_4$

Cornwallite : $Cu_5(AsO_4)_2(OH)_4$

Cosalite : Cu Pb_7 Bi_8 S_{22}

Coturnite : Pb Cl_2

Covellite : Cu S

Cryptomélane : K Mn^{2+} $Mn^{4+}{}_7$ $O_{16}.H_2O$

Cubanite : Cu Fe_2 S_3

Cuivre natif : Cu

Cuivre gris : Tennantite ou tétraédrite

Cuprite : Cu_2O

Cyanotrichite : Cu_4 $Al_2(SO_4)(OH)_{12}.2H_2O$

Descloizite : Pb (Zn, Cu)VO_4OH

Devillite : Ca Cu_4 $(SO_4)_2(OH)_6.3H_2O$

Digénite : Cu_9 S_5

Dioptase : $CuSiO_2(OH)_2$

Dolomite : $CaMg(CO_3)_2$

Dyscrasite : Ag_3Sb

Ebelménite : Oxyde hydraté Mn, Ba, K

Electrum : Au, Ag

Emplectite : $CuBiS_2$

Enargite : Cu_3AsS_4

Erinite : Aluminosilicate Fe^{2+}, Ca

Erubescite : Bornite

Erythrite : $CO_3(AsO_5)_2.8H_2O$

Ferbérite : $FeWO_4$

Ferrimolybdite : $Fe^{3+}(MO\ O_4)_3.7H_{20}$

Fibroferrite : $Fe^{3+}\ SO_4\ OH.5H_2O$

Fluorine (ou Fluorite) : CaF_2

Fluckite : $Ca\ Mn\ H_2(AsO_4)_2.2H_2O$

Francevillite : $(Ba, Pb)(UO_2)_2(VO_4)_2.SH_{20}$

Freibergite : $(Cu, Ag)_3\ Sb\ S_3$

Freieslebénite : $Ag_5\ Pb_3\ Sb_5\ S_{12}$

Fulöppite : $Pb_3\ Sb_8\ S_{15}$

Galène : Pb S

Gersdorffite : Ni As S

Glaucodot : (Co, Fe) As S

Goethite : FeO.OH

Graphite : C

Greenockite : Cd S

Guerinite : $Ca_5H_2 (AsO_4)_4.9H_2O$

Gypse : $Ca\ SO_4.2H_2O$

Halite : Na Cl

Haidingérite : $Ca\ H\ AsO_4.H_2O$

Hausmannite : Mn_3O_4

Hématite : Fe_2O_3

Hémimorphite : $Zn_4\ Si_2\ O_7(OH)_2.H_2O$

Hessite : $Ag_2\ Te$

Hoernésite : $Mg_3 (AsO_4)_2.8H_2O$

Hollandite : (Ba, Na, K) $Mn^{2+}_2Mn^{4+}_{6,5}O_{16}.H_2O$

Hydrozincite : $Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$

Idaïte : $Cu_5\ Fe\ S_6$

Ilménite : $Fe\ Ti\ O_3$

Jamesonite : $Pb_4\ Fe\ Sb_6\ S_{14}$

Jarosite : $K\ Fe^{3+}_3 (SO_4)_2(OH)_6$

Jordisite : MoS_2

Kaolinite : $Al_2 Si_2O_5(OH)_4$

Kermésite : $Sb_2 S_2O$

Kobellite : $Pb_5 (Bi, Sb)_8S_{17}$

Kullerudite : $NiSe_2$

Lampadite : Oxyde hydraté Mn, Cu

Langite : $Cu_4 (SO_4)(OH)_6.2H_2O$

Lépidocrocite : FeO.OH

Libéthénite : $Cu_2 PO_4 OH$

Limonite : Oxydes + hydroxydes Fe

Linarite : $(Pb, Cu)_2 SO_4 (OH)_2$

Litharge : PbO

Löllingite : $FeAs_2$

Luzonite : $Cu_3 (Sb, As) S_4$

Mackinawite : Fe S

Maghemite : Fe_3O_4

Magnétite : Fe_3O_4

Malachite : $Cu_2 CO_3(OH)_2$

Manganite : Mn O.OH

Manganogel : MnO_2 amorphe

Marcasite : $Fe\ S_2$

Matildite : $Ag\ Bi\ S_2$

Mauchérite : $Ni_3\ As_2$

Mélaconite : Ténorite

Mélantérite : $Fe\ SO_4.7H_2O$

Melnikovite (ou melnicovite) : $F_2\ S_3\ H_2O$ (?)

Meneghinite : $Pb_{13}\ Sb_7\ S_{23}$

Méta-aunite : $Ca\ (UO_2)_2(PO_4)_2.6H_2O$

Miargyrite : $Ag\ Sb\ S_2$

Millérite : $Ni\ S$

Mimétèse ou Mimétite : $Pb_5(AsO_4)_3\ Cl$

Minium : Pb_3O_4

Mirabilite : $Na_2\ SO_4.10H_2O$

Mispickel (ou arsénopyrite) : $Fe\ As\ S$

Mixite : $Cu_{11}\ Bi\ (AsO_4)_5(OH)_{10}.6H_{20}$ (?)

Molybdénite : MoS_2

Molybdite : MoO_3

Monazite : $(La, Ce)\ PO_4$

Monohydrocalcite : $Ca\ CO_3.H_2O$

Myargyrite : Miargyrite

Nickéline ou Nickélite : $Ni\ As$

Olivénite : $Cu_2\ AsO_4\ OH$

Opale : $SiO_2\ n\ H_2O$

Or natif : Au

Orpiment : $As_2\ S_3$

Panabase : Tétraédrite

Paracoquimbite : $Fe_2^{3+}(SO_4)_3.9H_2O$

Partzite : $Cu_2Sb_2\ (O,OH)$

Pavonite : $(Ag, Cu)(Bi, Pb)_3\ S_5$

Pearcéite : $Ag_{16}\ As_2\ S_{11}$

Pechblende : Uraninite

Pentlandite : $(Fe, Ni)_9\ S_8$

Pharmacosidérite : $K\ Fe^{3+}_4((OH)_4/(AsO_4)_3).6\text{-}7H_2O$

Phénacite : Be_2SiO_4

Picropharmacolite : $H_2\ Ca_4\ Mg\ (AsO_4)_4$

Plagionite : $Pb_5\ Sb_8\ S_7$

Plumbojarosite : $Pb\ Fe_6(SO_4)_4\ (OH)_{12}$

Polianite : Pyrolusite

Polyargyrite : $Ag_{24}\ Sb_2\ S_{15}$ (?)

Polybasite : $Ag_{16}\ Sb_2\ S_{11}$

Polydymite : $Ni_3 S_4$

Posjnackite : $(Cu_4)(SO_4)(OH)_6.H_2O$

Powellite : $Ca\ Mo\ O_4$

Proustite : $Ag_3\ As\ S_3$

Psilomélane : $(Ba, Mn^{2+})\ Mn_4^{4+}O_8(OH)_2$

Pyrargyrite : $Ag_3\ Sb\ S_3$

Pyrite : $Fe\ S_2$

Pyrolusite : $Mn\ O_2$

Pyromorphite : $Pb_5(PO_4)_3\ Cl$

Pyrrhotite (ou Pyrrhotine) : FeS

Quartz : SiO_2

Ramdohrite : $Ag\ Pb\ Sb_3\ S_6$?

Rammelsbergite : $Ni\ As_2$

Ramsdellite : MnO_2

Ranciéite : $(Ca, Mn^{II})\ Mn^{IV}_4O_9.3H_2O$

Rauenthalite : $Ca_3(AsO_4)_2.10H_2O$

Réalgar : As_4S_4

Rhodochrosite : $Mn\ CO_3$

Rhodonite : $Mn\ SiO_3$

Romanéchite : Psilomélane

Rosslérite : $MgH\ AsO_4.7H_2O$

Rutile : TiO_2

Safflorite : $Co\ As_2$

Sainfeldite : $H_2\ Ca_5\ (AsO_4)_4.4H_2O$

Schapbachite : mélange Matildite + Galène

Scheelite : $Ca\ WO_4$

Scorodite : $Fe\ AsO_4.2H_2O$

Semseyite : $Pb_9\ Sb_8\ S_{21}$

Sénarmontite : $Sb_2\ O_3$

Sidérite : $Fe\ CO_3$

Sidérose : Sidérite

Skutterudite : $Co\ As_3$

Smaltite (ou Smaltine) : $Co\ As_2$

Smithsonite : $Zn\ CO_3$

Soufre natif : S_8

Spath-fluor : Fluorine

Sphalérite : Blende

Stéphanite : $Ag_5\ Sb\ S_4$

Sternbergite : $Ag\ Fe_2\ S_3$

Stibiconite : $Sb^{III}\ Sb^{V}_2(O, OH, H_2O)$

Stibine : $Sb_2 S_3$

Stolzite : $Pb WO_4$

Strashmirite : $Cu_8 (AsO_4)_4(OH)_4.5H_2O$

Stroméyérite : Ag Cu S

Sylvite : K Cl

Sylvinite : Halite + Sylvite

Symplésite : $Fe^{2+}_3(AsO_4)_2.8H_2O$

Talméssite : $Ca_2 Mg (AsO_4)_2.2H_2O$

Tennantite : $Cu As S_{3,25}$

Ténorite : CuO

Tétradymite : Bi_2Te_2S

Tétraédrite : $Cu_3 Sb S_{3,25}$

Thorite : $Th SiO_4$

Titanite : $Ca Ti SiO_5$

Todorokite : $(Mn, Ba, Ca, Mg) Mn^{IV}_3O_7.H_{20}$?

Topaze : $Al_2 SiO_4 (OH, F)_2$

Torbernite : $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2.12H_2O$

Tsumébite : $Pb_2 Cu (PO_4)(SO_4)(OH)$

Tyrolite : Arséniate, carbonate Cu, Ca (?)

Ullmannite : Ni Sb S

Uraninite : UO_2

Valentinite : Sb_2O_3

Vanadinite : $Pb_5(VO_4)_3Cl$

Whewellite : $Ca\ C_2O_4.H_2O$

Weilite : $CaH\ As\ O_4$

Wittichénite : $Cu_3\ Bi\ S_3$

Wolframite : $(Fe, Mn)\ WO_4$

Wulfénite : $Pb\ Mo\ O_4$

Wurtzite : $Zn\ S$

Xanthoconite : $Ag_3\ As\ S_3$

Zincite : ZnO

Zinckénite : $Pb\ S\ Sb_2\ S_3$ (?)

Zinkénite : Zinckénite

Zircon : $Zr\ Si\ O_4$

Fig.I

CARTE GEOLOGIQUE DU MASSIF DES VOSGES

LEGENDE

- Quaternaire
- Eocène-Oligocène
- Jurassique
- Trias
- Permien
- Stéphanien
- Viséen inférieur
- Dévono-dinantien
- Dévonien
- Siluro-Ordovicien
- Briovérien
- Schistes cristallins et granites d'anatexie
- Amphibolites
- Roches plutoniques granitoïdes (γb : granites à biotite ; γm leucogranites ; η : granodiorites, diorites et syénites)
- Tufs volcaniques du Viséen supérieur
- Roches volcaniques dévoniennes (en particulier spilites et kératophyres)

0 10 20 30 40 50km

RHENAN

FOSSE

Fig.2

CARTE DES PROSPECTIONS ALLUVIONNAIRES STRATEGIQUES DANS LE MASSIF DES VOSGES

NB. Pour la géologie se reporter à la carte géologique en couleur

LEGENDE

- Quaternaire
- Eocène-Oligocéne
- Jurassique
- Trias
- Permien
- Stéphanien
- Viséen inférieur
- Dévono-dinantien
- Dévonien
- Siluro-Ordovicien
- Briovérien
- Schistes cristallins et granites d'anatexie
- Amphibolites
- Roches plutoniques granitoïdes (γb : granites à biotite ; γm : leucogranites ; η : granodiorites, diorites et syénites)
- Tufs volcaniques du Viséen supérieur
- Roches volcaniques dévoniennes (en particulier spilites et kératophyres)
- Surface prospectée
- EPINAL — Nom de la carte à 1/50.000
- 604 — Nombre de batées effectuées sur la carte
- 8322 — Nombre total de batées
- ++++ — Frontière du Palatinat

0 10 20 30 40 50km

LEMBACH 189
SARREBOURG 161
SAVERNE 384
CIREY-sur-VEZOUZE 464
MOLSHEIM 417
LUNEVILLE 96
RAMBERVILLERS 235
SAINT-DIE 538
SELESTAT 619
EPINAL 206
GERARDMER 665
COLMAR 315
BRUYERES 534
VITTEL 244
MONTHUREUX-sur-SAONE 234
PLOMBIERES-les-BAINS 334
REMIREMONT 440
MUNSTER 604
NEUF-BRISACH 270
LUXEUIL-les BAINS 65
GIROMAGNY 379
THANN 387
LURE 529
13
BELFORT

RHENAN
FOSSE

Fig.3

CARTE DES PROSPECTIONS GEOCHIMIQUES MULTI-ELEMENT DANS LE MASSIF DES VOSGES

(Sédiments de ruisseaux, sols sur alluvions, sols en fond de vallon et sols)

NB. Pour la géologie se reporter à la carte géologique en couleur

LEGENDE

- Quaternaire
- Eocène-Oligocène
- Jurassique
- Trias
- Permien
- Stéphanien
- Viséen inférieur
- Dévono-dinantien
- Dévonien
- Siluro-Ordovicien
- Briovérien
- Schistes cristallins et granites d'anatexie
- Amphibolites

- Roches plutoniques granitoïdes (γb : granites à biotite ; γm : leucogranites ; η : granodiorites, diorites et syénites)
- Tufs volcaniques du Viséen supérieur
- Roches volcaniques dévoniennes (en particulier spilites et kératophyres)
- Surface prospectée
- THANN — Nom de la carte à 1/50.000
- 1185 — Nombre de prélèvements dans la carte
- 15903 — Nombre total des prélèvements
- ++++ — Frontière du Palatinat

0 10 20 30 40 50 km

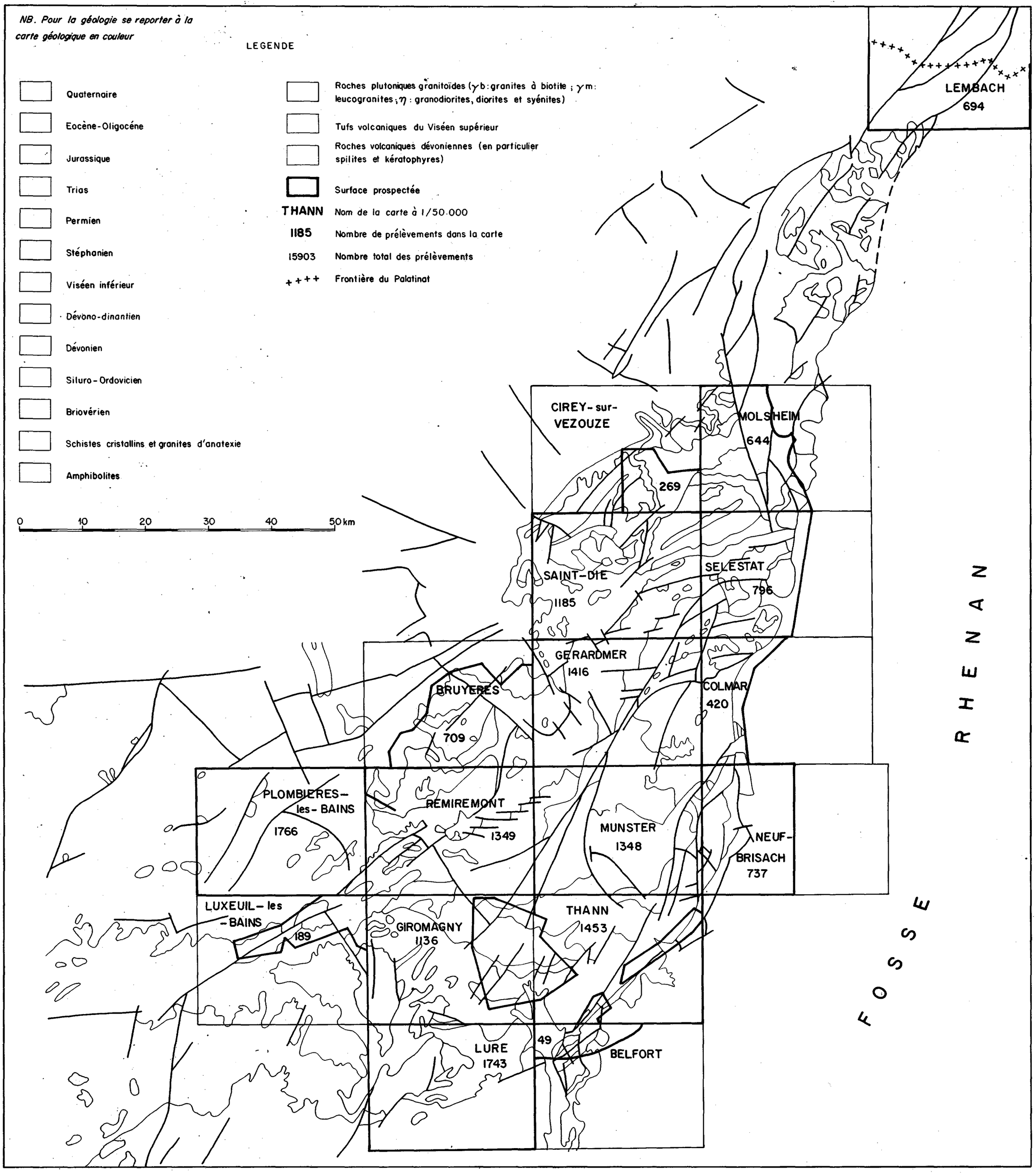
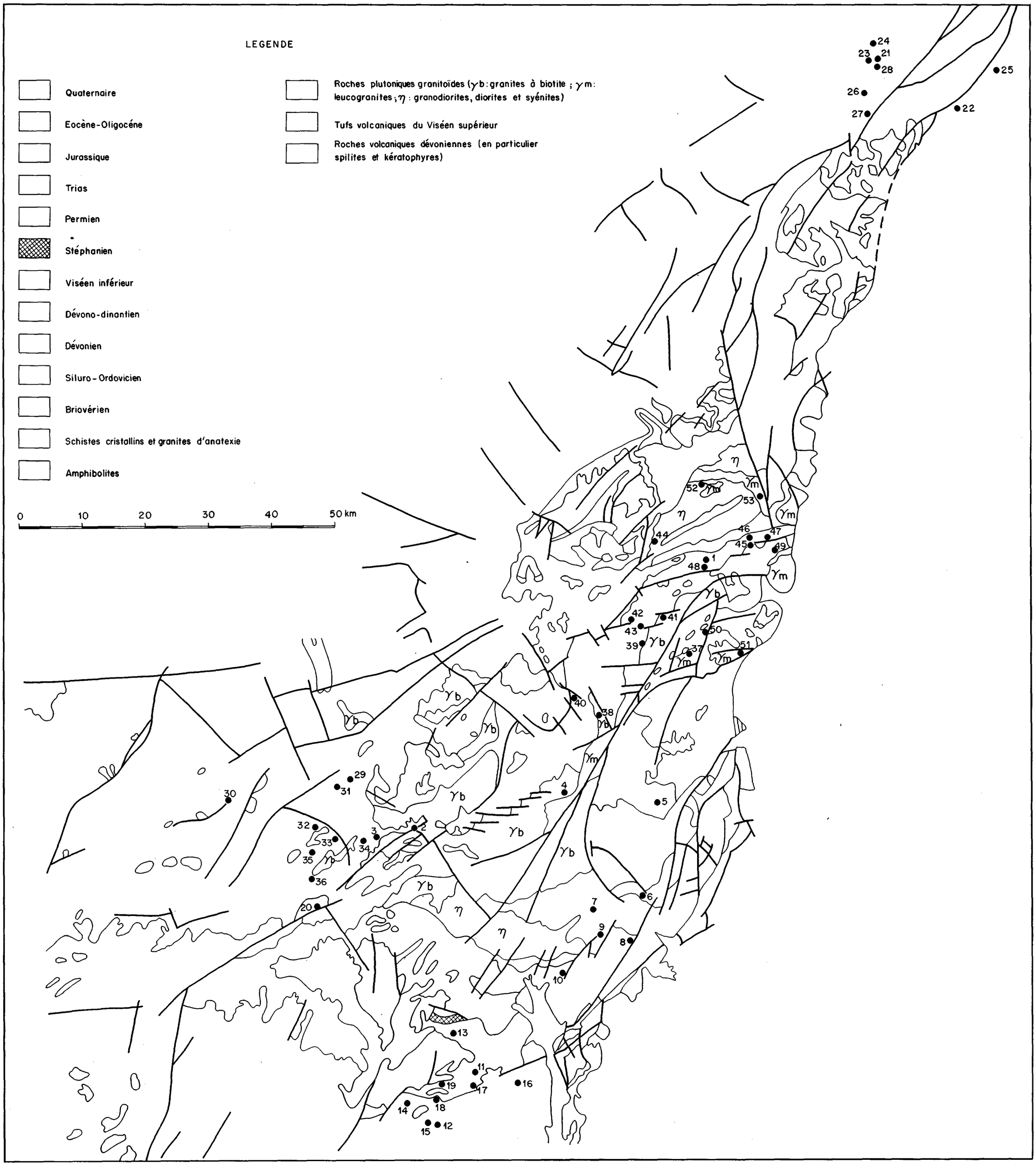


Fig. 4

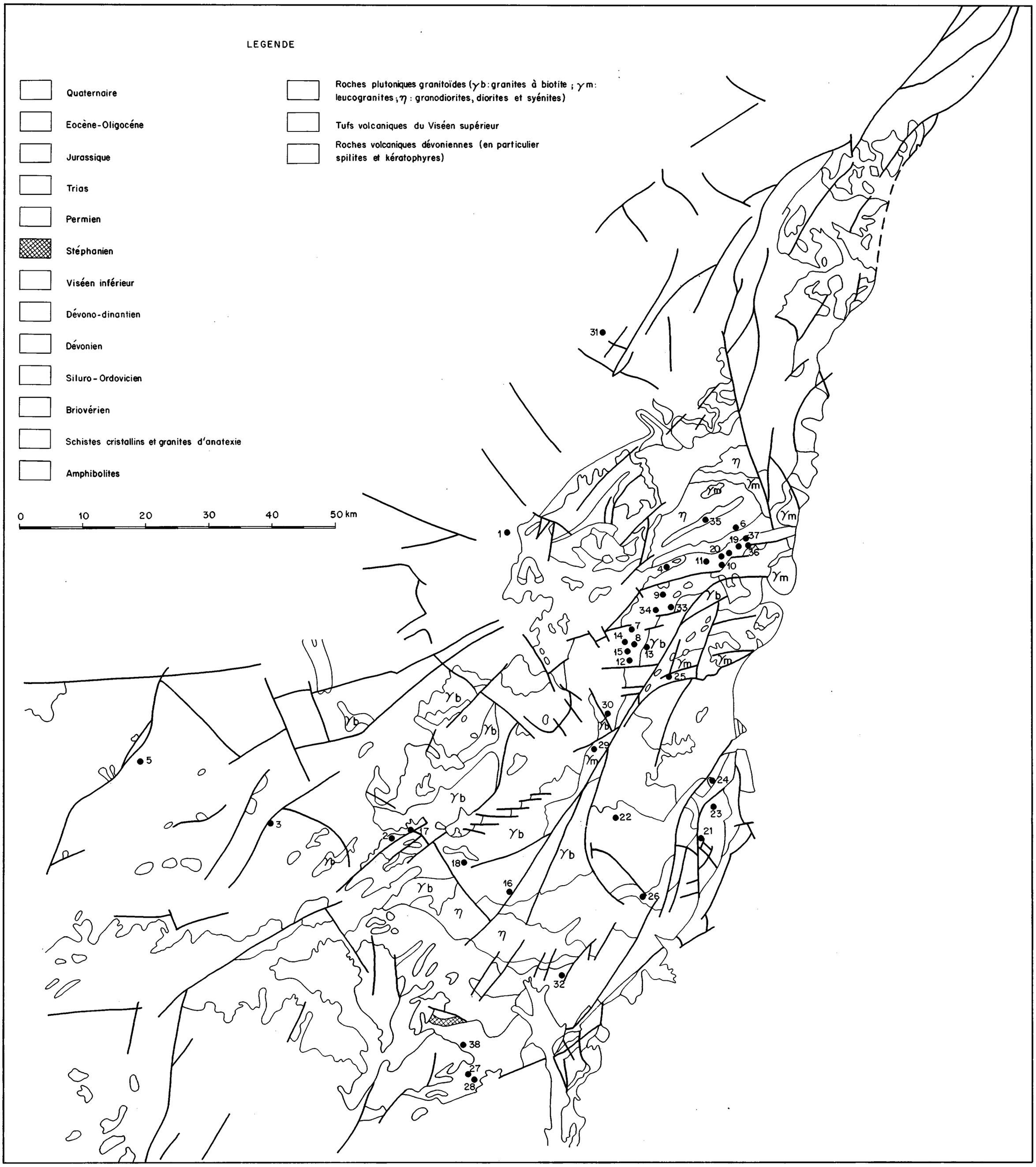
PROSPECTIONS GEOCHIMIQUES SEMI-STRATEGIQUES



1. Rain des Allemands (68) : Sb-Pb-Zn
2. Hérival (88) : Pb-Zn-Cu-Ag-F
3. Le Roulier (88) : Cu-Ag-Pb-Zn-F
4. La Petite Bresse (88) : Pb-Zn-Cu
5. Ober-Breitenbach (68) : W
6. Moosch-nord (68) : W-Sn
7. Bois de Rimbach (68) : Cu-Zn-Ag-As
8. Willer-sur-Thur (68) : Pb-Zn-Ag-As
9. Brandeskopf-Reimbach (68) : Pb-Zn-Cu-Ag-As
10. La Tête du Mineur (90) : Sb
11. Chagey (70) : W-Sb-As-Au
12. Corcelles (70) : Pb-Zn
13. Le Magny d'Amigon (70) : Pb-Zn
14. Saint-Georges (70) : Pb-Zn-Ag-Mo
15. Granges-le-Bourg (70) : Pb-Ag
16. Echenans (70) : Cu-Zn-Ag
17. Dodane (70) : Cu-Ag
18. Forêt-de-Granges (70) : Cu-Ag
19. Faymont (70) : Cu-Ag
20. La Gabiotte (70) : W-As-Ag
21. Sturzelbronn (67) : Pb
22. Mattstal (67) : Cu-Pb-Zn
23. Kochen Ech (67) : Pb
24. Erlenkopf (67) : Pb
25. Dürrenberg (67) : Cu-Pb-Zn
26. Landersberg (67) : Cu-Pb-Zn
27. Philippsbourg (67) : Cu-Pb-Zn
28. Mühlenberg (67) : Cu-Pb-Zn
29. La Torêle (88) : Cu-As
30. Les Coupes Mourey (88) : Pb-Zn
31. Fays Richard (88) : Cu-Ag
32. Corbéfaing (88) : Pb-Ag
33. Bois du Fays (88) : Cu-Ag
34. Plombières-les-Bains (88) : Cu-Pb-Ag
35. Le Clajus (88) : Pb
36. Allevillers et Noyaumont : Zn-As-Ag
37. Le Chauffour (68) : W
38. Squainfaing (88) : Multi-éléments
39. Au Voué (88) : Pb-Zn
40. Gerbépal (88) : Pb-Zn
41. Wisenbach (88) : Multi-éléments
42. Raves (88) : Cu-Pb-Zn
43. Layegoutte (88) : Cu-Pb-Zn
44. Le Palais (88) : Pb
45. Maisonsgoutte (67) : Sb
46. Hirsten (67) : Sb
47. Albé (67) : Sb
48. Grande Basse (67) : Sb
49. Triembach-en-Val (67) : W-Sn
50. Bourgade (68) : Mo
51. Bilsteinthal (68) : W
52. Natzwiller (67) : Multi-éléments
53. Bernardswiller (67) : W-Sn

Fig.5

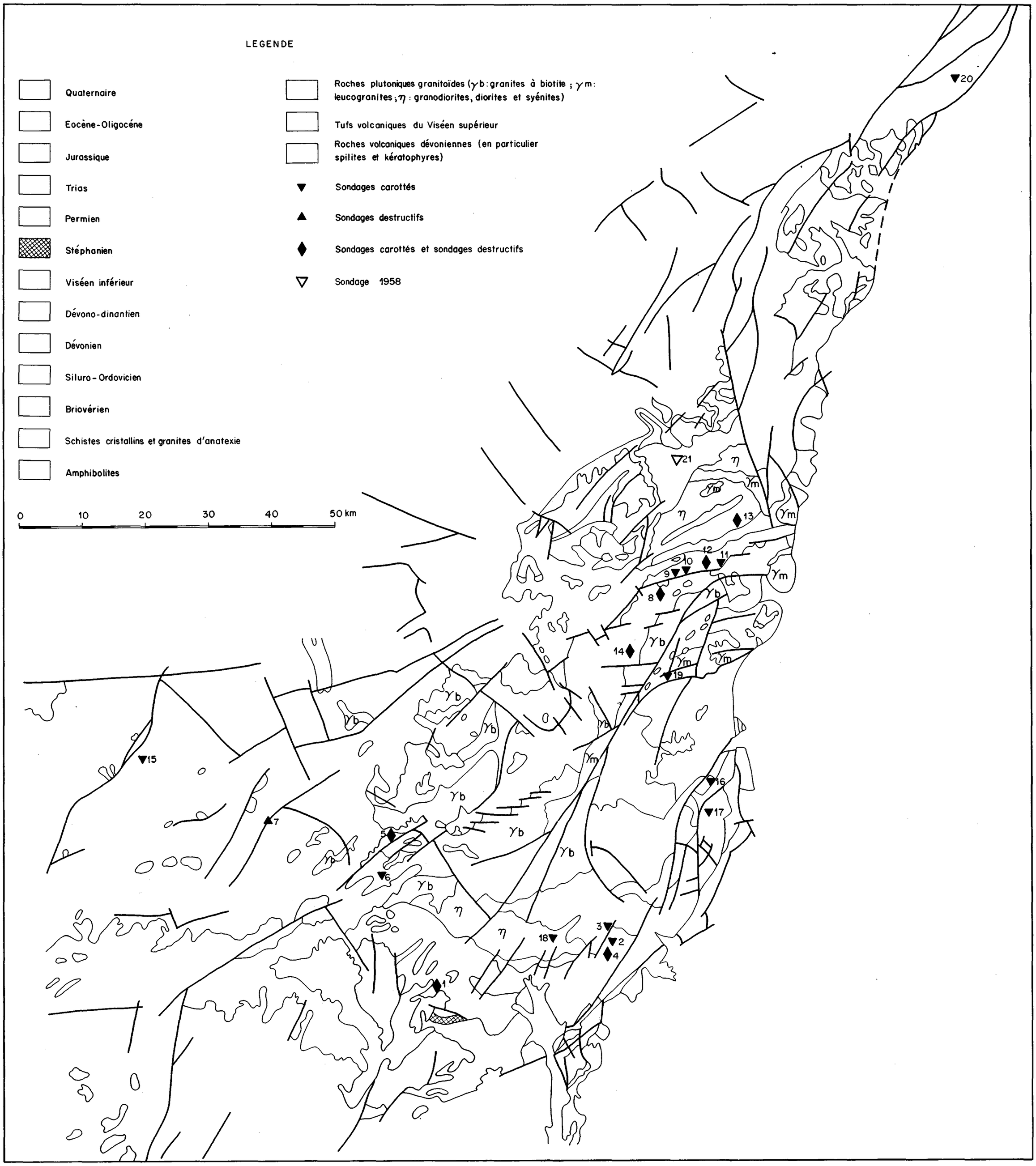
PROSPECTIONS GEOCHIMIQUES TACTIQUES



1. Forêt de Sainte-Barbe (54) : Au
2. Faymont (88) : F
3. Les Trémeures : Pb
4. Le Han ou le Hang (67) : Ag (W)
5. Attigny et Bleurville (88) : F
6. Breitenbach (67) : Mo-W-Cu
7. Ginfosse (88) : Pb-Zn
8. Verpellière (88) : Pb-Zn
9. Lusse (88) : Pb-Zn
10. Charbes (67) : Pb-Zn
11. Rain des Allemands (67) : Sb-Pb-Zn
12. Le Chipal (88) : Pb
13. Lauteru ou Lauterupt (88) : Pb
14. Les Grandes Bollaies (88) : Pb
15. Les Grands Prés (88) : Pb
16. Bussang Fresse-sur-Moselle (88) : Cu-Ag
17. Hérival (88) : Pb-Zn
18. Col du Rhamné (88) : Sb-As
19. Kriegersmatt (67) : Sb
20. La Mine de Wagenbach (67) : Sb-Ag
21. Schweighouse (68) : Pb-Zn-Cu-Ag
22. Le Griebkopf (68) : Sb
23. Osenbach (68) : Pb-Zn-Ag
24. Soultzbach-les-Bains (68) : W-Sn
25. Faurupt (68) : W
26. Moosch nord (68) : W-Sn
27. Bois de La Ture (70) : Sb-W
28. Bois d'Apremont (70) : Au
29. Col des Charbonniers (88) : W-Sn
30. Squainfaing (88) : Sb
31. Ibigny (57) : F
32. Tête du Mineur (90) : Sb-As
33. Haute-Merlusse (88) : W
34. Lesseux (88) : Pb-Zn
35. Bellefosse (67) : Pb-Zn
36. Maisonsgoutte (67) : Sb
37. Hirsten (68) : Sb
38. Bois du May (70) : Cu-Pb-Zn-Ag

Fig.6

CAMPAGNES DE SONDAGES DU BRGM



1. Mont-de-Vannes (70) : F-Pb-Zn-Cu-Ag
2. Sickert (68) : Pb-Cu
3. Brandeskopf (68) : Ba-F
4. Heidenkopf (68) : Pb-Ag
5. Faymont (88) : F-Ba
6. Les Mousses (88) : F
7. Les Trémeures (88) : Pb-F
8. Lusse (88) : Pb-Zn-Ag-Cu-Cd
9. Lubine (88) : Cu-Ag
10. Lubine (88) : W
11. Charbes (67) : Sb
12. Rain des Allemands (67) : Sb
13. Breitenbach (67) : Mo
14. La Croix-aux-Mines (88) : Pb-Zn-Ag-Cu
15. Attigny (88) : F
16. Soultzbach-les-Bains (68) : W-Sn
17. Osenbach (68) : Pb-Zn
18. Langenberg (68) : F
19. Faurupt (68) : W
20. Katzenthal (67) : Pb-Zn-Ag
21. Les Minières (67) : W

BRGM

contribution à la connaissance de la gîtologie de la région Vosges-Alsace-Moselle après 14 années de prospection de la part du B.R.G.M.

annexes

J. Lougnon

Juillet 1985
85 DAM 038 OP4

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
DIRECTION DES ACTIVITÉS MINIÈRES
Division des opérations et participations
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - Tél.: (33) 38.64.34.34

ANNEXE I

PROSPECTIONS ALLUVIONNAIRES STRATEGIQUES

LEMBACH	:	189 batées
SARREBOURG 3-4 et 5-6	:	161 batées
SAVERNE	:	384 batées
LUNEVILLE	:	96 batées
CIREY-sur-VEZOUZE	:	464 batées
MOLSHEIM	:	417 batées
RAMBERVILLERS 3-4 et 7-8	:	235 batées
SAINT-DIE	:	538 batées
SELESTAT	:	619 batées
VITTEL 5-6 et 7-8	:	244 batées
EPINAL 3-4 et 7-8	:	206 batées
BRUYERES	:	534 batées
GERARDMER	:	665 batées
COLMAR	:	315 batées
MONTHUREUX-sur-SAONE 1-2 et 3-4	:	234 batées
PLOMBIERES-les-BAINS	:	334 batées
REMIREMONT	:	440 batées
MUNSTER	:	604 batées
NEUF-BRISACH	:	270 batées
LUXEUIL-les-BAINS 1-2 et 3-4	:	65 batées
GIROMAGNY	:	379 batées
THANN	:	387 batées
LURE	:	529 batées
BELFORT 1-2	:	13 batées
TOTAL	:	8 322 batées

ANNEXE II

PROSPECTIONS GEOCHIMIQUES MULTI-ELEMENTS

LEMBACH	:	694 échantillons
CIREY-sur-VEZOUZE	:	269 échantillons
MOLSHEIM	:	644 échantillons
SAINT-DIE	:	1 185 échantillons
SELESTAT	:	796 échantillons
BRUYERES	:	709 échantillons
GERARDMER	:	1 416 échantillons
COLMAR	:	420 échantillons
PLOMBIERES-les-BAINS	:	1 766 échantillons
REMIREMONT	:	1 349 échantillons
MUNSTER	:	1 348 échantillons
NEUF-BRISACH	:	737 échantillons
LUXEUIL-les-BAINS	:	189 échantillons
GIROMAGNY	:	1 136 échantillons
THANN	:	1 453 échantillons
LURE	:	1 743 échantillons
BELFORT	:	49 échantillons
TOTAL	:	15 903 échantillons

ANNEXE III

PROSPECTIONS HYDROGEOCHIMIQUES STRATEGIQUES DU FLUOR

1973	: 770 analyses	:	cartes de BRUYERES et EPINAL
1974	: 448 analyses	:	cartes de BRUYERES et GERARDMER
1975	: 393 analyses	:	cartes de GERARDMER, VITTEL et MONTHUREUX-sur-SAONE
1976	: 482 analyses	:	cartes de REMIREMONT et MUNSTER
1976	: 70 analyses	:	carte de SARREBOURG
1977	: 735 analyses	:	carte de MUNSTER
1977	: 390 analyses	:	carte de GIROMAGNY
1978	: 549 analyses	:	cartes de THANN, NEUF-BRISACH et PLOMBIERES-les-BAINS
1979	: 937 analyses	:	cartes de LURE et PLOMBIERES-les-BAINS
1980	: 302 analyses	:	cartes de LEMBACH et LUXEUIL-les-BAINS
1981	: 20 analyses	:	carte de BELFORT
TOTAL	: 5 096 analyses		

ANNEXE IV a

CARTE DE BRUYERES

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. La Forge (88)	Sn, Pb, Cu	Néant	Structure erratique. Dispersion mécanique d'origine glaciaire probable.
2. Faucompierre (88)	Pb, (Ag, Sb, Zn)	Néant	Sur un socle de leptynite surmonté de grès triasiques.
3. Bonne Fontaine (88)	Pb, Zn, Cu, (Ag)	Néant	Sur un socle migmatitique et granitique.
4. Col du Singe (88)	As, Pb, Zn, (Ba)	Néant	
5. Cellet-Bas (88)	As, Pb	Néant	
6. Les Bloquées (88)	Pb, Ag	Néant	Sur le prolongement de l'anomalie Ag de la ferme de Noir Rupt (feuille de Remiremont).
7. Stéaumont (88)	Pb, Ag	Néant	
8. La Racine (88)	Zn, As, Pb	Néant	Anomalie en partie formationnelle (granite à amphibole).

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
9. Tendon (88)	Pb, Zn, Cu, Ag	Néant	Minéralisation disséminée dans le Trias (Pb, Ag), ou faciès basiques du socle (Cu, Zn).
10. Tête des Cuveaux (88)	Ba	Néant	Anomalie en relation avec la barytine de la base du Trias.

ANNEXE IV b

CARTE DE CIREY-sur-VEZOUZE

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Le Harcholet (88)	Pb	Néant	Anomalie à faibles teneurs jalonnant la base du Buntsandstein.
2. Roitelet (88)	Pb	Néant	A la base des grès vosgiens.
3. Le Noir Brocard (88)	Ag, Cu, Pb	Néant	Sur les grès vosgiens.

ANNEXE IV c

CARTE DE COLMAR

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Ribeauvillé (68)	Ag, Ba, Pb	Néant	
2. Aubure (68)	Ag, Ba	Néant	
3. Sillthal (68)	Ag, As	Néant	
4. Taenchel 1 (68)	Pb, Zn,(W, As)	Néant	
5. Taenchel 2 (68)	Pb	Néant	
6. Bourgonde (68)	Zn, (Cu, As, Mo)	Complément de géochimie (16 échantillons Mo).	Anciens travaux de district de Sainte-Marie-aux-Mines.
7. Bilsteinthal (68)	Cu, Zn (Pb, W, As)	Prospection alluvionnaire et complément de géochimie (16 échantillons W).	
8. Ammerschwihr (68)	As, Pb, (Zn, W)	Néant	
9. Kaysersberg (68)	As, (Cu, Zn, Pb)	Néant	
10. Brunnengraben (68)	Zn, (Pb, As)	Néant	
11. Brey (68)	Ba, (Zn, As)	Néant	

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
12. Niedermorsch-wihr (68)	W, As (Pb)	Néant	
13. Grossthal	W	Néant	
14. Nicolas	W	Néant	

ANNEXE IV d

CARTE DE GERARDMER

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Le Grand Valtin (88)	W, (As)	Prospection géochimique tactique W.	Indices alluvionnaires de scheelite et cassitérite. Anomalie recouvrant partiellement le leucogranite du Valtin.
2. Bois Saint-Léonard (88)	W, (As)	Complément de prospection alluvionnaire.	Dans la bande SW du bassin permien de Saint-Dié.
3. Forêt de Vologne (88)	As, W, Ag, Pb	Néant	
4. Le Chauffour (68)	W	Prospection géochimique semi-stratifique pour W.	Anomalie dans les gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines, près du contact avec leucogranite du Brézouard. Confirmation d'indices alluvionnaires de scheelite.
5. Faurupt (68)	W, Cu, Pb	Travaux très antérieurs à la mise en évidence de l'anomalie géochimique (prospections géochimiques tactiques ; tranchée et sondages carottés).	Anomalie confirmant les indices alluvionnaires de scheelite (et wolframite), du ruisseau de Fauru.
6. Les Flammes (88) (88)	W, Pb	Néant	

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
7. La Verse (88)	Pb	Néant	
8. Lapoutroie (68)	As, Ag	Néant	
9. La Hollée (68)	Zn, Ni, Cr	Néant	
10. Sainte-Marie-aux-Mines (68)	Pb, Zn, Cu, Ag	Néant	Anciens travaux très importants.
11. La-Croix-aux-Mines (88)	Pb, Zn, Cu, Ag	Néant	Anciens travaux très importants.
12. Le Voué (88)	Pb, Ag	Compléments de géochimie (15 échantillons pour Pb et Zn).	Anomalie ponctuelle à teneur élevée, non loin des anciens travaux de La-Croix-aux-Mines.
13. Squainfaing (88)	Pb, Ag	Prospection géochimique et alluvionnaire complémentaire tranchées.	Anomalie ponctuelle. Filon de quartz à pyromorphite.
14. Gerbépal (88)	Zn, Pb	Complément de géochimie (15 échantillons pour Pb et Zn).	Anomalie ponctuelle.

ANNEXE IV e

CARTE DE GIROMAGNY

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Recelaxert (70)	Pb, Ag, Cu, Sn	Néant	
2. Ternuay - Melay et Saint-Hilaire (70)	Cu, Ag	Néant	
3. La Houillère (70)	Pb, Zn, Cu	Néant	Pollution par les anciennes exploitations de houille de Ronchamp.
4. Ferme Beutry (70)	Pb, Ag	Néant	Anomalie ponctuelle.
5. Les Maires d'Avaux (70)	Ag	Néant	Anomalie proche des indices de fluorine de La Broche et Lanoz du Pin. A rappeler que, dans certains cas, Ag constitue un traceur de la fluorine.
6. Les Granges du Bois (70)	Ag	Néant	Pollution probable par dépôts glaciaires.
7. Etang de la Gélinotte (70)	Ag	Néant	Au voisinage de Faucogney, région où a été signalée une ancienne exploitation (non retrouvée) de galène argentifère.

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
8. La Mer (70)	Ag	Néant	Dans un secteur où aurait existé, avant la Révolution de 1789, une mine de Cu et Co. Mais, pas d'anomalie pour ces deux métaux.
9. Beulotte - Saint-Laurent (70)	As	Analyses pour Au.	Zone anomale étendue. Pas d'anomalie Au.
10. Beulotte-la-Guillaume (70)	As	Analyses pour Au.	Zone anomale étendue (8 prélèvements), englobant l'anomalie Ag de La Mer. Pas d'anomalie Au.
11. Mourière (70)	As	Néant	

ANNEXE IV f

CARTE DE LEMBACH

(Analyses géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Kochen Eck (57)	Pb	Prospection au marteau et compléments de prospection géochimique. (20 échantillons).	Teneurs anomales élevées. Pollution par ouvrages militaires. Indices de PbO disséminés dans niveaux conglomératiques de la base des grès des Vosges.
2. Sturzelbronn (57)	Pb	Prospection au marteau et complément de prospection géochimique (5 échantillons).	Pollution par ouvrages militaires.
3. Bois de Lembach (67)	Pb, Zn	Néant	Anciens travaux pour Fe.
4. Durrenberg (67)	Pb, (Zn, Ba, Cu)	Complément de géochimie. (89 échantillons pour Cu, Pb et Zn).	Anomalie étendue, recoupée par une fracture parallèle à la faille vosgienne. Anciens travaux pour Fe dans la partie NE. Sujet classé sans intérêt.
5. Hohenbourg (67)	Pb, Zn, Cu, Ag	Néant	Indice alluvionnaire de pyromorphite. Dans l'emprise du champ filonien associé à la faille vosgienne.
6. Falkenberg (67)	Pb, Zn, Cu, Ba	Néant	Cf. Hohenbourg.

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
7. Erlenkopf (57)	Pb résiduel	Prospection au marteau. Complément de prospection géochimique (15 échantillons).	Anomalie de faible niveau. Pollution par ouvrages militaires.
8. Stechbrunnel (67)	Pb résiduel	Néant	
9. Neunhoffen (67)	Pb résiduel	Néant	
10. Climbach (67)	Cu, Zn, (As)	Néant	
11. Rott (67)	Cu, (As)	Néant	
12. Muhlenberg (57)	Cu, (Zn)	Complément de géochimie (15 échantillons pour Cu, Pb et Zn).	Alignement SW-NE.
13. Mattsall (67)	Cu, (Ag)	Complément de géochimie (16 échantillons pour Cu, Pb et Zn).	Anomalie de faible niveau. Sujet classé sans intérêt.
14. Nehwiller (67)	Cu, (Ag, Pb, Zn, As)	Néant	
15. Lembach (67)	Zn, Cu, As, (Pb)	Néant	Anomalie ponctuelle.
16. Landersberg (57)	Cu, Zn	Complément de géochimie (5 échantillons pour Cu, Pb et Zn).	Anomalie ponctuelle. Sujet classé sans intérêt.
17. Philippsbourg (57)	Cu	Complément de géochimie (5 échantillons pour Cu, Pb et Zn).	Anomalie ponctuelle. Sujet classé sans intérêt.

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
18. Bois de Kirchspiel (67)	As, Pb	Néant	
19. Goesdorf (67)	Zn, Ba, As	Néant	Anciens travaux.
20. Lampertsloch (67)	As, Ba, Zn	Néant	Anciens travaux.

ANNEXE IV g

CARTE DE LURE

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Magny d'Anigon (70)	(Pb, Zn, Ag)	Complément de prospection géochimique pour Pb, Zn (16 échantillons).	Ancienne exploitation de houille dans l'environnement immédiat. Niveau dm de dolomie Fe et Mn.
2. Saint-Georges (70)	(Pb, Zn, Ag, Mo)	Complément de prospection géochimique (9 échantillons).	Anomalie au contact Trias inférieur - Trias moyen.
3. Bois du May (70)	Ag	Néant	Dans niveaux gréseux du Trias inférieur. Un indice alluvionnaire de galène.
4. La Lizaire (70)	Pb, Ag	Néant	Vraisemblablement, pollution provenant de l'agglomération de Héricourt.
5. Sud Etobon (70) ou Chagey	W, As, Sb	Prospection géochimique avec analyses Au. Puis, dans le bois d'Apremont, prospections tactiques et tranchées pour Au.	Plage W anomale de 6 km^2 environ dans enveloppe anomale As. Indices de Au dans les ruisseaux drainant le massif de Chagey et sa couverture permienne.
6. Granges-le-Bourg (70)	Pb, Ag	Prospection au marteau et au réactif plomb.	Anomalie ponctuelle. Aucun indice découvert.

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
7. Forêt de Granges (70)	Cu, Ag	Prospection au marteau.	Aucun indice découvert.
8. Faymont (70)	Cu	Prospection au marteau. Complément de prospection géochimique (3 échantillons)	Au voisinage de l'indice Cu de Courmont. Aucun indice découvert.
9. Echenans (70)	Cu, Zn, Ag	Prospection au marteau.	Aucun indice découvert.

ANNEXE IV h

CARTE DE LUXEUIL-LES-BAINS

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Chazal (70)	Ag	Néant	Dans le prolongement de l'anomalie Ag des Maires d'Avaux (carte de Giromagny).
2. Bois d'Emery (70)	W	Néant	"Fausse anomalie", non confirmée par les analyses de contrôle (toutes teneurs < 20 ppm W).
3. La Gabiotte (70)	W, (As)	Prospection marteau négative.	Incides alluvionnaires associés de scheelite et cassitérite.

ANNEXE IV i

CARTE DE MOLSHEIM

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Natzwiller (67)	Cu, Mo, W, Ag, (Pb, Zn)	Prospection géochimique tactique (88 échantillons).	Anomalie étendue sur la partie SE du granite intrusif de Natzwiller. Découverte d'indices fissuraux Cu-Mo.
2. Wolfsbruck ou Bernardswiller (67)	Sn, (As)	Prospection géochimique tactique (91 échantillons W, Sn).	Dans le leucogranite du Kagenfels. Egalement anomalie en Be et indices alluvionnaires de cassitérite et scheelite.
3. Neugruenrain (67)	Zn, Pb, As	Néant	
4. Saint-Nabor (67)	Ba, Pb, Cu, (Zn, Ag, As)	Néant	
5. Hohenstein (67)	As, (Pb)	Néant	

ANNEXE IV j

CARTE DE MUNSTER

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Murbach (68)	Zn, Pb, (Ag, Cu, As)	Prospection au marteau.	Anciens travaux pour Fe.
2. Sud-Est Schweighouse (68)	Pb, Zn, Cu, Ag, As, Ba, Ni, Co, Cr	Prospection géochimique.	Pollution d'origine inconnue.
3. Ranspach (68)	Cu, Ag, (Pb, Zn)	Néant	Pollution probable.
4. Le Markstein-kopf (68)	Cu, Ag, Pb, (As)	Néant	Pollution probable.
5. Sadelkopf (68)	Pb	Néant	
6. Cornimont (88)	Pb, Zn, Cu, (Sn)	Néant	
7. La Petite Bresse	Pb, Zn	Complément géochimique : 19 échantillons. Complément alluvionnaire : 4 batées.	Quartz filonien avec barytine et oxydes de fer, dans le ruisseau du Moyenmont. Anomalie faible et très localisée.
8. Munster - Stosswihr (68)	Pb, Cu, (Sn)	Néant	Anciens travaux pour Cu.
9. Fellering (68)	Pb, Zn, Cu, Ag, Sn	Néant	Anciens travaux pour Cu.

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
10. Ober-Breitenbach (68)	W	Géochimie semi-stratégique pour W.	Faibles indices de scheelite dans filonets de quartz intragranitiques.
11. Schmelruntz	Sb	Néant	Anomalie ponctuelle. Pollution probable.

ANNEXE IV k

CARTE DE NEUF-BRISACH

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Nord Osenbach (68)	Pb, Zn, Cu, Ag, (Mn)	Prospections géochimiques Pb-Zn-Ag, tranchées et sondage carotté.	Anomalie superposée assez nettement au Muschelkalk calcaréo-dolomitique de la colline sous-vosgienne locale. Faibles indices de PbO et ZnO.
2. Herrenwald (68)	W	Prospection géochimique tactique W-Sn, tranchées d'échantillonnage et sondages carottés (2).	Indices alluvionnaires de cassitérite et scheelite découverts antérieurement. Cassitérite dans "bouffées" de greisens ; scheelite fine accompagnant la cassitérite et la scheelite grossière dans filons et filonets de quartz intragranitiques. Egalement, scheelite + sulfures dans filets recoupant les cornéennes.
3. Aspachtal (68)	Pb, Ag	Néant	Bien qu'il n'y ait pas d'anomalie Cu, pollution probable par les anciens travaux pour Cu et Pb.

ANNEXE IV 1

CARTE DE PLOMBIERES-LES-BAINS

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Les Trémeures (88)	Pb, (Ag)	Travaux (prospection géochimique, tranchées et sondage Stenwick) antérieurs à la mise en évidence de l'anomalie.	A proximité de l'indice Pb-F de la carrière des Trémeures.
2. Corbéfaing (88)	Pb, Ag	Prospection au marteau et au réactif Pb.	Anomalie au contact Socle-Trias. Traces de pyromorphite et barytine dans les batées. Indices découverts, sans intérêt, de Ba + Pb O.
3. La Torèle (88)	Cu, Ag, As	Complément géochimique : 49 échantillons.	Incluse dans une zone étendue enrichie en Ag, As et Cu. Au voisinage, Mn et malachite dans bancs dm au-dessus conglomérat principal.
4. Les Coupes Mourey (88)	Ba, (Zn, As)	Complément de géochimie (14 échantillons pour Pb, Zn).	Anomalie non confirmée.
5. Château des Fées (88)	Pb	Néant	Indice, sans intérêt, de Ba et Pb O.

ANNEXE IV m

CARTE DE REMIREMONT

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Tête de l'Avuxon (88)	Pb, (Ag)	Prospection au marteau.	Présence d'un lambeau-témoin du Buntsandstein, avec barytine dans le ciment de grès grossiers.
2. La Grange (88) ou Mont du Tronc	Pb, (Ag) + Ba	Néant	Présence d'une anomalie hydrogéochimique du fluor.
3. Haut-du-Mont (88)	Pb, Ag + Ba	Prospection géophysique VLF et sondages carottés (3) sur le filon des Mousses.	Au voisinage du filon de fluorine des Mousses.
4. Le Housse (88)	Pb, Ag	Néant	
5. Bois des Cailles (88) ou Contrexard	Pb		Anomalies alluvionnaires et hydrogéochimiques du fluor.
6. Bois de la Tête des Anes (88)	Pb		

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
7. Croix Notre-Dame (88) ou Hérival	Pb, Zn, Ba, Ag	Prospections géochimiques semi-stratégique puis tactique. Prospection hydrogéochimique du fluor.	Anomalie étendue (3,5 x 1,5 km) sur le prolongement NE du faisceau Ba-F de Faymont. Blende alluvionnaire et, près de l'ancien prieuré, filonet de galène avec vanadinite. Aucun indice nouveau découvert.
8. Forêt de Noire Goutte (88)	Pb	Néant	Anomalie de 15 km^2 environ. Probablement formationnelle. Teneurs peu contrastées (75 à 130 ppm Pb). Recherches d'uranium et peut-être plomb radiogénique.
9. Basse-sur-le-Rupt (88)	Pb, Ag	Néant	
10. Le Roulier (88)	Cu, Ag	Prospection géochimique semi-stratégique.	Anomalie sur le Buntsandstein.
11. Ferme de Noir-Rupt (88)	(Ag)	Néant	
12. Col du Rhamné (88)	Sb, (As)	Prospection géochimique tactique Pb-As. Résultats nuls.	Dans roches granitiques, sur la crête entre Moselle et Moselotte.
13. Bois des Beaumes (88) ou La Montagne	Ba	Prospection au marteau.	Près de Clairegoutte, où existe une anomalie hydrogéochimique du fluor.

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
14. Bois des Chaumes (88)	Ba	Néant	Anomalie proche de la Tête de l'Avuxon, dans 4 drainages en aval d'un lambeau triasique.
15. Planois (88)	Cu, Pb	Néant	Voisinage d'un champ de tir. Pollution probable.

ANNEXE IV n

CARTE DE SAINT-DIE

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Wisembach (88)	W, (Sb, Pb, Cu, Sn)	Prospection géochimique W (139 échantillons).	Anomalie W la plus importante de la carte.
2. Col d'Urbeis (88)	W, (Ba, As)	Prospection au marteau.	Anomalie correspondant en partie à l'indice W de Chèvremanne.
3. Provenchères-sur-Fave (88)	W, Sb, As	Néant	
4. Bambois (88)	W, (Pb, Cu, Sb)	Néant	
5. Colroy-la-Grande (88)	W, Sb, (Sn)	Néant	
6. Taintrux (88)	W, (Pb, Cu, As)	Néant	
7. Les Hayottes (88)	W, (Ba)	Néant	
8. Vraie Côte	W	Néant	
9. La Jausse (88)	W, (Sb, Sn, Pb)	Néant	
10. Châtas	W, (Ba)	Néant	

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
11. Le Palais (88)	Sb	Complément de géochimie (40 échantillons).	Anomalie non confirmée.
12. Sainte-Marie-aux-Mines (68)	Pb, Zn, Cu, Ag (As, Sb, W)	Néant	Anomalie localisée à proximité d'anciennes exploitations.
13. Raves (88)	Pb, (Zn, Ag, Ba)	Complément la géochimie (5 échantillons pour Cu, Pb et Zn).	Anomalie englobant l'indice de Ginfosse (Pb O).
14. Lusse (88)	Pb, Zn, Cu, Ag	Pas de travaux pour vérifier l'anomalie, mais des travaux pour reconnaître les réserves éventuelles des anciennes mines.	Très hautes teneurs dues à des pollutions par les anciens travaux.
15. Anozel (88)	Ag, Cu	Prospection géochimique Cu effectuée en 1957. Anomalie localisée dans le secteur des anciens travaux.	Anomalie ponctuelle due à une pollution par les anciens travaux pour Cu.
16. La Grande Fosse (88)	Cu, Zn, Cd	Néant	
17. Layegoutte (88)	Pb, Cu, Ag, (W)	Complément de géochimie (5 échantillons pour Cu, Pb et Zn).	
18. Lesseux (88)	Pb, Cu, (Sn, W)	Petit complément alluvionnaire et géochimique.	Traces d'anciennes fouilles.

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
19. Le-Renclos-des-Vaches (88)	Pb	Néant	
20. Bois de Saales (67)	Ag	Néant	
21. Saint-Blaise-la-Roche (67)	Ag, Zn	Néant	
22. Châtas	Ag, Zn, Pb	Néant	
23. Grandrupt (88)	Cu, (As, Zn, Pb)	Néant	
24. Sénones (88)	Pb	Néant	
25. Nayemont (88)	Cu, (Ag, Ba)	Néant	Anciens travaux pour Cu.
26. Montagne d'Ormont (88)	Ba, Pb	Néant	Anomalie formationelle en liaison avec la base du Buntsandstein.
27. Fouillaupré (88)	Zn, (Ag)	Néant	
28. Ordon (88)	Cu, (Pb, Ag)	Néant	
29. La Haute-Coinches (88)	Pb, (W)	Néant	

ANNEXE IV o

CARTE DE SELESTAT

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Grand Rombach (68)	W	Prospection au marteau et à la Mineralight antérieure).	Indices alluvionnaires de scheelite découverts antérieurement.
2. Kintzheim (67)	W, (As)	Prospection au marteau.	
3. Barr (67)	W, (As, Sb)	Néant	
4. Triembach-au-Val (67)	Sn (W, As)	Complément de géochimie (75 échantillons W, Sn).	Associée à valeurs élevées en B et Be. Anciens travaux pour Cu et Ag.
5. Breitenbach (67)	Mo, W, Ba	Importantes campagnes de géochimie et de sondages (destructifs et carottés), exécutées antérieurement pour Mo.	Découverte antérieure d'indices alluvionnaires de MoS_2. Gisement de type porphyrique, objet d'un P.E.R.
6. Trou du Loup - Honnegoutte (67)	Sb, As, Zn, Pb, Cu	Géochimie et sondages exécutés antérieurement pour recherche de stibine et besthiérite.	Anomalies en liaison avec les anciens travaux Sb de Charbes.
7. La Grande Basse (67)	Sb, Ag	Complément de géochimie (6 échantillons Sb).	A 2 km à l'ouest des minéralisations Sb de Charbes.

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
8. Rain-des-Allemands - Pransureux (67)	Sb, (As)	Antérieurement, prospections géochimiques et sondages.	Anomalie en relation avec des indices Sb découverts par le BRGM.
9. Wagenbach (67)	Sb, As	Complément de géochimie (14 échantillons Sb).	A 2,5 km au NE des anciens travaux Sb de Charbes.
10. Fertrupt (68)	Pb, Ag, Zn, Cu, As, (Sb, Ba)	Néant	Anciens travaux de district de Sainte-Marie-aux-Mines.
11. Stimbach (68)	Pb, Zn, Ag, (Cu)	Néant	
12. Urbeis (67)	Pb, (Zn, Ag, As)	Néant	Anciens travaux pour Pb, Cu et Ag.
13. Sainte-Blaise (68)	Zn, Pb, (As)	Néant	
14. Schaentzel (68)	Pb, Zn et W, As	Néant	
15. Kohlberg (67)	Zn, Pb	Néant	
16. Montplaisir (68)	Zn, Pb	Néant	
17. La Hingrie (68)	Zn, (Pb, Cu)	Néant	Anciens travaux du district de Sainte-Marie.
18. Fouillaupré (67)	Pb, Zn	Néant	

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
19. Champ du Feu (67)	Pb, Zn, (Ag)	Néant	Vaste anomalie formationnelle localisée sur les plutonites du Champ du Feu sud (granodiorites et diorites).
20. Bellefosse (67)	Ag, (Pb, Cu)	Prospection au marteau.	Indices fissuraux de Pb et Cu oxydés dans volcanites basiques.
21. Steige (67)	Cu, (Mo)	Néant	
22. Rombach-le-Franc (68)	Ba	Néant	Anomalie en relation avec l'ancienne exploitation de barytine.
23. L'Ibrand (67)	Ba	Néant	
24. Buchbuckel (67)	Ba	Néant	
25. Waegelshoff (67)	Ba	Néant	
26. Le Rosskopf (67)	Ba, (Zn, Pb)	Néant	
27. Letzel (67)	W, (As)	Néant	

ANNEXE IV p

CARTE DE THANN

(Anomalies géochimiques multi-éléments)

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
1. Bois d'Uffholtz (68)	Pb, Zn, Cu, As, Ag, Ba	Prospection au marteau.	Dans la haute vallée du Steinbach. Associée à des teneurs en Mn très élevées (3 090 à 9 990 ppm), caractérisant présence "chapeaux de fer".
2. Le Glasenberg (68)	Pb, Zn, Cu, As, Ag, Ba	Prospection au marteau.	Très voisine de la précédente. Egalement associée à teneurs élevées en Fe et Mn, traduisant présence probable de "chapeaux de fer".
3. Nord Watwiller (68)	Pb, Zn, Cu, As, Ag, Ba	Prospection au marteau.	Très proche de la faille vosgienne.
4. Willer-sur-Thur Ouest (68)	Pb, Zn, Cu, As, Ag, Ba	Compléments géochimiques : 89 échantillons. Compléments alluvionnaires : 17 batées.	Egalement associée à de fortes teneurs en Mn. Une recherche pour fer. Indices de chalcopyrite, blende, galène, barytine, fluorine, sidérite et quartz.
5. Brandeskopf (68)	Pb, Zn, As, Ag	Prospection au marteau.	Anomalie en relation avec des travaux anciens. Indices alluvionnaires de Pb, Cu, et de wolframite.

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
6. Entzenberg (68)	Pb, Zn, As	Néant	
7. Rimbach-près-Masevaux (68)	Pb, Zn, Ag, (Cu, As)	Avec anomalie Brandeskopf, complément géochimique : 117 échantillons ; complément alluvionnaires : 6 batées.	Associée pro parte à des anciens travaux à gangue de Ba, F et Q. Anomalie As pouvant traduire présence filonets quartzeux à mispickel.
8. Heidenkopf (68)	Pb, Zn, Cu, Ag	Sondages exécutés antérieurement, pour reconnaissance de la minéralisation des anciens travaux.	Anciens travaux pour Pb et Ag.
9. Bois de Rimbach (68)	As, Cu, (Ag)	Complément géochimique : 62 échantillons. Complément alluvionnaire : 7 batées.	Associée à des teneurs élevées en Mn, caractéristiques a priori de la présence de "chapeaux de fer". Indices (non en place) de chalcopyrite, cuivre gris et oxydes.
10. Mitzbach (68)	Pb, Zn, Cu, Sn	Néant	
11. Rougemont-le-Château (90)	Pb, Zn, Cu, Ag, Ba	Néant	Anomalie voisine d'un filon de barytine à mouches de galène.
12. Goutte Saint-Michel (90)	Pb, Cu, Ag, Ba	Prospection au marteau.	
13. Lac d'Alfeld (68)	(Mo, W)	Néant	Sur la bordure est du granite des Ballons. Zone des indices Mo de Knappenhüttel et du Plain des Loges.

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
14. Moosch nord (68)	W, Sn	Prospection géochimique semi-stratégique. Résultats négatifs.	En bordure ouest du granite de Goldbach. Associée à concentration alluvionnaire relative de cassitérite et scheelite.
15. Tête du Mineur (90)	Sb, As	Complément géochimique : 128 échantillons. Résultats négatifs.	Anciens travaux pour Fe. Un indice alluvionnaire associé renfermant chalcopyrite, scheelite et wolframite. Anomalie probablement formationnelle.
16. Moosch (68)	Cu	Néant	Anomalie alluvionnaire en chalcopyrite dans le Walderunz. En relation, au moins pro parte, avec les travaux de la mine Aurora.
17. Sickert (68)	(Pb, Zn, As)	Antérieurement, sondages pour reconnaître minéralisation anciens travaux.	Anomalie secondaire associée aux anciens travaux pour Pb.
18. Le Neuwald (68)	Cu, Pb, Zn	Prospection au marteau.	Dans la zone des anciennes exploitations de Steingraben et du Rouge-Gazon. Teneurs en Cu pouvant être très élevées.

Nom de l'anomalie	Eléments	Travaux	Observations
19. Bois de Stoeken (68)	W, Mo	Prospection au marteau.	Point anomalique isolé résultant d'une pollution probable.
20. Anjoutey (90)	W	Néant	Point anomalique à forte teneur (200 ppm), isolé dans le Permien.

ANNEXE V

COMPLEMENTS DE LA PROSPECTION GEOCHIMIQUE MULTI-ELEMENTS

Emplacement ou nom de l'anomalie	Substances analysées	Nombre de prélèvements	Observations
Le Rain-des-Allemands (67) (SELESTAT)	Sb, Pb, Zn	31	A la suite, prospection géochimique tactique et sondages carottés.
Hérival (88) (REMIREMONT)	Pb, Zn, Cu, Ag, F	97	A la suite, prospection géochimique tactique.
Le Roulier (88) (REMIREMONT)	Cu, Ag, Pb, Zn, F	81	Anomalie Cu-Ag confinée dans un thalweg.
La Petite Bresse (88) (MUNSTER)	Pb, Zn, Cu	19	Résultats négatifs.
Ober-Breitenbach (68) (MUNSTER)	W	115	Résultats négatifs.
Moosch nord (68) (THANN)	W, Sn	62	A la suite, prospection géochimique tactique.
Bois de Rimbach (68) (THANN)	Cu, Zn, Ag, As	62	Résultats négatifs.
Willer-sur-Thur (68) (THANN)	Pb, Zn, Ag, As	89	Résultats négatifs.
Brandeskopf - Rimbach-près-Masevaux (68) (THANN)	Pb, Zn, Cu, Ag, As	117	Résultats négatifs.

Emplacement ou nom de l'anomalie	Substances analysées	Nombre de prélèvements	Observations
La Tête du Mineur (90) (THANN)	Sb	128	A la suite, prospection géochimique tactique.
Chagey (70) (LURE)	W, Sb, As et W, Sb, As, Au	445 dont 395 analysés pour Au	Les échantillons analysés pour Au sont les échantillons anomaux en As. A la suite, prospections géochimiques tactiques.
Corcelle (70) (LURE)	Pb, Zn	66	Résultats négatifs.
Le Magny d'Anigon (70) (LURE)	Pb, Zn	16 (dont 4 roches)	Résultats négatifs.
Saint-Georges (70) (LURE)	Pb, Zn, Ag, Mo	9	Résultats négatifs.
Granges-le-Bourg (70) (LURE)	Pb, Ag	1	Résultat négatif.
Echenans (70) (LURE)	Cu, Zn, Ag	1	Résultat négatif.
Dodane (70) (LURE)	Cu, Ag	3	Résultats négatifs.
Forêt de Granges (70) (LURE)	Cu, Ag	3	Résultats négatifs.
Faymont (70) (LURE)	Cu, Ag	3	Résultats négatifs.
La Gabiotte (LUXEUIL-les-BAINS)	W, As, Ag	21	Résultats négatifs.

Emplacement ou nom de l'anomalie	Substances analysées	Nombre de prélèvements	Observations
Struzelbronn (67) (LEMBACH)	Pb	5	Résultats négatifs.
Kochen Eck (67) (LEMBACH)	Pb	20	Résultats négatifs.
Erlenkopf (67) (LEMBACH)	Pb	15	Résultats négatifs.
Durrenberg (67) (LEMBACH)	Cu, Pb, Zn	89	Résultats négatifs.
Mattsall (67) (LEMBACH)	Cu, Pb, Zn	16	Résultats négatifs.
Landersberg (67) (LEMBACH)	Cu, Pb, Zn	5	Résultats négatifs.
Philippsburg (67) (LEMBACH)	Cu, Pb, Zn	5	Résultats négatifs.
Muhlenberg (67) (LEMBACH)	Cu, Pb, Zn	15	Résultats négatifs.
La Torèle (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Cu, As	49	Résultats négatifs.
Coupe des Mourey (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Pb, Zn	14	Résultats négatifs.

Emplacement ou nom de l'anomalie	Substances analysées	Nombre de prélèvements	Observations
Fays Richard (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Cu, Ag	10	Résultats négatifs.
Corbéfaing (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Pb, Ag	3	Résultats négatifs.
Bois du Fays (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Cu, Ag	3	Résultats négatifs.
Plombières-les-Bains (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Cu, Pb, Ag	4	Résultats négatifs.
Le Clerjus (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Pb	5	Résultats négatifs.
Aillevillers-et-Lyaumont (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Zn, As, Ag	5	Résultats négatifs.
Le Chauffour (68) (GERARDMER)	W	100	Quelques anomalies éparses.
Squainfaing (88) (GERARDMER)	Multi-éléments	15	Absence d'anomalies.
Voué (88) (GERARDMER)	Pb, Zn	15	Résultats négatifs.

Emplacement ou nom de l'anomalie	Substances analysées	Nombre de prélèvements	Observations
Gerbépal (88) (GERARDMER)	Pb, Zn	15	Résultats négatifs.
Wisembach (88) (SAINT-DIE)	Multi-éléments	139	Présence de failles anomalies W.
Raves (88) (SAINT-DIE)	Cu, Pb, Zn	5	Résultats négatifs.
Layegoutte (88) (SAINT-DIE)	Cu, Pb, Zn	5	Résultats négatifs.
Le Palais (88) (SAINT-DIE)	Pb	40	Résultats négatifs.
Maisonsgoutte (67) (SELESTAT)	Sb	14	Résultats négatifs.
Hirstein (67) (SELESTAT)	Sb	14	Résultats négatifs.
Albé (67) (SELESTAT)	Sb	6	Résultats négatifs.
Grande Basse (67) (SELESTAT)	Sb	6	Résultats négatifs.
Triembach-en-Val (67) (SELESTAT)	W, Sn	75	Résultats négatifs.
Bourgonde (68) (COLMAR)	Mo	16	Résultats négatifs.

Emplacement ou nom de l'anomalie	Substances analysées	Nombre de prélèvements	Observations
Bilsteinthal (68) (COLMAR)	W	16	Résultats négatifs.
Natzwiller (67) (MOLSHEIM)	Multi-éléments	88	Résultats négatifs.
Bernardswiller (MOLSHEIM)	W, Sn	91	Résultats négatifs.
TOTAL		2 192	242 multi-éléments ; 16 Mo ; 85 Pb ; 168 Sb ; 231 W ; 22 Cu + Ag ; 4 Pb + Ag ; 49 Cu + As ; 228 W + Sn ; 159 Cu + Pb + Zn ; 31 Sb + Pb + Zn ; 1 Cu + Zn + Ag ; 21 W + As + Ag ; 4 Cu + Pb + Ag ; 5 Zn + As + Ag ; 62 Cu + Zn + As + Ag ; 89 Pb + Zn + As + Ag ; 9 Pb + Zn + Ag + Mo ; 117 Pb + Zn + Cu + Ag + As ; 178 Pb + Zn + Cu + Ag + F ; 445 W + Sb + As, dont 395 W + Pb + As + Au.

ANNEXE VI

PROSPECTIONS ALLUVIONNAIRES TACTIQUES OU SEMI-STRATEGIQUES

Emplacement avec indication de la carte à 1/50 000	But de la prospection	Substances recherchées	Nombre de batées et année	Résultats
Forêt de Sainte-Barbe (54) (RAMBER-VILLERS)	Vérification d'une anomalie alluvionnaire stratégique en or natif (et cassitérite).	Au	71 (1971)	Confirmation de l'anomalie stratégique.
Le Hang ou Le Han (67) (SAINT-DIE)	Vérification d'une anomalie stratégique alluvionnaire en cinabre.	Hg	25 (1972)	Confirmation de l'anomalie stratégique.
Fontenoy-le-Château (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Recherche d'or natif signalé dans la littérature.	Au	35 (1972)	Faibles traces d'or natif. Indice non confirmé.
La Voivrelle (88) (SAINT-DIE)	Vérification d'une anomalie stratégique alluvionnaire en zircon, rutile et monazite.	Zn, Ti, Ce La	22 (1972)	Confirmation de l'anomalie stratégique, surtout en monazite.
Bussières-lès-Belmont et Fayl-Billot (53) (FAYL-BILLOT)	Recherche de cinabre, signalé dans la littérature.	Hg	21 (1972)	Indices de chalcopyrite et de fluorine en liaison avec une faille NNE.

Emplacement avec indication de la carte à 1/50 000	But de la prospection	Substances recherchées	Nombre de batées et année	Résultats
Bleurville (88) Nonville (88) et Attigny (88) (VITTEL)	Vérification d'une anomalie alluvionnaire stratégique en fluorine.	F	32 (1973)	Confirmation de l'anomalie stratégique.
Région de Cirey-sur-Vezouze (54) (CIREY-sur-VEZOUZE)	Vérification d'une anomalie alluvionnaire stratégique en chalcopyrite (et en wolframite).	Cu, W	24 (1974)	Anomalie stratégique non confirmée.
Lubine (88) - Lusse (88) (SAINT-DIE)	Vérification et précision d'une anomalie alluvionnaire en galène, blende, chalcopyrite et pyromorphite.	Cu, Pb, Zn	33 (1974)	Mise en évidence de nouveaux indices alluvionnaires.
Bleurville (88) (VITTEL)	Vérification et précision de l'anomalie fluorine du secteur Bleurville-Nonville-Attigny.	F	10 (doubles) (1975)	Confirmation et précision de l'anomalie alluvionnaire fluorine, mais absence d'anomalie hydrogéochimique de F^-.
Anould (88) (SAINT-DIE)	Confirmation d'une anomalie alluvionnaire stratégique en wolframite et (cassitérite).	W	34 (1976)	Nouveaux indices de wolframite confirmant l'anomalie stratégique.

Emplacement avec indication de la carte à 1/50 000	But de la prospection	Substances recherchées	Nombre de batées et année	Résultats
Anould (88) (SAINT-DIE)	Confirmation d'une anomalie alluvionnaire wolframite, stratégique + tactique.	W	35 (1977)	Nouveaux indices.
Anould (88) (SAINT-DIE)	Confirmation d'une anomalie alluvionnaire wolframite, stratégique + tactique.	W	12 (100 l) (1978)	Comme résultat final, l'anomalie résulte d'une pollution par l'empierrement.
Le Rhien (70) (GIROMAGNY)	Confirmation d'une anomalie alluvionnaire stratégique en blende.	Zn	13 (1978)	Anomalie résultant d'une pollution par l'empierrement.
Le Moyenmont (88) (MUNSTER)	Complément de la prospection géochimique multi-éléments.	Pb, Zn, Cu	4 (1980)	
Moosch nord (68) (THANN)	Complément prospections stratégiques alluvionnaire et multi-éléments.	W	9 (1980)	Indices supplémentaires de scheelite.
Bois de Rimbach (68) (THANN)	Complément de prospection stratégique multi-éléments.	As, Cu, Ag	7 (1980)	
Willer-sur-Thur (68) (THANN)	Complément de prospection stratégique multi-éléments.	Pb, Zn, As Ag, Ba	17 (1980)	

Emplacement avec indication de la carte à 1/50 000	But de la prospection	Substances recherchées	Nombre de batées et année	Résultats
Brandeskopf (68) - Rimbach-près-Masevaux (68) (THANN)	Complément de prospections stratégiques alluvionnaire et multi-éléments.	As, Pb, Zn, Au, Ag	6 (1980)	
Chagey (70) (LURE)	Complément de prospection stratégique alluvionnaire, ayant mis en évidence une anomalie or natif.	Au	58 (1981)	Nouveaux indices alluvionnaires d'or natif.
Le Magny d'Anigon (70) (LURE)	Complément de prospection stratégique multi-éléments.	Pb, Zn, Cu, Ag	2 (1981)	Résultats négatifs.
Saint-Georges (70) (LURE)	Complément de prospection stratégique multi-éléments.	Pb, Zn, Cu, Ag	3 (1981)	Résultats négatifs.
Bois de Saint-Léonard (88) (GERARDMER)	Complément de prospection stratégique multi-éléments.	W, Sn	59 (1982)	Indices alluvionnaires de cassitérite résultant d'une pollution par empierrement.
Squainfaing (88) (GERARDMER)	Complément de prospection stratégique multi-éléments.	Pb	10 (1982)	Indices alluvionnaires de pyromorphite et galène.
Corcelles (70) (LURE)	Complément de prospection stratégique alluvionnaire.	Zn, Pb	12 (1982)	Indices alluvionnaires de blende.

Emplacement avec indication de la carte à 1/50 000	But de la prospection	Substances recherchées	Nombre de batées et année	Résultats
Durrenberg (67) (LEMBACH)	Complément de prospection stratégique multi-éléments.	Cu, Pb, Zn	5 (1982)	Indices alluvionnaires de pyromorphite.
Bernardswiller (67) (MOLSHEIM)	Complément de prospection stratégique multi-éléments.	Sn, Be	18 (1983)	Indice alluvionnaire de cassitérite.
Wisembach (88) (SAINT-DIE)	Complément de prospection stratégique multi-éléments.	W	131 (1983)	Nombreux indices alluvionnaires de scheelite.
Haute-Merlusse (88) (SAINT-DIE)	Complément de prospections stratégique multi-éléments.	W	30	Important indice alluvionnaire de scheelite.
Lesseux (88) (SAINT-DIE)	Complément de prospections stratégiques alluvionnaire et multi-éléments.	Cu, Pb, Zn	4 (1983)	Résultats négatifs.
Triembach-en-Val (67) (SELESTAT)	Complément de prospection stratégique multi-éléments.	W, Sn	10 (1983)	Résultats négatifs.
Bourgonde (68) (COLMAR)	Complément de prospection géochimique multi-éléments.	Mo	4 (1983)	Résultats négatifs.
Bilsteinthal (68) (COLMAR)	Complément de prospection géochimique multi-éléments.	W	6 (1983)	Résultats négatifs.

Emplacement avec indication de la carte à 1/50 000	But de la prospection	Substances recherchées	Nombre de batées et année	Résultats
Bois du May (70) (LURE)	Complément de prospection géochimique multi-éléments.	Cu, Pb, Zn, Ag	9 (1983)	Résultats négatifs.
Dodane (70) (LURE)	Complément de prospection géochimique multi-éléments.	Cu, Ag	3 (1983)	Résultats négatifs.
Forêt de Granges (70) (LURE)	Complément de prospection géochimique multi-éléments.	Cu, Ag	3 (1983)	Résultats négatifs.
Faymont (70) (LURE)	Complément de prospection géochimique multi-éléments.	Cu, Ag	3 (1983)	Résultats négatifs.

TOTAL = 780 batées dont 164 Au
257 W
42 F
46 Hg
4 Mo
10 Pb
13 Zn
69 W, Sn
12 Pb, Zn
18 Sn, Be
9 Cu, Ag
24 Cu, W
7 As, Cu, Ag
46 Cu, Pb, Zn
14 Cu, Ag, Pb, Zn
22 Ce, La, Ti, Zn
6 As, Ag, Au, Pb, Zn
17 Ag, As, Ba, Pb, Zn

ANNEXE VII

PROSPECTIONS HYDROGEOCHIMIQUES TACTIQUES DU FLUOR

Année	Emplacement	But de la prospection	Nombre d'analyses
1970	Faymont (88) (REMIREMONT)	Recherche de filons de fluorine dans la région des filons déjà connus.	101
1971	Saint-Dié (88) (SAINT-DIE)	Recherche d'une anomalie hydrogéochimique dans la zone des indices alluvionnaires.	149
1971	Saint-Dié (88) (SAINT-DIE)	Resserrement de la maille (20 m) dans le secteur anomalique La Culotte - Les Molières.	104
1971	Bassin permien du Nideck (67) (MOLSHEIM)	Prospection générale du bassin suite à la découverte de la fluorine du bassin de Saint-Dié.	214
1971	Bassin permien de Villé (67) (SELESTAT)	Prospection générale du bassin suite à la découverte de la fluorine du bassin de Saint-Dié.	207
1971	Bassin permien de Ronchamp (70) (LURE et GIROMAGNY)	Prospection générale du bassin suite à la découverte de la fluorine du bassin de Saint-Dié.	192

Année	Emplacement	But de la prospection	Nombre d'analyses
1971	Zone des gisements et indices de Mont-de-Vannes, Magny-de-Fresse et Ternuay (70) (GIROMAGNY)	Recherche de nouveaux filons dans un secteur déjà connu comme fluorifère (filons de sulfures à gangues de fluorine et quartz).	68
1971	Zone de BERGHEIM (68) (COLMAR)	Recherche d'indices dans une zone renfermant de la fluorine dans le socle, dans la faille vosgienne et dans le Muschelkalk.	81
1971	Zone de Saint-Nabor (67) (MOLSHEIM)	Prospection effectuée autour de l'indice de Truttenhausen (fluorine dans la faille vosgienne).	34
1971	Zone de Vécoux (88) (REMIREMONT)	Prospection effectuée pour retrouver le prolongement nord éventuel (3 à 4 km) du filon-faille de Maxonchamp.	43
1971	Zone du Baudy ou des Baudys (70 et 88) (GIROMAGNY)	Prospection effectuée autour d'un filon de galène à gangue de fluorine.	38
1971	Zone des Trémeures (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Prospection effectuée autour du filon de quartz de la carrière de l'étang des Trémeures, faiblement minéralisé en F et Pb.	35

Année	Emplacement	But de la prospection	Nombre d'analyses
1972	Zone de La Poirie (88) (REMIREMONT)	Prospection effectuée dans un secteur présentant des analogies géologiques avec celui de Faymont.	150
1974	Xonrupt-Longemer (88) (GERARDMER)	Prospection effectuée suite à la découverte fortuite de fluorine dans un sondage de recherche d'eau, au lieu-dit "Le Béaba".	70
1976	Col de Longeroye (88) (REMIREMONT)	Prospection effectuée (par un stagiaire) suite à la découverte d'indices alluvionnaires stratégiques.	65
1976	Région de Hommarting - Niderwiller - Schneckenbush-Hartzwiller (57) (SARREBOURG)	Prospection tactique effectuée suite à la découverte d'une anomalie stratégique.	70
1977	Haute vallée de la Doller : Sewen, Langenberg, Rimbach-près-Masevaux, ... (68) (THANN)	Prospection tactique effectuée dans une zone renfermant de nombreux filons à gangue de fluorine (+ quartz + barytine), qui avait été l'objet d'une demande de PER de la part de la SECME.	297

Année	Emplacement	But de la prospection	Nombre d'analyses
1978	Vallée du Strengbach (68) (COLMAR)	Prospection détaillée du socle du secteur de Bergheim, après abandon de la demande de PER de Bergheim (par la SECME).	80
1978	Hommarting - Niderwiller - Schneckenbush - Hartzwiller (57) (SARREBOURG)	Resserrement de la maille dans un secteur reconnu anomalique.	62
1979	Secteur de Magny (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Prospection tactique de 3 anomalies hydrogéochimiques stratégiques (au sud de Fontenoy-le-Château).	56
	TOTAL		2 116

ANNEXE VIII

PROSPECTIONS GEOPHYSIQUES AU SOL

Date	Emplacement (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Méthode utilisée	Résultats
1971 - 1972	Faymont (88) (REMIREMONT)	Recherche de nouveaux filons dans le champ Q + Ba + F déjà connu et expoité.	Profils de résistivité : 3,5 km ; EM Turam : 0,6 km.	Découverte d'un nouveau filon Q (le "filon de la poudrière"), malheureusement stérile.
1973	Le Béaba, commune de Xonrupt-Longemer (88) (GERARDMER)	Suite à la découverte de fluorine dans le granite au-dessous du fluvio-glaciaire, par un forage de recherche d'eau, recherche d'une anomalie géophysique éventuelle correspondant à un filon F^-.	7 sondages électriques en AB : 200 m. 7 profils de résistivité : 1 680 m, avec trainés sur certains profils.	Abandon de la reconnaissance par suite de la demande d'un PER. N'a pu être reprise pour des raisons d'habitat.
1976	Bussang-Fresse-sur-Moselle (88) (REMIREMONT)	Détermination du passage en surface d'une grande structure quartzeuse renfermant des minéralisations en Cu et Ag autrefois exploitées.	Profils VLF : 21,470 km avec pas de 20 m.	Mise en évidence d'anomalies conductrices jalonnant la structure minéralisée sur une longueur de 4,5 km.

Date	Emplacement (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Méthode utilisée	Résultats
1976	Lubine (88) + Lusse (88) (SAINT-DIE)	Essais pour choix d'une méthode géophysique.	3 profils : 390 m.	Résultats peu concluants.
1979	La-Croix-aux-Mines (88) (GERARDMER)	Recherche des prolongements nord et sud du "gros filon" de La-Croix-aux-Mines.	Profils VLF : 4 x 300 m 2 x 400 m 2 x 200 m soit 2,400 km.	Mise en évidence d'une petite anomalie conductrice (L = 200 m) sur le prolongement sud.
1979	Lusse (88) (SAINT-DIE)	Recherche du passage du filon Pb-Zn-Cu-Ag anciennement exploité.	Profils VLF : 16 x 250 m = 4 km ; trainé électrique : 2 profils de 200 m = 400 m.	Résultats peu concluants. Aucune anomalie sur la partie connue du filon.
1979	Le Bramenstein, commune de Sewen (68) (THANN)	Recherche d'anomalies correspondant au passage de fluorine.	Profils VLF au pas de 10 m : 6,650 km.	Plusieurs anomalies conductrices, qui n'ont pas été explorés (en raison de l'échec du Langenberg).
1979 - 1980	Les Mousses (88) (REMIREMONT)	Recherche d'une anomalie correspondant au passage de la zone bréchique encaissant les lentilles de fluorine des vieux travaux.	Profils VLF au pas de 10 m : 1,610 km.	Mise en évidence d'une nette anomalie conductrice, sur une longueur de 900 m, jalonnant le trajet de la brèche quartzo-fluorée.

Date	Emplacement (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Méthode utilisée	Résultats
1979 - 1980	Grand et Petit Langenberg (68) (THANN)	Détermination du trajet du filon exploré par les amorces de galerie du Grand et du Petit Langenberg.	Profils VLF au pas de 10 m : 4,440 km.	Mise en évidence d'une anomalie conductrice de 1 300 m, jalonnant le trajet d'une brèche fluorifère devenant quartzeuse en profondeur.
	RECAPITULATION		Profils VLF : 40,960 km. Profils de résistivité : 5,180 km. EM Turam : 0,6 km. Trainé électrique : 0,4 km. Sondages électriques : 7.	

ANNEXE IX

PROSPECTIONS GEOCHIMIQUES TACTIQUES

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
Forêt de Sainte-Barbe (54) (RAMBERVILLERS)	Recherche d'une anomalie géochimique correspondant aux indices alluvionnaires.	Au	105 (1971)	Quelques valeurs anomaliques disséminées.
Faymont (88) (REMIREMONT)	Recherche des prolongements du filon de fluorine du Bas d'Hérival.	F	148 (1970)	Résultats déformés par un recouvrement allochtone.
Les Trémeures (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Recherche des prolongements d'un filon quartzeux connu renfermant de la fluorine, de la galène et de la pyromorphite.	F, Pb	264 (1971)	Anomalie faible et peu étendue.
Forêt de Sainte-Barbe (54) (RAMBERVILLERS)	Echantillonnage profond dans secteurs isolés reconnus anomaliques.	Au	50 (1972)	Anomalies sporadiques.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
Le Han ou Le Hang (67) (SAINT-DIE)	Recherche d'anomalies géochimiques correspondant à des indices alluvionnaires de cinabre.	Hg, (W)	240 Hg dont 125 Hg + W (1972)	Mise en évidence de trois anomalies Hg.
Bleurville (88), Nonville (88) et Attigny (88) (VITTEL)	Recherche d'anomalies géochimiques correspondant à des indices alluvionnaires de fluorine.	F	572 (1974)	Plusieurs anomalies sur les hauteurs occupées par les calcaires du Muschelkalk moyen.
Ferme Hirra (67), commune de Breitenbach (SELESTAT)	Recherche d'anomalies géochimiques dans le granite du Kreuzweg à partir d'indices alluvionnaires et d'indices affleurants.	Mo, Cu, W	74 (1974)	Mise en évidence d'une anomalie Mo et d'une anomalie W.
Ginfosse (88) (SAINT-DIE)	Recherche d'une anomalie géochimique, suite à la découverte d'affleurements minéralisés en Pb O.	Pb, Zn	65 (1974)	Mise en évidence d'une petite anomalie Pb.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
Verpellière (88) (GERARDMER)	Recherche du prolongement nord du "gros filon" de La-Croix-aux-Mines.	Pb, Zn	76 (1974)	Anomalie Pb-Zn limitée au thalweg de la Morthe.
Lusse (88) (SAINT-DIE)	Recherche de la trace en surface du filon exploité par les Anciens.	Pb, Zn	116 (1974)	Pas d'anomalie.
Charbes (67) (SELESTAT)	Recherche de minéralisation en Sb dans le secteur des anciens travaux de Honnegoutte et "Trou du Loup".	Sb	120 (1974)	Anomalies limitées aux centres de travaux anciens.
Ferme Hirra (67), commune de Breitenbach (SELESTAT)	Resserrement de la maille dans les zones anomaliques déjà reconnues.	Mo, W, Cu	66 (1975)	Mise en évidence d'une anomalie Mo très nette.
Charbes (67) (SELESTAT)	Précision de l'anomalie Sb du "Trou du Loup".	Sb	46 (1975)	Mise en évidence de fortes teneurs anomaliques.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
Charbes (67) (SELESTAT)	Complément vers l'ouest, resserrement à la maille de 5 m et prélèvements en roches.	Sb	158 (1975)	Mise en évidence d'une anomalie débordant l'emprise des anciens travaux du "Trou du Loup".
Le Rain des Allemands (67) (SELESTAT)	Recherche d'anomalies géochimiques correspondant à des indices alluvionnaires de stibine, galène et blende.	Sb, Pb, Zn	68 (1975)	Mise en évidence d'anomalies en Sb, Pb et Zn.
Le Chipal (88) (GERARDMER)	Recherche du prolongement sud du "gros filon" de La-Croix-aux-Mines.	Pb	40 (1975)	Anomalie Pb confinée dans le thalweg.
Lusse (88) (SAINT-DIE)	Recherche de la trace du filon exploité par les Anciens.	Pb, Zn	70 (1976)	Forte anomalie dans le thalweg due à la présence de déblais anciens.
Lauteru ou Lauterupt (88) (GERARDMER)	Vérification d'une anomalie géochimique de la Société Minière et Métallurgique du Châtelet.	Pb	80 (1980)	Anomalie non confirmée.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
Le Haut du Cra, commune d'Attigny (88) (VITTEL)	Précision d'une anomalie géochimique F.	F	156 (1976)	Anomalie précisée.
Les Grandes Bollaies, commune de Ban-de-Laveline (88) (SAINT-DIE)	Vérification d'une anomalie géochimique de la SMMC.	Pb	64 (1976)	Faible anomalie lithologique correspondant à la base du Permien détritique.
Les Grands Prés, commune de La-Croix-aux-Mines (88) (GERARDMER)	Recherche d'une anomalie géochimique sur la rive gauche de la Morte, dans le quartier Saint-Joseph.	Pb	30 (1976)	Résultats négatifs.
Le Chipal sud (88) (GERARDMER)	Recherche d'une anomalie géochimique sur le prolongement sud éventuel de la minéralisation du quartier du Chipal (La-Croix-aux-Mines).	Pb	52 (1976)	Une anomalie peu marquée.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
Bussang-Fresse-sur Moselle (88) (REMIREMONT)	Recherche d'anomalies géochimiques le long de la structure VLF, jalonnée par des anciens travaux pour Cu et Ag.	Cu, Ag	322 (1977)	Anomalies Cu correspondant aux anciens travaux ; pas d'anomalies Ag.
Hérival (88) (REMIREMONT)	Prospection complémentaire d'une prospection géochimique multi-éléments.	Pb, Zn	126 (1978)	Mise en évidence d'une anomalie.
Col du Rhamné, commune de Rupt-sur-Moselle (88) (REMIREMONT)	Prospection effectuée pour vérifier et préciser une anomalie géochimique stratégique.	Sb, As	1092 (1978)	Anomalie non vérifiée.
Fresse-sur-Moselle (88) (REMIREMONT)	Prospection effectuée pour "fermer" vers l'ouest l'anomalie de la Chapelle des Vés.	Cu	238 (1978)	Anomalie à faibles teneurs et discontinue.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
Le Rain des Allemands (67) (SELESTAT)	Poursuite de la prospection géochimique suite à la découverte d'indices de stibine.	Sb, Pb, Zn	785 (1978)	Mise en évidence de plusieurs anomalies Sb, Pb et Zn.
Kriegersmatt (67) (SELESTAT)	Prospection autour d'un indice alluvionnaire de stibine.	Sb	70 (1978)	Aucune anomalie.
La-Croix-aux-Mines (88) (GERARDMER)	Exécution de 3 longues lignes transversales pour recouper les prolongements sud et nord éventuels du "gros filon".	Pb, Zn	68 (1978)	Aucune anomalie nette suggérant le passage des prolongements du "gros filon".
Le Rain des Allemands (67) (SELESTAT)	Resserrement de la maille pour préciser les anomalies déjà mises en évidence.	Sb, Pb, Zn	423 (1979)	3 anomalies Sb bien contrastées, associées à des anomalies décalées Pb et Zn.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
La Mine, commune de Wagenbach (67) (SELESTAT)	Recherche d'une anomalie géochimique autour des anciens travaux de La Mine pour Sb.	Sb, Ag	35 (1979)	Aucune anomalie.
Schweighouse (68) (MUNSTER)	Prospection autour d'un prélèvement multi-éléments très riche en Pb, Zn, Cu et Ag.	Pb, Zn, Cu, Ag	121 (1979)	Aucune anomalie. Prélèvement géochimique stratégique probablement pollué.
Fauru ou Faurupt (68) (GERARDMER)	Prospection effectuée pour confirmer importants indices alluvionnaires de scheelite et (wolframite).	W	126 (1979)	Mise en évidence d'une anomalie.
Lusse (88) (SAINT-DIE)	Recherche d'une anomalie géochimique en relation avec les anciens filons.	Pb, Zn, Ag	96 (1979)	Aucune anomalie.
Le Griebkopf (68) (MUNSTER)	Vérification et précision d'une anomalie géochimique stratégique.	Sb	84 (1980)	Résultats négatifs.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
Osenbach (68) (Waldacker) (NEUF-BRISACH)	Vérification et précision d'une anomalie géochimique stratégique.	Pb, Zn, Ag	181 (1980)	Mise en évidence d'anomalies.
Fauru ou Faurupt (68) (GERARDMER)	Poursuite de la prospection géochimique, après la mise en évidence d'une anomalie.	W	342 (1980)	Mise en évidence d'une anomalie bien contrastée.
Soultzbach-les-Bains (68) (NEUF-BRISACH)	Prospection entreprise après la mise en évidence de deux anomalies stratégiques "superposées" (alluvionnaire et géochimie multi-éléments).	W, Sn	819 (1980)	Mise en évidence de plusieurs anomalies W et/ou Sn.
Osenbach (68) (NEUF-BRISACH)	Resserrement pour préciser l'anomalie du Waldacker.	Pb, Zn, Ag	191 (1981)	Mise en évidence d'une anomalie nette.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
Soultzbach-les-Bains (68) (NEUF-BRISACH)	Resserrement pour préciser les anomalies mises en évidence en 1980.	W, Sn	324 (1981)	Mise en évidence de plusieurs anomalies.
Moosch nord (68) (THANN)	Prospection effectuée à la suite prospections stratégiques (anomalie alluvionnaire et anomalie multi-éléments).	W, Sn	250 (1981)	Aucune anomalie nette.
Bois de la Ture (70) (LURE)	Complément de la prospection stratégique géochimique multi-éléments.	Sb, W	480 (1981)	Anomalie "générale", probablement formationnelle.
Bois d'Apremont (70) (LURE)	Complément de prospections alluvionnaires stratégiques et tactiques.	Au	429 (1981)	Quelques anomalies nettes.
Ibigny (57) (SARREBOURG)	Complément d'une prospection alluvionnaire et d'une prospection hydrogéochimique du fluor.	F	121 (1982)	Pas d'anomalie nette.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
Col des Charbonniers, commune du Grand Valtin (88) (GERARDMER)	Complément de prospection alluvionnaire et de prospection géochimique multi-éléments.	W, Sn	246 (1982)	Pas d'anomalie nette.
Squainfaing, commune de Ban-sur-Meurthe (88) (GERARDMER)	Vérification d'un prélèvement géochimique fortement anomal en Pb.	Pb	10 (1981)	Pas de teneurs anomales. Un indice de pyromorphite.
Le Fayé, secteur de la Tête du Mineur (90) (THANN)	Complément d'une anomalie géochimique stratégique.	Sb, As	204 (1982)	Pas d'anomalie nette.
Le Bickenberg, commune d'Osenbach (68) (NEUF-BRISACH)	Complément de prospections géochimiques stratégique et tactique.	Pb, Zn, Ag	346 (1982)	Mise en évidence d'une anomalie.
Bois d'Apremont (70) (LURE)	Poursuite de la prospection géochimique tactique.	Au	244 (1982)	Mise en évidence de faibles anomalies.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
Bois d'Apremont (70) (LURE)	Resserrement de la maille dans le principal secteur anomalique.	Au	49 (1983)	Quelques valeurs anomaliques.
Haute-Merlusse (88) (SAINT-DIE)	Recherche d'une anomalie géochimique dans le secteur d'un important indice alluvionnaire.	W	117 (1983)	Mise en évidence d'une anomalie.
Lesseux (88) (SAINT-DIE)	Complément des prospections stratégiques alluvionnaire et géochimique.	Pb, Zn	105 (1983)	Pas d'anomalie nette.
Bellefosse (67) (SELESTAT)	Complément de la prospection géochimique stratégique multi-éléments.	Pb, Zn	153 (1983)	Résultats négatifs.
Mainsonsgoutte (67) (SELESTAT)	Complément de la prospection géochimique stratégique multi-éléments.	Sb	44 (1983)	Résultats négatifs.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^{bre} d'échantillons et année	Observations
Hirstein (67) (SELESTAT)	Complément de la prospection géochimique stratégique multi-éléments.	Sb	44 (1983)	Résultats négatifs.
Bois du May (LURE)	Complément de la prospection géochimique stratégique multi-éléments.	Cu, Pb, Zn, Ag	20 (1983)	Résultats négatifs.
SECTEUR SAINT-AVOLD - HARGARTEN-AUX-MINES				
Faille des Quatre-Vents ou de Bambiderstroff (57) (SAINT-AVOLD)	Recherche d'une anomalie de fuite.	Pb	573 (1977)	Mise en évidence d'un secteur anomalique (à faibles teneurs).
Bambiderstroff est (57) (SAINT-AVOLD)	Complément de la prospection dans un secteur anomalique.	Pb	61 (1978)	Mise en évidence d'une petite anomalie.

Emplacement ou nom de l'anomalie stratégique (avec indication de la carte à 1/50 000)	But de la prospection	Substance(s) recherchée(s)	N^bre d'échantillons et année	Observations
TOTAL			11 599 dont : 877 Au 238 Cu 997 F 240 Hg dont 125 Hg + W 910 Pb 566 Sb 585 W 322 Cu + Ag 264 F + Pb 779 Pb + Zn 35 Sb + Ag 1 296 Sb + As 480 Sb + W 1 639 W + Sn 140 Mo + W + Cu 814 Pb + Zn + Ag 1 276 Sb + Pb + Zn 141 Pb + Zn + Cu + Ag	

ANNEXE X

SONDAGES WINKIE

Date	Emplacement	But des sondages	Substances recherchées	Nombre	Métrage
1971	Mont-de-Vannes (70) (GIROMAGNY)	Reconnaissance d'un filon sulfuré à gangue de fluorine.	F	2	63,35 m
1971	Sickert (68) (THANN)	Reconnaissance d'une minéralisation fissurale, objet de quelques travaux superficiels.	Pb, Cu	5	98,72 m
1971	Faymont (88) (REMIREMONT)	Reconnaissance des prolongements d'un filon de fluorine déjà exploré et exploité.	F	2	62,50 m
1971	Brandeskopf (68) (THANN)	Reconnaissance d'une lentille de barytine et fluorine, objet de quelques travaux superficiels.	Ba, F	1	28,02 m
	RECAPITULATION			10	252,59 m

ANNEXE XI

SONDAGES SPRAGUE ET HENWOOD

Date	Emplacement	But des sondages	Substances recherchées	Nombre	Métrage
1975	Lusse (88) (SAINT-DIE)	Reconnaissance du filon-faille Zn-Pb-Ag dans un secteur voisin des anciens travaux.	Zn, Pb, Ag	4	176,60 m
1976	Lubine (88) (SAINT-DIE)	Reconnaissance des lentilles minéralisées en Cu, ayant donné lieu à de nombreux travaux anciens.	Cu, Ag	5	192,40 m
1977	Lubine, secteur de Chèvremane (88) (SAINT-DIE)	Reconnaissance d'une minéralisation en ferbérite et scheelite, découverte par le BRGM en 1976.	W	4	145,25 m
1977	Charbes (67) (SELESTAT)	Reconnaissance d'une importante anomalie Sb dans le secteur du "Trou du Loup".	Sb	3	174,70 m
1978	Ferme Hirra, commune de Breitenbach (67) (SELESTAT)	Reconnaissance d'une importante anomalie Mo dans le granite du Kreuzweg.	Mo	2	123 m
1979	Lusse (88) (SAINT-DIE)	Recherche du prolongement du filon minéralisé vers le NW.	Zn, Pb, Ag	1	47,10 m

Date	Emplacement	But des sondages	Substances recherchées	Nombre	Métrage
1979	La-Croix-aux-Mines (88) (GERARDMER)	Recherche du passage du "gros filon" dans le quartier Saint-Joseph (prolongement nord).	Pg, Ag, Zn, Cu	1	75,20 m
1979-1980	Attigny (88) (VITTEL)	Reconnaissance d'une anomalie F sur calcaires du Muschelkalk.	F	1	75,25 m
1980	Les Mousses (88) (REMIREMONT)	Reconnaissance d'une anomalie VLF jalonnant une brèche fluorifère.	F	3	169,40 m
1981	Granite du Kreuzweg (67) (SELESTAT)	Poursuite de la reconnaissance de la minéralisation en Mo.	Mo	1	71,75 m
1981	Soultzbach-les-Bains (68) (NEUF-BRISACH)	Reconnaissance en profondeur d'affleurements quartzeux minéralisés sporadiquement en scheelite.	W	1	58,35 m
1981	Grand Langenberg (68) (THANN)	Première reconnaissance d'une anomalie VLF jalonnant une brèche fluorifère.	F	1	59,20 m
1982	Le Waldacker, commune d'Osenbach (68) (NEUF-BRISACH)	Reconnaissance d'une anomalie géochimique type "anomalie de fuite".	Pb, Zn	1	92,10 m

Date	Emplacement	But des sondages	Substances recherchées	Nombre	Métrage
1982	Soultzbach-les-Bains (68) : Schrankenfels (NEUF-BRISACH)	Reconnaissance d'une anomalie géochimique au contact granite-cornéennes.	W, Sn	1	107,35 m
1982	Grand Langenberg (68) (THANN)	Poursuite de la reconnaissance de l'anomalie VLF.	F	1	93,85 m
1982-1983	Fauru ou Faurupt (68) (GERARDMER)	Poursuite de la reconnaissance de l'anomalie géochimique W.	W	3	220,40 m
	RECAPITULATION			33	1 881,90 m

ANNEXE XII

SONDAGES STENWICK OU "MARTEAU FOND DU TROU"

Date	Emplacement	But des sondages	Substances recherchées	Nombre	Métrage
1972	Faymont (88) REMIREMONT	Reconnaissance de filons de fluorine déjà explorés.	F	21	1 495 m
1972	Mont-de-Vannes (70) (GIROMAGNY)	Reconnaissance à -80 m d'un filon de fluorine et sulfures de Pb, Zn, Cu.	F	1	115 m
1972	Les Trémeures (88) (PLOMBIERES-les-BAINS)	Reconnaissance en profondeur d'un filon de quartz, fluorine, galène et pyromorphite.	F, Pb	1	116 m
1972	Le Heidenkopf (68) (THANN)	Reconnaissance du "filon plat" de Schnaebelé, minéralisé en Pb et Ag.	Pb, Ag	4	218,20 m
	RECAPITULATION			27	1 984,20 m

ANNEXE XIII

SONDAGES WAGGON-DRILL

Date	Emplacement	But des sondages	Substances recherchées	Nombre	Métrage
1979	Le Rain des Allemands (67) (SELESTAT)	Reconnaissance de 3 anomalies géochimiques Sb.	Sb	11	186,50 m
1979	Granite du Kreuzweg (67) (SELESTAT)	Reconnaissance générale du granite molybdifère, pour repérer des panneaux éventuellement plus riches.	Mo	48	1 853 m
1979	La-Croix-aux-Mines (88) (GERARDMER)	Reconnaissance des prolongements nord et sud éventuels du "gros filon".	Pb, Zn, Ag, Cu	14	423,60 m
1979	Lusse (88) (SAINT-DIE)	Reconnaissance des prolongements du filon exploité, vers le NW et vers le SE.	Zn, Pb Ag	19	747,70 m
RECAPITULATION				92	3 210,80 m

ANNEXE XIV

SONDAGES CAROTTES LONGS

Date	Entreprise forages	Emplacement	But de la campagne	Nombre de sondages	Métrage total
1973	BRGM	Faymont (88) (REMIREMONT)	Etude du champ filonien Q + Ba + F, déjà exploré et exploité en partie.	6	678,85 m
1973	BRGM	Le Heidenkopf (68) (THANN)	Reconnaissance du "filon plat" de SCHNAEBELE, objet d'anciens travaux pour Pb et Ag.	3	465,70 m
1975	S.E.E.R.S. (Nantes)	La Croix-aux-Mines (88) (GERARDMER)	Reconnaissance de la minéralisation du "gros filon", en aval-pendage des anciens travaux.	2	110,71 m
1977	CFFM	La Croix-aux-Mines (88) (GERARDMER)	Reconnaissance de réserves éventuelles au toit des anciens travaux.	5	861,20 m
1977	CFFM	Laudrefang (57) (SAINT-AVOLD)	Doublement d'un ancien (1906) sondage de recherche de houille ayant rencontré une minéralisation en galène.	1	175,15 m

Date	Entreprise forages	Emplacement	But de la campagne	Nombre de sondages	Métrage total
1978	CFFM	Ferme Hirra, commune de Breitenbach (67) (SELESTAT)	Reconnaissance en profondeur d'une minéralisation en molybdénite, déjà reconnue par des sondages courts Sprague et Henwood.	1	157,35 m
1978	CFFM	Charbes (67) (SELESTAT)	Reconnaissance en profondeur de l'anomalie géochimique Sb du "Trou du Loup".	2	350, 22 m
1978	CFFM	Laudrefang (57) (SAINT-AVOLD)	Reconnaissance de l'indice de galène découvert par le premier sondage de 1977.	4	692,30 m
1978	CFFM	Lusse (88) (SAINT-DIE)	Reconnaissance des réserves éventuelles Pb-Zn-Ag du filon exploité partiellement par les Anciens.	3	436,35 m
1979	CFFM	Le Rain des Allemands (67) (SELESTAT)	Reconnaissance de 3 anomalies géochimiques Sb.	3	416,90 m
1979	CFFM	Ferme Hirra, commune de Breitenbach (67) (SELESTAT)	Poursuite de la reconnaissance de la minéralisation en molybdénite du granite du Kreuzweg.	2	604 m

Date	Entreprise forages	Emplacement	But de la campagne	Nombre de sondages	Métrage total
1979	CFFM	Katzenthal (67) (LEMBACH)	Reconnaissance en profondeur de la "faille vosgienne" renfermant les minéralisations Pb de l'ancienne mine.	1	193,80 m
1979	CFFM	La-Croix-aux-Mines (88) (GERARDMER)	Reconnaissance des prolongements éventuels du "gros filon", vers le nord et vers le sud.	2	355,20 m
1979	CFFM	Lusse (88) (SAINT-DIE)	Reconnaissance du filon-faille Zn-Pb-Ag en dehors de l'emprise des anciens travaux (vers le NW et vers le SE).	3	472,15 m
1980	CFFM	Katzenthal (67) (LEMBACH)	Poursuite de la reconnaissance du secteur, notamment en aval des anciens travaux.	2	324,65 m
1980	CFFM	Breitenbach (67) (SELESTAT)	Reconnaissance de l'ensemble du granite du Kreuzweg, minéralisé en Mo.	4	971,50 m
1980	CFFM	Lusse (88) (SAINT-DIE)	Reconnaissance du filon minéralisé à grande profondeur.	1	342,75 m

Date	Entreprise forages	Emplacement	But de la campagne	Nombre de sondages	Métrage total
1983	CFFM	Fauru ou Faurupt (68) (GERARDMER)	Reconnaissance d'une anomalie géochimique W.	1	270 m
1983	CFFM	Langenberg (68) (THANN)	Reconnaissance d'une anomalie VLF correspondant au passage d'une brèche fluorifère.	2	421 m
RECAPITULATION				48	8 299,78 m

ANNEXE XV

FOUILLES DIVERSES

Emplacement	Nature des travaux	Volume
Lac des Perches (68)	Déblaiement entrée du travers-bancs (lentille de chalcopyrite, pyrite et mispickel).	20 m^3
Lusse (88)	Déblaiement entrée ancienne galerie (filon de Pb, Zn, Ag, Cd et Cu).	165 m^3
Les Mousses (88)	Préparation plates-formes de sondages (substance recherchée : fluorine).	30 m^3
Katzenthal (67)	Préparation plates-formes de sondages (substances recherchées : Pb, Zn, Ag).	110 m^3
Breitenbach (67)	Préparation plates-formes de sondages (substance recherchée : molybdénite).	110 m^3
Soutzbach-les-Bains (68)	Préparation plates-formes de sondages (substances recherchées : cassitérite et scheelite).	60 m^3
Langenberg (68)	Préparation plates-formes de sondages (substance recherchée : fluorine).	152 m^3
Fauru (68)	Préparation plates-formes de sondages (substance recherchée : scheelite).	35 m^3
TOTAL		582 m^3

ANNEXE XVI

TRANCHEES

Emplacement	Substance(s)	Volume excavé	Date
Secteur La Culotte - Les-Raids de Robache - Hédibu (88)	Fluorine (bassin permien de Saint-Dié).	110 m^3	1971
Faymont, rive droite de la Combeauté (88)	Fluorine (filon "aux Angles").	112 m^3	1972
Les Trémeures (88)	Pb, F (filon de Q avec galène, pyromorphite et fluorine).	39 m^3	1971
Le Hang ou le Han (67)	Hg (reconnaissance anomalies géochimiques).	460 m^3	1973
Breitenbach (67)	Mo (reconnaissance anomalie géochimique).	70 m^3	1975
Lubine (88)	W (reconnaissance de filonets d'hématite porteurs de ferbérite et scheelite).	56 m^3	1976 et 1977
Bramenstein (68)	Fluorine (reconnaissance filons et filonets de fluorine).	35,5 m^3	1977 et 1978

Emplacement	Substance(s)	Volume excavé	Date
Fauru (68)	W (reconnaissance anomalie géochimique).	211,5 m^3	1981
Soultzbach-les-Bains (68)	W, Sn (reconnaissance anomalies géochimiques).	100 m^3	1981
Osenbach (68)	Pb, Zn (reconnaissance anomalie géochimique).	72 m^3	1982
Bois d'Apremont (70)	Au (reconnaissance anomalies géochimiques).	165 m^3	1982 et 1983
TOTAL		1 431 m^3	

ANNEXE XVII

PUITS DE PROSPECTION

Emplacement	Nature des travaux	Volume
Sainte-Barbe (54) : (thalwegs des étangs Coltat et de la Basse des Grands Fourchons).	Echantillonnage de grès vosgiens faiblement aurifères.	11 puits = 64, 20 m = 84,54 m^3

PRELEVEMENTS ALLUVIONNAIRES

Emplacement	Nature des travaux	Volume
Saint-Benoît - La-Chipotte (88)	Echantillonnage pour Au des alluvions du Ruisseau Monseigneur.	510 m^3

ANNEXE XVIII

ECHANTILLONNAGE A LA MOTO-TARIERE

Date	Emplacement	But de l'échantillonnage	Substance(s)	Nombre	Métrage
1982	Bois de la Ture (70) (LURE)	Echantillonnage des roches altérées situées dans la surface d'une anomalie géochimique.	W, Sb	112	187,40 m

ANNEXE XIX

ANALYSES

Emplacement	Nature des échantillons	Nombre	Elément(s) analysé(s)
Forêt de Lyris (88) (REMIREMONT)	Echantillons prélevés dans les filons d'oxydes de Mn dits du "Haut Poirot", renfermant de la scheelite et/ou des "tungomélanes".	8	W, Mn
Secteur La Culotte - Les Raids de robache - Hédibu (88) (SAINT-DIE)	Echantillons prélevés dans les tranchées de reconnaissance du gisement de fluorine du bassin permien de Saint-Dié.	30	F
Galerie du Sickerthal (68) (THANN)	Echantillons prélevés dans la minéralisation résiduelle de la galerie ancienne.	4	Pb, Cu, Ag
Heidenkopf (68) (THANN)	Cuttings de sondages Stenwick	6	Pb, Zn, Cu, Ag
Lac des Perches (68) (THANN)	Echantillons minéralisés prélevés dans les haldes des anciens travaux.	6	Cu, Co
Le Hang ou le Han (67) (SAINT-DIE)	Echantillons prélevés dans les tranchées de reconnaissance des anomalies géochimiques.	46	Hg
Forêt de Sainte-Barbe (54) (RAMBERVILLERS)	Echantillons provenant des puits de recherche creusés dans le grès vosgien.	15	Au

Emplacement	Nature des échantillons	Nombre	Elément(s) analysé(s)
Le Brandeskopf (68) (THANN)	Echantillons de roche pyriteuse prélevés dans les déblais des vieux travaux.	2	Au
Squainfaing (88) (GERARDMER)	Echantillons de brèche quartzeuse renfermant des traces de pyromorphite.	5	Pb
Granite du Kreuzweg, commune de Breitenbach (67) (SELESTAT)	Echantillons prélevés dans les deux tranchées de reconnaissance de l'anomalie géochimique de la ferme Hirra.	31	Mo, W
Granite du Kreuzweg, commune de Breitenbach (67) (SELESTAT)	Echantillons des sondages Br_1 et Br_2.	94	Mo, W, Cu
Granite du Kreuzweg, commune de Breitenbach (67) (SELESTAT)	Echantillons du sondage Br_3.	59	Mo
Granite du Kreuzweg, commune de Breitenbach (67) (SELESTAT)	Echantillons des sondages Br_4 et Br_5.	157	Mo
Granite du Kreuzweg, commune de Breitenbach (67) (SELESTAT)	Echantillons du sondage Br_6.	69 dont 6	Mo Mo, Ag

Emplacement	Nature des échantillons	Nombre	Elément(s) analysé(s)
Granite du Kreuzweg, commune de Breitenbach (67) (SELESTAT)	Echantillons des sondages Br_7, Br_8, Br_9 et Br_{10}.	40	Mo
Granite du Kreuzweg, commune de Breitenbach (67) (SELESTAT)	Cuttings de la campagne de forages waggon-drill.	193 dont 36	Mo Mo, W
Granite du Kreuzweg, commune de Breitenbach (67) (SELESTAT)	Echantillons de granite "stérile" provenant des carottes de sondages.	7	Mo
Chèvremane, commune de Lubine (88) (SAINT-DIE)	Echantillons prélevés dans les tranchées de reconnaissance de l'indice de ferbérite et scheelite.	27	W
Chèvremane, commune de Lubine (88) (SAINT-DIE)	Echantillons provenant des sondages carottés.	42	W, $Fe_2 O_3$
Chèvremane, commune de Lubine (88) (SAINT-DIE)	Echantillon prélevé à l'affleurement.	1	W, $Fe_2 O_3$
Le Stahlberg (88) (THANN)	Echantillon d'oxydes de fer prélevé sur les affleurements du dyke.	1	W, $Fe_2 O_3$
Katzenthal (67) (LEMBACH)	Echantillons du sondage carotté KZ_2.	11	Pb (Pb O), Zn (Zn O), Ag, Cd

Emplacement	Nature des échantillons	Nombre	Elément(s) analysé(s)
Katzenthal (67) (LEMBACH)	Echantillon du sondage KZ_3.	1	Pb, Zn
Fauru (68) (GERARDMER)	Echantillons prélevés dans la tranchée de reconnaissance de l'anomalie géochimique.	15	W
Fauru (68) (GERARDMER)	Echantillons du sondage carotté Fau_1.	10	W + F
Fauru (68) (GERARDMER)	Echantillons des sondages carottés Fau_2 et Fau_3.	13	W
Kleinthal, commune de Soultzbach-les-Bains (68) (NEUF-BRISACH)	Echantillons prélevés sur affleurements de quartz et de granite "greisenisé".	9	W, Sn
Bilsteckle, commune de Soultzbach-les-Bains (68) (NEUF-BRISACH)	Echantillons prélevés dans une tranchée de reconnaissance d'une anomalie géochimique Sn.	27	W, Sn
Kleinthal, commune de Soultzbach-les-Bains (68) (NEUF-BRISACH)	Echantillons prélevés dans le sondage carotté S_1.	14	W, Sn
Waldacker, commune d'Osenbach (68) (NEUF-BRISACH)	Echantillons prélevés dans la tranchée de reconnaissance d'une anomalie géochimique Pb-Zn.	26	Pb, Zn

Emplacement	Nature des échantillons	Nombre	Elément(s) analysé(s)
Bois d'Apremont (70), près de Chagey (LURE)	Echantillons prélevés dans le dyke de quartz et oxydes de fer.	5	W, Sb, Au
Bois d'Apremont (70), près de Chagey (LURE)	Echantillons prélevés dans des affleurements de jaspe.	2	W, Sb, Au
Bois d'Apremont (70), près de Chagey (LURE)	Echantillons de roches diverses.	4	Au
Bois d'Apremont (70), près de Chagey (LURE)	Echantillons prélevés dans les tranchées T_1, T_2 et T_3.	30	Au
Bois des Censiers (70), près de Chalonvillars (LURE)	Echantillons prélevés sur les affleurements du dyke de quartz.	3	Au, Sb, W
Grand Langenberg (68) (THANN)	Echantillon prélevé dans le sondage LAN_2.	1	F (ou F_2 Ca)
La Croix-aux-Mines (88) (GERARDMER)	Echantillons prélevés dans les sondages carottés LCM_1 et LCM_2.	5	Pb, Zn, Ag
Lusse (88) (SAINT-DIE)	Echantillons prélevés dans les sondages carottés Lu_5 et Lu_7	1 1	Pb, Zn, Cu, Cd, Ag Pb, Zn, Cu, Ag, Ge

ANTICLINAL SARRO-LORRAIN

Emplacement	Nature des échantillons	Nombre	Elément(s) analysé(s)
Le Haut-Bois (57) (SAINT-AVOLD)	Echantillonnage par rainurage de travaux anciens.	129	Cu
Dalem (57) (BOULAY-MOSELLE)	Echantillonnage par rainurage de travaux anciens.	8	Cu
Bois de Béring (57) (BOULAY-MOSELLE)	Echantillonnage par rainurage de travaux anciens.	60	Pb
Laudrefang (57) (SAINT-AVOLD)	Echantillons prélevés dans les sondages de reconnaissance de l'indice de galène signalé en 1906.	7 dont 3	Pb Pb, Zn, Ag
RECAPITULATION		**Total :** 1 226	Au : 51 ; Au, Sb, W : 10 ; F (ou Ca F_2) : 31 ; Cu : 137 ; Cu, Co : 6 ; Hg : 46 ; Pb : 72 ; Pb, Zn : 26 ; Pb, Zn, Ag : 8 ; Pb, Cu, Ag : 4 ; Pb, Zn, Cu, Ag : 6 ; Pb (Pb O), Zn (Zn O), Ag, Cd : 11 ; Pb, Zn, Ag, Cu, Cd : 1 ; Pb, Zn, Cu, Ag, Ge : 1 ; Mo : 483 ; Mo, W : 67 ; Mo, Ag : 6 ; Mo, W, Cu : 94, W : 55 ; W, Mn : 8 ; W, Fe_2 O_3 : 44 ; W, Sn : 50.

ANNEXE XX

GEOCHIMIE STRATEGIQUE FLUORINE

1970	Cartes GIROMAGNY et PLOMBIERES-les-BAINS (88 et 70)	523 éch.
1981	Secteur d'Ibigny (57) (SARREBOURG)	128 éch.
	TOTAL	651 éch.

ANNEXE XXI

CARTES GEOLOGIQUES DETAILLEES

- La-Croix-aux-Mines	- Pb, Ag, Zn, Cu	- (88, carte de GERARDMER)
- Lusse	- Pb, Ag, Zn, Cd	- (88, carte de SAINT-DIE)
- Lubine	- W, Cu	- (88, carte de SAINT-DIE)
- Breitenbach	- Mo	- (67, carte de SELESTAT)
- Charbes	- Sb	- (67, carte de SELESTAT)
- Le Rain des Allemands	- Sb	- (67, carte de SELESTAT)
- Lac des Perches	- Cu, As	- (68, carte de THANN)
- Langenberg	- F	- (68, carte de THANN)
- Faymont	- F, Ba	- (88, carte de REMIREMONT)
- Saulx	- Pb, Zn, Cu, Mo	- (88, carte de REMIREMONT)
- Fauru ou Faurupt	- W	- (68, carte de GERARDMER)
- Soultzbach-les-Bains	- W, Sn	- (68, carte de NEUF-BRISACH)
- Bois d'Apremont	- Au	- (70, carte de LURE)
- Osenbach	- Pb, Zn	- (68, carte de NEUF-BRISACH)
- Oderen	- Cu, Ni	- (68, carte de MUNSTER)
- Westhoffen	- Pb, Ba	- (67, carte de SAVERNE)
- Ober-Breitenbach	- W	- (68, carte de MUNSTER)

ANNEXE XXII

LEVES DE GALERIE (GEOLOGIQUES ET TOPOGRAPHIQUES)

- Niveaux 0 et 1 du filon de barytine du Bas d'Hérival, à Faymont (88, carte de REMIREMONT).

- Travaux sur le filon de fluorine des Mousses en bordure de la route D20 (88, carte de REMIREMONT).

- Galeries I, II, III et IV sur filons de Mn et W du Haut-Poirot, rive gauche du Roulier (88, carte de REMIREMONT).

- Galerie principale et galerie ancienne du Mont-de-Vannes (filon de fluorine et sulfures) (70, carte de GIROMAGNY).

- Amorce de galerie du Combrageot (filet de fluorine), au voisinage du Mont-de-Vannes (70, carte de GIROMAGNY).

- Anciens travaux sur l'indice polymétallique pyrométasomatique de Saulx (88, carte de REMIREMONT).

- Galeries des filons de fluorine (dont l'ancienne mine Blitz) du château de Bilstein, près d'Urbeis (67, SELESTAT).

- Anciens travaux pour Cu de Lubine, dans le vallon du ruisseau des Mines (88, SAINT-DIE).

- Galeries des filons de barytine et fluorine de Rimbach-près-Masevaux (68, carte de THANN).

- Galeries des filons de fluorine et sulfures de Klosterwald, près de Sewen (68, carte de THANN).

- Galerie du Petit Langenberg sur filon de fluorine et minéraux de cuivre (68, carte de THANN).

- Galerie du Sickertbach sur filon lenticulaire Pb-Cu (68, carte de THANN).

- Galerie du Lac des Perches sur lentille Cu-As (68, carte de THANN).

- Travers-bancs de Honilgoutte et travaux du "Trou du Loup", à Charbes (Sb) (67, carte de SELESTAT).

- A La-Croix-aux-Mines : travers-bancs de la Fonderie, galerie Saint-François et amorce dite "la stolle" (88, carte de GERARDMER).

- Travaux pour Cu de la mine Adèle (68, carte de THANN).

- Travaux pour Cu du Husselberg (68, carte de MUNSTER).

- Ancienne mine de cuivre du Haut-Bois (ou Hochberg) (57, carte de SAINT-AVOLD).

- Anciens travaux de recherche pour Cu de Dalem (57, carte de BOULAY-MOSELLE).

- Ancienne mine de plomb du bois de Béring (57, carte de BOULAY-MOSELLE).

ANNEXE XXIII

ETUDES DE CHAPEAUX DE FER

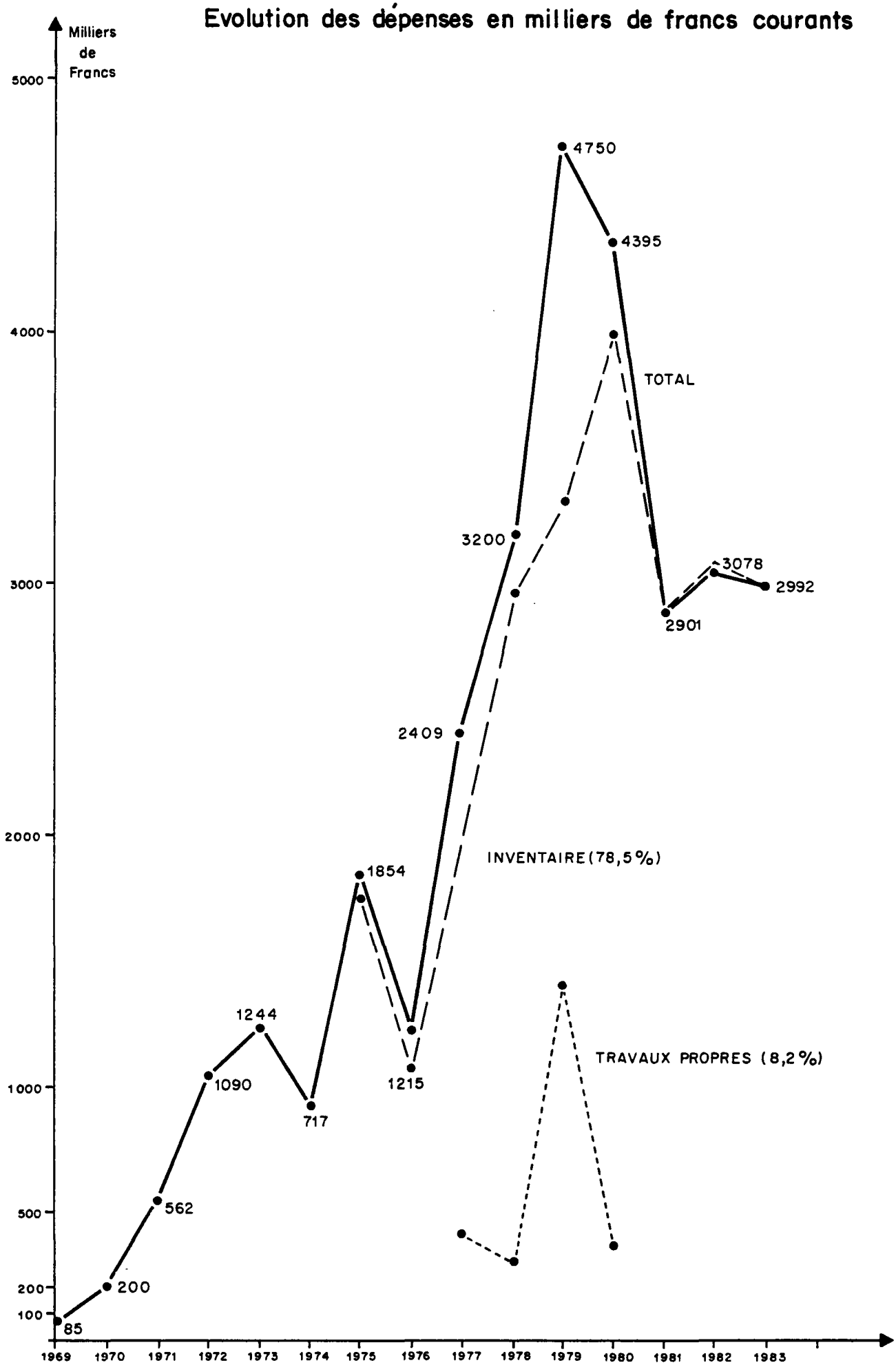
1978	Région de Katzenthal (67) Schaufelshalt - Litschhof Gimbelhof - Fleckenstein - Froensburg - Katzenthal (LEMBACH)	52 échantillons
1978	Secteur de Schirmeck-Rothau (67) Dans le granite de Fouday : Le Bannwald - Les Hussards - Remiancôte - Wildersbach - Lumpenmatt - Bacpré - Fingoutte - Haut Bacpré. Dans le massif volcanique de Schirmeck : Pré de la Crache - Bas Donon - Morveux - Sainte-Barbe Basse Voitel - Malplaquet - Noire- Maison (MOLSHEIM et CIREY-SUR- VEZOUZE).	16 échantillons
	TOTAL	68 échantillons

ANNEXE XXIV

RECAPITULATION DES DEPENSES
(francs courants)

Année	EPI Vosges	Prospection Vosges	Inventaire Vosges Alsace	Travaux propres	Total
1969	85 000				85 000
1970	200 000				200 000
1971		562 000			562 000
1972	1 090 000				1 090 000
1973	531 000	713 000			1 244 000
1974	178 000	539 000			717 000
1975	59 000		1 795 000		1 854 000
1976	128 000		1 087 000		1 215 000
1977			2 007 000	402 000	2 409 000
1978			2 897 000	303 000	3 200 000
1979			3 340 000	1 410 000	4 750 000
1980			4 003 000	392 000	4 395 000
1981			2 901 000		2 901 000
1982			3 078 000		3 078 000
1983			2 992 000		2 992 000
1969 à 1983	2 271 000	1 814 000	24 100 000	2 507 000	30 692 000

Evolution des dépenses en milliers de francs courants



ANNEXE XXV