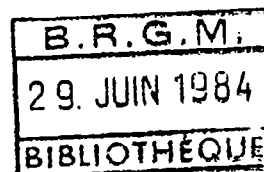


CONFIDENTIEL



RESSOURCES MINIÈRES FRANÇAISES

Tome 10

**Les gisements de Manganèse
(Situation en 1981)**

Etude réalisée par le
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
sous l'égide du
COMITÉ DE L'INVENTAIRE DES RESSOURCES MINIÈRES MÉTROPOLITAINES

Ce rapport a été établi par
Jean LOUGNON
(Département RDM/FE du B.R.G.M.)

La quantité cumulée de minerai de manganèse extrait du sol français est très faible (moins d'un million de tonnes). Les réserves connues sont négligeables. Quant à la production, elle est nulle depuis plus de trente ans et le marché national est approvisionné uniquement par les importations, notamment en provenance du Gabon.

Un bilan rapide aurait pu suffire pour traiter cette substance dont notre sous-sol semble vraiment démuní, mais J. LOUGNON a jugé opportun de réactualiser à cette occasion la monographie qu'il avait rédigée pour le Congrès géologique international de Mexico en 1956. Ce travail dépasse donc très largement le cadre habituel des "plaquettes" sur les matières premières minérales du territoire français, mais a ainsi permis une mise à jour exhaustive et actualisée qu'il nous a paru intéressant de livrer in extenso.

J. BERTRANEU

SOMMAIRE

	pages
INTRODUCTION	
GENERALITES SUR LE MANGANESE DANS LE MONDE	2
GITOLOGIE	2
TYPLOGIE	4
USAGES	9
MARCHE MONDIAL	10
PRIX	15
AVENIR	15
MARCHE FRANCAIS	16
GISEMENTS FRANCAIS DE MANGANESE	20
GEOLOGIE	20
HISTORIQUE	23
CONCLUSIONS	25
TABLEAU DES GITES FRANCAIS	27
1 - PYRENEES-CORBIERES-MONTAGNE NOIRE	31
1.1 - GITES DU DEVONO-DINANTIEN	31
1.1.1 - Las Cabesses	34
1.1.2 - Petit gîte	38
1.1.3 - Crabious	38
1.1.4 - Ferran	41
1.1.5 - Cazalas	41
1.1.6 - Brachy	43
1.1.7 - Terres noires manganèsées	45
1.1.8 - Caussou	46
1.1.9 - Vielle-Aure	49
1.1.10 - Soulan	49
1.1.11 - Guchen	49
1.1.12 - Nabias	49
1.1.13 - Plaïstrou	51
1.1.14 - Pouchergues	51
1.1.15 - La Serre d'Azet et Plapessou	51
1.1.16 - Loudervielle	51
1.1.17 - Germ	51
1.1.18 - Balestas	51
1.1.19 - Pène de Sendies	54
1.1.20 - Tramont et Matas	54
1.1.21 - Portet-de-Luchon	54
1.1.22 - Es Garados	54
1.1.23 - Culège	54
1.1.24 - Montmidan	55
1.1.25 - Pouy-Beck	55
1.1.26 - Usclat	55
1.1.27 - Bergons	57
1.1.28 - Pombie	59
1.1.29 - Cette-Eygun	59

1.1.30 - Las Ambollas	59
1.1.31 - Sainte-Colombe	60
1.1.32 - La Ferronnière	60
1.1.33 - La Pouzanque	65
1.1.34 - Saint-Andrieux	65
1.1.35 - Villerembert	67
1.1.36 - La Matte	70
1.1.37 - Vieussan	71
1.2 - GITES DU PERMO-TRIAS	71
1.2.1 - Montels	73
1.2.2 - Itxassou	75
1.3 - GITES DU LUTETIEN	75
1.3.1 - Campagne	75
2 - MASSIF CENTRAL ET BORDURES	76
2.1 - FILONS AVEC EVENTUELLEMENT AMAS ASSOGIES	76
2.1.1 - Romanèche	76
2.1.2 - Les Espagnes	84
2.1.3 - La Chapelle-de-Guinchay	84
2.1.4 - Les Chastys	85
2.1.5 - Bourgvilain	85
2.1.6 - Saligny	86
2.1.7 - Luzy	89
2.1.8 - Brezons	90
2.1.9 - Lafouillade	90
2.1.10 - Mont	90
2.2 - GISEMENTS ENCAISSES DANS LA FORMATION DE BASE DETRITIQUE DES BORDURES SECONDAIRES	90
2.2.1 - Chaillac et Dunet	90
2.2.2 - Saint-Christophe-le-Chaudry et Châteaumeillant .	92
2.3 - GISEMENTS DANS LES ASSISES MESOZOIQUES CARBONATEES	94
2.3.1 - Auxilhac	94
2.3.2 - Manhac	97
2.4 - GISEMENTS SUPERFICIELS D'ALTERATION CONTINENTALE	97
2.4.1 - Nontronais	97
2.4.2 - Saint-Prix	99
2.4.3 - Culan	101
3 - VOSGES ET BORDURES	102
3.1 - FILONS	102
3.1.1 - Saphoz	102
3.1.2 - La Fonderie	104
3.1.3 - Le Haut-Poirot	104
3.1.4 - Wisembach	106
3.1.5 - Grandrupt	107
3.1.6 - Dambach	107
3.1.8 - Région de Schirmeck	109
3.2 - GISEMENTS DANS LE PERMO-TRIAS	109
3.2.1 - Soultz-les-Bains	109
3.3 - GISEMENTS SUPERFICIELS D'ALTERATION CONTINENTALE	109
3.3.1 - Région de Frasn-le-Château	109

4 - ALPES - SUD-EST - COULOIR RHODANIEN	111
4.1 - GISEMENTS DANS LE PERMO-TRIAS	111
4.1.1 - Roche-de-Belmont	111
4.2 - GISEMENTS EOCENES	111
4.2.1 - Toussieu	111
4.2.2 - Bois-de-la-Garde et Valmasque	114
4.3 - FILONS	116
4.3.1 - Morosaglia	116
5 - MASSIF ARMORICAIN ET BORDURES	117
5.1 - VIENNAY	117
5.2 - GRAZAY	117
5.3 - GRISON	117
5.4 - SEUIL DU POITOU	117
6 - MANGANESE DANS LES GISEMENTS DE FER	118
INDEX MINERALOGIQUE	119
BIBLIOGRAPHIE	121

INTRODUCTION

Le métal manganèse (Mn) n'est connu "officiellement" que depuis 1785, mais la pyrolusite était déjà employée par les anciens Romains et Egyptiens pour la coloration des verres et des poteries. Utilisé ensuite pour la fabrication du chlore, sa production prit un essor considérable à partir de 1858, date à laquelle il fut employé pour la première fois dans le procédé Bessemer. Depuis, cette production est liée à celle de l'acier (85 à 90 % de la consommation de ses minerais) et elle est passée de 50 kt en 1858 à 22 Mt au cours de la dernière décennie, plaçant ainsi Mn au 4ème rang des métaux consommés (après Fe, Al et Cu).

Les principaux gisements sont très concentrés géographiquement et, à eux seuls, les districts de l'Ukraine et de Postmasburg-Kuruman (Afrique du Sud) renfermeraient 67,5 % des réserves terrestres totales qui, d'après certains auteurs, atteindraient 2 Gt Mn. Les autres pays producteurs importants sont le Gabon, l'Australie, le Brésil et l'Inde (92 % des réserves mondiales pour l'ensemble des six).

Quant à la France, située en dehors des grandes provinces métallogéniques manganésifères, elle est très pauvre en ce métal et sa production totale, nulle depuis 1949, a atteint seulement 843 610 tonnes de minerai marchand depuis 1830, à des teneurs généralement inférieures à 50 %. Les réserves connues sont insignifiantes et on ne peut pratiquement pas espérer y trouver de gîtes économiques, d'autant plus que ses deux principaux gisements anciens (Romanèche : 421 400 t et Las Cabesses : 195 000 t) ne seraient certainement pas exploitables dans les conditions actuelles. En conséquence, on ne peut raisonnablement proposer aucun programme de recherches pour Mn sur le territoire français.

GENERALITES SUR LE MANGANESE DANS LE MONDE

Le métal manganèse (Mn) est relativement abondant dans la croûte terrestre, où il occupe la 12ème place avec un clarke de 0,1 %, ses teneurs moyennes dans les diverses roches variant peu (0,05 à 0,2 %). Il existe toutefois localement des formations anormalement riches en Mn, dont le lessivage ou l'altération ont pu former des gisements importants [dolomie précambrienne de Postmasburg (3 %) ; gondites (10-24 %) ; ...].

Trop électropositif, ce métal ne se rencontre jamais à l'état natif dans la nature, mais essentiellement sous la forme de multiples variétés de minéraux oxydés, formées aux dépens de l'oxygène de l'air et pouvant contenir des éléments adsorbés. On trouve aussi un carbonate, soit à l'état pur, soit en solution solide avec des carbonates isomorphes, ainsi que des silicates. Les sulfures sont très rares et ce sont les oxydes qui constituent les meilleurs minerais*.

GÎTOLOGIE

L'homogénéité générale des teneurs entraîne une grande dispersion géochimique du métal dans les roches endogènes et ce sont les phénomènes exogènes (c'est-à-dire proches de la surface), parmi lesquels le volcanisme, qui sont responsables des principales concentrations, dans lesquelles Mn est en majeure partie à l'état tétravalent, dans divers oxydes et hydroxydes. Les plus importantes de beaucoup, il convient de le signaler pour mémoire, sont les champs de nodules des grands fonds sous-marins, dans lesquels, outre le manganèse, se trouvent divers métaux adsorbés. Les principaux de ces champs se rencontrent dans l'Océan Pacifique, où leur teneur moyenne est la suivante : Mn : 24 % ; Fe : 14 % ; Ni : 1 % ; Cu : 0,5 % ; Co : 0,35 % ; Pb > 0,1 %, et on estime leurs ressources totales à 10¹² tonnes Mn, sans compter les ressources des autres métaux qui suscitent aujourd'hui un plus grand intérêt. Le manganèse et ces autres métaux seraient, dans ces nodules, essentiellement d'origine volcanique.

Quant aux ressources terrestres qui constituent, dans l'état actuel de la technologie, des réserves évaluées à 2 Gt** Mn environ (chiffre de L. ZANONE, 1977), on peut noter immédiatement leur état exceptionnel de concentration géographique : en effet, à eux seuls, les gisements d'Ukraine (Nikopol-Bolche Tokmak) et le district de Postmasburg-Kuruman (Afrique du Sud) renfermeraient 1 352 Mt***, soit 67,5 % du total ; en outre, 92 % de ce total (1 840 Mt) se trouverait dans 6 pays seulement (Afrique du Sud, URSS, Gabon, Australie, Inde et Brésil).

* Un index minéralogique, à la fin du texte, donne la liste, avec leurs formules chimiques, de tous les minéraux de Mn cités.

** 1 Gt : 10⁹ tonnes métriques

*** 1 Mt : 10⁶ tonnes métriques.

99 % du total des concentrations se rencontrent dans des gisements sédimentaires sensu stricto, volcano-sédimentaires ou hydrothermaux-sédimentaires, qui résultent d'une précipitation chimique en milieu aqueux, avec possibilité d'influences biochimiques (Cf. manganèse des marais), quand le manganèse arrive dans un bassin où les conditions de Eh et pH sont favorables. Ce manganèse peut avoir diverses origines :

- a) Il peut provenir de l'altération des roches terrestres, dont les teneurs en Mn (Cf. supra) sont suffisantes pour former les gisements les plus importants.
- b) Il peut être volcanogène, apporté par des exhalaisons ou des eaux thermales. Cette origine volcano-sédimentaire est bien mise en évidence quand les couches Mn sont associées à des coulées ou à des tufs, mais les apports volcaniques sous-marins peuvent migrer au loin et le dépôt peut s'être opéré dans des sites où les manifestations volcaniques sont discrètes. Il en résulte que la métallogenèse volcanogène du manganèse, active dans la formation actuelle des champs de nodules, est sans doute beaucoup plus importante dans les gisements terrestres qu'elle n'a été reconnue jusqu'à présent. On peut citer, à ce propos, la découverte (tufs argilisés) d'un volcanisme contemporain des couches Mn, dans le gîte de Varna (Bulgarie) analogue aux grands gisement d'Ukraine.
- c) Il peut être fourni par l'halmyrolyse (destruction chimique) des roches recouvertes par les mers lors des transgressions, ou celle des sédiments marins des bassins confinés en ambiance réductrice et acide. Dans ce cas, le manganèse dissous peut migrer sur de longues distances, avant d'atteindre le site favorable à sa précipitation.
- d) Il peut, enfin, être libéré par l'action de l'eau de mer sur les laves chaudes des éruptions sous-marines (cas des corps plus ou moins concordants dans des basaltes et spilites de formations géo-synclinales précoces).

Pour qu'un gisement puisse se former, avec une teneur de 25 % Mn au moins, il faut que 3 conditions soient réunies : sédimentation clastique et chimique réduite, préconcentration de Mn, absence de précipitation massive de Fe au même lieu et au même moment. La première condition implique, d'une part, l'existence d'un pH de dépôt inférieur à la "barrière du calcaire" (pH : 7,8) et, d'autre part, celle d'une grande maturité de l'érosion ou de l'éloignement des apports terrigènes, d'où une localisation préférentielle sur des sites de plates-formes ou dans des fonds marins situés au large.

Quant à la préconcentration, qui peut seule permettre un dépôt massif, elle s'est probablement effectuée dans des eaux plus ou moins acides et, en premier lieu, dans les milieux euxiniques des bassins confinés où, du fait de la présence de H_2S , le pH est inférieur à celui du milieu marin ouvert, ce qui augmente beaucoup la solubilité de Mn (et de Fe).

Ce rôle du milieu euxinique pour la concentration du manganèse (et du fer) est connu depuis longtemps, en ce qui concerne les gîtes associés directement à des sédiments noirs carbonés (Moanda, par exemple), mais, en fait, selon A. WISSINK (1970), il interviendrait pour de nombreux

autres gisements, dans lesquels l'association n'est plus verticale mais horizontale, le minerai s'étant déposé plus ou moins loin dans l'équivalent latéral des sédiments euxiniques. Le meilleur exemple serait celui des grands gisements d'Ukraine (522 Mt), formés sur les bordures de plates-formes entourant un bassin dans lequel se trouvent des sédiments euxiniques contemporains des couches Mn.

Le fer est également préconcentré en milieu euxinique, mais sa précipitation a lieu à un pH inférieur et, quand l'augmentation de pH est graduelle, il se dépose avant le manganèse, ce qui explique pourquoi les deux métaux sont souvent nettement séparés. Par contre, si l'augmentation est rapide, Mn se trouvera à l'état diffus dans Fe. Ces deux types de précipitation existent dans les gisements jaspilitiques.

Quand le milieu de dépôt est seulement légèrement acide, Mn reste seul en solution, tandis que Fe se trouve diffus dans les sédiments clastiques (pyrite dans les milieux euxiniques, ...). Ceci explique l'absence courante de grands gisements de fer, autres que les gîtes jaspilitiques, associés aux grands gisements de manganèse.

TYPLOGIE

En raison de son caractère très synthétique, on peut adopter la classification proposée par A. WISSINK (1970) :

- 1 - Gisements sédimentaires (ou hydrothermaux-sédimentaires) en milieu essentiellement détritique, pour lesquels seul Mn a été préconcentré et pour lesquels le dépôt s'est effectué à un pH inférieur à la "barrière du calcaire".

Ce type est le plus important de tous (45,3 % des réserves terrestres) et ses gisements se trouvent à des époques très diverses : au Précambrien à Moanda (110 Mt) et au Carbonifère en Chine (25 Mt) ; au Silurien à Tinana (2,3 Mt), en Israël ; au Lias à Urkut (15 Mt), en Hongrie ; au Crétacé à Groote Eylandt (90 Mt), en Australie ; enfin au Paléogène à Varna (60 Mt), en Bulgarie, et, en URSS, à Nikopol-Bolche Tokmak (522 Mt), Tchiatura (54 Mt) et Polounochnoye (10 Mt).

Les roches encaissantes comprennent principalement des grès et des argilites et, dans les gisements du "type chinois" (dont Moanda), des schistes noirs carbonés associés étroitement aux couches minéralisées ; dans les autres gisements, de tels dépôts euxiniques (Cf. supra) peuvent se trouver latéralement, dans des formations contemporaines.

La concentration de beaucoup la plus importante est celle des gisements ukrainiens (Nikopol et Bolche Tokmak), qui renferment 26 % des réserves terrestres totales (2ème rang). Elle est constituée par une seule couche minéralisée ayant 2 m de puissance moyenne (variations de 0,30 m à 5,50 m), entre un mur de grès glauconieux et un toit d'argiles glauconieuses largement transgressives. Le minerai peut localement former la totalité de la couche Mn, mais il est plus généralement constitué par des concrétions dans une matrice argilo-sableuse. Sur les bords du bassin, ce

mineral est oxydé (pyrolusite et manganite), mais il devient progressivement carbonaté quand on s'éloigne de l'ancien rivage.

L'origine du manganèse a d'abord été expliquée par le lessivage du socle précambrien du bouclier ukrainien, qui renferme en particulier des amphibolites dont la teneur peut atteindre 2,7 % Mn. Mais, cette origine peut être remise en question par la découverte d'un volcanisme contemporain de la minéralisation, dans le gisement analogue de Varna (Bulgarie), et il est alors possible que les grands gisements du Sud de la plate-forme russe soient des dépôts hydrothermaux-sédimentaires, étant entendu que l'altération terrestre peut être largement suffisante pour fournir les quantités de métal de ces dépôts.

Au Gabon, à Moanda (110 Mt ; 5,5 % des réserves terrestres), le Francevillien (Précambrien) est formé par une série de grès, ampélites, dolomies et jaspes, qui a recouvert plusieurs cuvettes marines communiquant entr'elles. La coupe-type comprend des grès de base, puis 100 à 200 mètres de schistes ampélitiques et, au-dessus, des schistes dolomitiques dans lesquels se trouve la couche Mn épaisse de 5 m. Le dépôt s'est donc produit au passage d'une ambiance réductrice (schistes carbonés) à une ambiance oxydante et d'un pH acide (schistes pyriteux) à un pH basique (dolomies). Ce dépôt n'aurait constitué qu'un gîte à faible teneur et le minerai riche actuel (52-54 % Mn, avec seulement 2-4 % Fe) résulterait, selon F. WEBER (1969), d'une concentration superficielle secondaire par des phénomènes d'altération latéritique.

En Australie, à Groote Eylandt (90 Mt ; 4,5 % des réserves terrestres), la couche Mn, dans le Crétacé inférieur, surmonte un lit de quartzite. Son épaisseur moyenne est de 3 m, mais, par endroits, elle dépasse 20 m. Le minerai est soit massif, soit pisolithique.

On peut enfin noter qu'il existe, dans ce premier type, de très grands dépôts à faibles teneurs (ressources). Un bon exemple est celui de Chamberlain (Dakota du Sud, U.S.A) dont les ressources, énormes, pourraient atteindre 2 Gt, mais la teneur moyenne y est à peine supérieure à 1 %. Le minerai s'y trouve sous forme de nodules dans le Crétacé.

2 - Gisements sédimentaires (ou hydrothermaux-sédimentaires) en milieu essentiellement carbonaté, pour lesquels seul Mn a été encore pré-concentré et pour lesquels le pH de dépôt des formations encaissantes a dépassé la "barrière du calcaire".

Ce type est beaucoup moins important que le premier, car il renferme seulement 2,2 % du tonnage total. Les principaux dépôts se sont formés sur un substratum rigide, genre plate-forme, et ils se trouvent tous en Afrique du Nord. Les plus importants sont, au Maroc, l'Imini dans le Crétacé (2,3 Mt) et Bou Arfa dans le Lias (0,6 Mt) et, en Egypte, Abu Zenima dans le Carbonifère (1,14 Mt).

A l'Imini, principal gisement marocain, les couches minéralisées s'étendent sur une longueur de 25 km, avec une largeur moyenne de 400 m. Elles se trouvent à la base d'une barre dolomitique cénomano-turonienne, ou au sommet des grès sous-jacents. Les couches exploitables, parfois

réunies, sont au nombre de deux et leur puissance totale varie de 1 m à 2,5 m ; elles forment des "runs" riches, peut-être en relation avec des courants marins. L'origine pourrait être hydrothermale, au moins en partie, car, à quelques km à l'Ouest (Aglagal), se trouvent des filons Mn à la même hauteur stratigraphique.

A Abu Zenima, la série encaissante est formée de calcaires dolomitiques, avec des intercalations de silts et d'argilites carbonées indiquant une préconcentration en milieu euxinique. La séparation du fer et du manganèse ne s'est pas réalisée et le minerai contient en moyenne 21 % Mn et 36 % Fe.

Le type comprend aussi quelques dépôts dans des zones géosynclinales, dont le principal est celui d'Usinsk (19 Mt), dans le Cambrien inférieur de Sibérie. Il est formé par des couches de dolomite et de mangano-calcite dans une épaisse série calcaro-dolomitique, qui passe latéralement à des ardoises noires pyriteuses. On connaît, à faible distance, un volcanisme contemporain.

Enfin, il existe des formations carbonatées à faibles teneurs qui peuvent contribuer à la formation de gisements exploitables, grâce à des processus de concentration secondaire. Le principal exemple est celui des dolomies précambriennes de Postmasburg (Afrique du Sud), qui renferment 2 à 3 % Mn. Ailleurs, d'autres gîtes sont des dépôts résiduels, parfois de type karstique, ou des gisements éluvionnaires (0,3 Mt dans les Appalaches).

3 - Gîtes jaspilitiques, pour lesquels le milieu a été assez acide pour conserver en solution des quantités importantes de fer et pour lesquels l'augmentation du pH a été assez lente pour permettre la séparation de Fe et de Mn.

Ces gîtes, qui peuvent présenter éventuellement des enrichissements secondaires, sont associés à des formations ferrifères rubanées et ils renferment 17,7 % du tonnage mondial métal (28 % des réserves, selon J. BOULADON).

Ils se trouvent presque exclusivement dans le Précambrien, comme les itabirites, et les couches de Mn se localisent souvent dans les zones de transition entre les jaspilites ferrifères et des calcaires ou dolomies. Il existe très souvent aussi une relation étroite avec des formations carbonées, ce qui témoigne de la préconcentration en milieu euxinique. La source du manganèse (et du fer) est généralement présumée d'origine volcanique sous-marine, mais le cas ne serait pas général.

La concentration la plus importante de beaucoup, contigüe à celle de Postmasburg, est celle de Kuruman, dans le Kalahari, l'ensemble des deux renfermant 830 Mt Mn, soit 41,5 % des réserves mondiales. Les couches de Mn, au nombre de 3 ou 4, se trouvent dans le niveau itabiritique de la série de Pretoria, sur une distance de 50 km, de part et d'autre d'un épisode andésitique. Leurs puissances sont très régulières, de l'ordre de 6 à 7 m, leurs teneurs atteignent 46-47 % Mn en surface, 30-39 % Mn en profondeur et, en aval-pendage, la formation est prolongée par un mi-

nerai à interlits calcaireux titrant 25 % Mn et 12 % CaO. En tenant compte de ce prolongement, les ressources du district atteindraient 1 730 Mt Mn !

A Postmasburg, sur le prolongement sud, où la série de Pretoria surmonte 1 500 à 2 000 mètres de dolomie Mn, le gîte est formé par une série d'amas massifs et irréguliers longs de plusieurs centaines de mètres, qui sont localisés généralement à la base de brèches tectoniques ou de lambeaux charriés sur la dolomie ; ils peuvent aussi remplir de grandes poches à la surface disloquée et corrodée de cette dolomie. Leur minerai est formé principalement par de la braunite et de la bixbyite, celui de Kuruman par de la braunite et de la cryptomélane. On admet généralement (Cf. supra) que le manganèse de ces gîtes de Postmasburg provient d'une remobilisation du métal des dolomies Mn, mais certains auteurs lui attribuent une origine hydrothermale, les zones fracturées ayant servi de chenaux d'accès.

Au Brésil, à Urucum (31,5 Mt), on connaît deux couches Mn (3 m et 1,2 m) sur une distance de 7 km, situées à la base d'une série de 300 m de jaspilite. La couche inférieure est intercalée dans une arkose de base, la couche supérieure se trouve à 40 mètres plus haut dans les jaspilites. Les teneurs sont les suivantes : 45 % Mn ; 12 % Fe ; 0,18 % P.

4 - Gîtes gonditiques, avec enrichissement supergène.

Le terme de gondite a été créé en Inde pour désigner des roches métamorphiques renfermant des silicates Mn (spessartite et rhodonite) et des lentilles d'oxydes Mn primaires : essentiellement braunite avec, accessoirement, hausmannite et jacobsite. Ces oxydes primaires sont caractéristiques des gondites et ils sont exploitables tels quels, tandis que les roches elles-mêmes ne le sont (exploitables) qu'après enrichissement supergène. Actuellement, on a étendu le terme à des séries métamorphiques d'Afrique et du Brésil renfermant des carbonates Mn et des niveaux de schistes graphiteux.

Les gîtes gonditiques, qui fournissaient 19 % de la production mondiale en 1970, renfermeraient 12 % des réserves totales (approximation par défaut, car les réserves de l'Inde sont encore mal connues). Ils se rencontrent essentiellement dans le Précambrien de l'Inde (Etats de Madhya-Pradesh, de Bihar et Orissa, de Mysore et de Bombay), de l'Afrique (Nsuta, Kissengué, Grand-Lahou), du Brésil (Amapa, Lafaiete). Mais, il en existe aussi dans le Paléozoïque (Jacobeni, en Roumanie, et, au Japon, les gîtes du Permo-carbonifère de Kotschki).

Les séries à gondites, toujours plissées et redressées, ont des extensions considérables (100 à 200 km) et, en Inde, la majorité des corps minéralisés se trouve dans la partie inférieure des séries, près du contact discordant d'un socle de gneiss et dans un environnement dolomitique ; on en connaît environ 200 dans l'Etat de Madhya-Pradesh (près de Nagpur). La zone d'enrichissement superficiel, dans laquelle les silicates sont oxydés, atteint une profondeur de 30 m à 60 m et les teneurs en Mn sont très variables, entre 38 % et 51-54 %, les teneurs en Fe pouvant atteindre 18 % ; les teneurs du protore (gondite non altérée) sont de l'ordre de 20 à 30 % Mn. Actuellement, les réserves, mal connues, seraient de 70 Mt Mn environ.

Au Ghana, à Nsuta (11 Mt), on a reconnu d'anciens tufs basiques et d'anciennes laves du Birrimien supérieur et, au moins dans ce cas, il s'agit d'une série volcano-sédimentaire métamorphisée renfermant du manganèse syngénétique, déposée en milieu littoral ou lagunaire dans une zone mobile. Le gisement lui-même (teneur : 52-53 % Mn) a été enrichi par une altération superficielle latéritique.

Mais, le gîte gonditique le plus important (12,7 Mt) se trouve au Brésil, à Amapa (ou Serra do Navio). Il est constitué par de nombreuses lentilles séparées, réparties sur une longueur de 12 km et une largeur de 700 m, la plus grosse atteignant 450 m de long. Le minerai, formé principalement de cryptomélane et de pyrolusite, avec manganite subordonnée, provient de l'enrichissement superficiel (jusqu'à une profondeur de 70-100 m) d'un protore de schistes Mn, dialogite et silicates (rhodonite et spessartite). La série encaissante est formée par des schistes et des quartzites surmontant des amphibolites.

L'ensemble des 4 types précédents représente, selon A. WISSINK, 95 % du tonnage métal total, de sorte que les autres types seront de très faible importance, sauf un type volcano-sédimentaire (3,14 %). Mais, celui-ci n'a plus grande signification depuis que l'on connaît l'existence de traces de volcanisme dans certains gisements des autres types (Varna, par exemple). Il conviendrait donc de le supprimer ou de lui rattacher tous les gîtes hydrothermaux secondaires.

Tel qu'il est défini actuellement, il est caractérisé par l'association étroite de laves et de tufs avec les couches Mn et son métal proviendrait directement de solutions hydrothermales ayant la même source que les roches volcaniques, ou indirectement du lessivage de ces roches. On peut y distinguer deux sous-types, suivant les caractères de la série volcanique : volcanisme rhyolitique-trachytique ou volcanisme spilites-kératophyres. Le principal représentant est le gisement de Coquimbo (6,9 Mt), au Chili, encaissé dans des formations crétacées constituées principalement d'andésites porphyriques. On peut citer aussi le gîte de Tiouine (0,2 Mt), au Maroc, dans le Précambrien III, et, dans le second sous-type, la chaîne des Coast Ranges, en Californie (135 000 t pendant la guerre de 1939-1945).

Les autres types, épigénétiques, comprennent des filons dans les roches volcaniques, à gangue dolomitique ou barytique, des filons intraplutoniques et des amas lenticulaires pyrométasomatiques ou périplutoniques. Les plus importants relativement sont les filons intraplutoniques (0,75 % du tonnage total) qui, comme à Butte (1 Mt), Montana, U.S.A., peuvent se trouver dans l'auréole externe d'un système à cuivre porphyrique. On peut citer aussi le filon de Montezuma (Chili), qui renferme 1,35 Mt Mn, avec 5 000 t Ag et 30 t Au.

A la suite des descriptions, on peut noter qu'il existe deux époques privilégiées pour le dépôt du manganèse : le Précambrien (avec les gîtes de l'Inde, du Brésil, de l'Afrique du Sud et du Gabon) et l'Oligocène (avec les gîtes ukrainiens). Viennent ensuite l'Eocène (Tchiatoura), le Crétacé (Groote Eylandt) et le Permo-carbonifère (Chine). On peut noter aussi que les gisements à fortes teneurs, enrichis secondairement, se trouvent de préférence dans les zones tropicales, subtropicales et tempérées chaudes.

On peut enfin remarquer qu'il existe deux groupes de sites particulièrement favorables : des sites liés à une transgression marine succédant à la pénéplanation d'une zone stable (Ukraine, Groote Eylandt, Moanda, Chine, ...) et des fosses subsidentes à volcanisme sous-marin, toujours situées dans des zones mobiles (gondites et jaspilites). Mais, il est évident que l'influence du volcanisme peut se propager loin des zones mobiles où il est actif et le manganèse des premiers sites (cas de Varna) peut avoir son origine dans des exhalaisons volcaniques.

USAGES

La pyrolusite, appelée "magnésie noire", était utilisée par les anciens Romains et Egyptiens pour la coloration du verre et des poteries et, au milieu du 17ème siècle, on employait la "terre d'ombre", un mélange d'oxydes de Fe et de Mn, comme siccatif pour l'huile de lin. Mais, ce n'est qu'en 1774 que C.W. SCHEELE identifiait un métal inconnu dans le bioxyde, différent du fer. Plus tard, dans la même année, T.O. BERGMAN, en même temps que J.G. GAHN, préparait quelques régules impurs de ce métal, auquel il attribua le nom de magnésium ; il fallut attendre 1785 pour que L. GUYTON de MORVEAU, pour éviter toute confusion, propose le nom de manganèse.

Depuis cette époque jusque vers 1855, les minerais de Mn étaient surtout consommés pour la fabrication du chlore, usage tombé aujourd'hui en désuétude. Leur premier emploi dans la sidérurgie (par HEATH) date de 1839, mais ce n'est qu'à partir de 1858, il y a 120 ans, que le manganèse fut utilisé intentionnellement dans le procédé Bessemer et que son emploi est devenu indispensable pour la fabrication des aciers. Depuis, sa consommation est liée à la production de l'acier, dans une proportion qui a augmenté en raison de la fabrication croissante d'aciers spéciaux à haute teneur en Mn. La production annuelle de minerais, qui était de 50 kt* en 1858, atteint aujourd'hui plus de 22 Mt et Mn se place au 4ème rang des métaux consommés, après Fe, Al et Cu.

La consommation dans la sidérurgie, qui absorbe 90 % et plus de la production, s'effectue sous la forme de produits d'addition qui sont : les spiegels ($Mn \leq 30 \%$), le ferro-manganèse carburé (76-80 % Mn, 6-7 % C), le ferro-manganèse affiné et suraffiné (1 % C et 0,1 % C), le silico-manganèse (65 % Mn, 20 % Si, 1 % C) et, enfin, le manganèse métal (99 % Mn) pour la fabrication des alliages nobles. Tous ces alliages peuvent être produits au four électrique et leur production requiert des mélanges de minerais pour obtenir un optimum dans le processus de fabrication. Quant au métal pur (99,9 % Mn), obtenu par aluminothermie de Mn_3O_4 synthétique ou par électrolyse de solutions sulfuriques, ses emplois sont limités en raison de son prix élevé.

Le ferro-manganèse, ajouté dans l'acier, sert à la désoxydation, fonction pour laquelle le silico-manganèse est plus actif, à la désulfuration (en formant MnS qui empêche le développement de FeS) et à l'amélioration des propriétés mécaniques des produits finis. En moyenne (ces chiffres présentant de larges fluctuations), la fabrication d'une tonne d'acier consomme 7-8 kg de ferro-manganèse carburé, 1 kg de silico-manganèse

* 1 kt : 1 000 tonnes métriques.

et 0,7-0,8 kg de ferro-manganèse affiné. Les "ferro-manganèses" n'ont pas de substituts pour ces usages, mais, par contre, Mn peut remplacer Ni dans les aciers inox et il est un élément durcissant au même titre que Cr ; il peut aussi entrer dans la composition de certains alliages non-ferreux (Mn-Ni-Cu, par exemple). Une petite quantité, sous la forme directe de minerai (5 % de la consommation en France), est utilisée pour la fabrication de la fonte.

Le bioxyde MnO_2 , en raison de ses qualités dépolarisantes, est employé dans l'industrie des piles sèches (brevet Leclanché). Mais, pour cette utilisation, qui consomme annuellement 70 à 80 000 t de MnO_2 , seuls conviennent le bioxyde synthétique et certaines variétés naturelles allotropiques (dont la ramsdellite) fournies par un petit nombre de mines.

Le manganèse métal, lui, est utilisé comme additif dans la fabrication de l'aluminium et du magnésium et il entre dans la composition de certains produits chimiques. Quant aux minerais oxydés, outre leur utilisation principale dans la sidérurgie, ils sont employés comme oxydants dans la production de l'hydroquinone, dans le lessivage des minerais d'uranium, dans la fabrication électrolytique du zinc et dans divers procédés chimiques. Ils sont aussi utilisés dans les briquetteries et, accessoirement, ils servent à colorer ou décolorer le verre et les produits céramiques ; ils servent également comme siccatifs pour les peintures et les vernis et ils sont employés dans la fabrication de produits pharmaceutiques, de fongicides et de teintures. Enfin, le manganèse et ses minerais peuvent être utilisés comme fondants dans la fusion des minerais des métaux de base.

MARCHE MONDIAL

La production mondiale de minerais de Mn (avec des teneurs variables, Cf. tableau 1), qui était de 50 kt/an environ avant leur introduction dans le procédé Bessemer, a atteint en moyenne, au cours de la dernière décennie (1970-1978), 22,5 Mt/an, la meilleure année ayant été 1976 (24 899 750 t). Aujourd'hui, en raison de sa liaison étroite avec l'industrie sidérurgique, le marché reste déprimé et la production a diminué (21 076 000 t en 1978), mais les prix sont restés au niveau de 1976 (Cf. tableau 3.). Il est prévu que l'amélioration ne pourra être que lente, en raison de l'importance des stocks, et, d'autre part, les pays producteurs de minerais ont de plus en plus tendance à le transformer sur place en ferro-manganèse et à vendre celui-ci à un prix non concurrentiel pour les pays transformateurs qui ne sont pas intégrés.

Le plus gros producteur reste l'U.R.S.S. (36,2 % de la production mondiale pendant la période 1970-78, Cf. tableau 1), qui occupe également le premier rang pour la production cumulée (plus de 200 Mt de minerai, soit 40 % environ de la production totale), mais la majeure partie de sa production actuelle (85 %) est utilisée sur place et dans les pays du Comecon (marché commun des pays de l'Est). Le deuxième producteur, mais le premier exportateur, est l'Afrique du Sud (19,2 % de la production mondiale pendant la même période, avec un maximum de 26,1 % en 1976). Viennent ensuite le Gabon (8,4 %), le Brésil (7,8 %), l'Inde (7,4 %), l'Australie (6,2 %) et la Chine (4,5 %), cette dernière, comme l'U.R.S.S., ne participant que peu au commerce international (5 % seulement de la production exportés).

Production mondiale des minerais de Mn
et production des principaux pays producteurs (tm)
pour la période 1970-1978

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	TOTAL	PREVISIONS 1979
TOTAL	22.193.617	21.254.326	21.042.874	21.980.753	22.696.496	24.919.614	24.899.751	22.252.595	21.076.000	202.316.026	(23.655.000)
URSS (t : 35 %)	6.915.097 (31,2%)	7.397.439 (34,8%)	7.903.623 (37,5%)	8.334.613 (38,9%)	8.242.913 (36,3%)	8.550.108 (34,3%)	8.729.840 (35%)	8.592.290 (38,5%)	8.600.000 (41,9%)	73.265.923 (36,2%)	(9.000.000) (38%)
AFRIQUE DU SUD (t : 30%)	2.708.559 (12,2%)	3.262.379 (15,3%)	3.306.889 (15,7%)	4.220.803 (19,2%)	4.796.722 (21,1%)	5.829.443 (23,4%)	5.511.018 (26,1%)	5.102.564 (22,9%)	4.317.000 (20,5%)	38.855.377 (19,2%)	(4.900.000) (20,8%)
BRESIL (t : 38-50%)	1.899.125 (8,5%)	2.629.956 (12,4%)	2.079.756 (9,9%)	1.632.161 (7,4%)	1.801.954 (7,9%)	2.179.875 (8,7%)	1.714.549 (6,9%)	907.830 (4,1%)	990.000 (4,7%)	15.835.206 (7,8%)	(1.600.000) (6,8%)
AUSTRALIE (t : 37-53%)	758.873 (3,4%)	1.061.613 (5,5%)	1.157.322 (5,5%)	1.538.876 (7%)	1.538.454 (6,7%)	1.571.730 (6,3%)	2.177.471 (8,7%)	1.401.739 (6,3%)	1.290.000 (6,1%)	12.496.078 (6,2%)	(1.600.000) (6,8%)
GABON (t : 50-53%)	1.469.081 (6,6%)	1.886.670 (8,8%)	1.924.661 (9,1%)	1.939.551 (9,2%)	2.082.632 (9,2%)	2.269.512 (9,1%)	2.240.740 (9%)	1.870.851 (8,4%)	1.710.000 (8,1%)	16.993.698 (8,4%)	(2.300.000) (9,8%)
CHINE (t : 30%)	(1.008.000) (4,5%)	(1.008.000) (4,7%)	(1.008.000) (4,8%)	(1.008.000) (4,6%)	(1.008.000) (4,5%)	(1.008.000) (4%)	(1.008.000) (4%)	(1.008.000) (4,5%)	(1.000.000) (4,7%)	(9.064.000) (4,5%)	(1.000.000) (4,2%)
INDE (t : 10-54%)	1.668.882 (7,5%)	1.860.593 (8,8%)	1.659.770 (7,9%)	1.504.797 (6,8%)	1.518.512 (6,7%)	1.593.914 (6,4%)	1.779.040 (7,1%)	1.793.118 (8%)	1.567.000 (7,4%)	14.945.626 (7,4%)	(1.700.000) (7,2%)
TOTAL	(73,9%)	(90,3%)	(90,3%)	(93,1%)	(92,4%)	(92,2%)	(96,8%)	(92,8%)	(93,4%)	(89,7%)	(93,6%)

Chiffres extraits de "Minerals yearbook pour 1970 à 1977 et de "Mineral Trade Notes" pour 1978

Prévisions 1979 suivant fiche de la CIAM.

Les réserves terrestres mondiales en métal sont estimées à un chiffre voisin de 2 Gt Mn environ*, soit 200 ans de consommation au taux actuel. 92 % de ces réserves se trouvent dans 6 pays seulement, qui sont les suivants dans l'ordre décroissant : Afrique du Sud, U.R.S.S., Gabon, Australie, Brésil et Inde.

L'Afrique du Sud, qui vient en tête, posséderait 835 Mt Mn (41,75 % des réserves totales), situées dans les districts voisins de Kuruman et de Postmasburg, lesquels, d'après une source allemande (BGR, 1977), pourraient renfermer jusqu'à 1 470 Mt (770 Mt certaines et probables + 700 Mt possibles). Toutefois, seuls 115 Mt sont d'exploitation aisée, car le reste (720 Mt) se trouve entre 700 et 900 m de profondeur. Une nouvelle mine vient d'être ouverte, celle de Middelplaats ; elle a produit 1 Mt minerai en 1979 et elle est prévue pour une production de 3 Mt/an. Ce minerai sud-africain constitue, avec celui du Gabon, l'approvisionnement principal de la sidérurgie française, en raison de leurs compositions chimiques complémentaires.

Le deuxième rang des réserves est occupé par l'U.R.S.S., premier producteur actuel et premier producteur cumulé, qui disposerait de 650 Mt (32,5 % des réserves mondiales), dont 552 pour Nikopol-Bolche Tokmak et 54 pour Tchiatura. Il s'agit d'un minerai assez phosphoreux (0,2 %) et, sur le total des réserves, les oxydés ne dépassent pas 200 Mt, le reste représentant des minerais partiellement ou totalement carbonatés.

Vient ensuite le Gabon, avec le gisement de Moanda (110 Mt ; 5,5 % des réserves) dont le minerai d'excellente qualité est un complément privilégié du minerai ferrugineux sud-africain. Ce gisement a déjà produit, entre 1962 (date de sa mise en exploitation) et 1978, environ 24 Mt minerai et il est prévu de porter sa capacité à 2 Mt/an dans les années 80.

L'Australie occupe le 4ème rang, avec 100 Mt (5 % des réserves), dont 90 pour le seul gîte de Groote Eylandt. On peut y ajouter, sous réserves, 10 à 15 Mt en provenance du gisement mixte de Ripon Hill (22 % Mn ; 24 % Fe), en attente de réouverture. Il est à noter que ce pays tend à freiner ses exportations de minerai et à augmenter sa production de demi-produits.

Vient ensuite le Brésil, avec 80 Mt Mn (4 % des réserves). La production cumulée, depuis la fin du siècle dernier, atteint 45 Mt environ (4ème rang mondial) et sa production actuelle, de l'ordre de 1 Mt/an, provient essentiellement de la mine d'Amapa ou Serra do Navio, le complément étant extrait des anciennes mines de Lafaiete et Ouro Preto (dans l'état de Minas Gerais). Un gisement important à peine connu existe en Amazonie, celui de Uaupés (15 Mt ?), et il est prévu de réouvrir la mine d'Urucum, fermée depuis 1972.

* D'autres estimations, moins optimistes, évaluent ces réserves à 2 Gt de minerai et non de Mn, soit 90 ans de consommation au rythme actuel et non plus 200 ans.

Enfin, on trouve l'Inde, dont les réserves mal connues sont évaluées à 70 Mt Mn (3,5 % du total) ; sa production cumulée, depuis 1894, atteint environ 73 Mt, ce qui la place au 2ème rang mondial, sa production actuelle étant de l'ordre de 1,5 Mt/an (5ème place). Cette production, contrairement aux précédentes, est très dispersée et, en 1971, il existait 313 mines en activité, dont les plus importantes (> 150 000 t/an) se trouvaient dans les États de Madhya Pradesh (Nagpur) et d'Orissa. Le minerai marchand, même celui provenant d'une même mine, est de qualité variable, ce qui constitue un handicap sur le marché européen.

Après ces six "grands", on rencontre la Bulgarie (60 Mt), la Chine (25 Mt), la Hongrie et le Zaïre (15 Mt), le Ghana (11 Mt), la Yougoslavie (10 Mt) et le Chili (8 Mt). La production de la Bulgarie provient du gisement de Varna, analogue aux gisements ukrainiens, qui a produit 0,9 Mt entre 1925 et 1974, année où sa production est tombée à 34 kt. La Chine, qui occupe actuellement le 7ème rang des producteurs (4,5 % de la production totale), possède des réserves estimées à 25 Mt, mais ses gisements restent mal connus et ce chiffre pourrait être révisé en hausse. La production hongroise provient du gîte de Urkut et celle du Zaïre du gisement de Kisengué, dont les réserves (15 Mt) sont constituées essentiellement par du minerai carbonaté.

Le Ghana, avec le gisement de Nsuta (11 Mt) exploité depuis 1918, occupe le 5ème rang mondial pour la production cumulée jusqu'en 1974 (25 Mt). Mais, les minerais oxydés sont pratiquement épuisés et les réserves sont formées par du minerai carbonaté et silicaté en cours d'exploitation - Les réserves de la Yougoslavie, dont la production cumulée est très faible, se trouvent en Macédoine, dans le gîte de Sogovo qui renfermerait 10 Mt de minerai pour sinter et sels de Mn - Le Chili, qui disposerait de 8 Mt métal (?), a produit, de 1885 à 1974, près de 2 Mt de minerai ; mais, sa production actuelle est très faible, de l'ordre de 20 kt/an, en provenance du gîte de Coquimbo. Un gisement potentiel filonien (1,3 Mt Mn) existe à Montezuma, mais il se trouve à 5500 m d'altitude - Au Mexique, qui a produit près de 5 Mt de minerai jusqu'en 1974 (1 % de la production mondiale cumulée), la production est actuellement concentrée dans la région de Molango (mine Tetzlinta), dont les réserves connues sont de l'ordre de 2-4 Mt Mn - Le Japon, dont la production cumulée approche 10 Mt Mn, en provenance des gisements de Inakuraishi et de Hokkaido Sud, n'occupe plus que le 12ème rang mondial et sa production actuelle consiste surtout en carbonates grillés sur place. Mais, ce pays est le premier producteur de ferro-manganèse du monde libre.

Au Maroc, dont la production cumulée jusqu'en 1974 atteint près de 10 Mt (8ème rang et 2 % environ de la production mondiale), il n'existe plus qu'un seul gîte en exploitation, celui de l'Imini (2,3 Mt Mn), qui ne produit plus de minerai métallurgique, mais uniquement du minerai pour batteries et produits chimiques. Quant au gisement de Tiouine, ses réserves sont faibles (0,2 Mt).

La Côte d'Ivoire a produit 1,3 Mt de minerai dans son gisement du Grand Lahou, entre 1960 et 1970. Depuis, aucun autre gisement n'y a été exploité, mais il y existe des gîtes gonditiques "pauvres" (25 % Mn), dont le potentiel est de 1,2 Mt - L'Egypte, qui a produit 2,7 Mt de minerai entre 1914 et 1974, dispose dans le Sinaï du gisement ferrugineux d'Abu Zenima (1,4 Mt Mn).

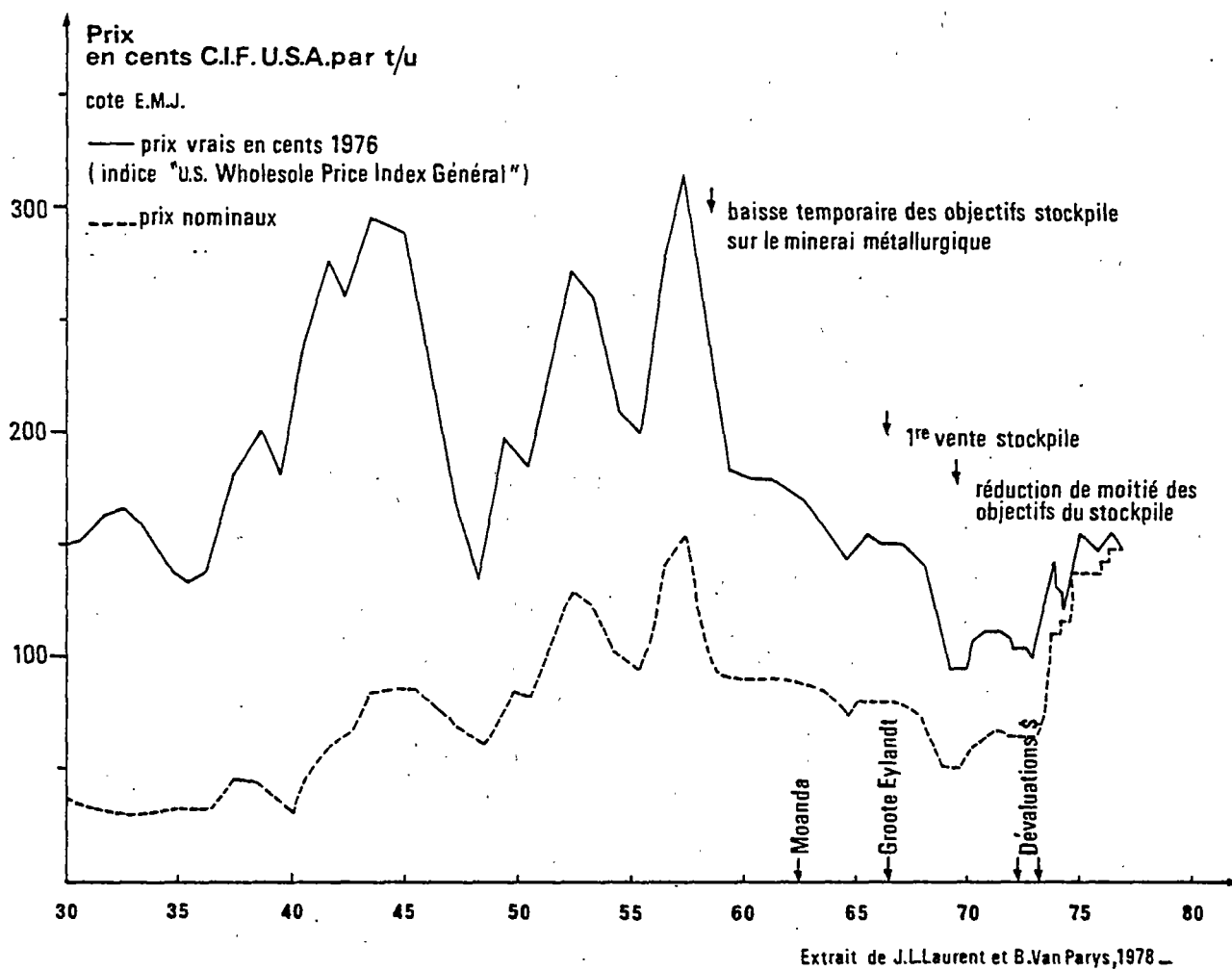


FIG. 1 - Evolution des prix du minerai de manganèse depuis 1930

La Haute-Volta va occuper maintenant une place importante, grâce à son gisement de Tambao qui doit être mis en exploitation au début des années 80, par la Société Comilog qui exploite Moanda. Ce gisement, qui fournira 0,6 Mt/an, renferme 13,3 Mt de minerais oxydés (7,2 Mt Mn) et 13 Mt de carbonates (6,2 Mt Mn). Le problème du transport est le seul handicap à son exploitation - Enfin, on peut signaler que le Mali possède un gisement potentiel à Ansongo (3,7 Mt Mn ?), que la Roumanie produit, à Jacobeni, un minerai ferrugineux et siliceux dont la production cumulée, entre 1921 et 1974, a atteint 6 Mt, et que Cuba a produit environ 5,5 Mt de minerai, entre 1887 et 1974, dans la province d'Oriente.

Au total, la production mondiale cumulée de minerai, depuis plus d'un siècle, s'élevait à environ 606 Mt fin 1978.

PRIX

Le minerai de Mn n'a pas un caractère spéculatif et son prix est négocié par des contrats annuels entre les sociétés minières et les utilisateurs ou les groupements d'achat les représentant : la Société du Manganèse pour la France. La cotation est faite sur une base CAF, en cents U.S.A par tonne-unité, le fret représentant une part importante des prix (de l'ordre de 1/4).

L'évolution de ces prix depuis 1930 (Cf. figure 1) montre une longue période de baisse, depuis le "pic" de 1957 (344 dollars par tonne-unité) jusqu'au "creux" de 1969 (82 dollars), baisse que l'on explique ainsi : ouverture de Moanda en 1962 et de Groote Eylandt en 1966 ; fermeture des petites mines ; effet dépressif des ventes du stock américain et des révisions à la baisse de ses objectifs ; relative surcapacité minière. Depuis, il y a eu deux augmentations significatives en 1974 et 1975, mais ensuite les prix ont graduellement décliné et cette tendance modérée se poursuivra probablement jusqu'en 1981. En France, les valeurs moyennes des importations en douane (Cf. tableau 3) ont été de 139,7 F/t en 1970 et 288 F/t en 1978, avec un maximum de 330 F/t en 1977.

AVENIR

Pour l'avenir, comme actuellement, la consommation mondiale de manganèse dépendra essentiellement de deux facteurs : la production totale d'acier et la consommation spécifique moyenne par tonne de cet acier. Or, d'une part, on prévoit que le taux de croissance de cette production, dans le monde occidental, sera vraisemblablement de 3 à 3,6 % jusqu'en 1990, avec des périodes possibles de déclin, et, d'autre part, la consommation spécifique de Mn par tonne continuera sa diminution amorcée il y a quelques années, avec le remplacement progressif du four à sole et du procédé Bessemer par la fabrication à l'oxygène et le four électrique (consommations respectives de 6,1 et 5,5 kg Mn/t), cette diminution n'étant pas compensée par la fabrication des aciers à haute résistance (9 kg Mn/t). On peut prévoir que le chiffre moyen sera de 6,3 kg/t en 1990 et, sur cette base, la demande mondiale en Mn contenu se situerait entre 4 et 4,4 Mt.

D'autre part, en raison du coût croissant de l'énergie, les principales nations industrialisées (CEE, U.S.A, Japon) renoncent de plus en plus à la fabrication des ferro-alliages, en faveur d'une production

accrue au Mexique, en Afrique du Sud et, à un moindre degré, en Australie, au Brésil et peut-être en Norvège. Par ailleurs, la tendance à fabriquer des aciers faiblement carburés favorisera l'emploi du silico-manganèse de préférence au ferro-manganèse à haute teneur en C.

Par contre, de nouveaux usages pourront se développer, par exemple la fabrication d'un additif anti-détonant pour l'essence, qui remplaçait l'additif actuel au plomb. Quant à l'exploitation des nodules sous-marins, il est improbable qu'elle se développe largement au cours de la décennie 1980 et elle n'entraînera pas forcément l'extraction du Mn contenu, car son prix de revient risque d'être trop élevé et sa production trop importante.

MARCHE FRANCAIS

La France, en raison de sa production trop faible ou nulle, comme c'est le cas depuis 1949, a toujours été obligée d'importer des minerais de manganèse. Entre les deux guerres, ses principaux fournisseurs étaient l'Union Indienne (aujourd'hui l'Inde) : 2 661 137 t entre 1923 et 1937 et l'U.R.S.S. : 1 856 648 t entre 1925 et 1937, auxquels s'ajoutaient l'Afrique occidentale anglaise, l'Union Sud-Africaine, le Brésil, l'Asie (sauf l'Inde), l'Allemagne, l'Espagne et le Maroc ; l'année record a été 1929, avec 800 511 t.

Après la dernière guerre, ce fut le Maroc qui prit la tête et la conserva jusqu'en 1965, année où il fut dépassé par l'Afrique du Sud : en 1953, par exemple, avec un chiffre de 287 000 t, il représentait 65,6 % du total des importations. Actuellement, au cours de la période 1969-1978 (Cf. tableau 2), les deux premières places sont prises par le Gabon et l'Afrique du Sud, aux minerais complémentaires, qui représentent 85 % de nos importations (respectivement 43,2 % et 41,6 %) ; loin derrière, viennent le Brésil (5 %), l'U.R.S.S (3,7 %), le Mexique (1,9 %) et l'Australie (1,2 %), le Maroc ne figurant plus que pour une petite quantité (2 000 tonnes) de minerai spécial pour batteries et chimie, en provenance de l'Imini. On peut remarquer que les livraisons soviétiques ont complètement cessé depuis 1974.

Pendant cette période 1969-1978, les importations ont atteint un total de 10 944 700 t, avec un maximum en 1974 (1 405 600 t) ; depuis, elles ont baissé pour atteindre un "creux" en 1977 (942 100 t). Pendant le même laps de temps, la consommation s'est élevée à 11 062 755 t, avec un maximum en 1974 (1 391 905 t) comme pour les importations. La plus grande partie s'est effectuée naturellement pour la sidérurgie, soit 86,4 % pour la période considérée (chiffres oscillant entre 83 % et 88,5 %), ce qui est inférieur au pourcentage mondial généralement estimé à 90 % et plus. Les prix du minerai en douane sont indiqués, en francs courants, dans le tableau 3 ; on peut remarquer qu'ils ont atteint une valeur maximale en 1977 (330 F/t), malgré la dépression, et que leur plus grand écart se situe entre les années 1973 et 1974 (73,74 F d'augmentation en francs courants).

Si l'on envisage maintenant les industries, on peut considérer que l'intégration est complète dans la mesure où les participations fran-

Importations françaises de minerais de Mn (kt)

pendant la période 1969-1978

	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	TOTAL
TOTAL	926,4	1088,5	1050	1090,8	1358,7	1405,6	1162,3	1002,3	942,1	958	10.944,7
URSS	88,5 (9,6%)	109 (10%)	99 (9,4%)	89,9 (8,2%)	17,5 (1,3%)	1,1 (0,08%)					405,1 (3,7%)
AFRIQUE DU SUD	329,5 (35,5%)	361,4 (33,2%)	347,9 (33,1%)	440,2 (40,3%)	618 (45,4%)	574,8 (40,9%)	549,4 (47,3%)	507,5 (50,6%)	424 (45%)	395 (41,2%)	4 547,1 (41,6%)
GABON	334,3 (36,1%)	477,3 (43,8%)	449,3 (42,8%)	458,7 (42%)	533,4 (46,6%)	718,3 (51,1%)	555,1 (47,7%)	439,8 (43,9%)	357,4 (37,9%)	334 (34,8%)	4 758 (43,4%)
BRESIL	77,2 (8,3%)	96,5 (8,8%)	85,6 (8,1%)	32,1 (3%)	31,9 (2,4%)	8 (0,5%)		29,4 (2,9%)	58,5 (6,2%)	131 (13,6%)	550,2 (5%)
DIVERS	96,9 (10,5%)	44,3 (4,2%)	68,2 (6,4%)	69,9 (6,5%)	8,1 (0,6%)	6,7 (0,5%)			1,3 (0,02%)	9 (0,7%)	296,3 (2,7%)
MEXIQUE					26,3 (1,9%)	25,5 (1,8%)	50,9 (4,4%)		54 (5,7%)	55 (5,6%)	211,7 (1,9%)
AUSTRALIE					15,5 (1,1%)	53,5 (3,8%)		25,6 (2,6%)	34,2 (3,6%)	6 (0,6%)	134,8 (1,2%)
ANGOLA					7,9 (0,6%)						7,9
GHANA						17,7 (1,2%)	6,9 (0,6%)		12,7 (1,4%)		37,3
MAROC										34 (3,5%)	34

Chiffres extraits des "Annales des Mines"

Consommation française de minerais de manganèse (tm)

pendant la période 1969-1978

et valeurs moyennes en douane (fr/t)

	Consommation totale	Consommation sidérurgie	% sidérurgie	Valeur moyenne en douane (fr/t)
1969	952.669	820.828	86,1 %	
1970	1.062.719	930.524	87,5 %	139,70
1971	1.031.348	891.077	86,4 %	146,66
1972	1.109.942	921.527	83,0 %	140,13
1973	1.320.691	1.107.593	83,8 %	151,46
1974	1.391.905	1.193.982	85,7 %	225,2
1975	1.156.100	995.200	86,1 %	232,36
1976	1.018.310	897.057	88,1 %	287,47
1977	995.399	839.054	84,3 %	330
1978	1.023.672	906.603	88,5 %	288
TOTAL	11.062.755	9.563.445	86,4 %	

Chiffres extraits des "Annales des Mines".

çaises dans des mines à l'étranger (B.R.G.M. et Mokta dans Comilog,...) assurent un approvisionnement à la sidérurgie, principale consommatrice. Toutefois, les grands groupes sidérurgiques français n'ont guère essayé de s'intégrer à l'amont, ni au niveau de l'extraction du minerai, ni au niveau de sa transformation.

Les sociétés françaises produisant du ferro-manganèse ou du silico-manganèse sont les suivantes : Aciéries de Paris et Outreau (500 kt/an de ferro-manganèse et 50 kt/an de silico-manganèse) ; Compagnie Industrielle et financière de Pompey (120 kt/an de ferro-manganèse) ; SOFREM : PUK (4 kt/an de silico-manganèse, 10 kt/an de Mn Gimmel et 40 kt/an de ferro-manganèse affiné) ; Compagnie universelle de l'acétylène (10 kt/an de silico-manganèse et 30 kt/an de ferro-manganèse carburé) ; Société pyrénéenne du silico-manganèse (200 à 300 t/an de silico-manganèse).

En outre de ces fabrications d'alliages, il existe une petite production de manganèse métal et le reste de la consommation, sous forme de bioxyde, se partage entre la fabrication de piles et la chimie. La moitié environ de la production de ferro-manganèse est exportée, de sorte qu'une baisse de la production de minerais entraînerait en principe une baisse des exportations, avant de créer une pénurie sur le marché national.

Vu la relative abondance des réserves mondiales terrestres, sans parler des nodules sous-marins, il ne se pose pas de problème de disponibilité pour le minerai de Mn, encore que la production soit concentrée dans certains pays "sensibles" (Afrique du Sud, par exemple). Cependant, l'intégration verticale de plus en plus importante des pays producteurs (Afrique du Sud, Inde, Australie) les conduit à concurrencer fortement les producteurs de ferro-manganèse européens sur le marché mondial, si bien qu'il se pose aujourd'hui un grave problème de maintien d'une industrie française du ferro-manganèse.

GISEMENTS FRANCAIS DE MANGANESE

La production française de manganèse, nulle depuis 1949, a toujours été très faible depuis le début du siècle (Cf. figure 2) et la production totale depuis 1830 (843 610 tonnes de minerai) ne représente guère que la consommation actuelle de 3 trimestres (au point de vue quantitatif). Les occurrences connues sont certes relativement nombreuses (il y a eu 45 concessions instituées depuis 1820), mais elles sont généralement de très petite taille : seuls 2 gisements ont dépassé 100 000 t de minerai et 9 gisements 10 000 t, les teneurs étant par ailleurs généralement inférieures à 50 % Mn. La France est donc un pays très pauvre en manganèse.

GEOLOGIE

Tous les gîtes et indices décrits forment deux groupements principaux (Cf. carte h.-t.). Le premier se rencontre dans le Sud du pays (Pyrénées-Corbières-Montagne Noire), le second dans les bordures nord et nord-est du Massif Central. Ils ont fourni, à eux deux, la quasi-totalité de la production française, avec les gisements de Romanèche (435 000 t), Las Cabesses (195 000 t), le groupe des Hautes-Pyrénées (90 000 t), ... Il existe bien un 3ème groupement, dans les Vosges, mais il est formé par des indices d'importance insignifiante. Quant aux autres petits gisements, isolés, ils sont disséminés dans des régions diverses (bordure ouest du Massif Central, côte méditerranéenne, ...).

Une vaste zone quasiment stérile s'étend sur une moitié de la France, comprenant d'une part le Bassin Parisien et le Bassin Aquitain séparés par le Seuil du Poitou, d'autre part le Massif Armoricaïn qui s'oppose ainsi au Massif Central. De même, les Alpes, autre tache stérile, s'opposent aux Pyrénées. On peut toutefois remarquer que, dans les bassins, il pourrait exister des gîtes cachés restés inconnus.

Le premier groupement géographique correspond essentiellement à un groupement géologique. Ses gisements en effet, sauf rares exceptions, sont des gisements probablement hydrothermaux-sédimentaires, liés à un volcanisme acide dont on a retrouvé récemment des manifestations, qui sont localisés stratigraphiquement au voisinage du contact Dévonien-Dinantien. Dans toute la région intéressée, ces deux étages présentent des caractères particuliers constants, traduisant une tendance à l'émersion au cours du Tournaisien (phase bretonne des plissements hercyniens) : le Dévonien supérieur y présente ainsi des faciès calcaires spéciaux ("infragriottes", "griottes" et "supragriottes"), tandis que, dans la base du Dinantien, se trouvent des ampélites et des lydiennes à nodules phosphatés, surmontées par des jaspes clairs à lits de cinérites. La série des "griottes" constitue une ressource, car elle renferme des teneurs anormales en Mn, souvent plusieurs %.

Les gîtes connus, qui sont les plus anciens de France, sont encaissés, d'une part, dans ces calcaires particuliers du Dévonien supé-

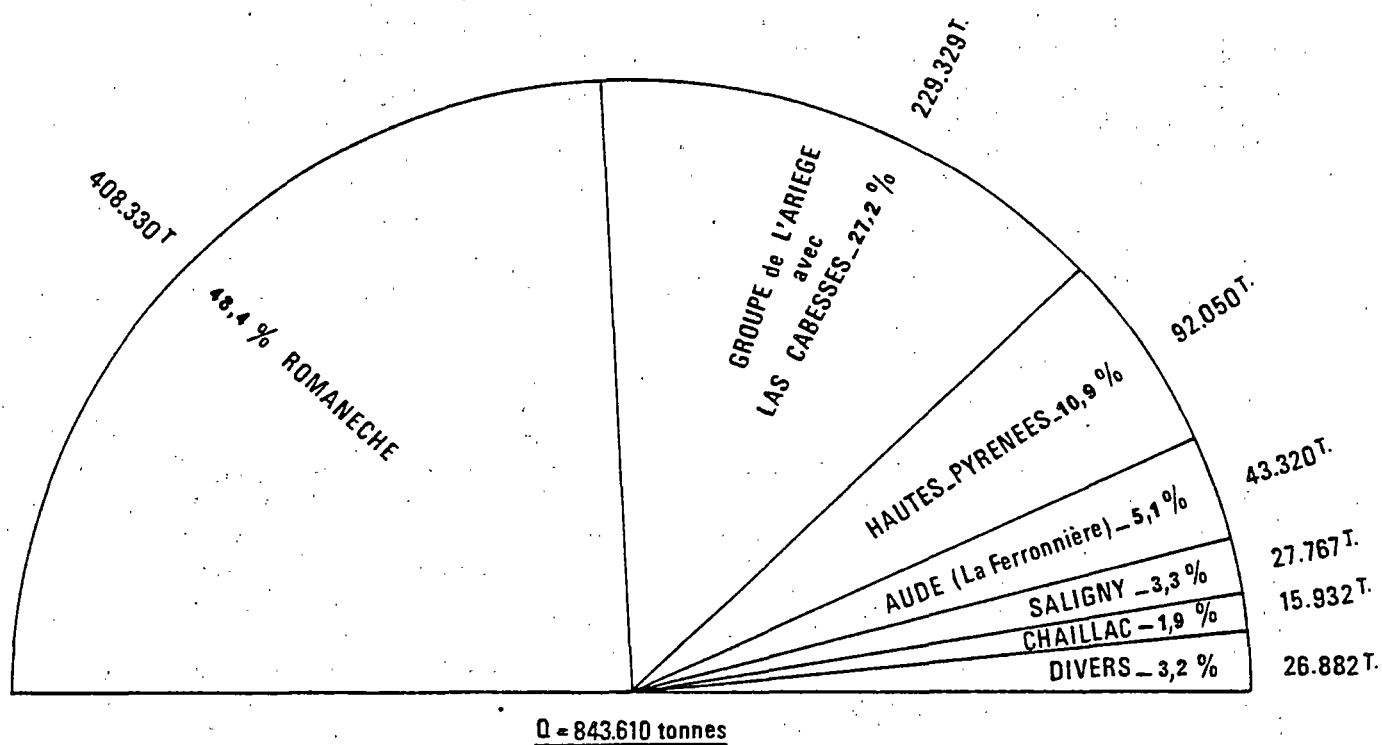


FIG. 2 - Répartition de la production de manganèse (minerai marchand)
(depuis 1930 jusqu'à nos jours)

rieur (et éventuellement du Tournaisien inférieur), d'autre part dans les jaspes du Tournaisien supérieur - Viséen inférieur, ou dans leurs termes de passage aux lydiennes. Dans le premier cas, ils peuvent constituer des couches, des amas de substitution et même, à la suite de remaniements, des remplissages karstiques. Dans le second, ils forment des lentilles interstratifiées, plissées comme les lits des roches encaissantes, et, dans les deux, ils peuvent être associés à des venues hydrothermales tardives (veinules sécantes pouvant renfermer des sulfures, outre divers minéraux de Mn).

Les gisements dans les "griottes" comprennent le 2ème producteur français : Las Cabesses (Ariège), qui a produit 195 000 tonnes de minerai marchand, les gisements dans les jaspes dinantiens, le 3ème producteur : le groupe des Hautes-Pyrénées - Haute-Garonne, avec 90 050 t. Quant à leur ensemble, il a fourni 373 286 tonnes, soit 44,2 % de la production totale depuis 1830.

Un 2ème ensemble de gisements, qui ne forme plus un groupement géographique, est constitué par des formations lenticulaires encaissées dans les assises de base grés-argileuses des séries mésozoïques (Permo-Trias, Rhétien et Hettangien). Elles sont particulièrement abondantes sur la bordure nord du Massif Central, où elles couvrent des espaces très étendus. Elles peuvent ainsi constituer une ressource, mais elles ne forment que de rares petites lentilles exploitables : leur principal représentant, Chaillac et Dunet (Indre), n'a produit que 15 932 tonnes d'un minerai très siliceux à une teneur de 30 à 38 % Mn. Deux petits gîtes de ce type existent dans les Pyrénées : Montels (Ariège) et Itxassou (Basses-Pyrénées), mais leurs productions n'ont guère atteint que 1 000 tonnes de minerai au maximum.

Les minerais de ces gisements sont toujours des oxydes et ils peuvent être associés (Chaillac, Montels) à des oxydes de fer, lesquels forment très généralement des concentrations distinctes, quoique voisines ou même juxtaposées. On peut admettre plausiblement que les deux métaux proviennent de l'altération et de l'érosion continentales consécutives à la surrection de la chaîne hercynienne, leur origine première se trouvant dans les roches ou dans des gîtes anciens détruits. Mais, il existe aussi des imprégnations d'origine hydrothermale, notamment dans les grès triasiques ou rhétiens de la région de Romanèche (Saône-et-Loire), qui ne peuvent toutefois pas constituer de gîtes économiques.

Un 3ème groupe peut être constitué par des gisements superficiels d'altération continentale, formés à diverses époques du Tertiaire, en particulier au Sidérolithique, mais aussi plus récemment. Ce manganèse superficiel, associé constamment à des sables, des argiles et du fer pisolithique, est très répandu et on en trouve même dans le Massif Armoricain ("grison"). Les principales concentrations, qui ont fait l'objet de tentatives d'exploitation, se rencontrent sur la bordure ouest du Massif Central, dans la Dordogne (plus particulièrement le Nontronais), le Lot et la Charente, ainsi qu'à Saint-Prix, dans le Morvan, et à Frasn-le-Château dans la bordure sud-ouest des Vosges. La plus importante a été Saint-Prix (Saône-et-Loire), qui a produit seulement 5 229 tonnes à la faible teneur de 20 % Mn et renferme encore 60 000 t à la même teneur.

Un 4ème groupe est formé par des filons, éventuellement associés à des amas de substitution ou à des concentrations superficielles provenant de leur remaniement. Le plus important de beaucoup est Romanèche (Saône-et-Loire), qui a été le plus gros producteur français : 408 330 tonnes depuis 1830, soit, à lui seul, 48,4 % de la production totale, mais la moitié environ de sa production a été fournie par les amas associés dans le Sinémurien. Ce gîte de Romanèche, situé dans le Beaujolais, est accompagné par de multiples indices de types divers et sa région constituerait sans doute, tout étant relatif, le secteur français le plus intéressant à prospecter, non seulement pour Mn mais aussi pour la fluorine et la barytine associées.

On peut citer ensuite le filon de Saligny (Allier) dont la production : 27 767 tonnes à des teneurs variant entre 20 et 40 % Mn, a été fournie pro parte par des lentilles superficielles dans le Mio-pliocène provenant de remaniements de la partie filonienne. Un groupement existe dans les Vosges, mais tous ses éléments n'ont produit que des tonnages insignifiants ; on peut toutefois signaler, pour des raisons historiques, les filons de Saphoz (Faucogney et Esmoulières) mis en exploitation dès 1755 et on peut mentionner la présence de tungstène, exprimé minéralogiquement ou non, dans les filons de Lyris et du Haut-Poirot. Le minerai exploité dans tous ces filons était du minerai oxydé superficiel, n'atteignant qu'exceptionnellement des profondeurs de 60 à 80 mètres (Romanèche) ; aussi peut-on, du moins dans certains cas, le considérer comme appartenant à des "chapeaux de manganèse". On peut remarquer que l'ensemble formé par ces filons, associés à des amas ou des lentilles superficielles, et les gisements dévono-dinantiens, a produit au total, depuis 1830, 803 383 t de minerai marchand, soit 95,1 % de la production totale, toutes les autres occurrences n'ayant guère fourni que 40 000 t, dont 15 532 t pour le petit gîte de Chaillac et Dunet.

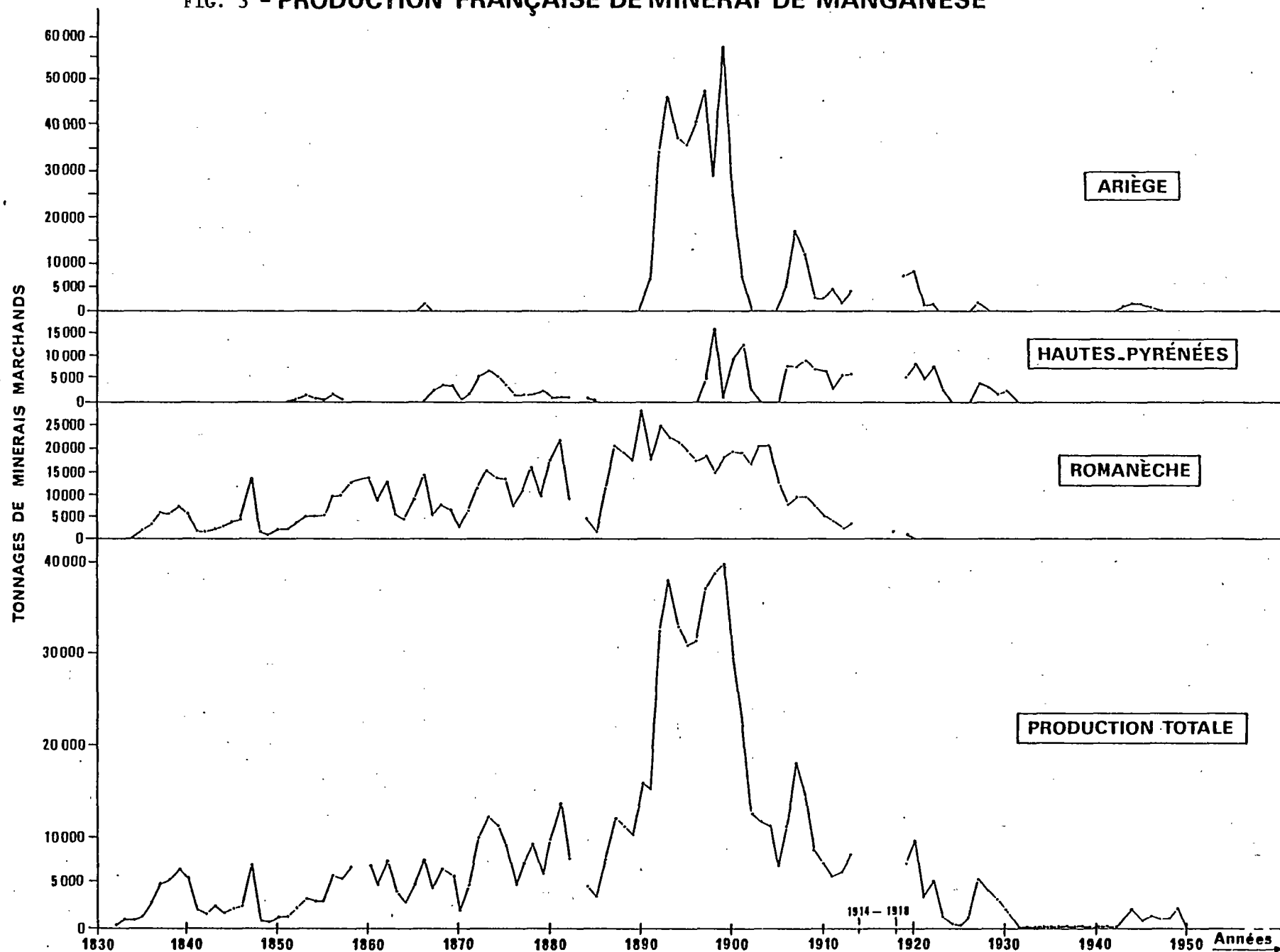
En dehors des 4 groupes principaux précédents, il existe quelques petits gîtes et indices isolés, à classer à part. Le plus important est celui de Valmasque et Bois-de-la-Garde (Alpes-Maritimes), encaissé dans des sables et argiles éocènes remplissant souvent des poches de dissolution des calcaires et dolomies du Jurassique moyen et supérieur ; il a produit 7 644 tonnes à une teneur de 20-25 % Mn. On peut mentionner ensuite celui d'Auxilhac (Lozère), qui a fourni environ 1 000 tonnes d'oxydes de Mn et 300 tonnes de "limonite", constitué par des amas et des filonets dans la partie supérieure de l'Hettangien, dont les calcaires dolomitiques, constituant une ressource, peuvent renfermer eux-mêmes des teneurs appréciables en MnO (6 à 9 %). Une particularité intéressante est la présence de "tungstomélanes", le minerai tenant 4,8 % WO₃ sans minéraux de tungstène exprimés.

Enfin, pour être complet, il convient de signaler que certains gisements de fer renferment une petite quantité de manganèse (quelques %), intéressante pour la métallurgie. Dans quelques cas (filons ferrifères du Tarn et de l'Aveyron), on a même pu extraire séparément les deux métaux.

HISTORIQUE

L'histoire des mines de manganèse en France commence pratiquement avec la découverte et la mise en exploitation de Romanèche (71) en 1750, bientôt suivies par celles de Faucogney et Esmoulières (70), en

FIG. 3 - PRODUCTION FRANÇAISE DE MINÉRAI DE MANGANESE



1755. L'activité fut très réduite jusqu'en 1830 et l'on estime que cette première période n'a guère produit que 25 000 à 30 000 t, provenant essentiellement de Romanèche. Vers 1830, en raison justement du succès de Romanèche, il y eut un regain d'intérêt pour le manganèse et 19 concessions furent instituées à cette époque. Le minerai exploité était uniquement du minerai oxydé, destiné à divers usages non métallurgiques : fabrication du chlore, blanchissement des verres, fabrication de colorants pour les faïenceries et les poteries. Les meilleures années, comme 1839, ne produisaient toutefois que 6 000 tonnes.

Une 2ème période d'activité, la plus importante de beaucoup (Cf. figure 3), vers la fin du siècle dernier, s'explique par les progrès effectués dans l'industrie des ferro-manganèses, progrès permettant l'utilisation des minerais carbonatés et silicatés. Cette période, qui dura onze ans (1892-1902), vit, en particulier, la mise en valeur des gisements du Dévono-Dinantien (Las Cabesses, Hautes-Pyrénées) et, les besoins ne cessant d'augmenter, les gîtes oxydés, tels Romanèche et Saligny, atteignirent leur plus forte production. Ainsi, avec un tonnage global de 332 548 t, les années en question produisirent-elles environ 40 % du tonnage total depuis 1830, les productions maximales ayant été de 38 935 t en 1898 et 38 897 t en 1899.

Cette période d'expansion cessa brusquement en 1902, par suite de la chute des cours du minerai (découvertes de grands gisements en Russie et aux Indes). Une reprise eut lieu en 1906, mais la production n'atteignit plus jamais des valeurs aussi élevées, car les principaux gisements (Romanèche, Ariège et Hautes-Pyrénées) s'étaient épuisés ou appauvris, sans qu'on ait trouvé des gîtes de remplacement. Romanèche lui-même, exploité sans interruption depuis un siècle, dut cesser toute activité en 1919. Toujours très faible depuis cette date (meilleure année : 1927, avec 5 586 t), la production française est pratiquement nulle depuis 1949.

CONCLUSIONS

Comme déjà dit, la France est un pays très pauvre en minerais de manganèse : sa production totale depuis 1830 a été très faible, insignifiante à l'échelle mondiale, et ses réserves reconnues sont pratiquement nulles. En outre, on peut remarquer que, actuellement, les deux plus gros gisements français (Romanèche et Las Cabesses) ne seraient probablement pas exploitables, car leurs tonnages sont faibles à l'échelle des gîtes exploités de Mn, leurs morphologies sont compliquées et leurs minerais présentent des teneurs variables souvent peu élevées. On ne peut donc pas raisonnablement envisager de bâtir un programme de recherches de manganèse en France. Tout étant relatif, le meilleur secteur à prospecter serait celui de Romanèche, mais surtout en raison de la présence abondante de fluorine et barytine.

S'il n'existe pas de réserves, on peut mentionner quelques ressources. L'une est constituée par le calcaire "griotte" encaissant les gisements du Dévonien, qui renferme fréquemment plusieurs % MnO ; une deuxième est formée par le manganèse dispersé dans la formation de base détritique mésozoïque, sur une partie importante de la bordure nord du Massif Central ; une 3ème est constituée par les calcaires dolomitiques hettangiens des petits causses de l'Aubrac, dans la région d'Auxilhac

(48), qui tiennent jusqu'à 9 % MnO (et 25 % FeO) ; enfin, une 4ème est représentée par le "grison" du Massif Armoricaïn.

Pour terminer, on peut noter que l'absence de gîtes importants, en France, n'est pas due à l'absence de types favorables. En effet, les nombreux gisements du Dévono-Dinantien sont d'origine certainement hydrothermale-sédimentaire et, dans la série dinantienne, au voisinage stratigraphique des gîtes, se trouvent des sédiments euxiniques (schistes ampélitiques). D'autre part, les phénomènes d'enrichissement superficiel ont joué un rôle dans la formation de certaines concentrations. La pauvreté de notre pays est donc due sans doute au fait qu'elle ne se trouve pas dans une province métallogénique à manganèse.

TABEAU DES GÎTES FRANCAIS

(Situation au 1er janvier 1981)

Etant donné la faiblesse de la production française, on a signalé, dans le tableau suivant, la totalité des gîtes ou groupes de gîtes ayant fourni une production, même très petite. Ces gîtes sont au nombre de 45 et, parmi eux, tout étant relatif, se détachent 3 "gros" producteurs (Romanèche avec 435 000 t, Las Cabesses avec 195 000 t et le groupe Hautes-Pyrénées - Haute-Garonne avec 90 050 t) ; on tombe ensuite à 27 767 t, avec Saligny, et on peut remarquer que 11 gisements seulement ont dépassé 10 000 tonnes de minerai marchand, avec des teneurs moyennes généralement inférieures ou très inférieures à 50 % Mn ; à l'opposé, 30 gîtes ont eu des productions inférieures à 5 000 t.

Les gisements (ou indices) sont classés par régions, dans l'ordre de leurs descriptions, leurs types étant représentés par les symboles suivants :

Ac : gîte superficiel d'altération continentale,

Am : Amas dans le Lias,

Di : lentille interstratifiée dans la base du Dinantien,

Dv : Amas ou couche dans les calcaires "griottes" du Dévonien supérieur (éventuellement Tournaisien inférieur)

E : Gisement dans l'Eocène,

F : Filon

G : Lentille dans formation gréso-argileuse (Permien ou formation de base mésozoïque)

J : Lentille ou remplissage dans le Jurassique.

Région et nom du gisement	Département	Type	Production (Minerai marchand) (tonnes)	Réserves	Travaux récents	Observations
PYRENEES :						
Las Cabesses	Ariège (09)	Dv	195 000	Nulles	Travaux BRGM en 1960- 62 : levé géologique détaillé et sondages fond	3 qualités : 46-55 % Mn ; 36-42 % Mn ; 12-14 % Mn - gîte épuisé
Petit gîte	"	"	-	-		Voisinage immédiat de Las Cabesses
Crabious	"	"	11 000	-		2 km Ouest Las Cabesses
Ferran	"	"	-	-		Entre Las Cabesses et Crabious
Cazalas	"	"	18 000	-		3,2 km NE de Las Cabesses
Brachy	"	"	6 000	-		
"Terres noires manganésées"	"	Dv +Di	-	-	Quelques fouilles superficielles B.R.G.M.	Teneurs en Mn très variables, < 10 % en moyenne
Caussou	"	Dv	300	-		Quelques travaux en 1926
Vielle-Aure, Soulan, Guchen, Nabias, Plaïstrou, Pouchergues, La Serre d'Azet, Plapessou, Loudenvielle, Germ, Balestas, Pène de Sendies, Tramont et Matas, Portet-de-Luchon, Es-Garados, Culège, Montmidan et Pouy-Beck	Hautes-Pyrénées(65) et Haute-Garonne(31)	Di	90 050	-		Exploitation des oxydés jusqu'en 1873 ; puis, à partir de 1897, minerai siliceux à 25-30 % Mn. Cessation d'activité en 1930, avec la fermeture de Nabias, les gîtes connus étant épuisés
Usclat	Haute-Garonne (31)	Dv	180	7 000	Quelques travaux superficiels B.R.G.M. sur le prolongement	Teneurs moyennes : 30-37 % Mn ; 1 à 2 % Fe ; 5 à 13 % SiO ₂
Bergons	Hautes-Pyrénées (65)	Dv	-	2 000		Minerai siliceux et Mn < 29 %
Cette-Eygun	"	"	400	-		Teneur : 30 % Mn
Las Ambollas	Pyrénées Orientales (66)	"	5 788	-		Teneur : 28-29 % Mn, avec 4 % Fe
Sainte-Colombe	"	"				

Région et nom du gisement	Département	Type	Production (Minerai marchand) (tonnes)	Réserves	Travaux récents	Observations
Montels	Ariège (09)	G	750			Surtout pyrolusite pour verreries
Itxassou	Basses-Pyrénées (64)	G	1 000	1 500		Teneur en Mn : 17 à 25 %
Campagne	Ariège (09)	E	12			
CORBIERES :						
La Ferronnière	Aude (11)	Dv	~ 20 000	90 000(?)	Etude B.R.G.M. en 1958 pour Piles Wonder : échantillonnage, des anciens travaux	Minerais oxydés à 44 % Mn et carbonates calcinés à 35 %.
La Pouzanque	"	"	?	-		Teneurs : 25 % Mn et 20 % Fe
Saint-Andrieux	"	"	?	-		Oxydes à 48,6 % Mn et carbonates à 25 % Mn et 34,5 % Fe
MONTAGNE NOIRE :						
Villerebert	Aude (11)	Dv	~ 20 000	-	Etude géologique en 1957 par le B.R.G.M., pour le compte des Piles Wonder	Oxydes purs, oxydes mixtes et carbonatés à partir de 1895
La Matte	Hérault (34)	"	~ 3 500		"	Minerai oxydé très pur
Vieussan	"	"	2 000 à 3 000			Minerai oxydé à 52-53% Mn
MASSIF CENTRAL ET BORDURES :						
Romanèche	Saône-&-Loire (71)	F+Am	~ 435 000	-	Travaux miniers en 1957 par la SRMR et sondages vers 1960, par le CEPROMA Résultats négatifs	Gîte ayant fourni environ la moitié de la production française de Mn, dont 200 000 t dans les amas (50-55% Mn). Autres qualités : 40-50%; 35-40% et 16-20% Mn
Les Espagnes	"	F	?	-		Petite production de qualité médiocre, en 1833 et 1834
Saligny ou Les Gouttes-Pommiers	Allier(03)	F+Ac	27 767	-	Travaux B.R.G.M. (forages waggon-drill), mais pour F et non pour Mn	Production pro parte dans filon et pro parte dans lentilles du Mio-Pliocène. Teneurs variant entre 20 et 40% Mn
Luzy	Nièvre (58)	F				Demande en concession rejetée
Brezons	Cantal (15)	F				Une petite exploitation ancienne

Région et nom du gisement	Département	Type	Production (Minerai marchand) (tonnes)	Réserves	Travaux récents	Observations
Lafouillade	Aveyron (12)	F				Demande en concession rejetée en 1871
Chaillac et Dunet	Indre (36)	G	15 932			Teneurs en Mn: 30 à 38% avec 8% F_2O_3 et 20% SiO_2
Saint-Christophe-le-Chaudry	Cher (18)	G	33			Minerai très siliceux
Culan	"	Ac				Teneurs : 31 % Mn et 34 % SiO_2
Auxilhac	Lozère (48)	J	~ 1 000			Teneur : 35 % Mn et présence de WO_3
Manhac	Aveyron (12)	J+Ac				55 % Mn dans Bajocien et 22 % dans Oligocène
Nontronais	Dordogne (24)	Ac	2 320		Echantillonnage BRGM en 1975 et 1977 pour le compte du CTIB	9 concessions instituées entre 1826 et 1842
Saint-Prix	Saône-et-Loire (71)	Ac	5 229	60 000	Exploitation artisanale pour coloration des briques	Teneur du minerai séché : 20 % Mn
VOSGES ET BORDURES :						
Saphoz ou Fauconney et Esmoulières	Haute-Saône (70)	F	~ 2 à 3 000 (?)			Exploitation à partir de 1755. Teneurs : 32 à 38 % Mn, avec 35 à 37 % SiO_2
Le Haut-Poirot	Vosges (88)	F	60			Présence de WO_3
Wisembach	"	F	n x 10			
Dambach	Bas-Rhin (67)	F	n x 100			Association avec des filons de fer
Noire-Maison (Schirmeck)	"	F				Associé à un filon d'oligiste
Frasne-le-Château	Haute-Saône (70)	Ac	n x 100			Minerai d'excellente qualité
SUD-EST :						
Valmasque et Bois-de-la-Garde	Alpes-Maritimes (06)	E	7 644			Teneurs : 20-25 % Mn
Morosaglia	Corse (20)	F	15			
SEUIL DU POITOU :						
	Vienne (86)	Ac	241			Rognons d'oxydes dans carrières pour marnes d'amendement

I - PYRENEES-CORBIERES-MONTAGNE NOIRE

1.1 - GÎTES DU DEVONO-DINANTIEN

Dans l'ensemble Pyrénées-Corbières-Montagne Noire, la quasi-totalité des gîtes et indices (Cf. carte h.-t.) appartient à une aire mangana-sifère devono-dinantienne, qui s'étend en Espagne jusque dans la province d'Oviedo. Plus précisément, dans la région axiale des Pyrénées Centrales, les concentrations sont interstratifiées dans des jaspes viséens, tandis que, partout ailleurs, à de rares exceptions près, elles sont encaissées dans le Dévonien supérieur carbonaté, les deux formations constituant ainsi des métallotectes lithostratigraphiques régionaux.

La série peut présenter des lacunes importantes englobant la base du Dinantien, le Dévonien supérieur et même le Dévonien moyen. Toutefois, dans les secteurs où se trouve le manganèse, d'après les études géologiques les plus récentes basées sur la détermination des conodontes (Cf. F. BOYER, S. KRYLATOV et D. STOPPEL, 1974), la succession serait toujours complète, avec des variations de faciès et d'épaisseur, et, au-dessus des calcaires lités plus ou moins dolomitisés du Dévonien moyen, on trouverait :

- des calcaires "infragriottes" d'aspects variés, associés à des schistes et des calcschistes verts et violacés riches en tentaculites, ainsi qu'à des brèches intraformationnelles ;
- les calcaires "griottes" sensu stricto, de couleur rouge cerise, qui seraient localisés sur les anciens hauts-fonds ;
- des calcaires "supragriottes" diversement teintés, pouvant englober des lentilles bréchiques et surmontés par quelques mètres de calcaires gris massifs représentant le sommet du Dévonien supérieur et le Tournaisien inférieur ; le contact lui-même se trouve dans un lit intercalaire de schistes azoïques ;
- une couche d'ampélites à nodules phosphatés (1 m à 1,50 m) ;
- des lydiennes peu épaisses (8 m au maximum), avec de fins interlits de schistes charbonneux à nodules phosphatés ;
- des jaspes clairs (15 à 20 m au plus), avec lits interstratifiés de cinérites, accolés directement aux lydiennes ou séparés de celles-ci par une intercalation de calcaires gris bleuté (6 à 10 m) ;
- des calcaires supérieurs à silexites formant le toit des jaspes, qui n'existent pas partout ;
- enfin, le complexe schisto-gréseux du flysch dinantien.

Jusqu'à une époque récente, l'existence du Tournaisien inférieur était méconnue (d'autant plus que le contact des calcaires "supragriottes" et des ampélites et lydiennes est souvent discordant) et l'on admettait

une émergence générale à cette époque, correspondant à la phase bretonne des plissements hercyniens. Au cours de cette émergence, des poches karstiques auraient été creusées dans les calcaires dévoniens émergés, puis remplies plus tard, au début de la transgression viséenne, par des matériaux (ferro-) manganésés provenant d'un lessivage continental.

Cette hypothèse de l'origine karstique tournaissienne des concentrations de Mn dans le Dévonien supérieur, soutenue en particulier par J.L. JAEGER, A. OVTRACHT et P. ROUTHIER (1955, 1956), ne peut plus être considérée comme générale (en particulier dans l'Ariège) ; cependant, d'après A. OVTRACHT, notamment dans le secteur manganésifère de Caunes-Minervois (Montagne Noire), on posséderait des preuves d'émergence (conglomérats dévoniens intraformationnels, lits de lignite, remplissages de poches d'allure karstique par les lydiennes et ampélites de la base du Dinantien).

La stricte localisation stratigraphique des gîtes et indices dans une si vaste région implique un mode de formation sédimentaire et, dans le cas présent, probablement volcano-sédimentaire. L'hypothèse, déjà formulée par H. PELISSONNIER en 1956, paraît très plausible pour les concentrations dans le Viséen, car elles sont toujours associées aux lits de cinérites des jaspes clairs supérieurs. En ce qui concerne celles du Dévonien supérieur, on peut signaler les trois faits significatifs suivants :

- 1) L'ensemble des calcaires "griottes", "infragriottes" et "supragriottes", renferme généralement une teneur en Mn anormalement élevée (souvent plusieurs %) ;
- 2) Le métal peut, en outre, se rencontrer dans plusieurs niveaux sous forme de nodules et de petits lits interstratifiés ;
- 3) On y connaît localement des manifestations volcaniques : cinérites associées à des jaspes frasniens, albitophyres et tufs dans les calcaires du Famennien, découverts par des sondages du B.R.G.M. [à Las Cabesses, Ariège, Cf. J. BOULADON, S. KRYLATOV, B. PASSAQUI et J.P. PROUHET (1965)].

Toutes ces remarques suggèrent que l'on peut également considérer les dépôts originels de manganèse dans le Dévonien supérieur comme étant syngénétiques et hydrothermaux-sédimentaires ; mais, ils auraient ensuite subi des remaniements et des remobilisations, y compris, localement, un re-dépôt dans des karsts tournaisiens.

ARIEGE (09)

Les principaux gisements de manganèse de l'Ariège, dans les concessions de Las Cabesses, Brachy et Cazalas, se trouvent dans le Dévonien supérieur du massif nord-pyrénéen de l'Arize, massif limité au Sud par l'unité structurale des Trois-Seigneurs et, au Nord, par une couverture discordante permo-triasique et liasique, dans laquelle se trouve le petit gîte de Montels.

Ici, le Dévonien supérieur débute par des calcschistes gris et violacés, renfermant des bandes irrégulières de calcaires rouges ; les premiers renferment 0,15 à 0,9 % de MnO, les seconds jusqu'à 4 %, sous forme de dialogite et de kutnahorite ; puis, se trouvent des calcschistes

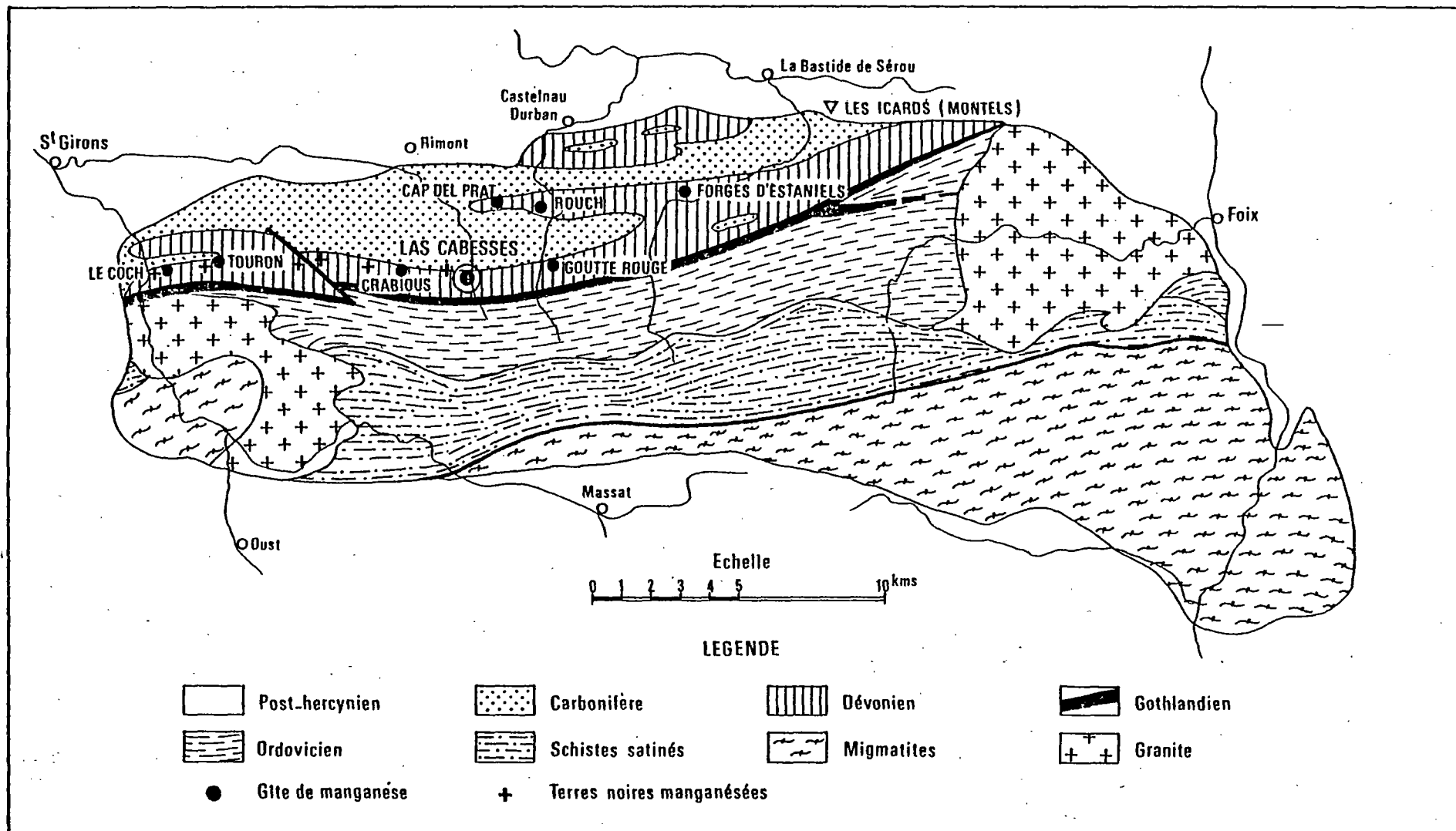


FIG. 4 - Schéma géologique du massif de l'Arize d'après la carte géologique au 1/80 000e

verts pyriteux, avec intercalations de schistes bruns (1 à 1,8 % MnO) et de lits minces de calcaire rougeâtre ; au-dessus, une brèche à éléments calcaires et ciment de calcschistes, minéralisée à Brachy et à Las Cabesses ; puis, renfermant une certaine teneur en Mn (0,3-4,5 % MnO), divers calcaires "griottes" très déformés et, au sommet, un calcaire gris fin largement dolomitisé. Le Dinantien débute par un lit mince de schistes charbonneux, qui supporte une dizaine de mètres de lydiennes noires.

Au point de vue structural, les terrains du massif primaire précédent forment une série d'anticlinaux et de synclinaux légèrement déversés vers le Nord, traversés par d'importants accidents directionnels grossièrement E-W, parmi lesquels la "faille graphiteuse" du gisement de Las Cabesses. Les gîtes et indices de Mn sont situés plus précisément (Cf. figure 4) dans la partie occidentale du massif, sur une longueur totale de 20 km, longueur dans laquelle on connaît également de nombreux affleurements de "terres noires manganésées". Il y a donc là une concentration du métal.

1.1.1 - Las Cabesses

Ce gisement, qui a été le deuxième producteur français après Romanèche, se trouve dans la commune de Riverenert, à 13 km à l'E-SE de Saint-Girons ; il affleure au Clot d'Enderre, à la cote environ 880.

Après quelques recherches superficielles entre 1860 et 1870, les premiers travaux sérieux furent entrepris par la Cie de Terrenoire, puis, en 1885, par un sieur Séguélas qui obtint la concession le 28.11.1890. L'exploitation fut alors développée au maximum jusqu'à un premier arrêt, le 01.04.1902, date à laquelle elle atteignait la profondeur de 128 m. Une reprise eut lieu en 1906, mais avec une activité beaucoup plus faible, et la mine fut de nouveau arrêtée à la mobilisation de 1914, pour être reprise en 1915. Depuis, l'activité a été très épisodique (1927-1943-46) et a consisté principalement en glanages dans les piliers riches ou dans le minerai pauvre négligé par des Anciens. Enfin, avec l'autorisation du concessionnaire (Société d'Exploitation Minière de Las Cabesses), le B.R.G.M. effectua, entre 1960 et 1962, un levé détaillé des vieux travaux et une campagne de sondages fond, qui apportèrent d'importants renseignements géologiques mais n'aboutirent pas à la réouverture de la mine.

La production totale est estimée à 460 000 tonnes de tout-venant, dont 400 000 avant 1902, qui auraient donné 195 000 t de minerai marchand. Le tout-venant titrait 30 % Mn dans le chapeau oxydé et 10 à 45 % dans les amas carbonatés. Quant au minerai marchand, il comprenait des minerais carbonatés riches à 36-42 % Mn, des minerais grillés oxydés à 46-55 % et des minerais carbonatés pauvres pour engrais à 12-14 %.

La minéralisation principale est encaissée dans la partie sommitale dolomitisée du Dévonien supérieur, où elle constitue un chapelet d'amas reliés les uns aux autres, localisés dans une bande carbonatée W.NW-E.SE à fort pendage nord (80°). Cette bande, fortement tectonisée et "écaillée", se trouve au toit immédiat d'un accident directionnel inverse parallèle, appelé "faille graphiteuse", suivant lequel les dolomies "supragriottes" disloquées chevauchent les ampélites et lydiennes à nodules phosphatés du Dinantien (Cf. figure 5).

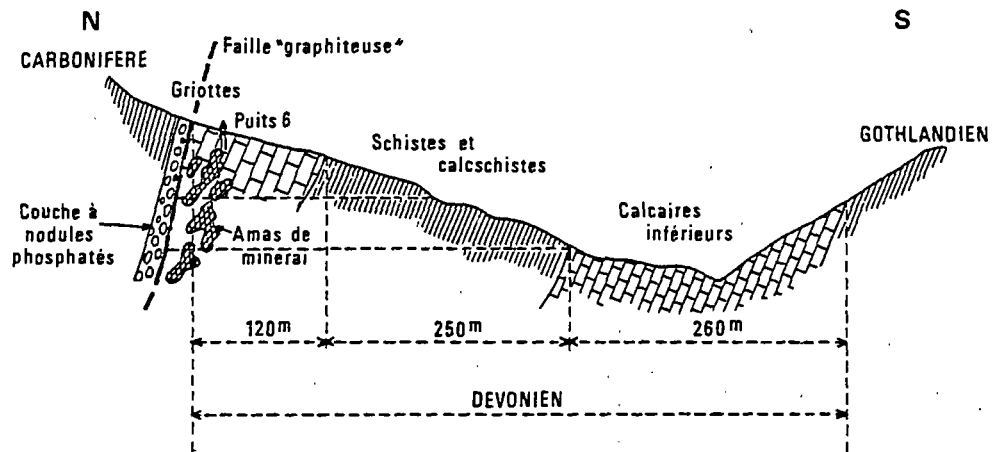


FIG. 5 - Las Cabesses : coupe N.S. passant par l'axe du puits 6

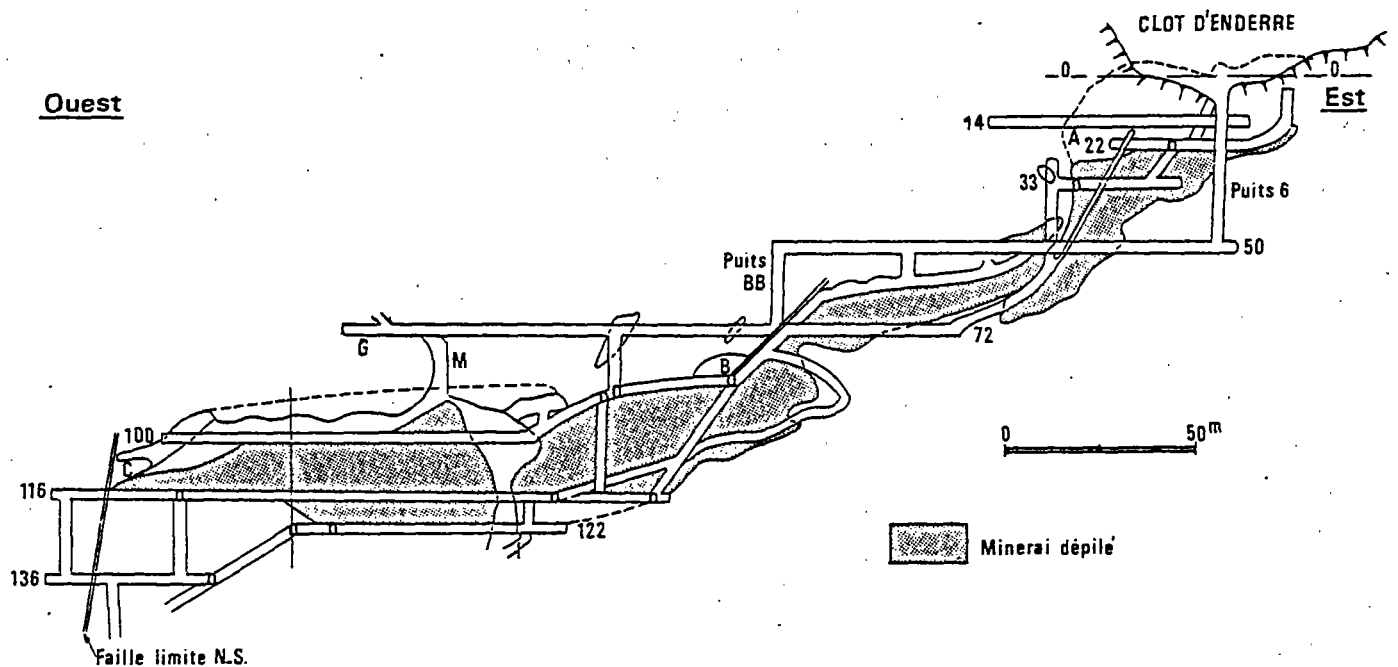


FIG. 6 - Mine de Las Cabesses : coupe Est-Ouest

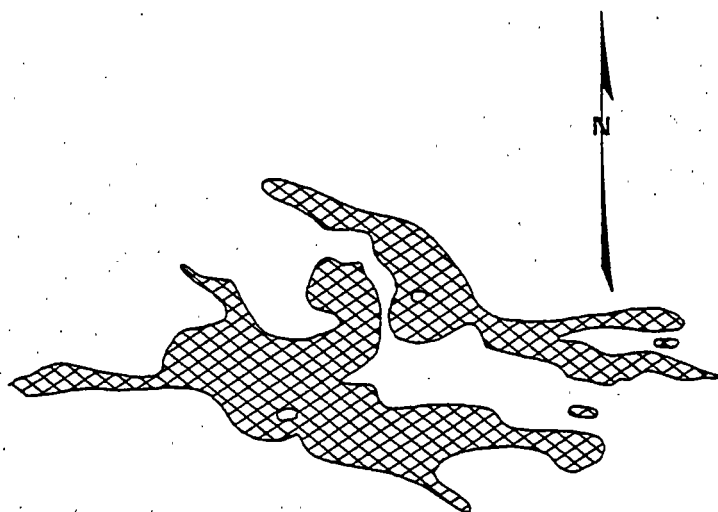


FIG. 7 - Plan au niveau 18 de l'amas manganésifère de Las Cabesses (d'après De Launay, 1913)

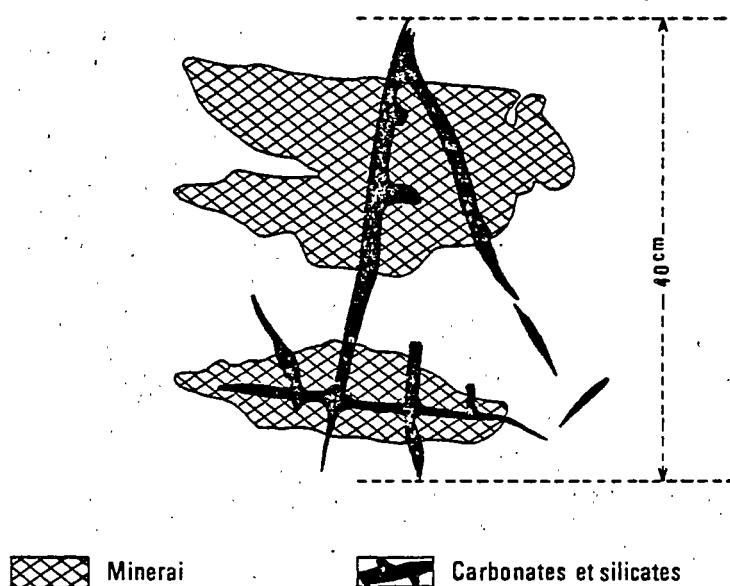


FIG.8 - Paroi de galerie au niveau 67 (d'après De Launay, 1913)

Grâce aux sondages fond du B.R.G.M., on sait que les formations précédentes renferment des témoins d'un volcanisme albitophyrique, sous la forme de couches de kératophyres et de lits minces de tufs, encaissés dans les 20 mètres supérieurs de la série carbonatée, d'une part, et, d'autre part, dans les lydiennes noires (et non dans les jaspes clairs) ; la même roche volcanique acide forme, en outre, des filons épais dans le Dévonien (par exemple : le "filon vert" du travers-bancs 116). La découverte de ce volcanisme, dans des niveaux où il était resté inconnu, a certainement une grande importance du point de vue de la genèse du gîte.

Le chapelet d'amas précédent (Cf. figure 6) peut s'inscrire dans un volume cylindrique de direction N-70G-W et de section 25 m x 35 m, dont la longueur est de 300 m et le "pitch" de 20° vers l'Ouest, ce qui correspond à une hauteur totale exploitée de 132 m, entre les affleurements du Clot d'Enderre, à l'Est, et la faille limite subverticale N-S des travaux les plus profonds, à l'Ouest. Au-delà de cette faille, les sondages du B.R.G.M. n'ont pas retrouvé de minéralisation et on peut donc considérer que le gisement a été totalement dépillé.

Dans le détail, cependant, les contours des amas sont très irréguliers, hérissés d'apophyses dans le carbonate encaissant (Cf. figure 7), et ils se trouvent, surtout vers l'Est, dans une zone intensément fracturée qui peut présenter des "écaillés" de minerai subhorizontales, limitées par des plans de glissement courbes. A l'intérieur de ces "écaillés", la tectonique est intense : on y trouve de nombreuses failles verticales et de nombreux filets de calcite, tandis que le calcaire dolomitisé, devenu rougeâtre, présente des structures de brèche intraformationnelle. Des accidents plus importants, formant "un éventail" allant de NW à NE, décalent le minerai vers le bas, en allant vers l'Ouest (Cf. figure 6).

Le minerai riche des Anciens (40 à 45 % Mn) était une roche carbonatée de teinte chocolat, parcourue par des filets roses de dialogite. Un minerai moins riche (20 à 30 % Mn), de couleur grise à brune, était abondant dans les niveaux supérieurs, où il formait transition entre le minerai riche et le "griotte" encaissant, avec une passée intermédiaire de calcaires mouchetés à 10 % Mn. Dans les niveaux inférieurs, au contraire, le contact était brutal entre le minerai riche et l'encaissant "stérile", suivant des plans de cassure ou de glissement ou suivant des surfaces très irrégulières ; parfois, ce contact était souligné par un liseré mince de calcite (≤ 5 cm). Le passage progressif entre le minerai riche et l'encaissant "stérile", joint à l'absence d'éléments détritiques, écarte l'hypothèse d'une genèse karstique et conforte celle d'une origine volcanosédimentaire.

Le minerai chocolat riche était formé par une association de dialogite et de kutnahorite, dans laquelle se trouvait toujours de la hausmannite, finement disséminée ou en petites plages automorphes. Il s'y ajoutait un peu de goethite et, sporadiquement, de très fins agrégats de braunite injectés de dialogite rose. Enfin, on trouvait également, dans ces carbonates, des petites lamelles de parsettensite. Dans le minerai pauvre, les carbonates précédents et leurs inclusions formaient des "flamèches grumeleuses" dans le calcaire ou la dolomie encaissants, qui étaient envahis au contact par de la parsettensite et de la hausmannite. A l'extrémité ouest et dans le remplissage de la "faille graphiteuse", se trouvaient des efflorescences de hornésite cobaltifère.

Enfin (Cf. figure 8), les minerais précédents étaient recoupés par des veinules postérieures de carbonates et de silicates, qui se prolongeaient dans l'encaissant où elles ne renfermaient plus que des carbonates : dialogite, kutnahorite, mangano-calcite et calcite ; les silicates, eux, étaient de la rhodonite rare, de la friedélite, de la béménite et des petits grenats grossulaires type pyrénéite. Ces silicates, au voisinage des veinules, pouvaient pénétrer dans la masse du minerai, où se trouvaient également de fins sulfures disséminés (pyrite, chalcoppyrite, pyrrhotite), accompagnés de quelques minéraux de gangue (chlorite, quartz, albite et parfois barytine). Des analyses anciennes y ont, en outre, décelé la présence d'or et d'argent, par exemple (valeurs maximales) 18 g/t Au et 40 g/t Ag au niveau - 57.

En surface, au Clot d'Enderre, le minerai carbonaté précédent était oxydé jusqu'au niveau - 22, et ce "chapeau de manganèse", encaissé en partie dans des cavernes de dissolution, comprenait l'association complexe suivante : psilomélane barytique souvent recoupée par de fines veinules de lithiophorite, todorokite, birnessite, groutite, polianite, ramsdellite, hausmannite, braunite et pyrophanite. Il tenait en moyenne 30 % Mn, les parties noires compactes titrant 55 %.

Au-dessous du niveau principal, la brèche de base des calcaires "griottes" renferme des concrétions déformées de todorokite et cet oxyde de Mn (formé par altération d'une psilomélane) se rencontre également dans divers horizons de ces calcaires, sous la forme de minces lentilles et lits. Immédiatement au-dessus, se trouve une concentration de fer (goethite, hématite, exceptionnellement magnétite), avec enrichissement en P_2O_5 .

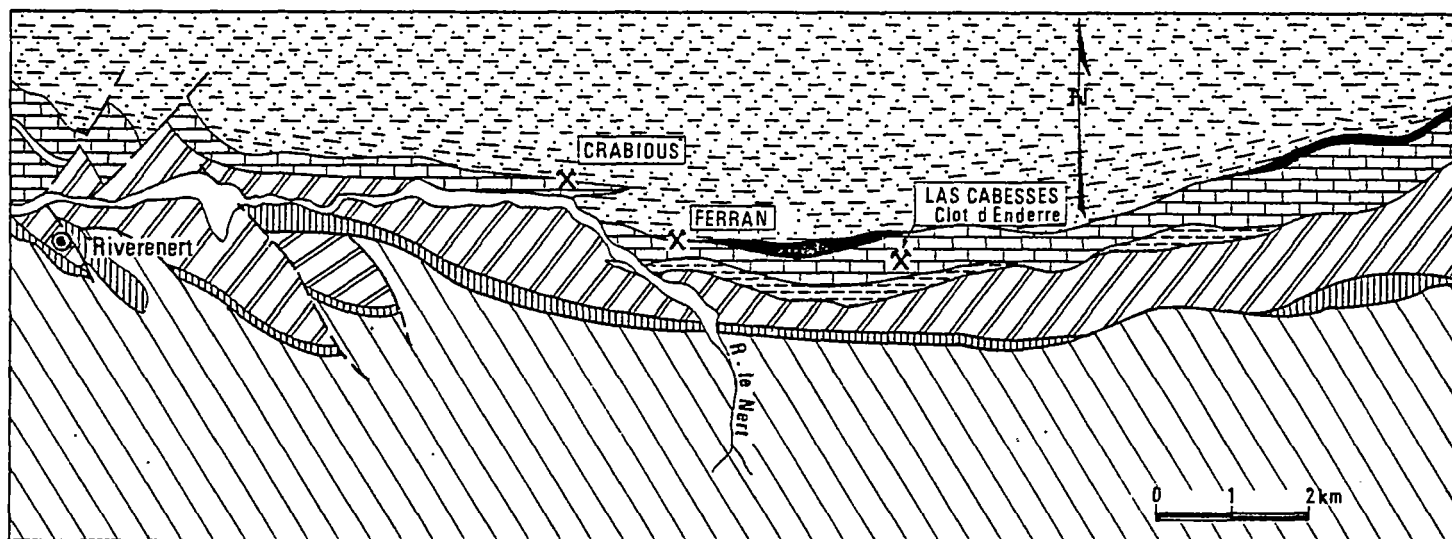
1.1.2 - Petit gîte

Les Anciens appelaient ainsi des petits affleurements d'oxydes dans les "griottes", situés à une centaine de mètres au Sud du Clot d'Enderre. On y a effectué, à l'époque de l'exploitation de Las Cabesses, quelques tranchées et une galerie E-W effondrée depuis longtemps : la galerie Sainte-Clothilde. Les échantillons recueillis dans ses haldes montrent, dans une gangue de dialogite et de mangano-calcite, des concrétions de cryptomélane et des petits agrégats de chalcoppyrite, pyrite et cuiivre gris, avec covellite, chalcocite et parfois chalcophanite. Les lentilles de minerai, observées en 3 endroits, ont des dimensions très modestes, de l'ordre de 10 m x 2 m.

En outre, à 400 m à l'W-SW de la grange d'Enderre, une petite fouille a été exécutée, vers 1954, sur un affleurement de minerai oxydé, formé essentiellement par de la cryptomélane à résidus de hausmannite. Le minerai primaire, atteint à 2 m de profondeur, était constitué par des carbonates de Mn renfermant de la hausmannite disséminée (comme dans le gîte principal), des lamelles de barytine et des petits cristaux de pyrite, magnétite et oligiste.

1.1.3 - Crabioux

Ce petit gisement est situé dans la concession de Las Cabesses, à 2 km à l'Ouest du gîte principal (Cf. figure 9), au-dessous du hameau de Cravives ; il a fait l'objet d'une petite exploitation au début du siècle,



- | | | | |
|--|--|--|---|
| | Ordovicien supérieur: Caradocien: schistes troués, conglomérats et schistes satinés. | | Dévonien supérieur: calcschistes et calcaires "griottes" |
| | Silurien: schistes carbures du Gothlandien | | Tounaisien supérieur et Viséen inférieur: lydienes et ampélites à nodules phosphatés (discontinues) |
| | Dévonien inférieur et moyen: calcschistes et calcaires, localement dolomitisés | | Viséen supérieur et Namurien: pélites avec passées gréseuses |
| | Dévonien inférieur et moyen: argilites à "trilobites" lenticulaires | | |

FIG. 9 - Carte de situation des travaux miniers pour Mn dans la concession de Las Cabesses (Ariège)

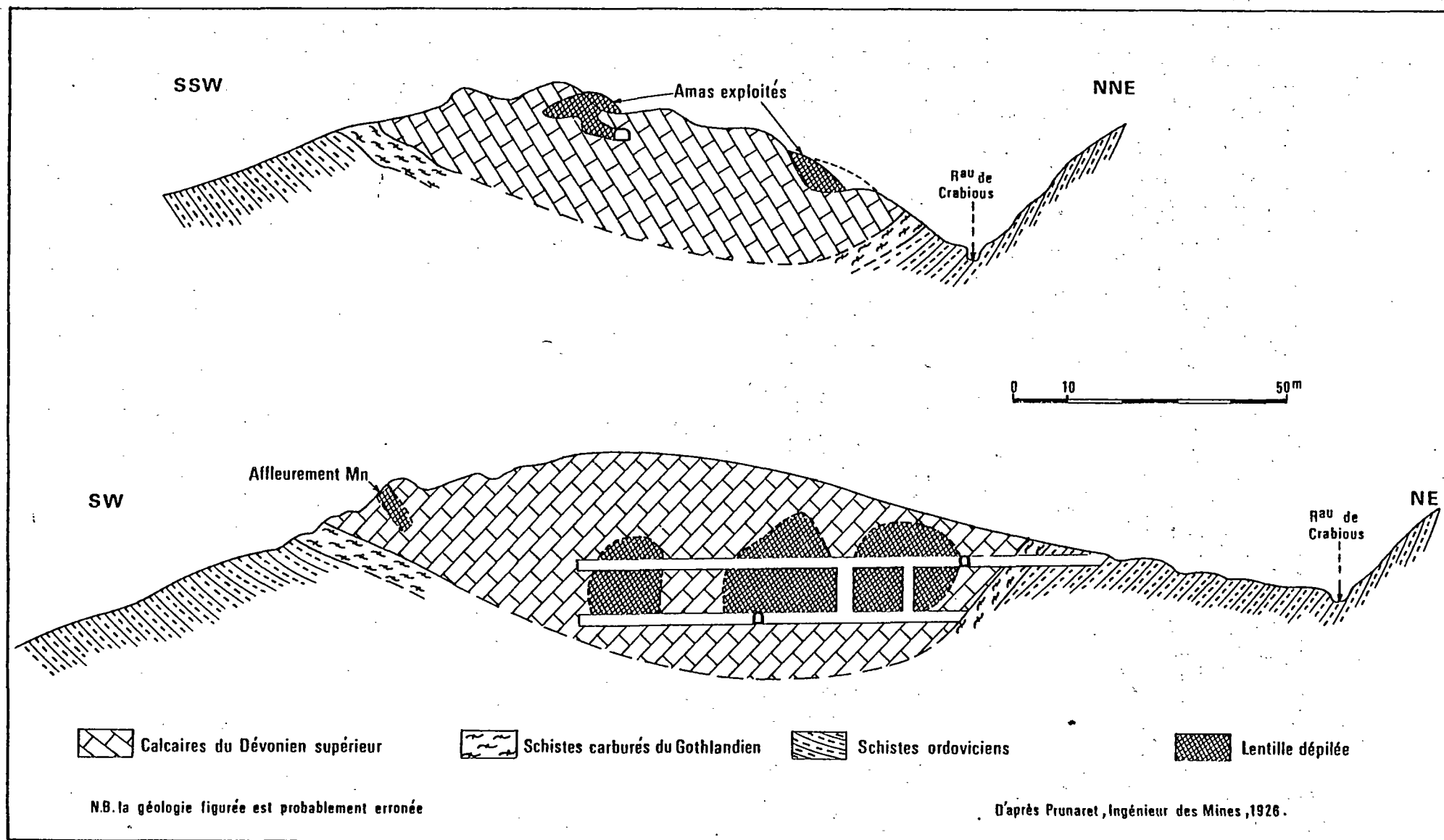


FIG. 10 - Coupe des anciens travaux de Crabious

qui a produit 11 000 tonnes de minerai marchand. Il comprenait plusieurs lentilles de dialogite à inclusions de hausmannite (Cf. figure 10), épaisses de 2 à 3 m et grossièrement interstratifiées dans deux niveaux différents de la partie supérieure de la série carbonatée ; entre ces deux niveaux, distants de 4 à 5 m, le calcaire encaissant renfermait des veinules de minerai à peu près concordantes. L'extension de la minéralisation est de 60 m dans la direction E-W et de 20 m dans la direction N-S.

1.1.4 - Ferran

Près du hameau de Ferran, entre Las Cabesses et Crabious (Cf. figure 9), un travers-bancs a été creusé au début du siècle, pour rechercher l'aval-pendage d'un petit amas d'oxydes de Mn. Ce travers-bancs n'a rien découvert, mais il n'a pas traversé entièrement la série des "griottes".

1.1.5 - Cazalas

La concession de Cazalas, instituée le 27.02.1895 et renoncée le 27.03.1926, a fourni environ 18 000 tonnes de minerai marchand, le plus fort tonnage de la région après Las Cabesses. Le village du même nom, près duquel se situent les travaux, se trouve, dans la commune de Castelnaudurban, à 3 200 m au N.NE de Las Cabesses.

Les premiers travaux, effectués par la Cie de Terrenoire, semblent remonter aux années 1875-1880. Mais, les véritables recherches, par un sieur Schmid, n'ont commencé qu'en 1891 et, bien qu'elles n'aient pas abouti à la démonstration d'un gîte exploitable, une concession fut accordée à cet explorateur, lequel la céda à la Société Anonyme des mines de Cazalas. Cette Société ne poursuivit l'exploitation que pendant peu de temps et la mine fut fermée en 1900. La concession passa ensuite entre des mains diverses et les travaux reprirent en 1906, pendant quelques mois, au cours desquels l'exploitant se contenta de griller le minerai déjà extrait pour le vendre comme engrais manganésé (5 t par an jusqu'en 1914). Une nouvelle reprise eut lieu en 1917, sous l'impulsion d'un sieur Simon, mais tout travail cessa définitivement avec l'armistice de 1918 et la concession fut renoncée en 1926.

Ici, à Cazalas, la structure générale est celle d'un anticlinal E-W surbaissé à coeur de Dévonien, dont le flanc nord est faillé. La minéralisation principale se trouve dans la partie inférieure des calcaires "griottes", à moins de 20 mètres des calcschistes sous-jacents, mais il existe de nombreux indices dans tous ces calcaires (qui titrent 4,5 % MnO), sous la forme de nodules et de microlentilles d'oxydes de Mn. Des fouilles ont été exécutées en 6 ou 7 endroits différents, les travaux les plus importants ayant été ceux de Cap del Prat et du Communal de Castelnaudurban.

Cap del Prat. En ce lieu situé à 250 m au SW du village, se rencontrent 5 galeries NW-SE étagées sur une hauteur totale de 40 mètres, dont la plus longue ne dépasse pas 40 m ; elles sont reliées par des petits puits et des descenderies et il existe aussi des petits puits au sommet de la colline. Les galeries supérieures se trouvent dans le calcaire "griotte" sensu lato, la galerie inférieure dans les calcschistes du mur.

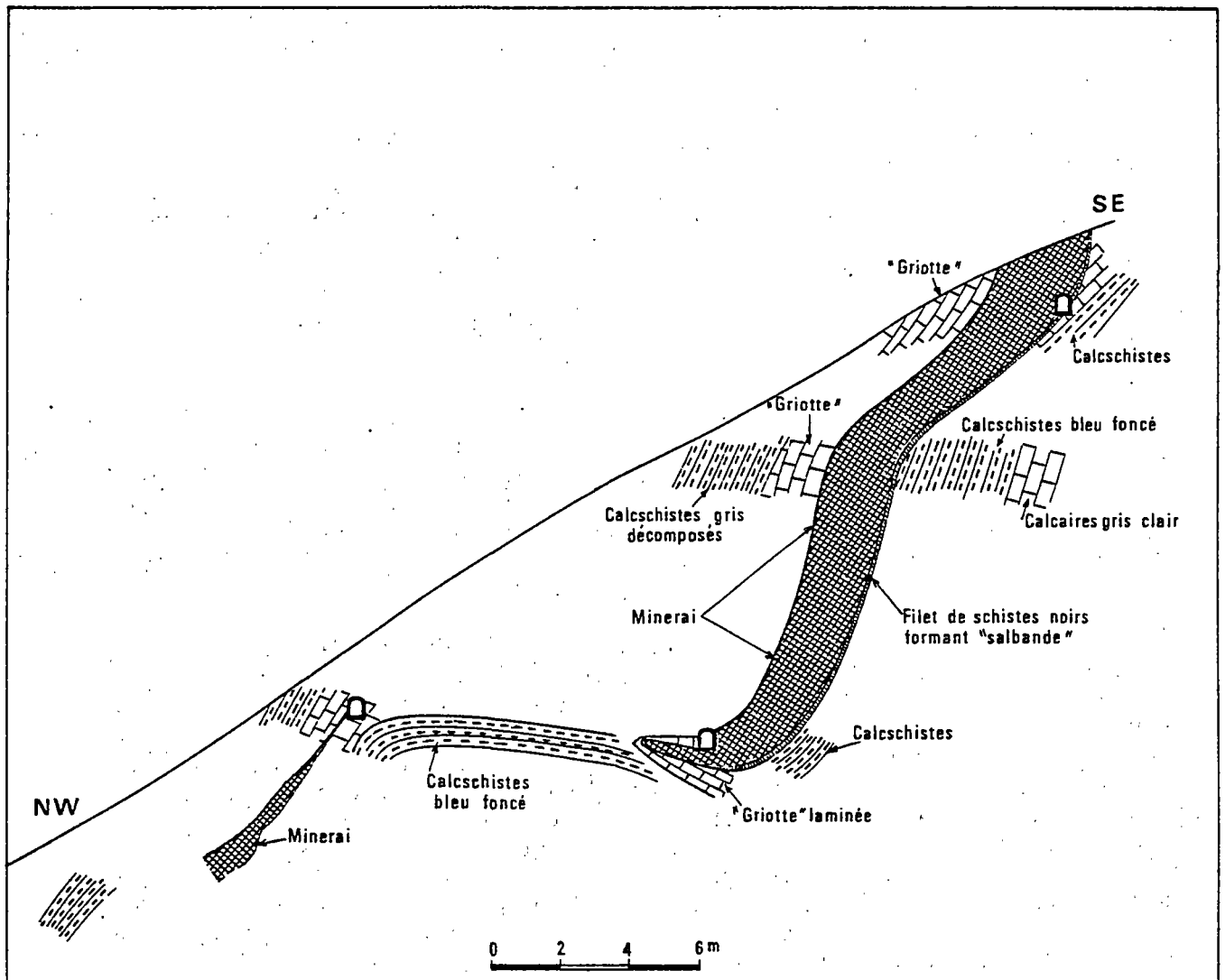


FIG. 11 - Coupe de la lentille de minerai des travaux
du Cap del Prat (concession de Cazalas)

Ces travaux ont permis le défilage d'une lentille de minerai grossièrement interstratifiée, puissante de 2 à 3 m et longue de 18 m suivant le pendage NW ; elle était limitée au fond par un relèvement des calcschistes (Cf. figure 11), au bout duquel une petite descenderie a retrouvé une lentille de minerai suivie sur 10 m, qui présentait un épanouissement de 1,80 m. Le mur de calcschistes était très régulier, avec une "salbande" de schistes noirs ; le toit, au contraire, était très irrégulier et, de ce côté, la lentille se prolongeait par des réseaux de veinules constituant une imprégnation fissurale.

Le minerai, de couleur chocolat, était formé essentiellement par de la hausmannite ferrique (5,2 % Fe_2O_3), au sein de carbonates Mn chargés de cristallisations de dialogite rose. Dans les veinules, bordées par de la dialogite et de la calcite, se trouvaient de la braunite, de la hausmannite et une psilomélane barytique. Quant aux nodules des calcaires, ils étaient formés par une association de dialogite, todorokite et hausmannite, cette dernière développée aux dépens de la todorokite, ce qui indiquait un remaniement des dépôts initiaux.

Le Communal. Ce groupe, situé à 250 m à l'E-SE du village, comportait des travaux à ciel ouvert et quelques galeries de recherches, mais son chantier le plus intéressant, celui du "cordonnier", n'a guère fourni que 100 t de minerai.

Parmi les autres travaux dans la concession, on peut encore citer ceux de Rouch (ou Las Tiro) qui ont produit également 100 t de minerai.

1.1.6 - Brachy

Cette concession, instituée le 20.07.1894 au profit du comte de Narbonne-Lara, a produit seulement 6 000 tonnes de minerai. Les travaux se trouvent en face de l'ancienne forge d'Estaniels (Cf. figure 4), à 3 km environ à l'Est de Cazalas, dans la même bande dévonienne.

Ils comportaient essentiellement trois galeries, (Cf. figure 12) étagées sur une hauteur de 40 m et creusées dans des "griottes" très fracturés, qui avaient reconnu plusieurs lentilles irrégulières subverticales grossièrement interstratifiées, dirigées E-W. Leur épaisseur pouvait atteindre 4 m exceptionnellement et, comme à Las Cabesses, elles étaient limitées par des "coupes" ou passaient en continuité au calcaire ; elles étaient parfois complètement séparées et, parfois, elles étaient reliées par des veinules.

Le minerai, carbonaté au fond, était en surface dans une phase d'oxydation avancée, remplacé par les oxydes suivants : psilomélane, manganite, hausmannite, polianite et, exceptionnellement, jacobsite. Le calcaire "griotte" encaissant, de teinte rose, présentait au voisinage des teneurs importantes en Mn et, dans ses amygdales carbonatées, on pouvait trouver un mélange de calcite, dialogite, kutnahorite, dolomite et sidérite. La brèche de base était, elle aussi, minéralisée, comme à Las Cabesses : ses fragments carbonatés, formés de calcite, dialogite, sidérite et dolomite, étaient inclus dans un ciment de chlorite, jacobsite, psilomé-

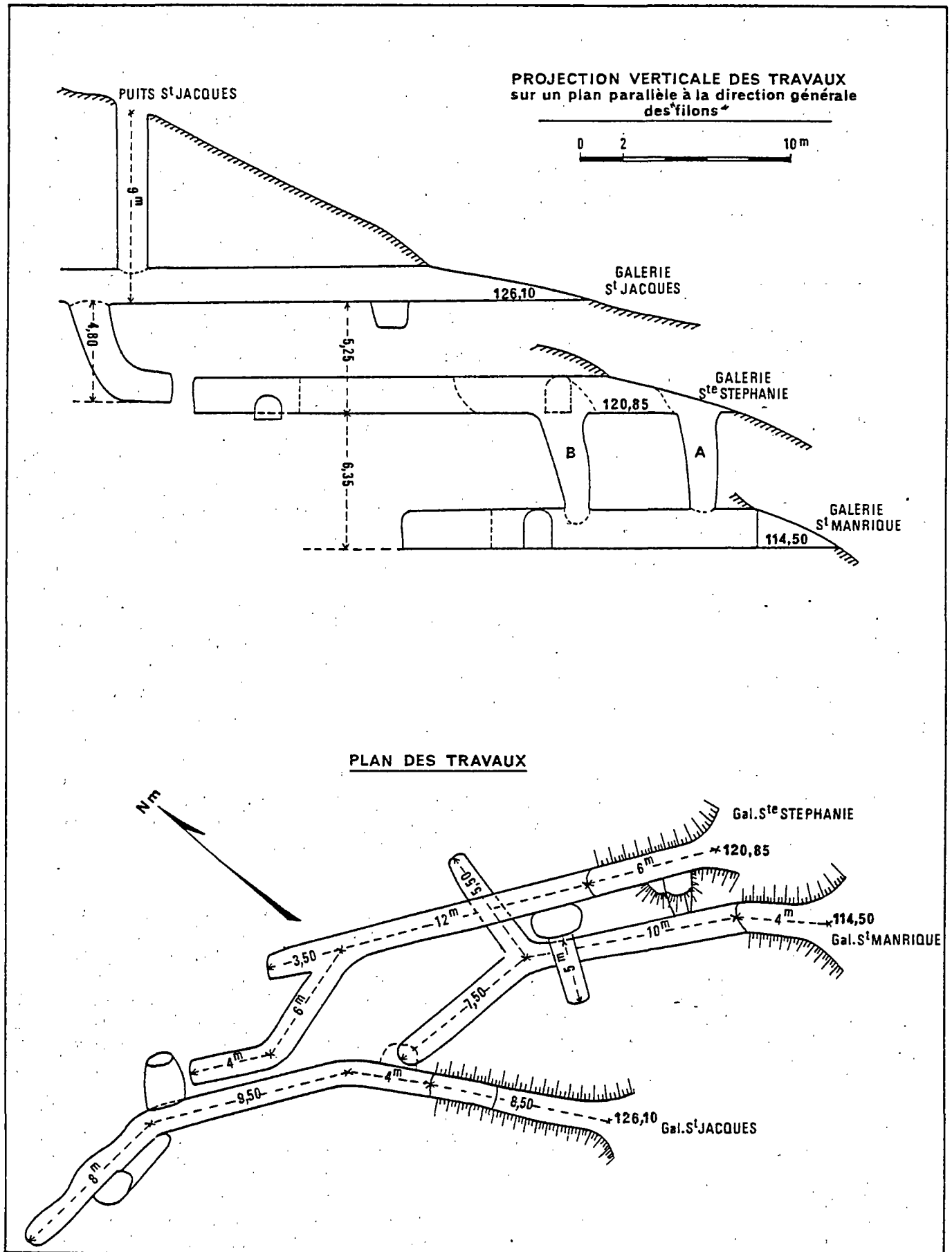


FIG. 12 - Concession de Brachy

lane et magnétite ; de la jacobsite se trouvait également dans des veinules de barytine qui recoupaient la brèche. Enfin, on notait aussi un enrichissement en fer à la partie supérieure du niveau minéralisé, avec de la magnétite plus fréquente qu'à Las Cabesses.

D'autres indices, formés par de la dialogite, de la hausmannite et de l'hématite, se trouvent à l'Est du village d'Eychenat.

1.1.7 - "Terres noires manganésées"

Des "terres noires manganésées" affleurent en de nombreux points de la partie occidentale du massif de l'Arize, donc dans la même zone que les gîtes carbonatés précédents ; on en trouve, en particulier, au Clot d'Enderre. Il s'agit de wads pulvérulents très hétérogènes, qui renferment, en quantités variables, des veinules et des nodules de cryptomélane, du quartz, des illites, de la groutite, de la hausmannite, de la limonite, des débris schisteux et des interlits d'argile blanche. Leurs teneurs en Mn sont très variables, entre 1,45 % et 40 %, mais on ne peut pas compter sur plus de 10 % en moyenne : ces "terres" ne sont donc pas exploitables en elles-mêmes.

Suivant leur situation, on peut distinguer deux types différents :

- 1) "Terres noires" interstratifiées dans les schistes et lydiennes dinantiens, présentant les caractères d'un minerai primaire pauvre ;
- 2) "Terres noires" remplissant des poches dans les calcaires du Dévonien supérieur (minerai résiduel).

Les premières peuvent former des traînées puissantes de plusieurs mètres, qui sont particulièrement continues au Coch (10 km à l'Ouest de Las Cabesses), près de Madies et de Commenges ; leur teneur moyenne en Mn est inférieure à 5 %. Elles résultent de l'altération superficielle de schistes manganésifères, dont la minéralisation est probablement volcano-sédimentaire, liée au volcanisme kéraatophyrique.

Les secondes, qui forment des remplissages de poches de type karstique, sont particulièrement abondantes dans la région d'Arbosec et de la Croix Arbosec, où elles ont fait l'objet de fouilles de la part du B.R.G.M., jusqu'à la surface altérée des "griottes". Près du Clot d'Enderre, les teneurs en Mn sont de 1,5 % dans le calcaire sain, 4,6 % dans le calcaire altéré et 7,1 à 8 % dans les "terres noires".

Les analyses effectuées ont montré que les "terres" résiduelles des griottes étaient nettement plus riches en Mn et en oligo-éléments et, parmi ceux-ci, Ni, V et Cu sont les plus abondants dans les deux types, ce qui reflèterait une métallogénie commune, en liaison probable avec le volcanisme acide. Par ailleurs le minerai carbonaté, étudié à Las Cabesses, est caractérisé par une richesse relative en Pb et Ag. Aussi, J. BOULADON et G. MACHAIRAS pensent que l'étude géochimique des "terres noires" pourrait être une méthode de prospection, car des enrichissements éventuels en Pb et Ag pourraient indiquer la proximité d'amas minéralisés dans les calcaires.

1.1.8 - Caussou

L'indice de Caussou, à 27 km au SE de Foix, se trouve dans le Dévonien supérieur, comme les gîtes principaux du massif de l'Arize. Il s'agit d'une lentille de carbonate Mn brun, transformé en bioxyde en surface, interstratifiée dans des calcaires fortement redressés, au lieu-dit le Fajou ; son épaisseur, variable, peut atteindre 2 m. Elle a fait l'objet de quelques travaux en 1926 (tranchées et courtes galeries), qui ont fourni environ 300 tonnes de minerai (essentiellement pyrolusite).

HAUTES-PYRENEES (65) ET HAUTE-GARONNE (31)

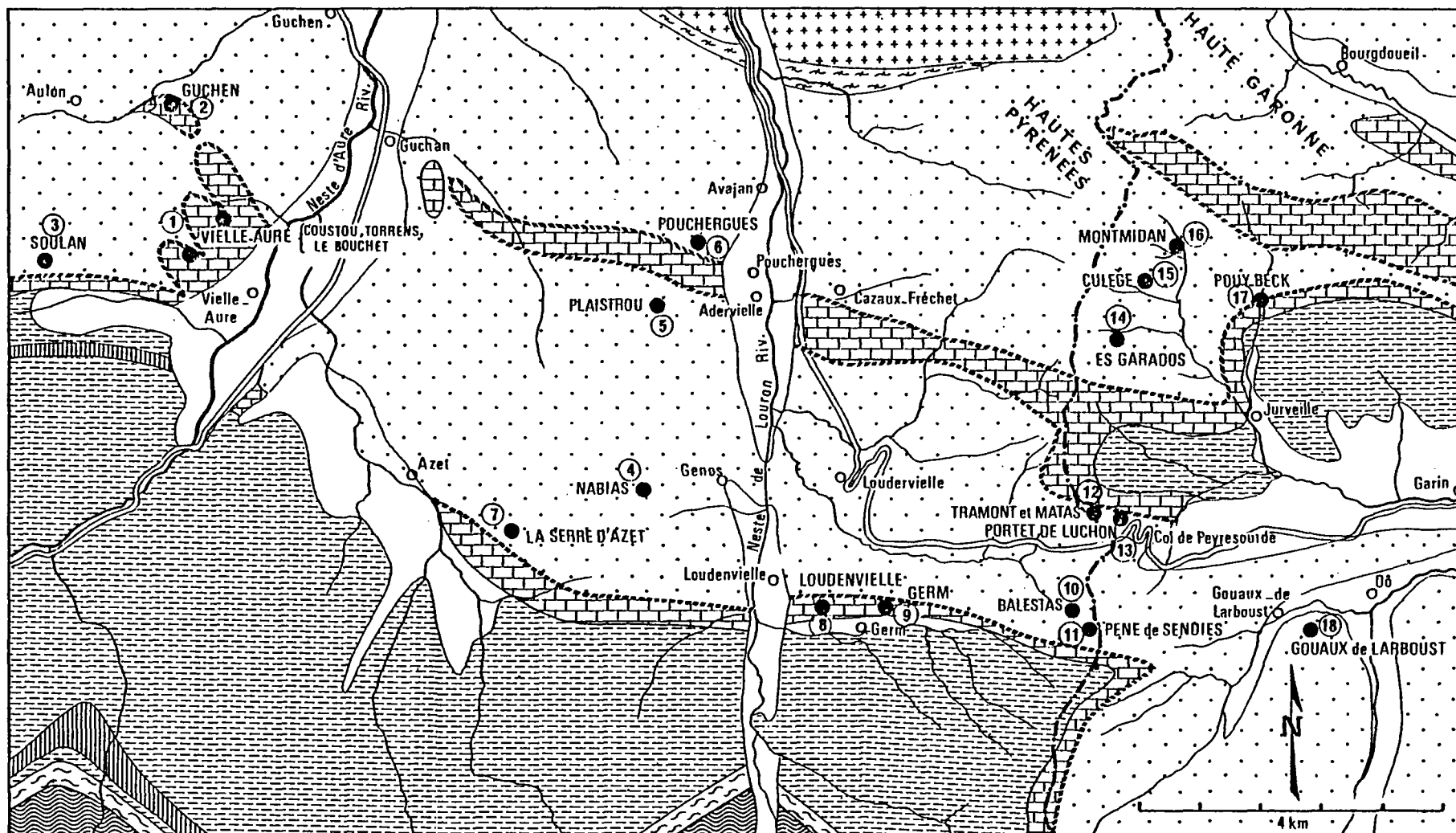
Généralités. Excepté les petits gîtes de Bergons (65) et d'Usclat (31), tous les gisements et indices de Mn des Hautes-Pyrénées et de la Haute-Garonne se trouvent groupés dans la région frontière de ces deux départements, à l'intérieur d'une bande allongée sensiblement E-W (Cf. figure 13), de 16 km de long sur 3 à 5 km de large, qui s'étend grosso modo depuis le méridien de Gouaux-de Larboust, à l'Est, jusqu'à celui de Vielle-Aure, à l'Ouest ; dans cette bande, traversée par les vallées des deux Nestes, ils affleurent entre les cotes 800 et 1 700.

Au point de vue géologique, la région appartient à la zone axiale primaire des Pyrénées constituée par une série paléozoïque datée, allant du Caradoc au Houiller inférieur, affectée par des plis de direction générale environ E-W. Le Dinantien y affleure largement, dans le coeur de deux structures synclinales, et la succession stratigraphique intéressante, complète d'après l'étude des conodontes, est la suivante :

Au-dessus du Dévonien moyen, formé de sédiments schisto-calcaires, le Dévonien supérieur, épais de 40 m à 100 m, présente son faciès carbonaté de seuil, caractérisé par une série de calcaires "subgriottes" surmontée par des calcaires "griottes" rouges et verts, puis des calcaires gris "griotteux" et des dolomies. Le Dinantien superposé sans lacune débute par des calcaires tournaisiens, difficilement discernables des calcaires dévoniens, au-dessus desquels se trouve un lit de schistes noirs pyriteux, puis des lydiennes à nodules phosphatés et des jaspés à intercalations de cinérites, puissants au total d'une dizaine de mètres, ensuite des calcaires à silexites (4 à 5 m) et, enfin, le flysch schisto-gréseux.

D'après les descriptions anciennes et les observations effectuées, en particulier par Ch. BRAUX (1980), les concentrations de manganèse se trouvent interstratifiées dans les jaspes gris-vert ou dans leurs termes de passage aux lydiennes, donc au voisinage immédiat des niveaux de cinérites ; elles peuvent intéresser les calcaires supérieurs à silexites, mais jamais, semble-t-il, contrairement à l'opinion de certains auteurs, les calcaires dévoniens.

Elles forment, pour l'essentiel, de multiples formations lenticulaires nettement séparées les unes des autres, dont la longueur ne dépasse guère 150 m et l'épaisseur quelques dm, avec toutefois des renflements atteignant plusieurs mètres. Ces lentilles, syngénétiques, sont affectées par l'intense tectonique régionale, et elles sont toujours plissées ou brisées, se présentant dans des conditions très diverses suivant les gîtes (Cf. figures 14, 15 et 16).



- | | | | |
|---|---|--------------------------------|----------------------------|
| Alluvions | d6.4 Calcaires, "griottes" et dolomies du Dévonien supérieur | Schistes carburés gothlandiens | Dévonien métamorphisé |
| Dinantien (calcaires, schistes, grès, conglomérats) | Calcaires et calcschistes du Dévonien moyen | Schistes ordoVICIENS | Granite de Bordères-Louron |
| Schistes et lydIennes à nodules phosphatés | Schistes et calcaires du Dévonien inférieur | ● Anciens travaux pour Mn | --- Limite de département |

N.B. Les calcaires d.6.4 comprennent également (d'après l'étude récente des Conodontes) la base du Dinantien et le contact Dévonien-Houillier devrait être légèrement modifié.

FIG. 13 - Carte des gisements de manganèse des Hautes Pyrénées - Haute Garonne
(Géologie d'après les feuilles n° 251 et 252 à 1/80 000)

La minéralisation, présentant des différences d'un point à l'autre, était généralement complexe, comportant des carbonates, des silicates et des oxydes de Mn. Elle comprenait deux phases de dépôt : une phase syngénétique volcano-sédimentaire (minerai rubané ou bréchique des lentilles interstratifiées) et une phase épigénétique hydrothermale (filons postérieurs accompagnés de métasomatose).

Le minerai "primaire" des lentilles était formé soit par de la dialogite, soit par de la rhodonite, soit par une association de rhodonite et friedélite. Les filonets renfermaient surtout de la dialogite spathique, accessoirement de la rhodonite, de la friedélite, des petits grenats pyréneite et spessartite, du quartz, de la chlorite brune, de l'alabandite, plus rarement de la hübnerite et de la téphroïte, ainsi que divers sulfures (pyrite, blende, chalcoppyrite et galène), exceptionnellement de la sidérite et de la bustamite. Au voisinage, dans les calcaires supérieurs, se trouvaient des imprégnations de friedélite et des remplacements massifs de dialogite ou rhodonite.

Les oxydes de Mn, relativement abondants dans les parties superficielles et aux épontes, comprenaient, selon F.A. PERSEIL (1968) : de la ramsdellite, de la groutite, de la birnessite, de la manganite, de la todorokite, de la polianite et de la cryptomélane. Les teneurs moyennes de ces minerais oxydés étaient de 50 à 60 % Mn, celles de l'association carbonates-silicates 25 à 32 % seulement.

Les minéralisations précédentes ont fait l'objet, entre 1866 et 1899, de 6 concessions maintenant toutes renoncées. Il s'agissait de celles de Portet-de-Luchon (31), Germ et Loudervielle (65), Vielle-Aure (65), La Serre d'Azet (65), Adervielle (65) et Loudervielle (65). Auparavant, les gisements avaient appartenu à M. de GESTAS, qui était concessionnaire de toutes les mines du "diocèse de Tarbes et du Comminges".

Leur production, qui a débuté apparemment en 1849, s'est élevée au total à 90 050 tonnes de minerai marchand : 2 286 t de 1849 à 1857, 19 898 t de 1867 à 1884, 23 908 t de 1897 à 1902, 40 400 t de 1906 à 1923 et, enfin, 5 558 t de 1927 à 1930. L'année la plus forte a été 1898, avec 7 755 t dont 4 470 pour le centre de Torrens, à Vielle-Aure.

Les premiers travaux sérieux ont été exécutés par la Société Cavelan, formée pour l'exploitation de mines de plomb et d'argent, qui aurait trouvé une source importante de bénéfices dans l'exploitation du manganèse de Germ et de Portet. Jusqu'en 1873, on s'intéressait seulement aux oxydes superficiels et on arrêta les travaux quand apparaissaient les carbonates et les silicates ; ces oxydes étaient utilisés pour la fabrication du chlore, en verrerie et en pharmacie. Les ateliers de concassage et de lavage étaient installés à Vielle-Aure et à Loudervielle.

Plus tard, à partir de 1897, commença l'exploitation des minerais siliceux, que l'on savait maintenant traiter au four électrique. Une première période d'activité dura jusqu'en 1902, date à laquelle les travaux cessèrent par suite de la dépréciation des cours du minerai ; on avait exploité surtout à Nabias et à Loudervielle. Puis, une reprise eut lieu en 1906, comme dans l'Ariège ; le minerai marchand, constitué par un

mélange à 25 % Mn, était traité à l'usine de Villelongue, près de Pierrefitte (65), pour la fabrication de silico-manganèse.

Ensuite, en 1918-19, on réouvrit les mines de Germ et de Pouchergues, dont le minerai était livré à l'usine de Beyrède. Plaïstrou reprit à son tour, en 1922, puis Génos en 1926 ; le minerai, tenant 28 à 30 % Mn, était de nouveau expédié à Villelongue. Enfin, toute activité cessa en 1930, avec la fermeture de Nabias, les gîtes connus étant épuisés. Le minerai siliceux traité au four électrique, tenant 25 à 30 % Mn, était un mélange très peu homogène, car les teneurs en Mn et en SiO_2 dans les diverses mines étaient très variables. A Nabias, par exemple, les teneurs en Mn variaient entre 18 et 40 %, celles en SiO_2 entre 12 et 28 %.

1.1.9 - Vielle-Aure (65, n° 1)

Les travaux de Vielle-Aure se trouvaient au-dessus du village, sur la rive gauche de la Neste d'Aure ; ils formaient 3 groupes dénommés Coustou, Torrens et Le Bouchet.

A Coustou, on a dépilé une lentille de minerai oxydé, longue de 25 à 30 m et profonde de 12 à 15 m, dont la puissance atteignait 3 à 4 m aux affleurements. Le minerai riche titrait 75 à 80 % MnO_2 et, au fond, se trouvaient des filonets de diopside - Au Bouchet, existait une couche lenticulaire épaisse de 1 m et, à Torrens, une lentille pouvant atteindre 6 m de puissance qui formait, en 1898, le principal centre d'exploitation de tout l'ensemble.

1.1.10 - Soulac (65, n° 2)

La formation, située immédiatement au-dessus du village, comprenait de nombreux petits amas superficiels, dont les dimensions ne dépassaient guère 5 à 6 m. Le minerai trié tenait 30 % Mn.

1.1.11 - Guchen (65, n° 3)

Ce gîte était constitué par une lentille verticale interstratifiée, longue de 35 m et puissante de 1,5 m à 2 m, divisée superficiellement en deux branches par une intercalation de lydienes. En profondeur, la friedélite était abondante, associée à de la rhodonite et à des grenats grossulaires. Explorée sur une hauteur de 80 m, cette lentille a fourni environ 7 000 tonnes de minerai siliceux.

1.1.12 - Nabias (65, n° 4)

Ce gisement, qui se trouve au-dessus du village de Génos, était formé par une couche E-W à pendage sud, épaisse de 2 m au maximum et très irrégulière en raison de la présence de nombreux plis (Cf. figure 16). 5 niveaux l'ont explorée sur une hauteur de 40 m, qui ont exploité les renflements situés dans le coeur des anticlinaux. Le minerai, oxydé en surface, était formé en profondeur par un mélange de silicates et de carbonates ; sa teneur en Mn variait de 18 à 40 %, celle en silice de 12 à 28 %. Associées à la couche, se trouvaient des veinules sécantes (10 à 20 cm) pouvant renfermer des minéraux rares (alabandite, hübnerite, téphroïte).

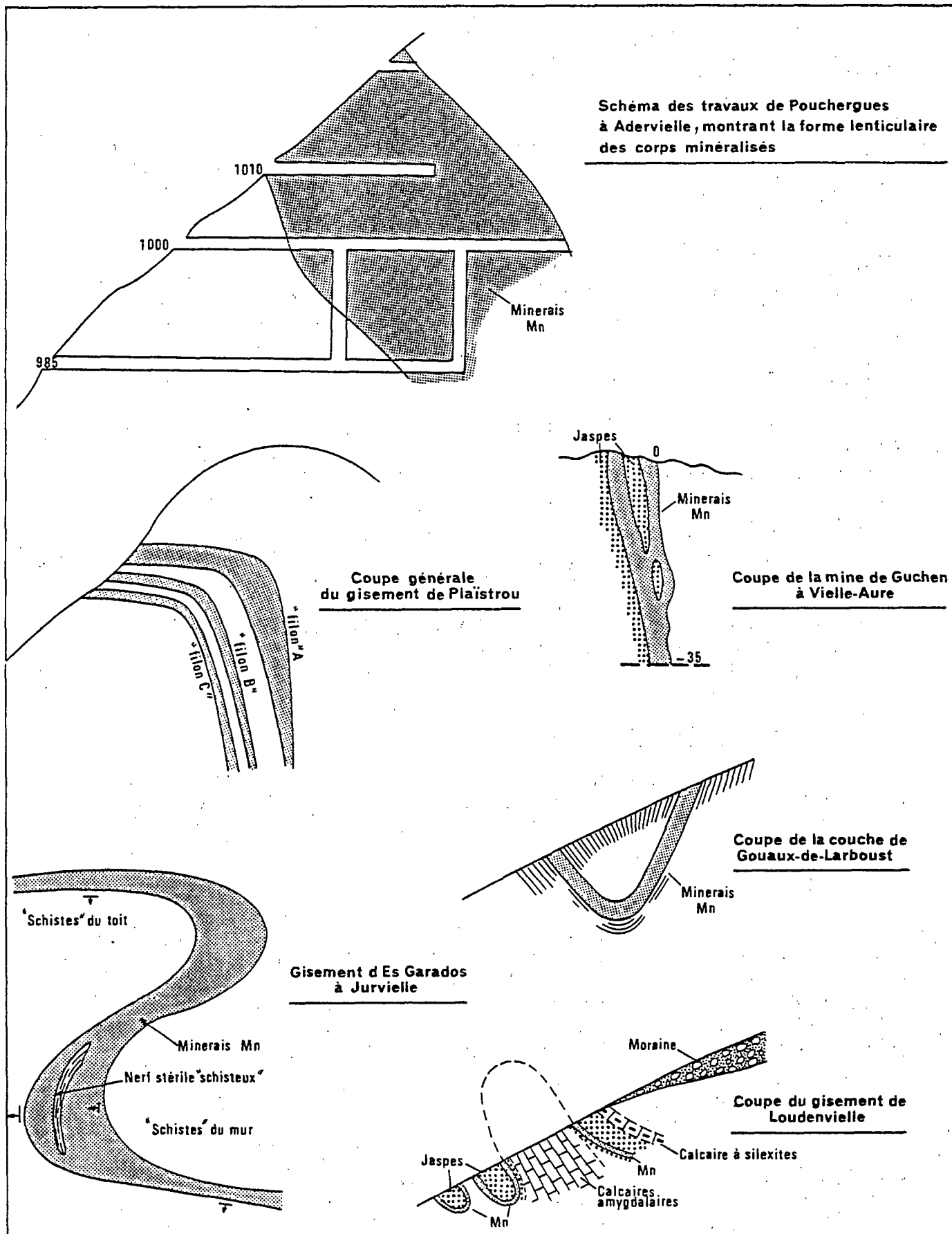


FIG. 14 - Croquis de différentes formations des gisements des Hautes Pyrénées - Haute Garonne montrant le caractère interstratifié des lentilles de minéral

1.1.13 - Plaïstrou (65, n° 5)

Ce petit gîte, situé au-dessus du village d'Adervielle, a donné lieu à une ancienne exploitation de bioxyde fournissant du minerai à 31 % Mn.

1.1.14 - Pouchergues (65, n° 6)

Au voisinage du village de Pouchergues, vers la cote 1 020, le gîte était formé par deux couches lenticulaires interstratifiées, séparées par un banc de jaspé épais de 0,60 m à 3 m ; leur puissance aux affleurements était de 1,50 m. Le minerai, rubané, était surtout formé de silicates, oxydés aux épontes et aux affleurements ; sa teneur en Mn était de 27-28 %, avec une assez forte proportion de silice. Les travaux comportaient 3 niveaux superposés.

1.1.15 - La Serre d'Azet et Plapessou (65, n° 7)

Il s'agit de mines anciennes peu connues, situées à l'Ouest du Tuc de la Boup, à l'altitude 1620. Le gîte était analogue à celui de Nabias, formé par une couche renflée dans les charnières anticlinales (1,5 m au maximum), suivie sur 120 m en direction et 100 m suivant le pendage. Le minerai était un mélange de carbonates et de silicates, très oxydé en surface.

1.1.16 - Loudenvielle (65, n° 8)

Ce gîte, situé au-dessus du village, était formé par une lentille relativement régulière, dirigée N60°W et épaisse de 2 m à 3 m, connue sur une longueur de 80 à 100 m et une hauteur de 50 à 60 m. La minéralisation, très irrégulière, comprenait essentiellement de la rhodonite, accessoirement de la dialogite.

1.1.17 - Germ (65, n° 9)

Ce gîte, proche du village de Germ, comprenait, sur une longueur de 100 m, une série de petits amas irréguliers, dont on a exploité seulement le minerai superficiel oxydé dont la teneur dépassait rarement 65 % MnO₂. En profondeur, il apparaissait des silicates, notamment de la friedélite.

1.1.18 - Balestas (65, n° 10)

Ce gîte, situé à 500 m environ au Sud du col de Peyresourde, vers la cote 1650, occupe le coeur d'un repli anticlinal disharmonique pincé (Cf. figure 16). La lentille, à pendage 60°N, peut atteindre une épaisseur de 2,50 m ; elle a été exploitée à 3 niveaux différents, sur une longueur maximale de 40 m ; ses teneurs variaient de 25 à 38 % Mn. Le minerai, rubané, était formé par une association de dialogite et de rhodonite, oxydée aux épontes et en surface.

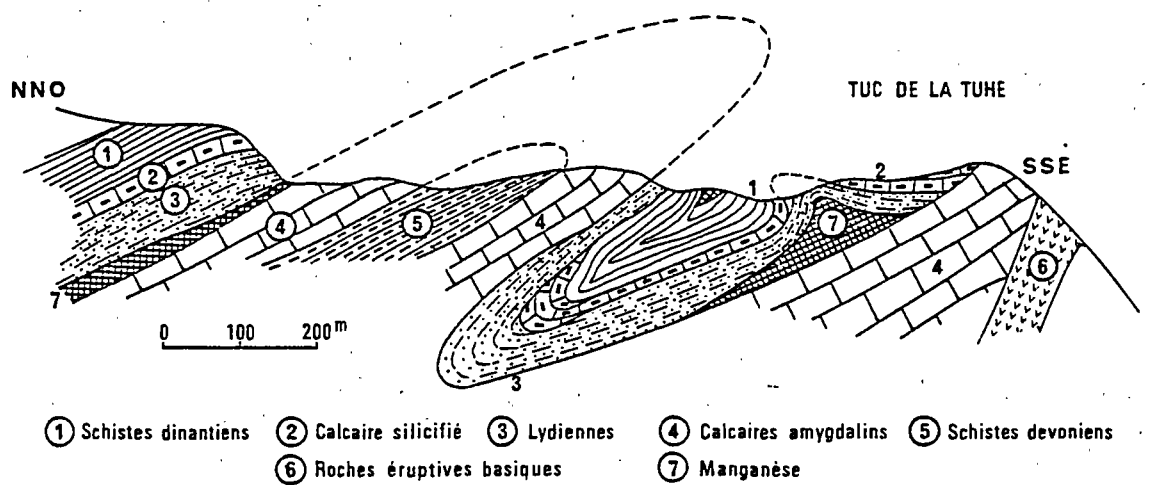


FIG. 15 - Coupe passant par les indices de la serre d'Azet

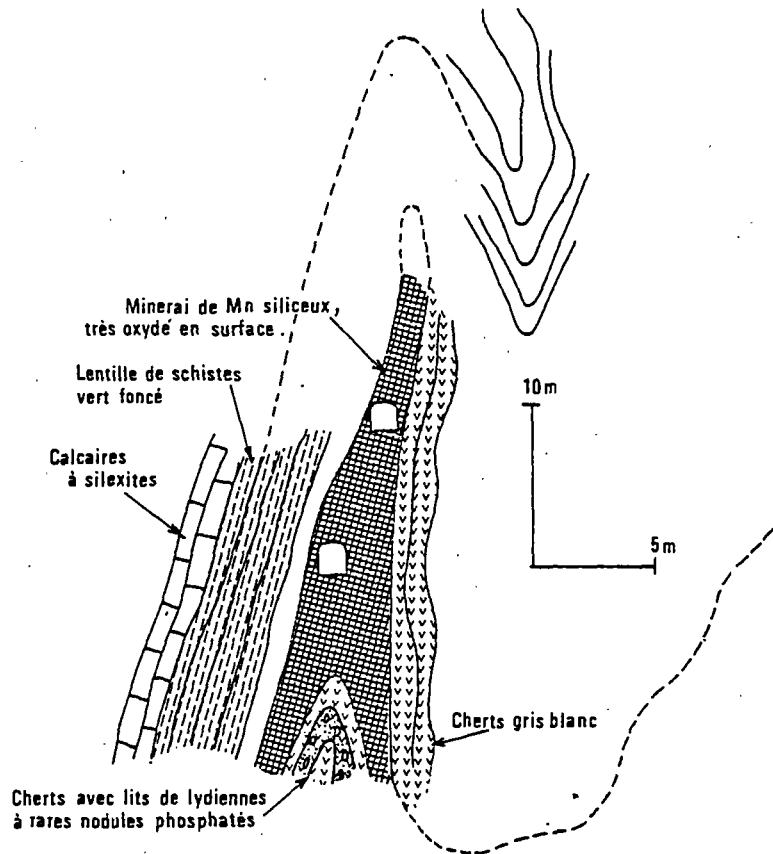


FIG. 16 a - Coupe générale des anciennes mines de Balestas
(d'après C. Braux, 1980)

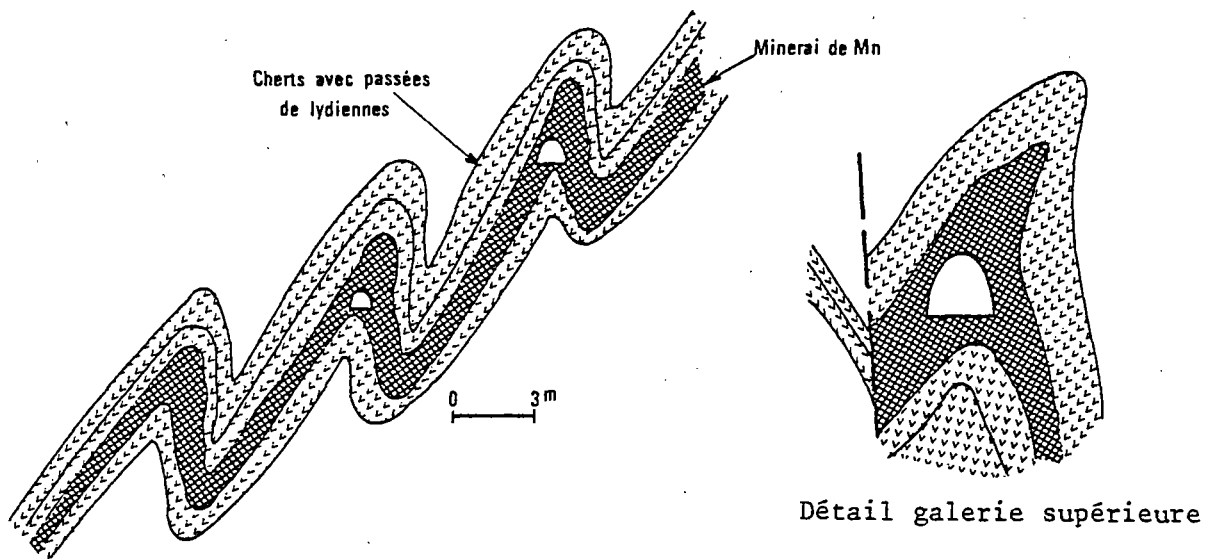


FIG. 16 b - Coupe générale des anciennes mines de Nabias
(d'après C. Braux, 1980)

1.1.19 - Pène de Sendies (65, n° 11)

Immédiatement au Sud de Balestas, il s'agit de travaux importants effectués, vers 1880, sur une lentille interstratifiée dans des jaspes. Cette lentille avait une longueur de 120 m et son minerai primaire était composé de rhodonite et dialogite, avec quelques mouches de friedélite ; en surface, il était altéré en un mélange d'oxydes et hydroxydes, objet de l'ancienne exploitation.

1.1.20 - Tramont et Matas (65 et 31, n° 12)

Il s'agit de 5 formations Mn, appelées "filons A,B,C,D et E", qui traversent les vallons de Tramont et Matas, au Nord du col de Peyresourde. Elles étaient formées par des chapelets de petites lentilles et, au total, elles auraient produit seulement 100 tonnes d'un minerai marchand très siliceux (38 à 40 % Mn : 20 à 30 % SiO₂), qui comprenait surtout des silicates (rhodonite et friedélite).

1.1.21 - Portet-de-Luchon (31, n° 13)

Il s'agit du "filon D" de l'ensemble précédent, qui avait fait l'objet d'une concession. Ce "filon" était installé dans une zone faillée, car sa minéralisation, très discontinue, était mélangée à de l'argile : on y trouvait essentiellement des oxydes et des veinules de carbonates et silicates.

1.1.22 - Es Garados (31, n° 14)

Ce groupe de travaux, en contre-bas du sommet de Pouyaoué, intéressait plusieurs formations. La plus importante était encaissée dans un plissement en S (Cf. figure 14), où elle formait un amas puissant de 1,50 m en moyenne, large de 10 à 12 m et long de 30 m. Son minerai était formé essentiellement par des oxydes très siliceux (47 à 48 % Mn ; 30 % et plus SiO₂).

Un 2ème amas se trouvait plus haut, à 200 m à l'Ouest ; il était long de 45 m et puissant de 1 m à 4 m, sa minéralisation étant très irrégulière. A 90 m plus loin, existait une lentille, épaisse de 0,90 m, constituée par une alternance de lits riches et de lits pauvres (48 % Mn et 7 % Mn).

1.1.23 - Culège (31, n° 15)

Au-dessous d'Es Garados, vers la cote 1300, le petit gîte de Culège était formé par une couche lenticulaire mince (20 à 40 cm), connue sur une longueur de 180 m. Son minerai était du bioxyde siliceux (49,75 % Mn et 29,5 % SiO₂) qui, à 20 m de profondeur, passait à du minerai silicaté et carbonaté.

Plus bas sur la pente, se trouvait une couche de "terre noire manganésée", épaisse de 1 m et renfermant des granules d'oxydes. Elle titrait 41 à 49 % Mn, 17 à 20 % Fe, 5 à 8 % SiO₂.

1.1.24 - Montmidan (31, n° 16)

Située en amont de Culège, la formation de Montmidan était constituée par une couche de "terre manganésée brunâtre" pouvant atteindre 8 m de puissance, connue sur une longueur de 150 m. Elle renfermait sporadiquement des wads et sa teneur moyenne n'était que de 4,65 % Mn, avec 11,4 % Fe.

1.1.25 - Pouy-Beck (31, n° 17)

Il s'agissait d'une petite lentille de minerai siliceux et, au total, les divers travaux de Jurvielle (14, 15, 16 et 17) n'ont fourni au maximum que 2 000 tonnes de minerai marchand.

Il est possible, voire probable, qu'il existe des lentilles minéralisées encore inconnues, dans la bande favorable où se situent les gisements précédents. Mais, d'après les descriptions, ces lentilles ne pourraient en aucun cas constituer des gîtes économiques et la prospection de la bande, pour recherche de manganèse, ne serait pas justifiée.

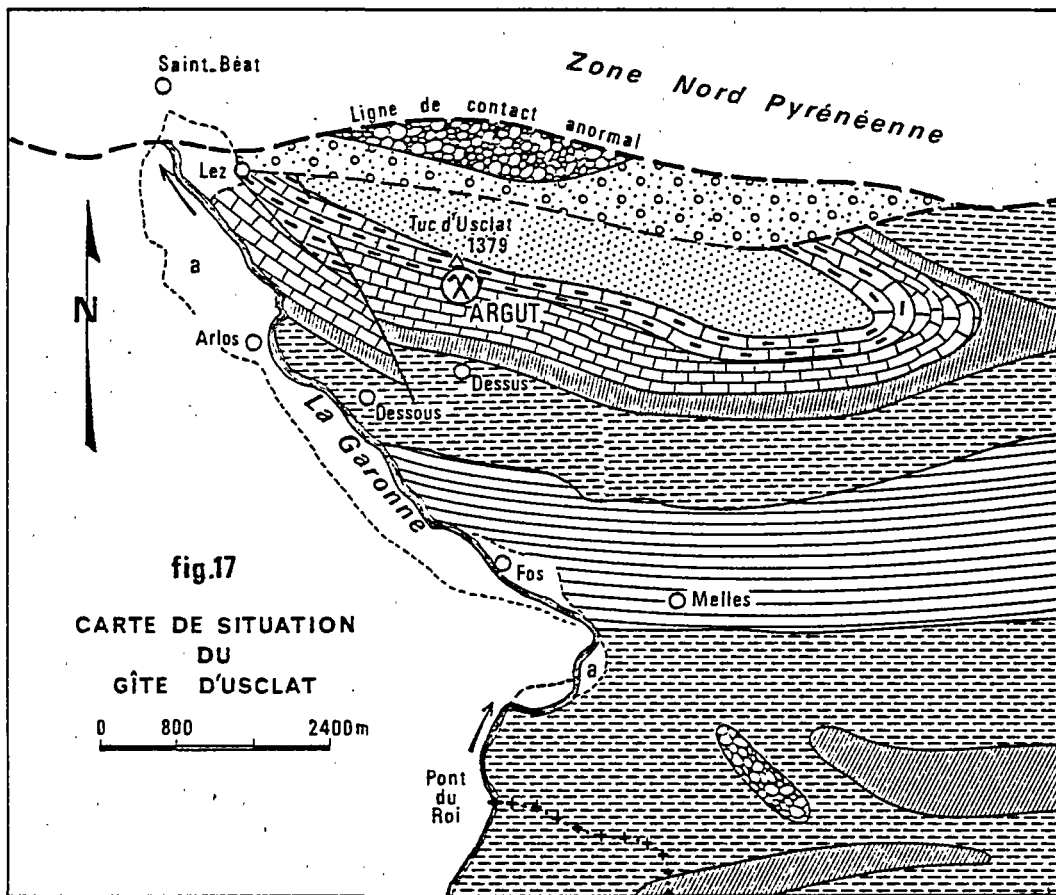
1.1.26 - Usclat (31)

Ce petit gîte isolé, entre les groupes de l'Ariège et des Hautes-Pyrénées, se trouve sur le versant droit (NE) de la haute vallée de la Garonne, à 5 km en aval de la frontière espagnole, sur le flanc sud du Tuc d'Usclat, vers la cote 1250, dans la commune d'Argut-Dessus (Cf. figure 17).

Il a fait l'objet d'une concession instituée en 1905 et renoncée en 1926, après des fouilles anciennes pour bioxyde en 1839, 1863, 1876-77, et des recherches pour minerai carbonaté, dues à l'attrait de Las Cabesses, en 1894-96 et 1899-1901. Il n'aurait guère produit que 180 tonnes, ses réserves s'élevant à 7 000 t, et son minerai se différenciait de celui de l'Ariège par la présence d'une certaine proportion de fer. C'est ainsi qu'un lot de 10 tonnes de minerai carbonaté avait donné : 38,6 % Mn, 12,11 % Fe, 8,8 % SiO₂, 0,005 % P₂O₅, 9,3 % CaO, les teneurs moyennes étant de 30 à 37 % Mn, 1 à 2 % Fe et 5 à 13 % SiO₂. Quelques travaux effectués récemment par le B.R.G.M. ont mis en évidence, sur le prolongement et probablement dans le Givétien, une couche Fe-Mn épaisse de 6 m ayant une teneur de 14 % en métal total.

Au point de vue géologique, la région est occupée par un massif de terrains paléozoïques de la zone primaire axiale, plissés en direction E-W et plongeant à 35° vers le Nord, situés immédiatement au Sud de la surface de contact anormal avec la zone nord-pyrénéenne. Le Dévonien supérieur y montre la même succession que dans l'Ariège, mais, ici, la minéralisation principale, formant des amas irréguliers, est encaissée dans le niveau bréchique de la base et, dans les calcschistes verts sous-jacents, on trouve des lamelles de friedélite et des cristaux de pyrite.

Le minerai primaire était formé par des carbonates de Mn, dialogite et kutnahorite, avec un peu de sidérite, et, comme à Las Cabesses, il était traversé par de minces filonets de silicates, rhodonite et friedéli-



(d'après carte de Bagnères de Luchon à 1/80 000)

Alluvions récentes	Dépôts fluvioglaciers
Permo-trias	Carbonifère
Dévonien sup.	Dévonien moyen et inf.
Gothlandien	Ordovicien
Infra-silurien	Anciens travaux pour Mn

FIG. 17 - Carte de situation du gîte d'Usclat (31)

te, associés à de la chlorite et de la calcite. Les minerais oxydés secondaires comprenaient l'association suivante : hausmannite, braunite, cryptomélane, manganite, polianite, todorokite, magnétite et jacobsite. Dans les "griottes" situés au-dessus, se trouvaient de la pyrite, de la magnétite et de l'hématite.

Des affleurements minéralisés existent, de façon discontinue, sur une longueur supérieure à 1 km, mais seule la région centrale a fait l'objet de travaux en profondeur, qui y ont mis en évidence une lentille longue de 18 à 20 m et puissante de 1,5 m à 3 m, avec une petite lentille annexe au toit épaisse de 0,40 m. Deux failles limitaient le corps minéralisé principal, à l'Est et à l'Ouest, au-delà desquelles les prolongements avaient été reconnus par des tranchées.

1.1.27 - Bergons (65)

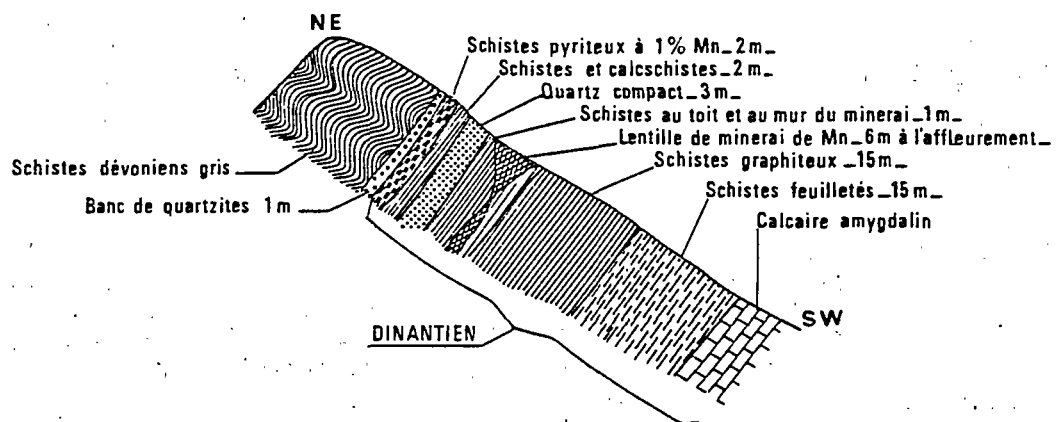
Ce petit gîte, qui se trouve dans le massif du pic de Bergons, à 5 ou 6 km au SE de Luz-Saint-Sauveur, a été découvert en 1903. Il a fait l'objet de 2 demandes en concession, rejetées pour insuffisance du tonnage reconnu (2 000 tonnes). Son minerai était siliceux (20 % SiO_2) et sa teneur moyenne inférieure à 29 % Mn.

La formation la plus importante était celle de Bachebirou, vers la cote 2200, constituée par plusieurs lentilles séparées, interstratifiées dans une série schisteuse plongeant de 50° vers le NE. Comme l'indique bien la coupe (Cf. figure 18), elles occupaient certainement la même position stratigraphique que celle des autres occurrences des Hautes-Pyrénées, étant encore associées aux jaspes de la base du Dinantien.

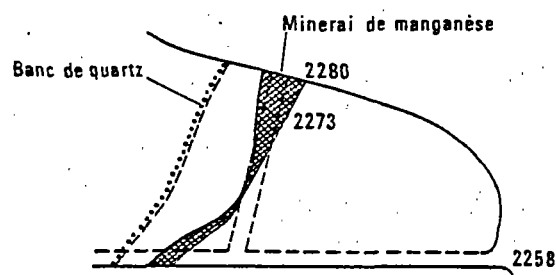
Parmi ces lentilles, une seule a eu quelque importance. Longue de 30 m environ, elle était puissante de 5 à 6 m aux affleurements, mais s'amincissait rapidement en profondeur ; toutefois, un épanouissement trouvé par un travers-bancs (Cf. figure 18) succédait à cette serrée. Le minerai était constitué par de la "pyrolusite" en surface, de la dialogite puis des silicates (rhodonite et friedélite) en profondeur ; il pouvait renfermer de minuscules cristaux de pyrite et sa teneur en Mn variait de 32 à 36 %.

Vers le NW et dans le même horizon, on trouvait de nouveaux affleurements entre les cotes 1450 et 1600. Il s'agissait de petites lentilles de dialogite très superficielles, dont l'épaisseur ne dépassait pas 0,70 m.

A 2 km à l'Est de Bachebirou, dans le ravin de l'Ise, on connaissait encore, sur une longueur de 100 m, une série de 8 lentilles interstratifiées dans des "schistes" subverticaux dirigés NW-SE. Leur longueur ne dépassait pas 10 m, leur épaisseur 1,20 m, et elles se coïncidaient très rapidement en profondeur. Leur minerai était du carbonate de Mn, qui ne renfermait que 25 % Mn.



Coupe du gisement de Bergons montrant la position stratigraphique du minerai de manganèse (la série est renversée)



Coupe de la lentille principale de Bergons

FIG.18 - Gisement de Bergons

PYRENEES-ATLANTIQUES (64)

Plus loin à l'Ouest, dans la chaîne pyrénéenne, on connaît encore deux indices de Mn dans des conditions géologiques analogues à celles des minéralisations de l'Ariège.

1.1.28 - Pombie (64)

Le premier, celui de Pombie, se trouve sur le flanc est du pic du Midi d'Ossau, flanc occupé par du houiller en contact avec des bandes dévoniennes. Ce houiller présente ici encore, à sa partie inférieure, des lydiennes à nodules phosphatés et le Dévonien supérieur terminal est représenté par des formations de calcaires type "griottes". C'est dans un escarpement vertical de ces calcaires que se trouve la minéralisation constituant une bande longue de 500 m. Sa puissance varie de 1 m à 2 m, avec quelques renflements. Son minerai superficiel, seul connu, est entièrement oxydé : "pyrolusite" accompagnée d'hématite brune manganésée.

1.1.29 - Cette-Eygun (64)

Le second indice se trouve près de Cette-Eygun, sur les bords du ruisseau de l'Ecuarpe, à 15 km environ au NW de Pombie. Il s'agit de lentilles de diagenite interstratifiées dans une bande de calcaires "griottes", près du contact des lydiennes phosphatées. La puissance peut atteindre 1,50 m, mais la minéralisation, très capricieuse dans le détail, s'amincit et se coince rapidement en profondeur. Les travaux, exécutés de 1918 à 1920, ont produit 400 t à 30 % Mn, et l'indice ne paraît avoir qu'une importance très médiocre.

PYRENEES-ORIENTALES (66)

Il existe, dans les Pyrénées-Orientales, deux petits gîtes connus de Mn : Las Ambollas et Sainte-Colombe.

1.1.30 - Las Ambollas (66)

Ce petit gîte se trouve à 5 km environ au SW de Prades, près de Villefranche-de-Conflent, sur le versant nord du massif du Canigou. Concédé le 22.08.1887, à l'intérieur de la concession de fer de Fillols, il a produit 5 788 tonnes de minerai oxydé tenant 28-29 % Mn en moyenne, avec une certaine quantité de fer (4 % Fe) : 167 t de 1899 à 1900, 204 t de 1914 à 1918, 3 746 t de 1924 à 1930 et 1 671 t de 1943 à 1949.

Géologiquement, sous un recouvrement étendu de cailloutis pliocènes, la région est occupée par des bandes plissées de terrain paléozoïque, allongées grossièrement E-W. A Las Ambollas, elles constituent un synclinal carbonifère pincé dans le Dévonien supérieur et nettement déversé vers le Sud. Le Dévonien supérieur montre ici encore un faciès de calcaires "griottes" et, vers la base du Dinantien, on trouve des lydiennes à nodules phosphatés.

Les minerais oxydés de Mn se trouvaient dans des poches et des crevasses des "griottes", de formes et de volumes tout à fait dissembla-

bles, et ils étaient généralement accompagnés par des argiles rouges de décalcification. Sur les bords et au fond des poches, les calcaires étaient imprégnés par des réseaux de filets de "pyrolusite" formant un minerai pauvre (3-8 % Mn). Les teneurs exploitables étaient restreintes à de petits volumes et les concentrations restaient toujours très superficielles.

En outre du gîte principal situé dans le ravin de La Vigne, on a exploité d'autres remplissages de "pyrolusite" en face de la gare de Villefranche. Ces remplissages, maintenant vidés, occupaient des fissures, des diaclases et des petites poches, dans des calcaires gris et blancs appartenant probablement au Dévonien moyen.

1.1.31 - Sainte-Colombe (66)

L'indice de Sainte-Colombe, près de Thuir, présente les mêmes caractères que ceux du petit gîte de Las Ambollas.

CORBIERES (Aude-11)

Les gisements de Mn des Corbières, dans la partie sud du département de l'Aude, se trouvent à une douzaine de km à l'Est d'Alet-les-Bains (Cf. figure 19), dans les trois concessions voisines de La Ferronnière, Pouzanque et Saint-Andrieux. Géologiquement, ils sont situés dans la terminaison péri-anticlinale d'un anticlinorium hercynien W.SW-E.NE du massif de Mouthoumet, morcelé par de grandes failles longitudinales ; de façon plus précise, ils se rencontrent tous dans l'anticlinal le plus méridional, celui d'Ournes, et le gisement situé le plus au Sud, celui de La Ferronnière, se trouve très près du contact du synclinal crétacé d'Arques. L'anticlinal d'Ournes forme un horst et il est affecté par de nombreuses cassures longitudinales et transversales, qui ont disloqué les gîtes et sont accompagnées par des venues siliceuses parfois cuprifères (Cf. figure 20).

Stratigraphiquement, toutes les occurrences connues se rencontrent encore dans les calcaires "griottes" du Dévonien supérieur (et peut-être du Tournaisien inférieur), qui renferment des teneurs anormalement élevées en Mn, à proximité des lydiennes dinantiennes surmontées par des calcaires gris détritiques, puis par les schistes plus ou moins gréseux du Culm renfermant des conglomérats à petits galets de minerai. Selon L. JAEGER et A. OVTRACHT (1956), il y aurait eu une émergence importante au début du Houiller, au cours de laquelle se seraient formés des réseaux karstiques dans les calcaires émergés, puis, au moment de la transgression du Tournaisien supérieur - Viséen inférieur, des dépôts de Mn (et de Fe) se seraient constitués soit dans ces karsts, soit en bordure des côtes, le métal provenant de la dissolution des "griottes" manganésifères.

1.1.32 - La Ferronnière (11)

Cette concession renferme les principales minéralisations du secteur et elle a dû produire une quantité de minerai, non connue exactement, située aux environs de 20 000 tonnes. On y a exploité surtout les poches superficielles d'oxydes, vendus tels quels aux usines métallurgiques, et, à partir de 1925, les carbonates rencontrés étaient également

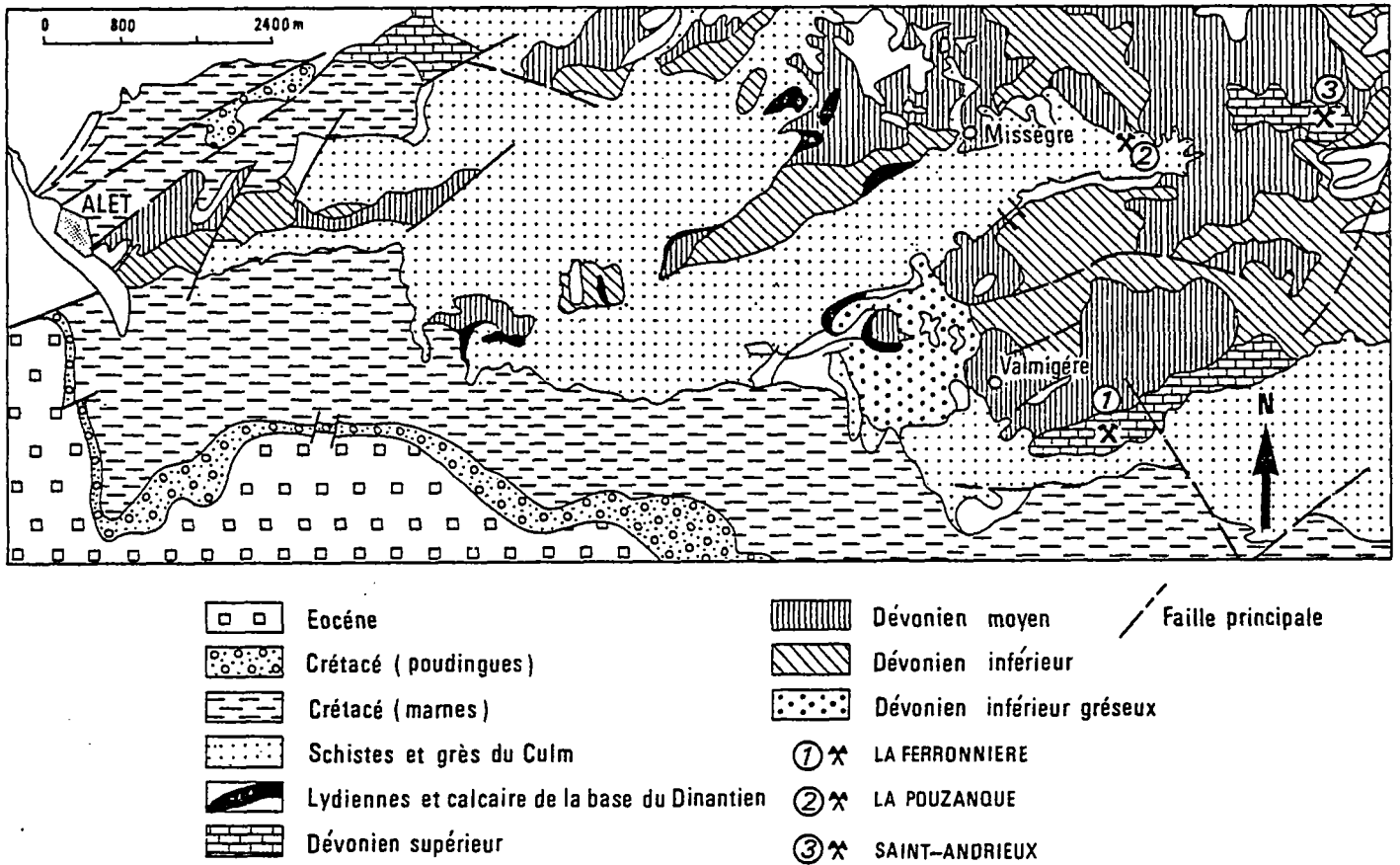


FIG. 19 - Carte de situation des gisements de Mn des Corbières

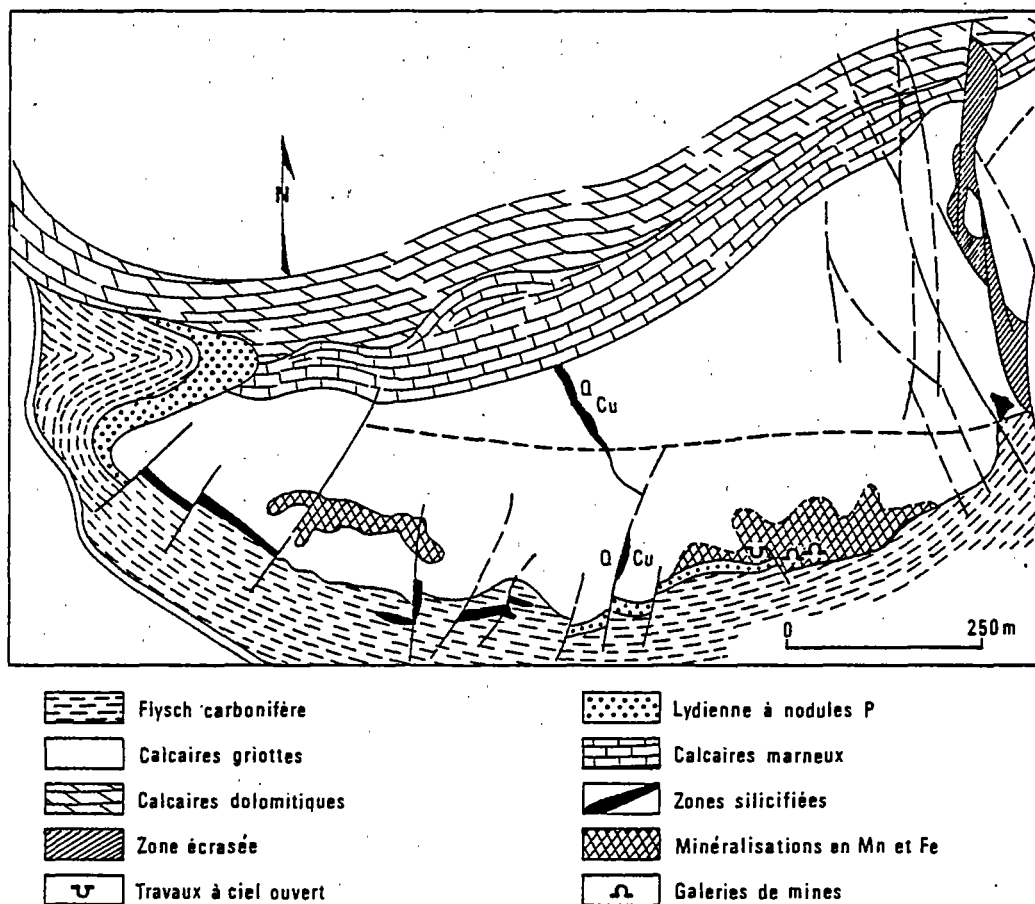


FIG. 20 - Carte géologique du gisement de La Ferrière
par A. OVTRACHT (inédit).

FIG. 22 - PLAN DES ANCIENS TRAVAUX
d'après un plan datant de 1915

-  Travaux superficiels
-  T—— intermédiaires de la galerie N°2
-  T—— inférieurs de la galerie N°5
-  S7 Saignée d'échantillonnage du BRGM -1958 -

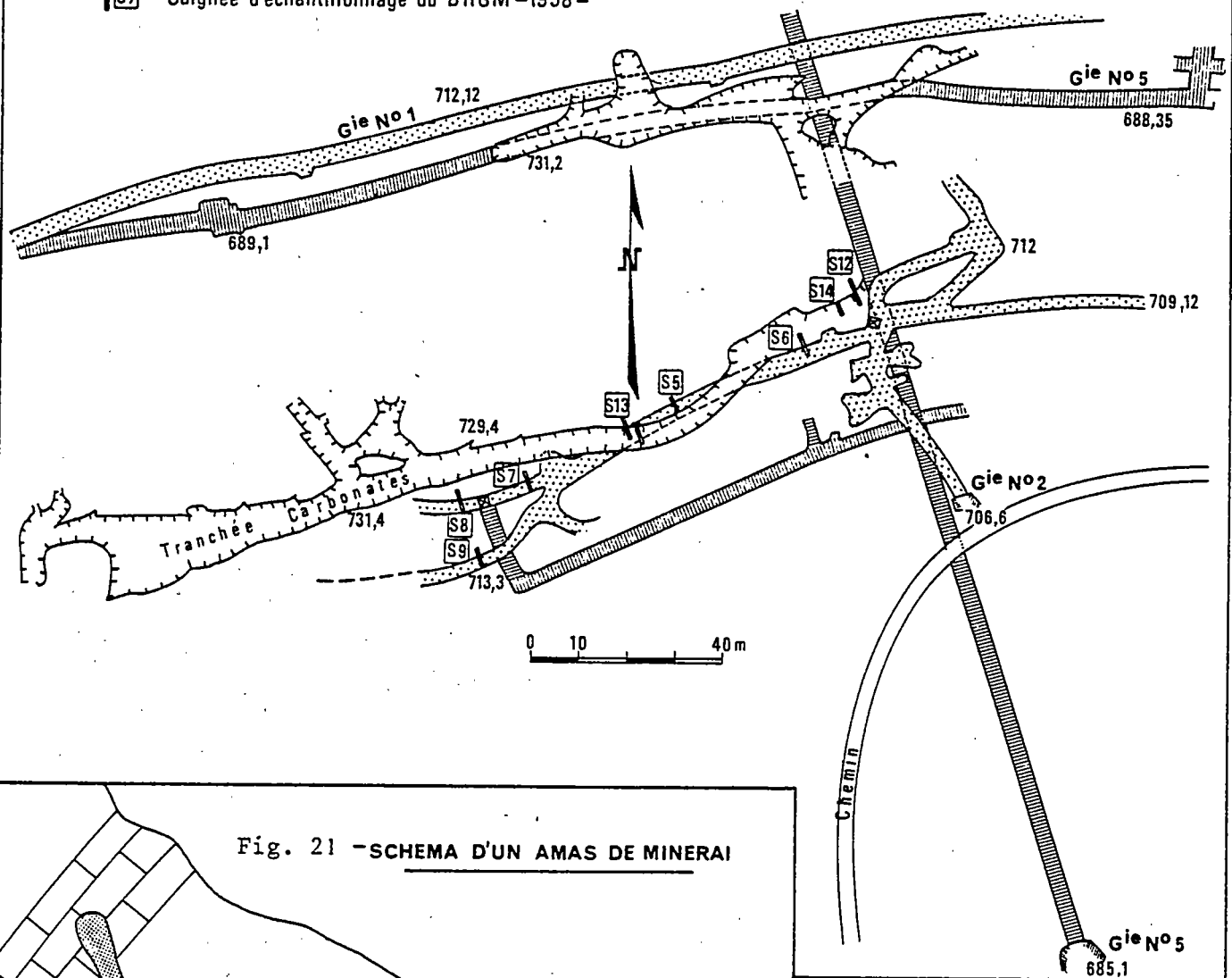
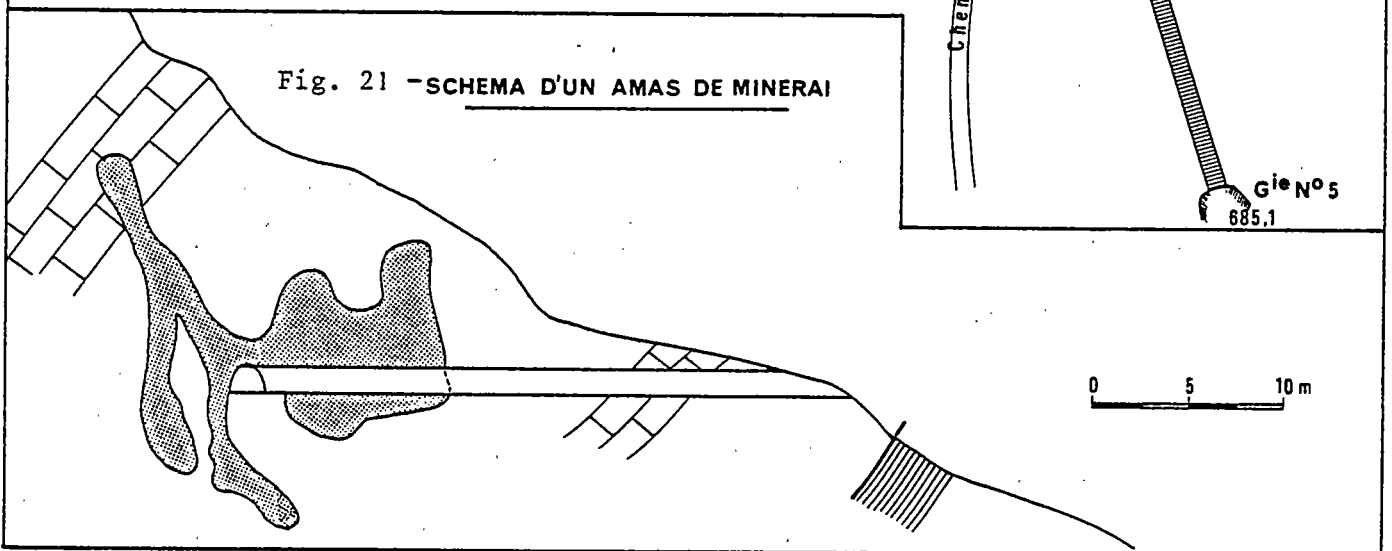


Fig. 21 -SCHEMA D'UN AMAS DE MINERAL



vendus, après broyage, comme amendement manganésifère. Les oxydes titraient 44 % Mn, les carbonates crus 10 à 42 % Mn, avec 4 à 5 % SiO_2 , les carbonates calcinés 35 % Mn ; il existait aussi des amas de fer manganésé à 45-50 % Fe et 1,6 à 2 % Mn. En 1953, les réserves de minerai carbonaté étaient évaluées à 90 000 tonnes par le Service des Mines (36 000 t dans la "tranchée des carbonates" et 54 000 t dans la "cassure n° 2").

Les travaux comprenaient un défilage superficiel long de 100 m environ et large de 3 m : la "tranchée des carbonates", ainsi que des galeries souterraines, à 20 m et 40 m plus bas, qui ont exploré l'aval de cette tranchée et la "cassure n° 2" située à 30 m au Nord.

Plus récemment, sur la foi des chiffres de réserves cités ci-dessus et après que des études effectuées au laboratoire d'électrochimie de la Sorbonne aient démontré que les carbonates de Mn du gîte convenaient parfaitement à la fabrication électrolytique du bioxyde dépolarisant employé dans les piles, le B.R.G.M. a effectué une étude de ce gîte, pour le compte de la Société des Piles Wonder. Cette étude a comporté en particulier, en Septembre 1958, un échantillonnage des anciens travaux de la "tranchée des carbonates", lequel démontra que les teneurs (ordre de 10 % CO_3 Mn) étaient beaucoup trop faibles pour les besoins de la Société et l'étude en resta là.

Le principal secteur exploré, délimité par des failles, au Nord, à l'Est et à l'Ouest, avait 400 m de long sur 80 m de large, entre les cotes 685 et 745. Le minerai défilé présentait deux modes de gisement : d'une part, une morphologie de type karstique et, d'autre part, une allure stratiforme. Dans le premier cas (Cf. figure 21), il constituait des poches de formes très irrégulières et de dimensions très variables, reliées entr'elles par de minces apophyses ; dans le second, représenté par la "tranchée des carbonates", au contact même des schistes dinantiens, il avait l'allure générale d'une couche, appelée "cassure" par les mineurs, dirigée W.NW-E.SE comme les calcaires, avec un pendage de 70° Sud.

D'après le plan des travaux miniers (Cf. figure 22), il existait une 2ème "cassure" à 30 m plus au Nord, qui aurait été reconnue sur une longueur de 300 m, et une 3ème a été signalée, à 70 m au-delà de la 2ème, rencontrée par le travers-bancs de la galerie 5. Plus que de véritables couches, il doit s'agir d'alignements de poches et la "couche" elle-même de la "tranchée des carbonates", limitée par des surfaces arrondies et contournées présentant des saillants et des rentrants, doit être plutôt un amas de substitution largement concordant.

Le minerai carbonaté était rarement, sinon jamais, formé par de la diallogite mais par des ankérites et des calcites Mn ; il pouvait présenter des structures bréchiques, le ciment étant formé par de la sidérite. Son contact avec les calcaires était souvent marqué par des revêtements d'une argile analogue à celle qui remplissait des cavités non minéralisées ou englobait des rognons et des fragments de minerais oxydés.

Ces derniers provenaient largement de l'altération des carbonates Mn, certains nodules ou petites lentilles interstratifiées pouvant toutefois être d'origine primaire. Les plus fréquents, associés, étaient

la manganite, la cryptomélane et la polianite, mais on trouvait, en outre, de l'ébelménite, de la todorokite de la braunite, de la hausmannite, de la ranciéite à côté de la goethite et de l'hématite, enfin de la chalcophanite associée à de l'hétaerolite.

1.1.33 - La Pouzanque (11)

Ce petit gîte, situé à 3 km au Nord de la Ferronnière, dans la même situation stratigraphique, était associé à une faille E-W. Son toit était très régulier, son mur mal déterminé et son minerai constituait des concrétions dans des poches d'argile, où il titrait 25 % Mn et 20 % Fe.

1.1.34 - Saint-Andrieux (11)

A 1 500 m à l'Est de La Pouzanque, ce petit gîte était formé par une série de poches dans le calcaire, orientées dans toutes les directions et reliées par des fissures minéralisées. Leur tonnage n'était jamais supérieur à 500 t et elles renfermaient principalement du bioxyde de Mn enrobé dans une salbande argileuse, dont la teneur était de 48,6 % Mn et 0,3 % Fe. Plus bas, on pouvait trouver des carbonates qui titraient 25 % Mn et 34,5 % Fe.

MONTAGNE NOIRE

Villereumbert (Aude - 11) et La Matte (Hérault - 34)

Parmi les indices de Mn relativement nombreux sur le versant sud de la Montagne Noire, les plus importants se rencontrent dans les deux concessions voisines de Villereumbert (Aude) et La Matte (Hérault), qui se situent de part et d'autre de la petite ville de Caunes-Minervois, dans la vallée de l'Argent-Double, à 20 km au NE de Carcassonne. Cette zone minéralisée, qui disparaît sous la couverture tertiaire à l'Ouest du château de Villereumbert, se trouve (Cf. figure 23) dans un même affleurement de Dévonien en forme de croissant à convexité SE, qui appartient à la retombée méridionale de la Montagne, très près de son ennoyage sous l'Eocène transgressif de la plaine carcassonnaise.

Au-dessus du Dévonien moyen, le Frasnien, puissant de 50 m à 150 m, est formé par des calcaires "infragriottes" sombres, d'aspects variés, associés à des schistes verts à tentaculites, des brèches intraformationnelles et un horizon riche en nodules d'oxydes de Mn (et parfois de Fe), dans un calcaire sublithographique. Le Famennien superposé débute par un niveau repère de vrais "griottes" rouge-cerise, épais de 10 m à 20 m, objet de nombreuses carrières et renfermant des teneurs élevées en Mn (jusqu'à 9 %, selon R. ESPARSEIL) ; au-dessus, se trouvent des calcaires "supragriottes" gris, également manganèsifères, dont l'épaisseur varie de 50 m à l'Ouest jusqu'à 300 m à l'Est (aux environs de la Matte), qui renferment des brèches intraformationnelles, un conglomérat à ciment marneux et, vers le sommet, une mince couche de lignite.

Un changement important de faciès est à noter vers l'Ouest où, à partir du ravin de Combe-Rebelle, le Givétien, une partie de l'Eifélien et une grande part du Frasnien sont occupés, dans la région de Villereumbert, par un récif à algues et polypiers surmonté par des calcaires roses en

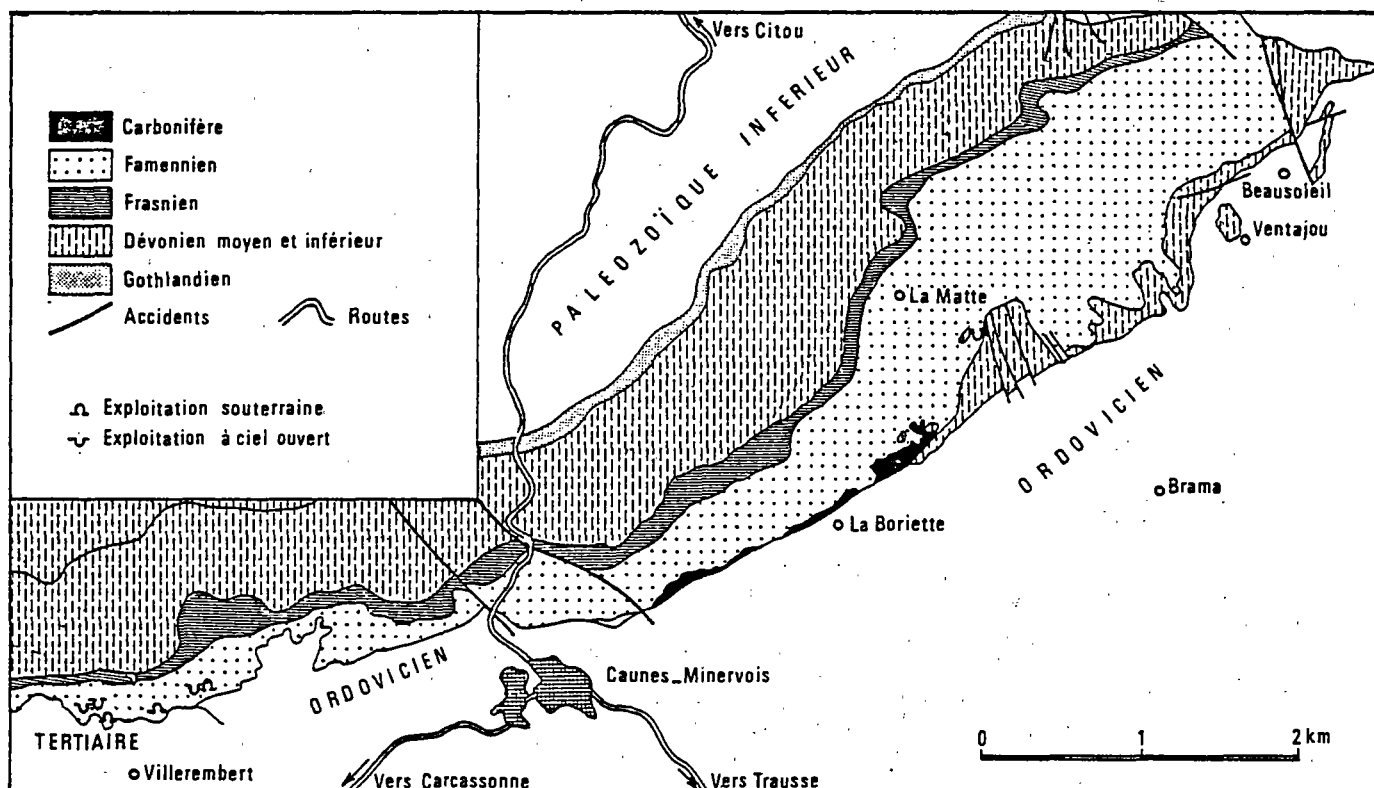


FIG. 23 - Schéma géologique du secteur Villerebert- La Matte
(d'après J.L. Jaeger, A. Meunier et A. Ovtracht, 1958)

contact direct avec les vrais "griottes". Dans la partie haute des calcaires construits, on trouve toujours, sensiblement au même niveau, les nodules et lentilles de Mn qui sont encaissés, plus à l'Est, dans les calcaires "infragriottes" du Frasnien.

Les calcaires famenniens ont un caractère côtier, confirmé par l'existence du récif, et la présence d'un conglomérat interstratifié, ainsi que celle d'une couche de lignite, témoignent d'une émerision réelle de ces calcaires, au moins locale, et donc d'une lacune correspondante. Ici, cette lacune a intéressé essentiellement le Tournaisien inférieur, car, au-dessus des calcaires "supragriottes", se trouvent des placages discordants de schistes et lydiennes à nodules phosphatés, lesquels renferment des lits de cinérites et, éventuellement, des couches minces de carbonates de Mn (Cf. gîte Viot).

Des réseaux karstiques ont été creusés au cours de l'émerision précédente, qui ont été éventuellement remplis partiellement par des dépôts de Mn (et de Fe), au début de la transgression houillère. En effet, les minéralisations connues formaient des alignements dont les caractères étaient ceux de portions de réseaux karstiques, dont les parties sommitales pouvaient être occupées par des schistes et lydiennes dinantiens. Ultérieurement, les eaux continentales ont souvent récupéré leur anciens trajets souterrains et on peut trouver, dans les anciennes cavités tournaisiennes, des calcaires et des silexites éocènes mélangés au minerai.

1.1.35 - Villerembert (Aude)

Les minéralisations de Villerembert ont été concédées le 12 juin 1838, mais elles étaient connues bien auparavant car elles sont déjà citées par de GENSSANE (1776) et BARANDE (1803). Après quelques travaux au XVIIIème siècle pour les besoins des verreries, elles ont été l'objet d'exploitations sporadiques au cours du XIXème siècle, les travaux ayant définitivement cessé en 1910. Comme l'ancienne mine de La Ferrière, elles ont fait l'objet d'une étude ultérieure par le B.R.G.M., en 1957, pour le compte de la Société des Piles Wonder, étude restée sans suite. La production, non connue exactement, peut être estimée à 20 000 tonnes environ (d'après les documents du Service des Mines), le minerai extrait présentant des qualités très variables qui comprenaient des oxydes purs pour verreries, des oxydes mixtes (28 % Mn ; 18 à 20 % Fe) et des carbonates exploités à partir de 1895.

Les travaux, partie en tranchées et carrières, partie en descenderies et galeries, suivaient les tracés capricieux de la minéralisation reconnue par travers-bancs. Alignés sur plus de 800 m en direction E.NE-W.SW, ils comprenaient, outre de nombreuses petites recherches, 4 quartiers principaux appelés Sainte-Marie, Sainte-Barbe, Les Genêts et Saint-Joseph, qui ont exploré en fait des successions de poches plus ou moins rapprochées et reliées. Le plus développé était Sainte-Barbe, qui atteignait une profondeur de 90 m, avec près de 250 m de descenderies et plus de 500 mètres de galeries.

Sans parler de cavités karstiques pourtant bien suggérées par les coupes verticales (Cf. figure 24), tous les observateurs ont insisté sur le caractère capricieux de la minéralisation, déposée en poches ou en

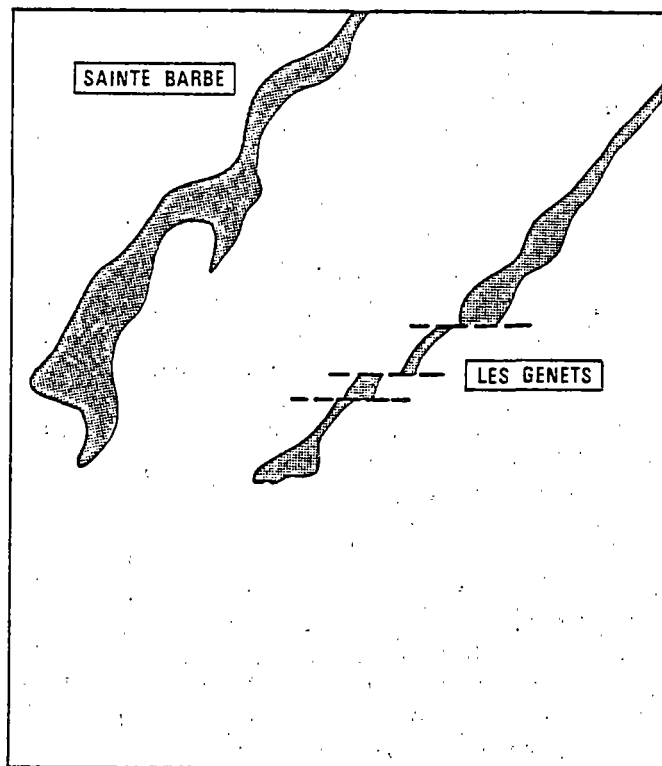


FIG. 24 - Coupes verticales des minéralisations de Villerebert, évoquant des remplissages de cavités karstiques

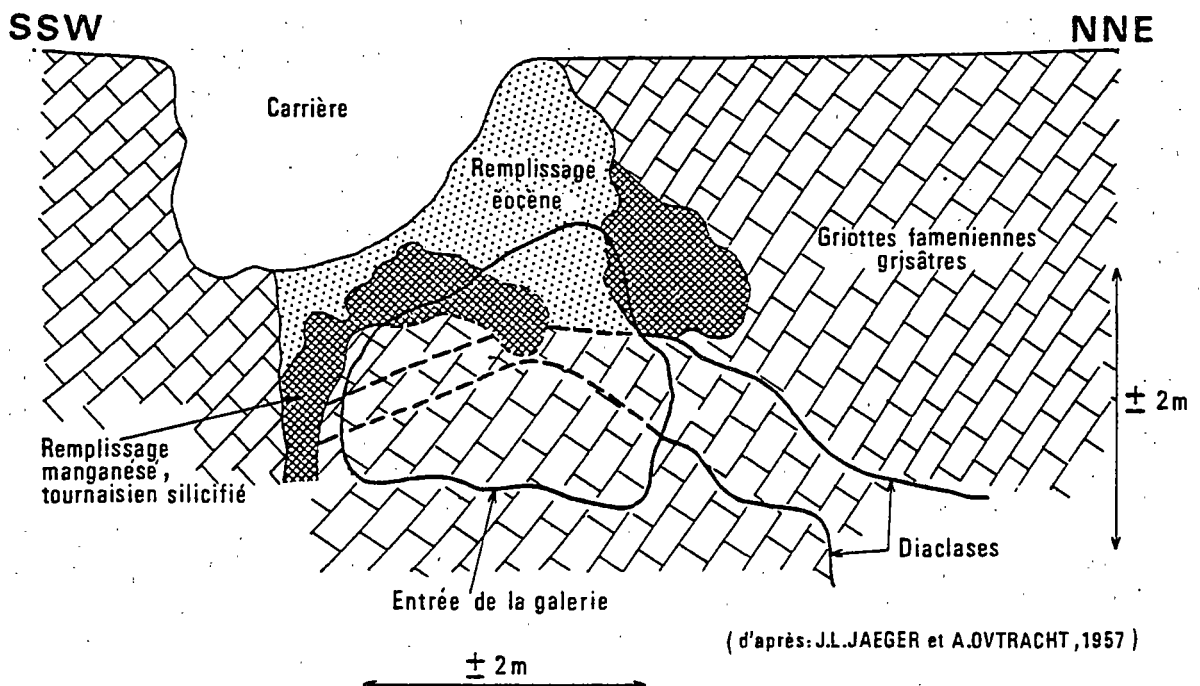


FIG. 25 - Villerebert - Coupe schématique de la tranchée aboutissant à la recherche souterraine la plus occidentale.

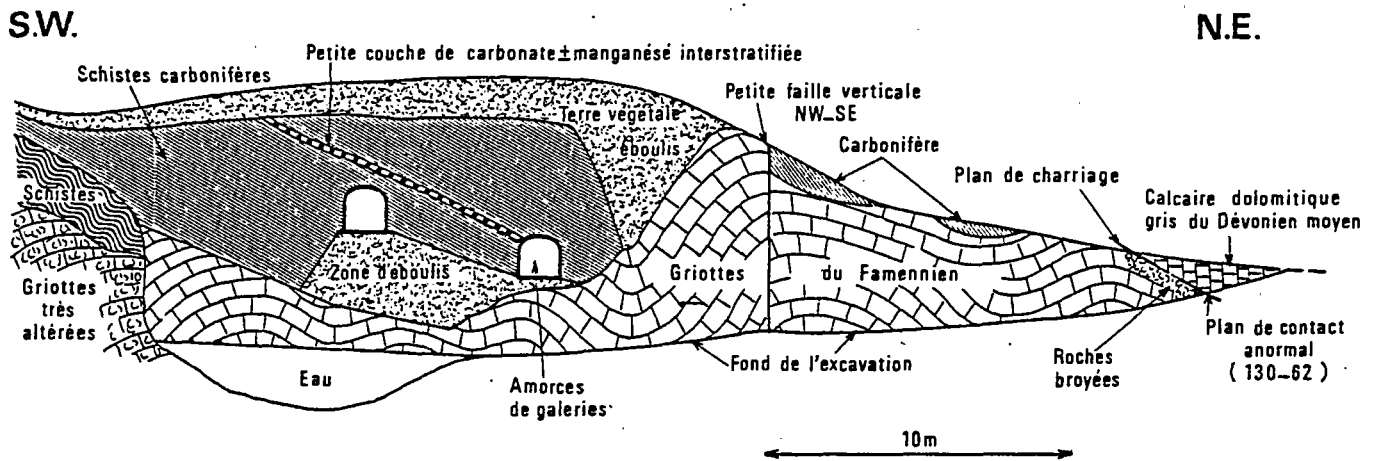


FIG. 26 - Coupe schématique en travers du gîte Viot (La Matte)

remplissages de fissures, qui passait brusquement de la plus belle qualité au stérile, lequel formait parfois des colonnes au milieu du minerai. Dans les exploitations les plus profondes, ce minerai comportait généralement trois parties différentes :

- au sommet, jusqu'à une profondeur de 10 m environ, des oxydes et hydroxydes de Fe et Mn partiellement remaniés, fragmentés et parfois même pulvérulents, souvent associés à des dépôts éocènes (Cf. figure 25) qui pouvaient remplir entièrement certaines petites poches ;
- ensuite, jusqu'à 30-40 m, le minerai le plus riche formé par des oxydes et hydroxydes de Mn intacts (avec très peu de Fe) ; ils constituaient généralement des nodules emballés dans des argiles, mais pouvaient former aussi des masses compactes en contact direct avec les calcaires ;
- enfin, au-dessous, dans des argiles grises, des fragments mêlés de calcaires "griottes", de minerai oxydé et de minerai carbonaté ; puis, dans les niveaux les plus profonds, uniquement des carbonates de Mn (et de Fe) pouvant présenter des structures bréchiques ou microbréchiques - Il pouvait exister toutefois du minerai carbonaté en surface, par exemple une poche importante sur la rive est du ruisseau des lavandières.

Entre les deux concessions, quelques petits indices explorés par tranchées se trouvent au Nord de Caunes, dans la région des carrières de marbre, et près de la Boriette. Il s'agit de nodules d'oxydes de Mn dans des petites poches d'argiles grises et noires, ainsi que de petites veinules.

1.1.36 - La Matte (Hérault)

Dans cette concession, instituée le 4 novembre 1843, les premiers travaux ont été entrepris en 1835 sur des affleurements oxydés, à 300 m environ au Nord de la métairie Fraysse ; puis, en 1844 et 1845, on exploita le gîte Viot (environ 2 000 tonnes), composé d'un minerai très pur (90 à 93 % MnO_2). Il fallut attendre ensuite 1935 pour qu'ait lieu une reprise, au cours de laquelle on dépila environ 1 500 tonnes de tout-venant, dont on vendit 2 500 kg triés à 83,5 % MnO_2 et 7 tonnes débourbées à 33,7 % MnO_2 . Puis, en 1944, l'Etat, s'intéressant à l'affaire, octroya une subvention à la propriétaire, dont les recherches mirent à jour une petite lentille, mais, la subvention étant épuisée, les travaux furent stoppés. Enfin, comme à Villerembert, le B.R.G.M. effectua à la Matte, en 1957, une étude restée sans suite, pour le compte de la Société des Piles Wonder.

Le gîte Viot, seul travail de quelque importance, se trouve (Cf. figure 26) à proximité immédiate du contact anormal charrié des calcaires dolomitiques du Dévonien moyen. Il consistait en une poche de 20 mètres de longueur, suivie sur 30 m en descendant avec une inclinaison de 25°-30° ; son toit était relativement régulier, son mur présentait, au contraire, des renflements et des rétrécissements. Il y subsistait des placages de schistes et lydiennes carbonifères (Cf. figure 26), au-dessous desquels se trouvait du minerai oxydé et, plus bas, du minerai carbonaté plus pauvre. On peut y noter, dans la partie nord, un mince lit (1 à 2 cm) de carbonates Mn interstratifié dans les schistes houillers.

Vers l'Est, toute trace de manganèse disparaît à 200 m au-delà des grandes carrières, mais on peut signaler, pour mémoire, une ancienne recherche à 500 m au SE de Camplong, dans un petit affleurement de calcaires dévoniens renfermant des rognons d'oxydes de Mn dans des argiles grises.

D'après E.A. PERSEIL (1968), les carbonates étaient très variés dans les deux concessions, comprenant les minéraux suivants : calcite - mangano-calcite - calcite riche en Fe_2O_3 - dialogite - kutnahorite - sidérite et sidérite Mn (jusqu'à 6 % MnO). Quant aux oxydes, constituant des rognons et des granules ou provenant de l'altération des carbonates, ils étaient formés par les espèces suivantes : polianite, hollandite, hausmannite, cryptomélane, manganite, todorokite, psilomélane, lithiophorite, auxquels s'ajoutait de la goethite, surtout à la Matte, ainsi que de la groutite ; la polianite était le minéral le plus abondant, formé aux dépens de la dialogite et de la cryptomélane.

1.1.37 - Vieussan (Hérault)

Cette troisième concession pour Mn de la Montagne Noire, instituée le 31 juillet 1882, se trouve à 40 km des précédentes, en direction E.NE, à cheval sur la vallée de l'Orb, dans le voisinage de Vieussan. Ses minéralisations y sont encore encaissées dans du Dévonien supérieur plissé à faciès "griotte" et "supragriotte", situé au Sud du massif migmatitique du Caroux et surmonté par des schistes et lydiennes à nodules phosphatés de la base du Carbonifère. Les indices de Mn sont nombreux dans cette zone, mais deux d'entre eux seulement ont fait l'objet de travaux suivis : Boissezon, à l'Ouest, et Plaussenous, à l'Est (Cf. figure 27).

A Boissezon, on a exploré une formation lenticulaire dirigée N30°E, avec un pendage de 60° vers le SE, qui a présenté un renflement contenant 2 000 à 3 000 tonnes de bioxyde à 52-53 % Mn ; ce renflement, long de 20 m, se coinçait vers 75 m de profondeur, là où les carbonates étaient dominants - A Plaussenous, on a exploré des poches de minerais oxydés beaucoup plus superficielles.

Ces petits gîtes de Vieussan terminent la longue liste des gisements et indices du Dévono-Dinantien. Mais, il est certain qu'à l'heure actuelle, aucun d'eux, même le plus important (Las Cabesses), ne pourrait être considéré comme un gîte économique et l'idée ne s'impose pas d'une prospection détaillée pour Mn de l'ensemble stratigraphique précédent. On peut seulement dire que, dans la vaste région considérée, le Dévonien supérieur en particulier, tant par ses gîtes et indices connus que par ses teneurs anormales, constitue une ressource en Mn (mais non une réserve).

1.2 - GÎTES DU PERMO-TRIAS

A l'inverse des précédents, ces gîtes sont très rares et on peut en signaler deux seulement :

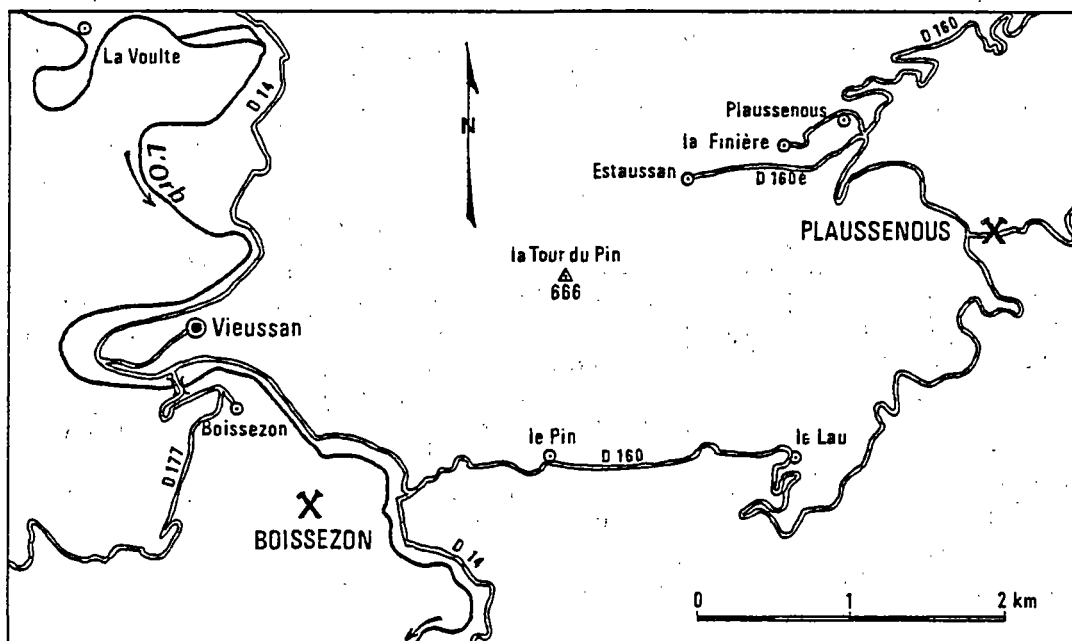


FIG. 27 - Carte de situation des travaux pour manganèse de Vieussan

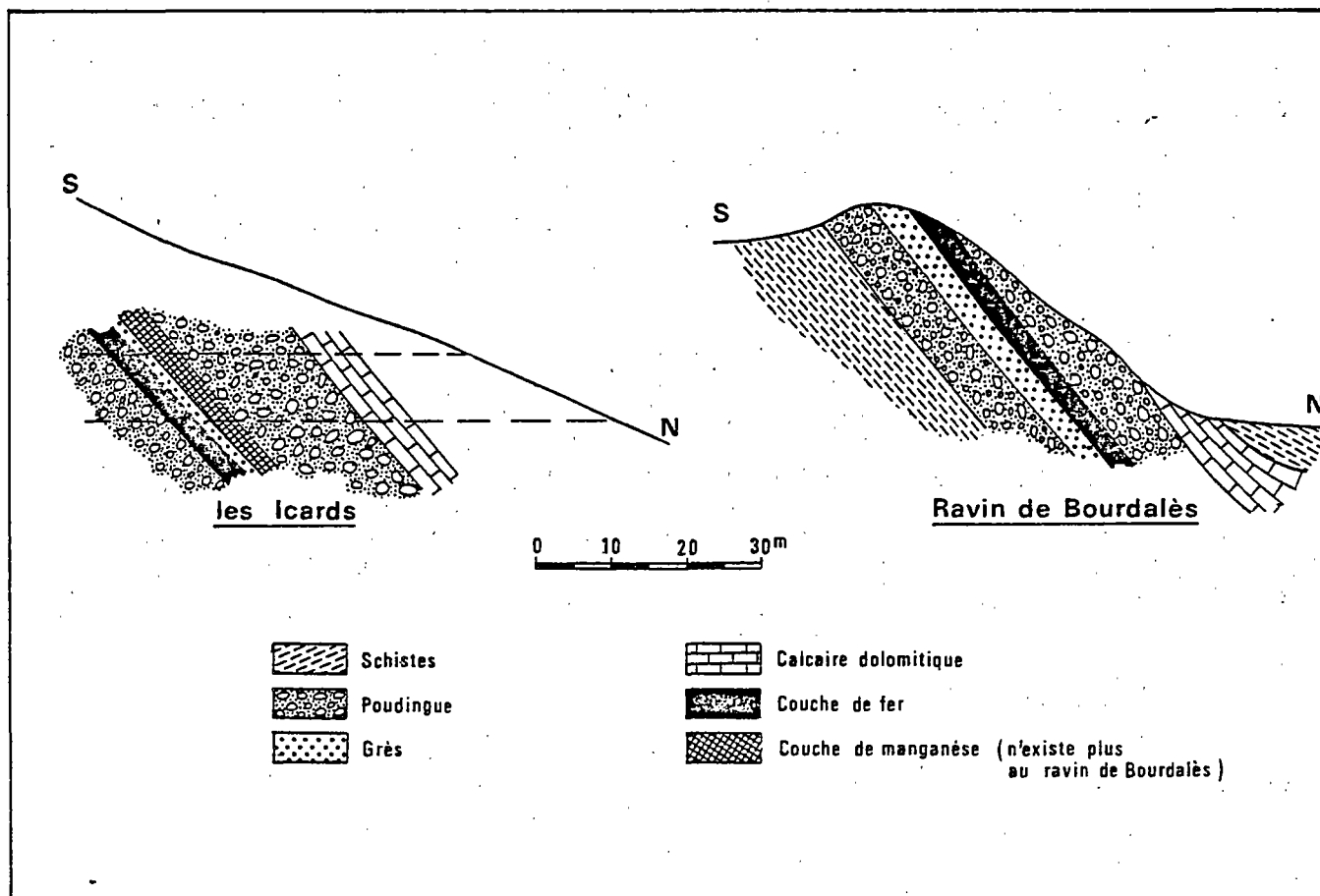


FIG. 28 - Coupe du gîte de Montels

1.2.1 - Montels (Ariège - 09)

Le minerai de Mn de Montels a été découvert vers 1844, au lieu-dit Les Icards, et il a fait l'objet de deux concessions au profit du marquis de Narbonne-Lara, la première pour manganèse seul, le 25.08.1861, et la seconde pour manganèse et fer, le 01.10.1898. On peut y signaler quelques travaux artisanaux en 1968, mais sa production totale de minerai de Mn a été seulement de 750 tonnes, dont 550 de pyrolusite pour verreries, produites entre 1857 et 1868.

Les travaux se trouvent dans la formation permo-triasique (sans doute, en fait, le Trias inférieur) qui recouvre au Nord, en discordance, les terrains primaires de la partie orientale du Massif de l'Arize, à 15 km environ au NE de Las Cabesses (Cf. figure 4) et 12 km au NW de Foix. Cette formation, essentiellement détritique, est allongée sensiblement E-W, avec un pendage nord de 40°. Elle débute par des grès rouges (20 m) discordants sur les schistes dinantiens, puis (Cf. figure 28) se continue par un conglomérat (1m) à ciment d'hématite, goéthite, lépidocrocite, barytine et accessoirement chlorite, ensuite une couche de grès très fins (0,50 m), puis le niveau manganésifère surmonté par des grès et poudingues ferrifères (5m) immédiatement au-dessous de la base des calcaires du Muschelkalk. La couche de grès fins peut se coïncider, auquel cas le conglomérat à ciment d'hématite se trouve directement au contact du niveau Mn, également conglomératique.

Le gîte de fer, régulier, s'étend dans toute la concession ; son minerai, accompagné de barytine abondante, renfermait 50 % Fe et seulement 0,1 à 1 % MnO. Le gîte associé de manganèse a une extension beaucoup plus réduite ; sa lentille principale, celle des Icards, avait une longueur de 120 m en direction, de 130 m suivant le pendage et une puissance moyenne de 50 cm ; elle se coinçait vers l'Est après avoir présenté un renflement de 1,50 m et, vers l'Ouest, elle butait sur une faille, au-delà de laquelle elle n'a pas été retrouvée. Des lentilles plus petites se rencontrent à Estaniels, Larbont et Ségala.

Le conglomérat manganésifère était pulvérulent et caverneux en surface, dur et compact en profondeur. Il était constitué par des éléments calcaires, cimentés et en partie remplacés par des oxydes de Mn et de Fe, car ici la séparation des deux métaux est incomplète. Les oxydes de manganèse comprenaient de la braunite, de la polianite et de la manganite, les oxydes de fer des concrétions d'hématite, de goéthite et de lépidocrocite ; il existait en outre, dans des géodes et des petites cavités, de la rançiéite aciculaire. Les poudingues du toit pouvaient renfermer des galets de ces oxydes, notamment de la manganite. Les Anciens ont seulement exploité le minerai tendre superficiel, dont la teneur moyenne aurait été la suivante : 28,5 % Mn₂O₃ ; 20,8 % MnO ; 8,6 % Fe₂O₃ ; 10,9 % SiO₂ ; 0,03 % P.

En ce qui concerne l'origine, on peut admettre que les métaux proviennent de la destruction des gisements de sidérite manganésifère du plateau voisin d'Alzen, Fe et Mn s'étant dissociés au moins pro parte au cours du transport et du re-dépôt. Le manganèse pourrait aussi provenir de l'altération des "griottes" du Massif de l'Arize ou de l'érosion d'un gisement non connu du type Las Cabesses.

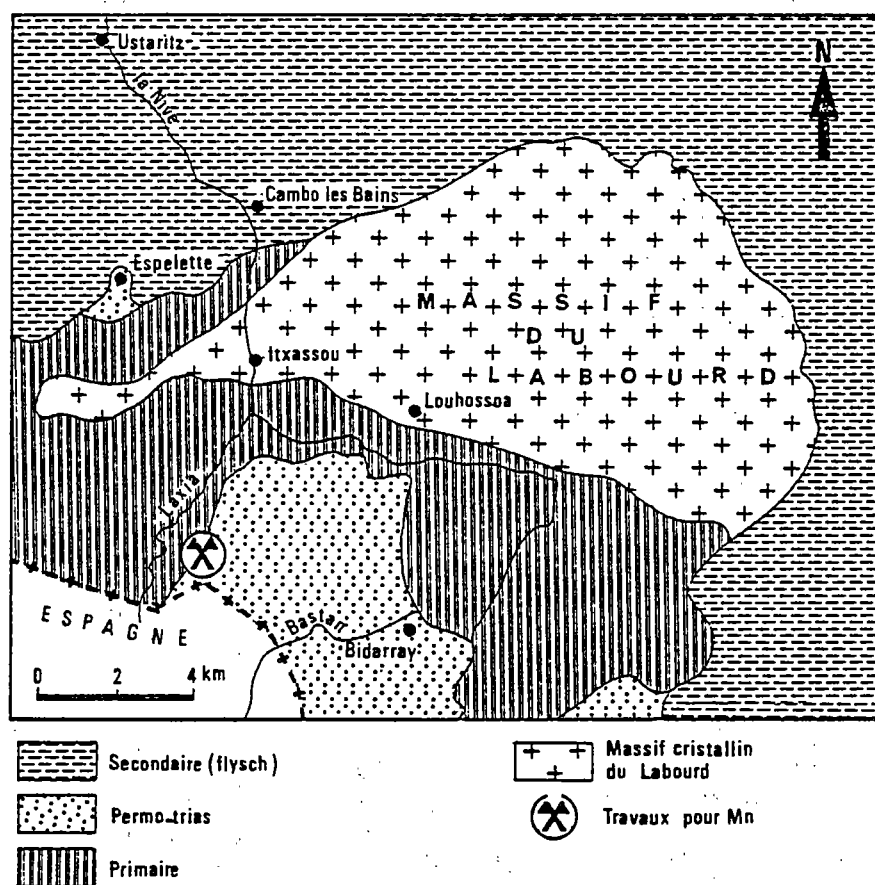


FIG. 29 - Carte de situation des indices de Mn d'Itxassou (64)

1.2.2 - Itxassou (Basses-Pyrénées - 64)

Les indices de Mn de la haute vallée du Laxia (Cf. figure 29) auraient été découverts fortuitement aux environs de 1910 et une demande en concession, indiquant 8 affleurements minéralisés, fut présentée sans succès, en 1911, par la Société des Pyrites d'Itxassou. Toutefois, l'indice le plus important, situé à 500 m environ au SE de la ferme Elizalde Borda, fut l'objet d'une tentative d'exploitation au cours de la guerre de 1914-1918, qui produisit environ 1 000 tonnes. Puis, pendant le dernier conflit mondial, en 1942, quelques fouilles furent entreprises par les Aciéries de la Marine et d'Homécourt, sous la conduite de M. ROUBAULT, qui démontrèrent le faible intérêt économique des indices. Les réserves mises en évidence atteignaient 1 500 tonnes au plus et on ne pouvait pas escompter de prolongements importants en profondeur. Le meilleur minerai titrait 17 à 25 % Mn, 5 à 18 % Fe, 32 à 47,7 % SiO₂ et 0,10 à 0,19 % P.

Ces minéralisations, peu étendues et réparties capricieusement, se trouvent localisées à la base du Permo-Trias discordant transgressif sur le Dévonien, au sein d'un conglomérat permien banal (0,76 % Mn et 4,72 % Fe) auquel elles passent rapidement par appauvrissement de la teneur en Mn. La majeure partie du minerai, formant le ciment d'un micro-conglomérat quartzeux, est constituée par de la psilomélane cryptocristalline renfermant de la romanéchite, sillonnée par de fines veinules de psilomélane secondaire, de polianite et, plus rarement, de goethite. Ces veinules, très ramifiées, recoupent les éléments détritiques fracturés et leurs remplissages sont donc plus récents que le dépôt du Permien.

1.3 - GITES DU LUTETIEN

1.3.1 - Campagne (Ariège)

Enfin, dans le Lutétien situé au Nord du Massif de l'Arize, près de Campagne (09), quelques fouilles ont été entreprises autrefois sur deux petites lentilles d'oxydes de Mn concrétionnés, situées au contact de marnes et de calcaires. De nombreux fossiles étaient empâtés dans ce minerai, qui pénétrait plus ou moins dans les calcaires du mur ; son épaisseur pouvait atteindre 0,70 m. Le tonnage extrait a été insignifiant (une douzaine de tonnes).

2 - MASSIF CENTRAL ET BORDURES

2.1 - FILONS AVEC, EVENTUELLEMENT, AMAS ASSOCIES

BEAUJOLAIS

2.1.1 - Romanèche (Saône-et-Loire - 71)

Le gisement de Romanèche, situé en partie dans le village même de Romanèche-Thorins, à 15 km environ au SW de Mâcon (Cf. figure 30), a été découvert vers 1750 et il a été exploité de façon continue pendant un siècle, de 1823 à 1919, ce qui est l'unique exception pour un gîte français de manganèse. Il a fait l'objet d'une première concession le 27.08.1823, celle de Romanèche, qui comportait une enclave pentagonale (dans le centre du bourg) concédée elle-même ultérieurement en 3 parties, le 08.11.1829 : La Vieille-Cure, Le Grand Filon et La-Réserve-de-l'Eglise. Ces 4 concessions ont produit, à partir de 1824, 421 400 tonnes de minerai, auxquelles on peut ajouter 12 000 à 15 000 t provenant de la période antérieure 1750-1823 (exploitation superficielle sur la place du village). Ce gisement a donc été le premier producteur français de beaucoup et il a fourni à lui seul (Cf. figure 2) environ la moitié de la production totale. Les meilleures années ont été 1890, avec 14 114 t, et 1892, avec 12 312 t.

Jusqu'en 1860, seul le minerai titrant plus de 40 % Mn était considéré comme marchand. Ensuite, on distingua et vendit 4 qualités : la première (50 à 55 % Mn) destinée aux industries chimiques, la deuxième (40 à 50 % Mn) aux verreries, la troisième (35 à 40 % Mn) à la métallurgie et, enfin, une quatrième qualité (16 à 20 % Mn) vendue, à partir de 1907, aux établissements métallurgiques les plus proches (Le Creusot, La Loire, ...).

Les chiffres déclinèrent à partir de 1905 : La Vieille-Cure et Le Grand Filon furent arrêtés en 1907-08, Romanèche et La-Réserve-de-l'Eglise en 1919. Puis, après quelques recherches infructueuses, Romanèche et la Vieille-Cure furent renoncées en 1922 ; la concession du Grand Filon, elle, après plusieurs ventes successives, fut acquise par la Société de Recherches Minières de Romanèche (SRMR) qui reprit les travaux en 1957. Ces travaux comportèrent un puits dans le Grand filon, prolongé par une descenderie jusqu'à la cote-56, et un traçage de 50 m à la cote - 37 ; ils montrèrent que, contrairement aux anciennes descriptions, la puissance ne décroissait pas uniformément avec la profondeur (4,60 m à - 56). Toutefois, faute de moyens financiers, ils ne furent pas poursuivis et la Société n'obtint pas le permis de recherche demandé.

Vers la même époque, d'autres travaux furent entrepris, en dehors de la concession, par le Centre d'Etudes et de Prospection du Manganèse (CEPROMA) qui obtint, lui, un PER le 21-09-1961. Mais, les résultats de ces travaux furent décevants : ils ne trouvèrent pas de nouvelles zones minéralisées en dehors de celles connues et les 3 sondages effectués sur Le Grand Filon et Le Petit Filon n° 1 montrèrent que ces filons en profondeur, aux cotes - 80 et - 100, devenaient essentiellement

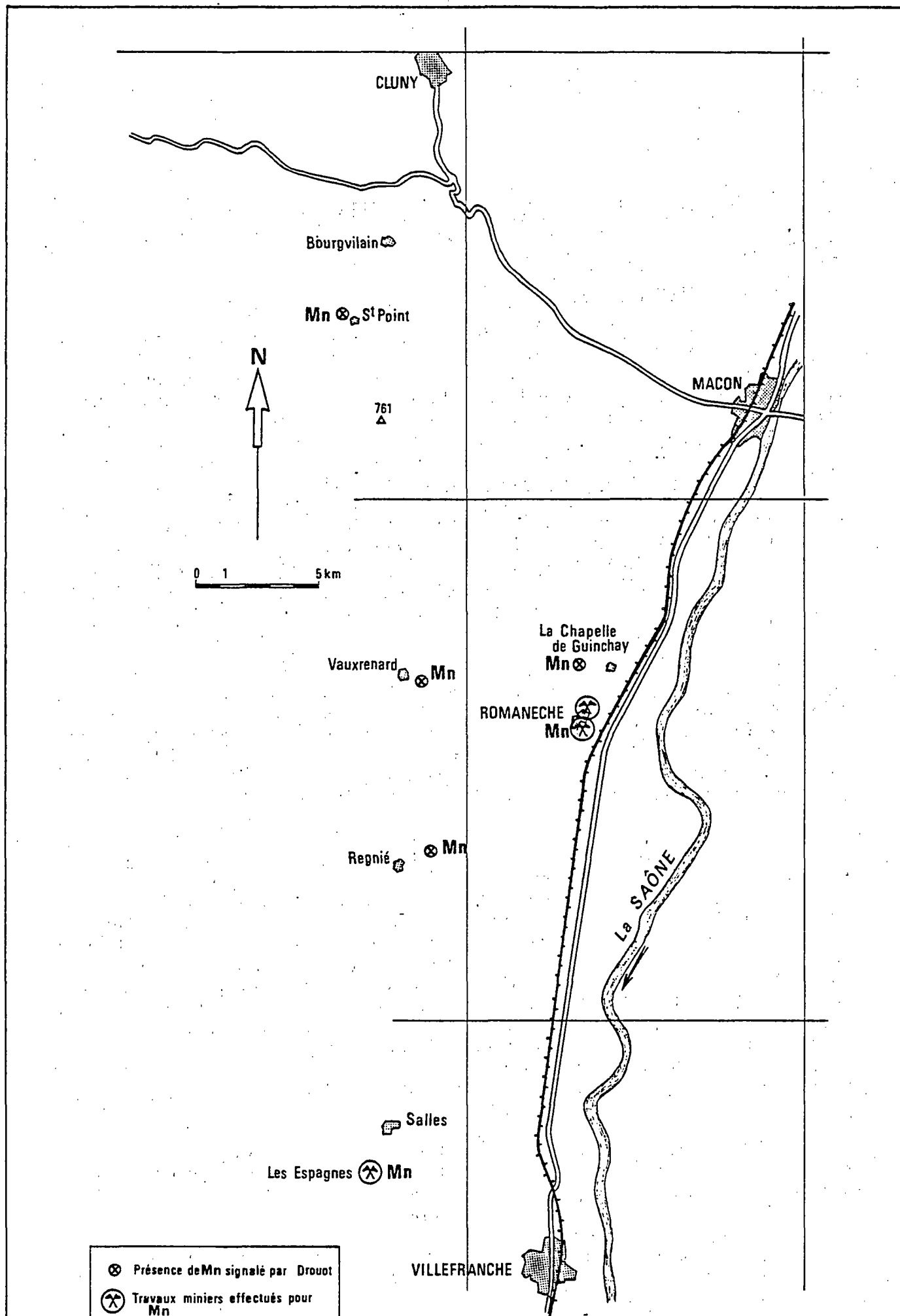


FIG. 30 - Carte de situation des gîtes et indices de manganèse du Beaugé

ferrifères ou se prolongeaient par des remplissages d'argiles rouges. En définitive, les travaux récents n'ont pas mis en évidence de nouvelles réserves, mais on peut noter qu'ils furent peu importants et confinés dans les filons déjà connus, à l'exclusion des amas.

Au point de vue géologique, le gisement est une formation complexe (Cf. figure 31), déterminée pro parte par le passage à Romanèche même d'un important accident N.NE-S.SW, appartenant à la zone faillée séparant le Beaujolais de la Bresse ; cet accident met en contact anormal le massif granitique post-viséen de Fleurie, à l'Ouest, avec la couverture jurassique, à l'Est, laquelle disparaît sous les alluvions de la Saône. Une partie du gîte est ainsi formée par deux filons parallèles N35°E, distants de 100 m environ et encaissés dans le granite (Petit Filon 1 et Petit Filon 2) ; un 3ème filon (Grand Filon) se trouve dans la faille-limite elle-même et une dernière partie, immédiatement à l'Est de cette faille, est constituée essentiellement par des amas stratiformes encaissés dans la base de la série liasique. Vers le Nord, les deux premiers filons rejoignent le Grand Filon et se prolongent donc dans la faille, tandis que, vers le Sud, ils seraient interrompus par un dyke orthogonal de quartz stérile..

Le Petit Filon 1 a un pendage SE variable entre 50° et 75° et une puissance comprise entre 0,50 m et 2 m. On peut y distinguer deux parties, de part et d'autre de sa jonction avec le Grand Filon :

- a) une partie méridionale entièrement encaissée dans le granite. Elle a été reconnue et partiellement défilée sur une longueur de 530 m et une profondeur de 30 à 80 m ; le minerai exploitable y était réparti en colonnes (Cf. figure 32) et, sur une longueur de 400 m, de part et d'autre du puits d'aérage, le minerai riche ($Mn > 40\%$) occupait environ 30 % de la surface explorée du filon ;
- b) une partie septentrionale coïncidant avec la grande faille et formant, en fait, le prolongement nord du Grand Filon. Elle a été reconnue sur une longueur de 300 m, mais elle n'a été exploitée que sur les 80 premiers mètres, jusqu'au Puits Neuf ; la partie la plus riche, défilée jusqu'à 60 mètres de profondeur, se trouvait au voisinage de la jonction, là où la puissance dépassait 2 m. Au total, le Petit Filon 1 aurait produit 180 000 tonnes de minerai marchand, dont 50 % de minerai métallurgique.

Sa caisse n'était pas limitée par des épontes nettes et le filon, ayant souvent l'aspect d'une brèche granitique, était constitué en fait par un stockwerk de veinules émettant de nombreuses digitations dans le granite encaissant silicifié, plus importantes au toit qu'au mur ; la principale, à 30 m au Nord du Puits des Métériers, a été suivie sur 75 m, mais non exploitée. La puissance commençait à diminuer au Sud de ce même puits, le minerai devenait plus ferrugineux et, à 150 m, on ne trouvait plus que des veinules de barytine et de fluorine, de telles veinules étant connues plus loin sur le prolongement supposé. Par endroits, en outre, les veinules de Mn passaient à des veinules d'argile rouge.

Le Petit Filon 2, à 110 m au SE du Petit Filon 1, était considéré comme stérile dans sa partie nord et (Cf. figure 31) il n'était exploitable qu'au-delà de 200 m de sa jonction avec le Grand Filon. Il y a

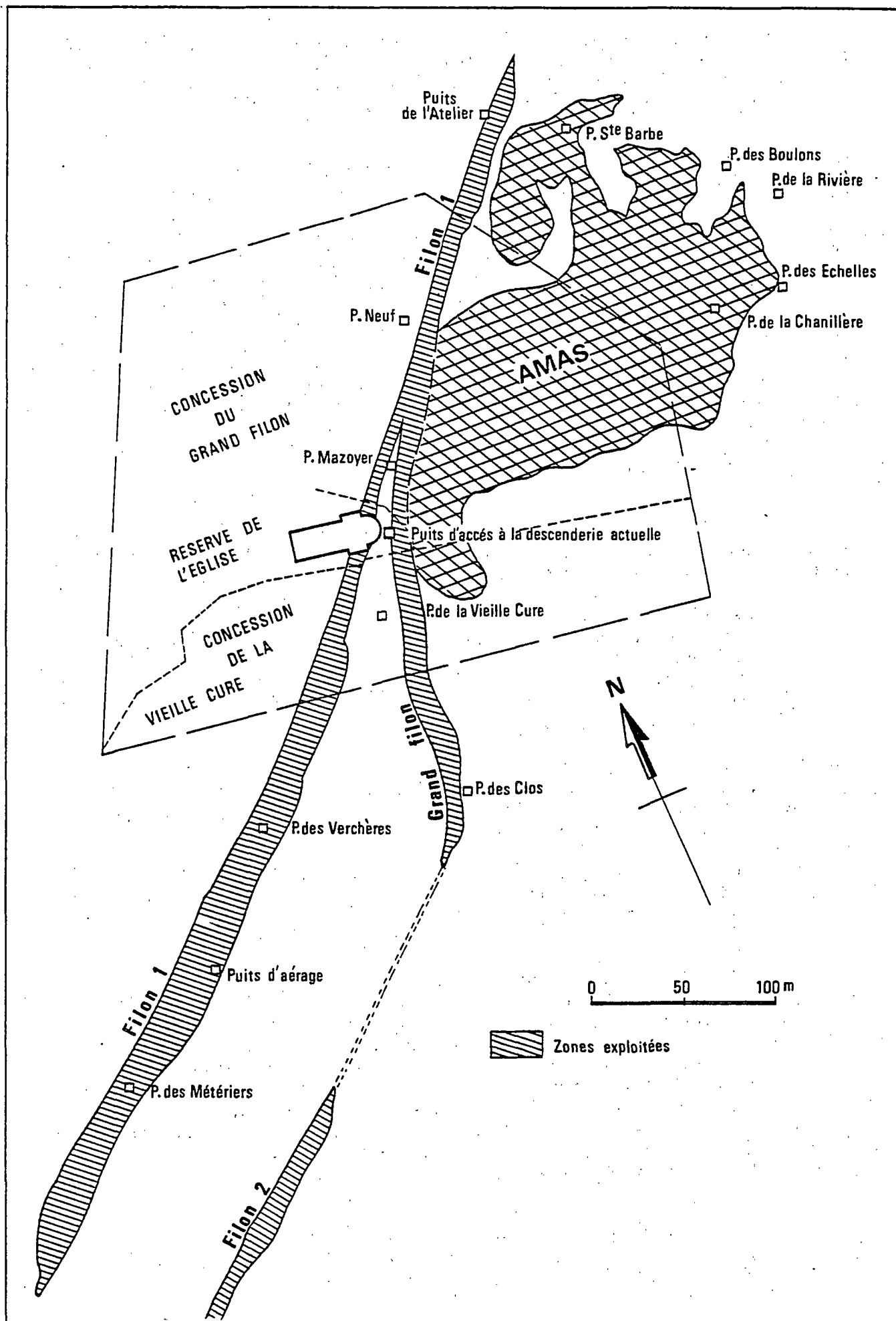


FIG. 31 - Plan schématique général du gisement de Romanèche

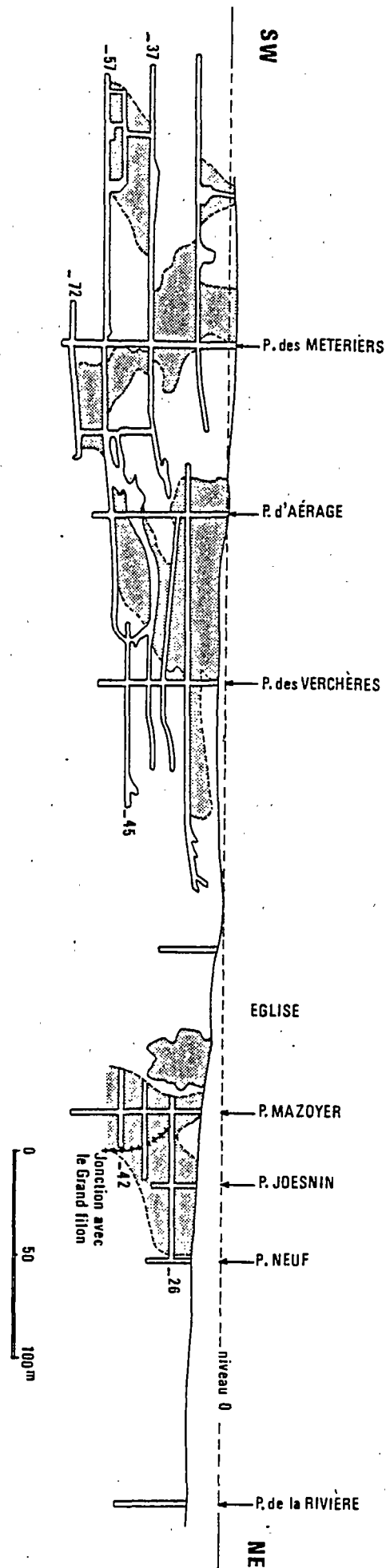


FIG. 32 - Romanèche - Coupe en long de la zone exploitée du filon 1 (en projection sur le plan vertical), d'après Drouot (1857)

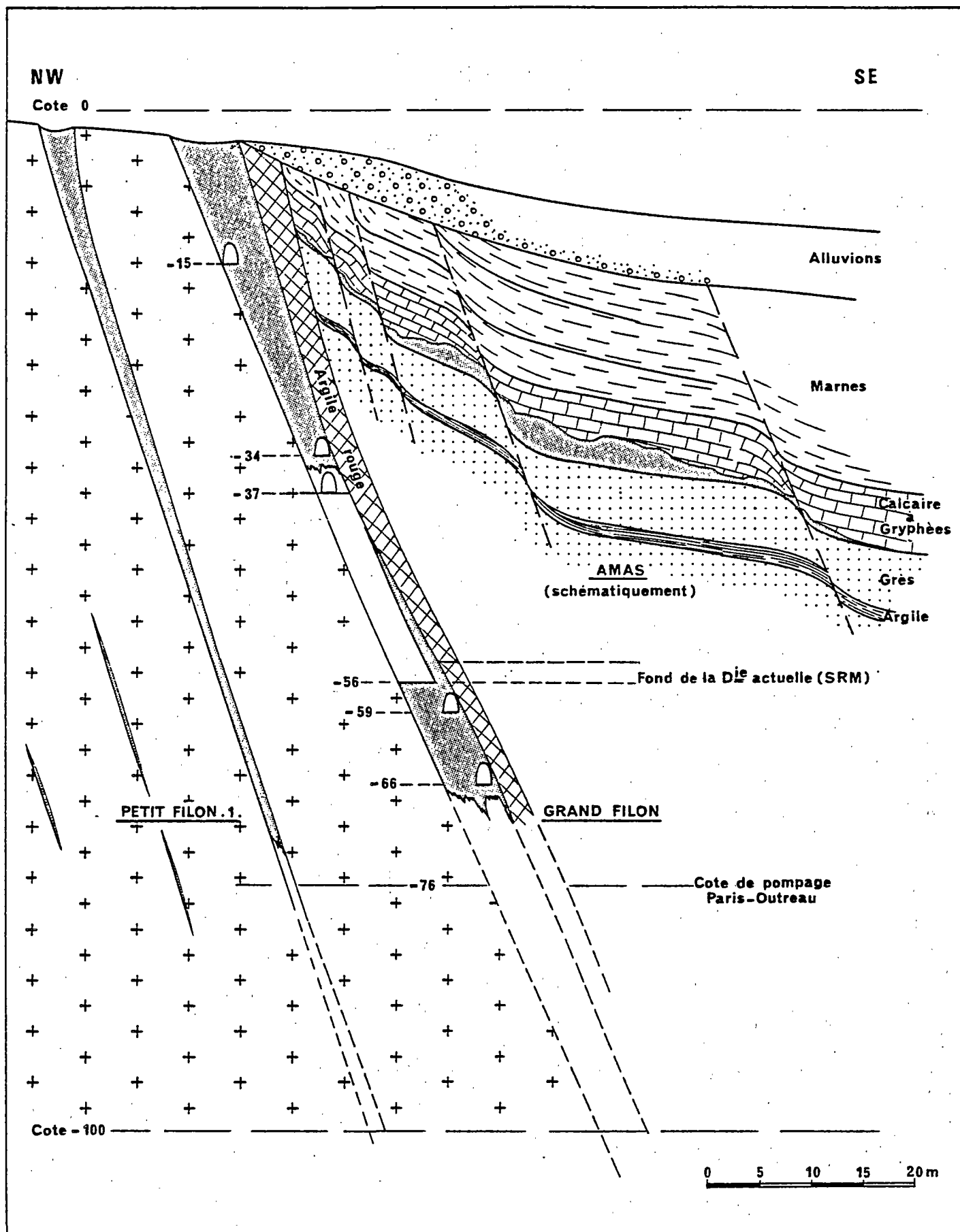


FIG. 33 - ROMANECHÉ : coupe de direction N 125° (perpendiculaire au petit filon 1) passant par le fond de la descenderie SRM (côte 56)

été défilé, à partir d'un travers-bancs partant du Puits des Métériers, sur une longueur de 150 m et une profondeur de 50 m, exceptionnellement 80 m. Sa texture était analogue à celle du Petit Filon 1 et le granite qui les sépare était injecté d'un réseau de filonets minéralisés et imprégné par de la barytine et de la fluorine.

Le Grand Filon, qui est la partie minéralisée de la grande faille comprise entre les Petits Filons 1 et 2, a une longueur de 200 m environ (entre le Puits Mazoyer et le Puits des Clos) et un pendage très régulier de 68°E ; sa puissance totale peut atteindre 15 m, dont 7 ou 8 mètres de minerai, mais elle peut aussi se réduire à 2 ou 3 m ; elle était la plus importante au voisinage de la jonction avec le Petit Filon 1, mais elle diminuait rapidement avec la profondeur (seulement 2 m à - 40), pouvant toutefois s'accroître de nouveau plus bas (Cf. travaux SRMR). Ce filon, qui a été exploité jusqu'à 50 ou 60 m de profondeur, disparaît très rapidement au Sud du Puits des Clos.

Son aspect était différent de celui des deux premiers filons et, dans ses meilleures zones, il présentait deux bandes de minerai compact, l'une au toit et l'autre au mur, encadrant une brèche de granite silicifié cimentée par des oxydes de Mn et de Fe, du quartz, de la barytine et de la fluorine. Au mur, le granite, fortement altéré et silicifié, était injecté de veinules des mêmes minéraux sur une épaisseur de 5 à 10 m, tandis qu'au toit se trouvait une puissante salbande d'argile rouge renfermant des fragments remaniés de minerai et des fragments de calcaires liasiques. Les minerais extraits étaient plus pauvres que ceux du Petit Filon 1, comportant, d'après un rapport de 1907, 30 % de 3ème qualité (35 à 40 % Mn) et 70 % de 4ème qualité (16 à 20 % Mn).

Les amas, connus sur une longueur de 300 m et une largeur de 180 m, dans la partie septentrionale (Cf. figure 31), ont été exploités de 1850 à 1870 et ils ont fourni un minerai plus riche que celui des filons. Leur mur (Cf. figure 33) était constitué par des grès à intercalations argileuses du Trias ou du Rhétien, présentant un pendage de 10° vers l'Est, et leur toit était formé par des calcaires à gryphées du Sinémurien. Les amas eux-mêmes s'étaient apparemment formés par substitution de la base de ces calcaires et il existait, accessoirement, des veinules dans les grès de base. Ils étaient découpés en panneaux parallèles, tous abaissés vers l'Est (Cf. figure 33) par des petites failles parallèles au grand accident ; ils s'amincissaient dans cette même direction, puis disparaissaient à la faveur d'une dernière faille. Leurs épaisseur exploitée était généralement de 1,5 m à 4 m, atteignant exceptionnellement 10 m, et l'on peut évaluer leur production de minerai à 200 000 t environ.

Il est à noter l'existence d'un amas isolé, à 300 m au Nord, celui des Amandilliers, qui a été trouvé et exploité en 1902, et il est à signaler que les amas principaux étaient parfois ravinés, à leur sommet, par des argiles sableuses du Pliocène qui renfermaient alors des blocs de minerai ou de calcaire minéralisé. Ce gîte remanié était pauvre, peu intéressant à exploiter.

L'association minérale, dans les parties exploitées, comprenait essentiellement de la psilomélane renfermant 0,6 à 1,5 % de As_2O_5 , appelée romanéchte par A. LACROIX, du quartz, de la fluorine, de la barytine, des

oxydes de fer (hématite et goethite) et, localement, de l'arsénio-sidérite (arséniat hydraté de Ca et Fe) ; en profondeur (Cf. sondages du CEPROMA), il apparaissait de la calcite dans le grand filon, celle-ci étant également présente dans les amas, avec de la psilomélane. D'une façon générale, les oxydes de fer augmentaient en descendant, au détriment des oxydes de manganèse, et les travaux se sont partout arrêtés quand la teneur en Mn est devenue < 8 %.

La romanéchite se présentait soit en masses concrétionnées, mamelonnées ou botryoïdes, soit sous forme de "wad" (variété "brûlée") concentré surtout au voisinage des argiles du toit du Grand Filon. Elle pouvait être associée à de la braunite dans du quartz et renfermer de minces veinules de pyrolusite. De nombreuses particularités témoignaient d'une intense circulation des eaux, par exemple la formation de grandes géodes dont les parois étaient recouvertes de cristallisations diverses. De telles dispositions suggéraient que l'on se trouvait dans une zone superficielle d'oxydation, affectée de remaniements et dépôts secondaires.

Les minéraux de gangue associés : le quartz, la barytine et la fluorine, formaient des masses compactes ou bien des cristallisations et recristallisations. Le premier, parfois calcédonieux, était intimement associé à de la psilomélane ou à de l'hématite et il constituait des cristaux hyalins dans certaines géodes. La fluorine mélangée à l'oxyde de Mn était de teinte violette, ses cristaux géodiques étant verts ou incolores. Quant à la barytine, blanche ou rosée, qui formait en outre de nombreuses veinules, elle n'était abondante qu'en profondeur, avec les oxydes de fer ; on peut présumer que, près de la surface, Ba se trouvait essentiellement combiné à Mn, dans la romanéchite. Enfin, dans les amas, il existait des cristaux transparents de calcite, celle-ci remplaçant en profondeur la barytine et la fluorine dans le sondage S₁ du CEPROMA (cote - 80 du Grand Filon).

As, présent comme élément-trace dans la psilomélane, était exprimé, dans les zones ferrifères, sous la forme de masses fibreuses concrétionnées d'arsénio-sidérite, minéral caractéristique de Romanèche, associées à de l'hématite ou de la goethite. D'après de LAUNAY (1913), cet arsenic pourrait traduire la présence de mispickel profond.

Les oxydes de fer, hématite et goethite, derniers éléments de l'association, ne se trouvaient qu'en très faibles proportions dans les parties hautes. Ils se développaient par contre abondamment en profondeur, au détriment de la romanéchite, limitant la zone d'exploitabilité du manganèse et, par suite, l'exploration des parties profondes.

Il est enfin à noter que, jusqu'aux plus grandes profondeurs atteintes, les altérations des roches encaissantes étaient très prononcées sur de grandes distances. Le granite pouvait être entièrement décomposé, transformé en masses kaoliniques renfermant des grains de quartz ; les calcaires des amas étaient silicifiés et des masses irrégulières d'argiles grises et rougeâtres se trouvaient dans les filons. Les venues d'eaux étaient très abondantes, en raison du fait que la grande faille traversait des cours d'eaux affluents de la Saône.

Selon de LAUNAY (1913), le gisement filonien exploité de Mn, qui présentait certains caractères de dépôt secondaire, serait le "chapeau de manganèse", superposé à un "chapeau de fer", d'un filon sulfuré complexe à mispickel et, par suite, sa minéralisation serait entièrement superficielle. Toutefois, selon J. BOULADON (1958), ce gisement pourrait être un gîte "épithermal" : il ne serait donc pas forcément très limité en profondeur, et il pourrait exister des lentilles Mn au-dessous de celles exploitées ; cette hypothèse paraît toutefois infirmée par les sondages profonds du CEPROMA.

2.1.2 - Les Espagnes

Ce petit gîte, qui se trouve (Cf. figure 30) à 20 km au S.SW de Romanèche et à 6 km au NW de Villefranche-sur-Saône, a fait l'objet d'une concession en date du 8 Juin 1834, renoncée le 25 Novembre 1924. Il a été exploré dès l'année 1825 jusqu'en 1838, puis repris en 1845 par les propriétaires des mines de Romanèche et abandonné définitivement peu après ; il a fourni une petite production de qualité médiocre, en 1833 et 1834. Les travaux, échelonnés sur une distance de 350 m sur la rive droite du ruisseau de Marverand, comprenaient seulement une amorce de galerie et deux puits de 18 m et 5 m.

La minéralisation était analogue à celle de Romanèche : romanèchite, quartz, barytine, fluorine et oxydes de fer, avec une teneur notable en As. Elle était contenue dans une série de veinules, plus ou moins renflées et ramifiées, de direction générale N40°W, encaissées dans une roche gneissique très altérée à leur voisinage et parfois imprégnée par leurs minéraux filoniens (notamment la romanèchite).

Dans la partie explorée, ces veinules formaient un "filon" épais de 1,20 m, dont 20 cm seulement renfermaient de l'oxyde de Mn disséminé dans de la fluorine et de la barytine ; pour le reste, la fluorine dominait. Le mur présentait une salbande argileuse ; le toit, par contre, était pénétré par de nombreux filonets. Cette minéralisation se prolongeait certainement vers le NW, sur 400 ou 500 m au-delà du ruisseau, comme en attestaient des blocs trouvés dans les vignes.

Non loin au SW, près des hameaux de Jonchy et de La Roche, se trouvent des blocs de grès triasiques imprégnés d'oxyde de Mn et renfermant des cristaux géodiques de quartz. En outre, près de Chamarandes, sur le chemin de Salles à Blacé, DROUOT (1857) a signalé la présence de fragments calcaires renfermant du quartz et de la psilomélane. La romanèchite paraît ainsi largement répandue dans la zone de l'ancienne concession des Espagnes et l'indice de Chamarandes, situé près de la faille-limite du socle, pourrait indiquer la présence d'amas du type Romanèche.

2.1.3 - La Chapelle-de-Guinchay

Cet indice (Cf. figure 30) se trouve au Sud du hameau des Jean-Laurent, à 2,5 km seulement au Nord de Romanèche. Il s'agit de plusieurs petits filons de romanèchite, associée à de la barytine, de la fluorine et de la silice, encaissés dans le granite de Fleurie kaolinisé à leur contact et plus ou moins imprégné de façon diffuse par leur minéralisation. Ils sont tous dirigés environ E-W, avec pendage sud et, malgré le voisina-

ge, on ne peut pas les considérer comme étant le prolongement du faisceau de Romanèche.

Quelques travaux de recherches y ont été exécutés vers 1838, notamment un puits de 20 m et une galerie à 18 m de profondeur. Ils ont recoupé plusieurs de ces petits filons, composés en grande partie par du minerai terreux, et la galerie a traversé une fracture large de 10 m renfermant seulement de l'argile rouge. Aucun gîte exploitable n'y a été découvert.

Entre cet indice et Romanèche, près des Gimarets, se trouvent des blocs d'oxyde de Mn, accompagnés des minéraux de gangue habituels, dans des affleurements triasiques. A 6 km à l'Ouest, près de Vaux-Renard, un filon de fluorine NE, encaissé dans un granite amphibolique, renferme des quantités notables de romanéchite pulvérulente.

2.1.4 - Les Chastys (autrefois Chassety)

Près du hameau des Chastys, commune de Régnié-Durette, à 5 km à l'Est de Beaujeu (Cf. figure 30), se trouve un filon subvertical N20°W, épais de 1,20 m à 2,40 m, constitué en fait par un réseau de veinules ramifiées dans un granite kaolinisé. Ces veinules contiennent du quartz et de la psilomélane terreuse et le kaolin de la gangue renferme des inclusions de fluorine violette. Dans le voisinage, près du chemin de Régnié, de nombreux blocs de grès, durcis par un ciment siliceux, renferment de l'oxyde de Mn et de la barytine. Aucun travail n'a été effectué sur cet indice.

2.1.5 - Bourgvilain

A 20 km environ au NW de Romanèche et 9 km au Sud de Cluny (Cf. figure 30), sur la rive gauche du Valouzin, près de la tuilerie de la commune de Bourgvilain, un puits d'une dizaine de mètres, creusé vers 1837, avait traversé des grès triasiques renfermant la paragenèse habituelle de la région : psilomélane, quartz, barytine et fluorine, ainsi, paraît-il, que des traces de pyromorphite. Plusieurs autres puits, dont l'un de 13 m, ouverts plus à l'Ouest dans la forêt de Souches, n'avaient rencontré que des formations superficielles sans minerai. D'autres grès minéralisés (psilomélane et barytine) se trouvent non loin de là, à Chagny, sur le chemin du château de Lamartine, ainsi que dans les carrières situées au Sud de Tramays.

Finalement, il apparaît que, dans une zone centrée sur Romanèche et longue de 40 km, le Beaujolais renferme de multiples occurrences de manganèse, dont le gisement français le plus important. Ces occurrences sont représentées, d'une part, par des filons-stockwerks encaissés dans le socle ou dans la faille-limite, d'autre part par des imprégnations dans les grès triasiques ou rhétiens et, enfin, par des amas de substitution dans le Sinémurien. Leurs caractères minéralogiques leur confèrent toutefois une certaine unité : le minerai essentiel de Mn est constamment de la romanéchite et les minéraux associés sont presque toujours de la barytine, de la fluorine et du quartz, avec des oxydes de fer accessoires ; aussi, malgré les diversités d'aspects, peut-on admettre qu'ils ont une origine commune.

Jusqu'ici, seul le gîte de Romanèche a présenté des caractéristiques favorables pour une exploitation (peut-être en raison de son voisinage immédiat avec la faille-limite de la Bresse ?), mais le secteur reste certainement la région française la plus favorable pour une prospection du manganèse, sans compter la fluorine et la barytine, associées ou indépendantes.

2.1.6 - Saligny (Allier - 03)

Le gisement des Gouttes-Pommiers (ou de Saligny-sur-Roudon) se trouve à l'extrémité septentrionale des Monts du Forez, à la limite de la Limagne de Loire, 32 à 33 km au SE de Moulins ; des cailloutis pliocènes masquent une grande partie de ses affleurements. Une importante faille NE-SW (Cf. figure 34) met en contact un bassin permo-carbonifère, au SE, et le bassin dévonien de Saint-Léon, au NW, comprenant des cipolins dévoniens qui affleurent aux Gouttes-Pommiers.

En raison de la couverture pliocène et de l'ancienneté des travaux restés peu développés, le gîte est mal connu et, pour sa description, on doit se référer aux observations faites par de Launay à la fin du siècle dernier. Comme indiqué sur la carte, il s'agirait d'un filon dirigé N.NE, dans le compartiment NW de la faille, qui serait connu de façon discontinue sur une longueur de quelque 6 km. Toutefois, ses épontes ne sont pas nettes et son épaisseur est très variable ; elle peut atteindre 30 m et, en d'autres endroits, être presque nulle. Au Sud, un filon parallèle voisin a été exploité pour fer.

Le remplissage était constitué principalement par du quartz calcédonieux, avec un peu de barytine et de fluorine et, localement, des oxydes de Fe et de Mn, donc une association semblable à celle de Romanèche. La partie sud était principalement ferrifère, le manganèse étant surtout concentré dans la partie nord, dans le secteur occupé par les calcaires métamorphiques.

La minéralisation, telle qu'on pouvait l'observer dans les travaux du puits Méplain, présentait deux aspects différents : d'une part des stockwerks de petites veines et, d'autre part, des amas au contact des calcaires (substitution ?) ; ces amas, qui ont fourni le minerai le plus compact et le plus riche, étaient très superficiels et ils avaient la forme de cônes renversés. Les extensions en direction étaient très réduites et de nombreuses parties du filon étaient stériles, par exemple dans le travers-bancs du Moulin de La Roche (Cf. figure 35).

Il existait en outre, au voisinage, des lentilles irrégulières disséminées dans des argiles jaunâtres et rougeâtres appartenant au recouvrement mio-pliocène. Ce sont ces lentilles qui ont été découvertes et exploitées en premier lieu, l'existence du filon lui-même n'ayant été reconnue qu'en 1881. On peut penser que cette minéralisation superficielle provient d'un remaniement de la minéralisation filonienne.

Le minerai de Mn était essentiellement formé par une ébelménite barytique, soit compacte et à structure fibro-lamellaire, soit tendre et pulvérulente. Le minerai compact titrait 47 % Mn, 3,7 % Fe, 12 % SiO₂,

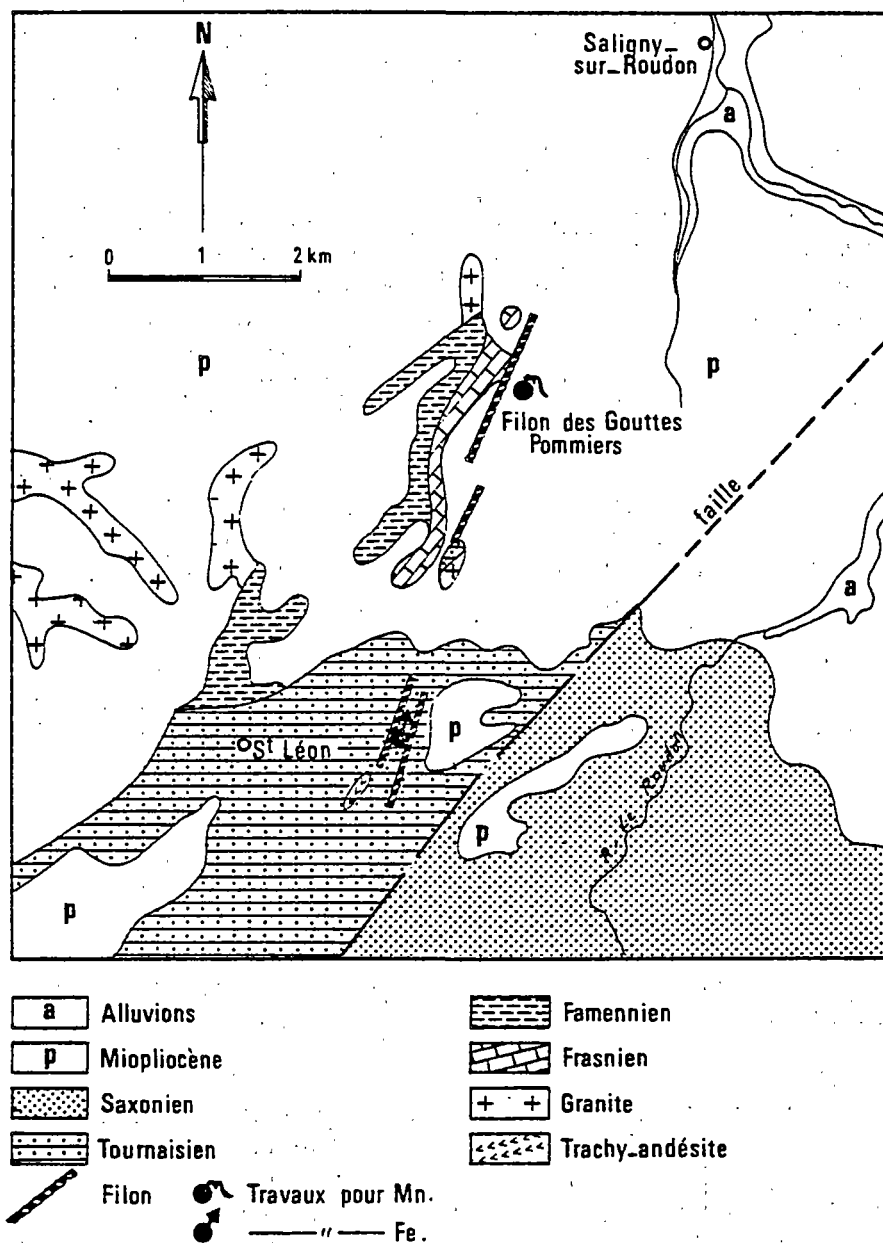


FIG. 34 - Carte de situation du gisement de Mn des Gouttes-Pommiers
(d'après Carte géologique à 1/80.000 de Charolles)

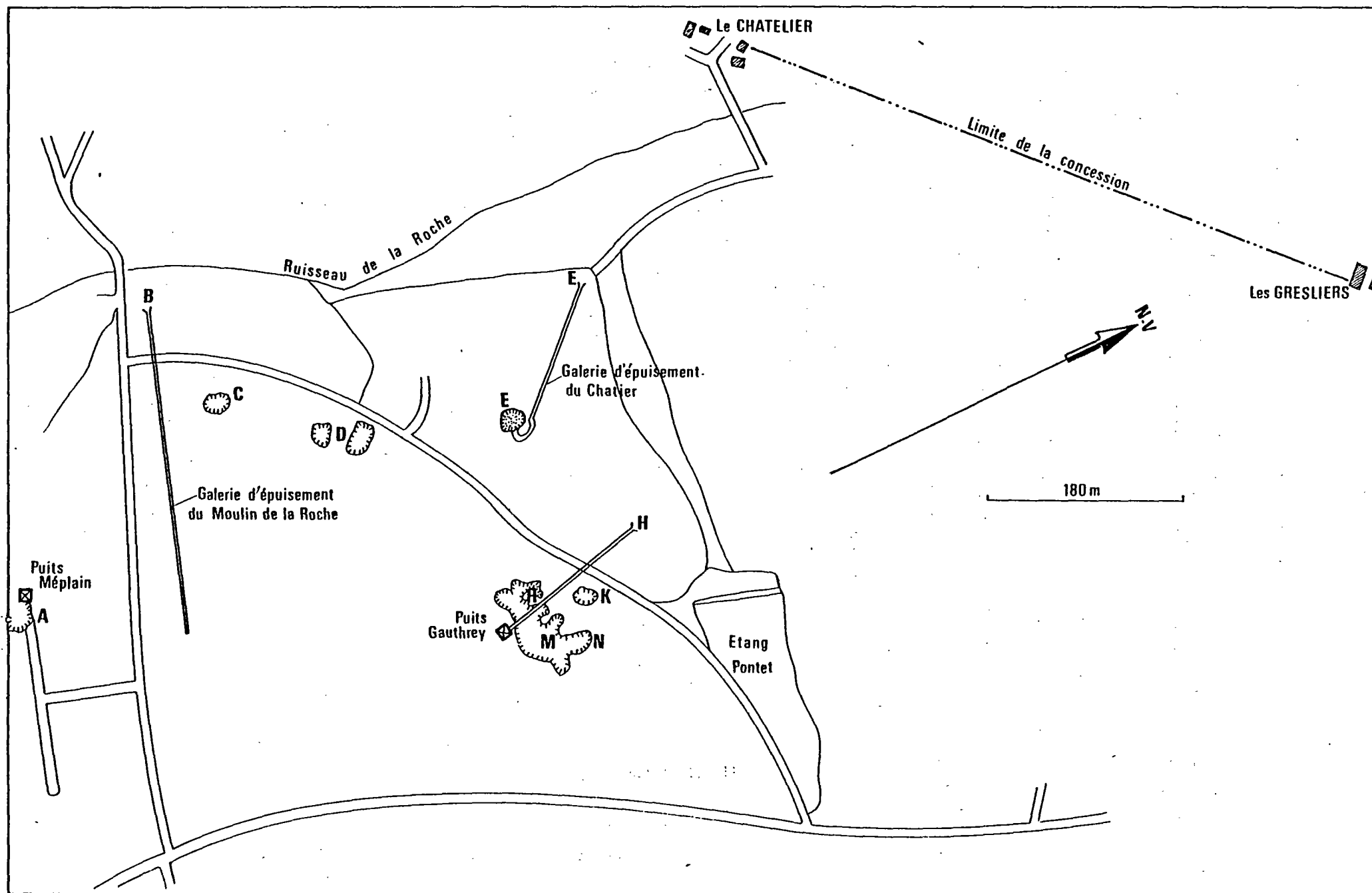


FIG. 35 - Etat actuel des travaux de la concession de Saligny d'après plan joint au P.V. de visite du 17 avril 1920

0,06 % P et 4,12 % H₂O ; la variété tendre renfermait 40 à 48 % MnO₂. Dans le filon, la gangue principale était du quartz jaspé de rouge et de jaune.

Les premiers travaux débutèrent en 1822 et ils aboutirent à l'institution d'une concession (SALIGNY) le 01.02.1831, laquelle fut exploitée jusqu'en 1840. Puis, après quelques recherches infructueuses de 1840 à 1843, tout travail fut abandonné à l'intérieur de cette concession jusqu'en 1895, sauf l'exploitation d'une petite poche de minerai en 1873-74.

Par contre, les travaux du puits Méplain (1881-83) motivèrent une demande en extension accordée le 06.08.1894. Puis, après leur abandon pour difficultés d'exhaure, on creusa le travers-bancs du moulin de La Roche, qui rencontra à 297 m le filon de quartz recherché, stérile en cet endroit. On approfondit alors le puits jusqu'à 28 m et on y exploita une colonne de minerai jusqu'au jour.

En 1895, on creusa le puits Gauthrey (18 m) et deux galeries souterraines qui furent abandonnées à cause des difficultés d'épuisement et de la mauvaise qualité du minerai. L'exploitation resta ensuite cantonnée dans quelques poches superficielles et fut arrêtée définitivement en 1911, la Société étant mise en liquidation judiciaire.

Plus tard, la concession fut mutée au profit de la "Société des Mines de Manganèse de Romanèche", mais celle-ci n'y effectua pratiquement aucun travail et la renonciation fut accordée le 09.06.1921. Tous les travaux, malgré leur longue durée totale, n'ont officiellement produit que 27 767 tonnes de minerai, à des teneurs variant de 20 à 40 % Mn, dont une partie, surtout au début, provenait des amas superficiels dans le Miopliocène ; ce minerai se vendait très difficilement, en raison des fortes proportions de Fe et de P.

Le gîte a été réétudié récemment par le B.R.G.M., sans succès, non pour le manganèse, mais pour la fluorine. Cette étude, si elle a permis de retrouver le quartz calcédonieux des anciens travaux, avec des traces de Mn, a toutefois mis en doute l'existence d'un filon unique long de 6 km.

Mal connu en raison du recouvrement tertiaire lui-même minéralisé, le gisement de Saligny n'est peut-être pas épuisé, mais rien n'incite à en reprendre la reconnaissance pour Mn.

2.1.7 - Luzy (Nièvre - 58)

Un filon de pyrolusite, épais de 0,40 m et encaissé dans le granite, qui a fait l'objet d'une demande en concession, se trouve près de Luzy, à 30 km au SW d'Autun. Il est à noter que le granite du même nom renferme de nombreuses anomalies en Mn (et Pb) dans le secteur voisin de Grury.

2.1.8 - Brezons (Cantal - 15)

On connaît plusieurs filons de psilomélane encaissés dans une brèche volcanique, à 700 ou 800 m au Sud de Brezons (15 km à l'Est de Vic-Sur-Cère). Ils ont été jadis quelque peu exploités.

2.1.9 - Lafouillade (Aveyron - 12)

Au Puech de La Treille, 2 km au NW de Lafouillade et 12 km au Sud de Villefranche-de-Rouergue, des travaux de recherches pour Mn ont été exécutés autrefois sur le filon des Landous, encaissé ici dans le granite de Villefranche. Il s'agit d'un filon de quartz NW-SE à pendage NE 70° à 80°, épais de 0,80 m à 2 m, qui renferme des oxydes de Mn (pyrolusite et accessoirement manganite), avec des traces d'oxydes de Fe, distribués irrégulièrement dans des passées bréchiques.

Les travaux (petits puits, tranchées et amorces de galeries) sont échelonnés sur une distance de 400 m environ, mais le filon se poursuivait jusqu'au village. Une demande de concession présentée en 1871 fut rejetée, en raison de l'insuffisance des teneurs, et une tentative de reprise, à partir d'une descenderie, eut lieu en 1918.

2.1.10 - Mont (Saône-et-Loire - 71)

Dans la commune de Mont, à 5 km au NE de Bourbon-Lancy, un puits a été foncé en 1874, jusqu'à une profondeur de 38 m, à 30 ou 40 m au Sud d'un filon de quartz et oxydes de Mn qui dominait le hameau de La Chaumelle. Mais, une galerie creusée au fond du puits, poussée jusqu'à 80 m, n'a pas retrouvé le filon.

2.2 - GISEMENTS ENCAISSES DANS LA FORMATION DE BASE DETRITIQUE DES BORDURES SECONDAIRES

2.2.1 - Chaillac et Dunet (Indre - 36)

Le gisement de manganèse qui se trouvait dans les concessions de Chaillac et Dunet et les permis d'exploitation de Roussinès et Sacierges-Saint-Martin, se situe au contact des gneiss de la Marche et des premiers sédiments de bordure du Bassin Parisien, entre les villes d'Aigurande et de Châteauroux, à 6 ou 7 km à l'Ouest de Saint-Benoît-du-Sault. Il est encaissé dans une dépression bordière de ces gneiss, appelée bassin de Chaillac, remplie par une série argilo-sableuse d'âge hettangien moyen (datation palynologique de J.J. CHÂTEAUNEUF, B.R.G.M.). Il s'agit d'une formation lenticulaire mal stratifiée, puissante de 20 m à 30 m, constituée par un mélange d'argiles, de sables jaunes et de grès, avec, à l'extrême base, des concrétions dolomitiques associées sporadiquement à des concrétions barytiques.

C'est au milieu des grès, sur une puissance de 8 à 10 m, que se trouvaient des lentilles stratiformes ou pénéconcordantes d'oxydes de fer et d'oxydes de manganèse, distribuées irrégulièrement et généralement séparées. Comme on peut le voir sur la carte (Cf. figure 36), ces lentilles sont situées "au large" de l'ilôt du Rossignol, où se trouvent le gîte stratiforme Fe-Ba des Redoutières et le filon F-Ba du Rossignol.

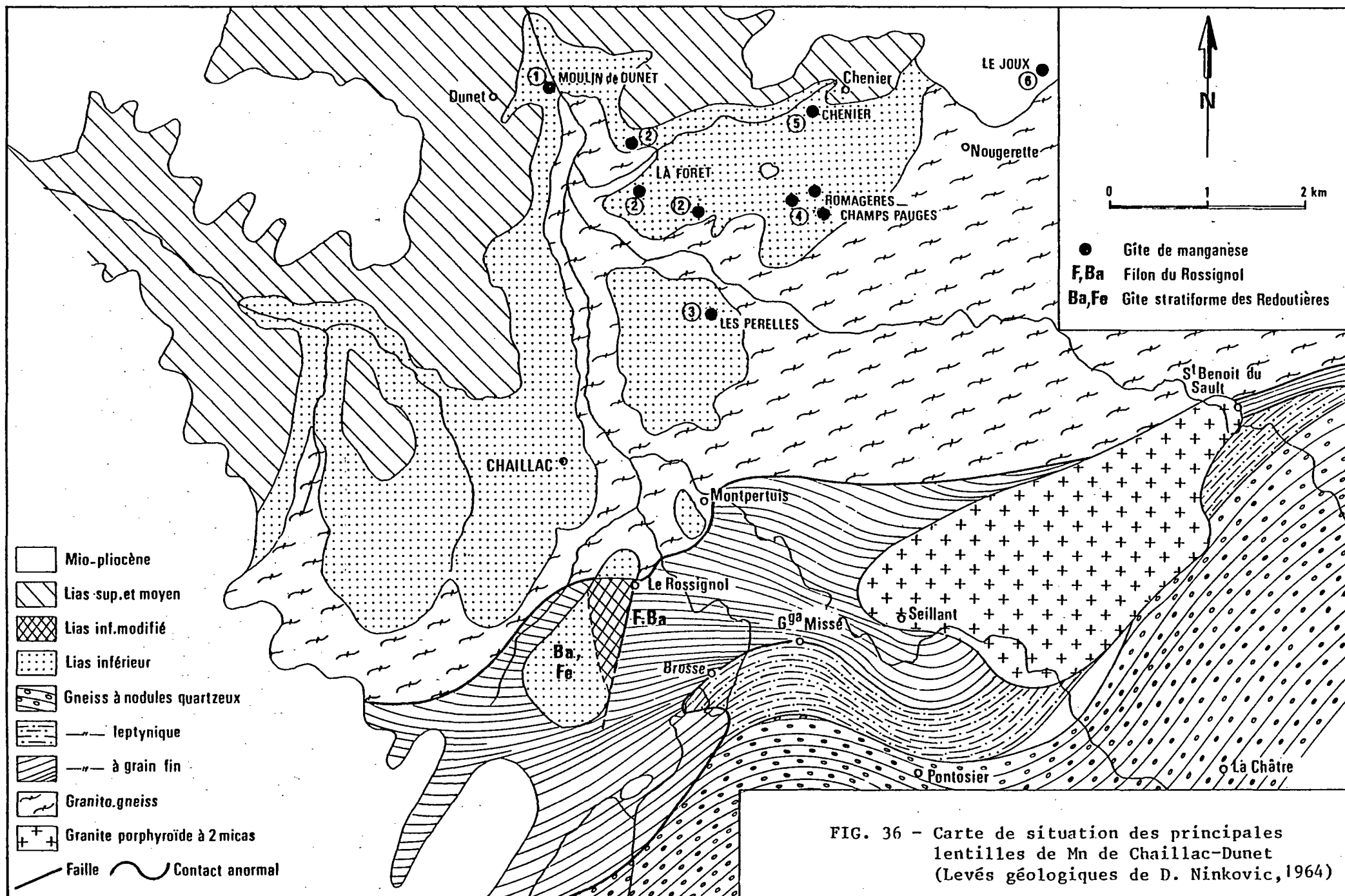


FIG. 36 - Carte de situation des principales lentilles de Mn de Chaillac-Dunet (Levés géologiques de D. Ninkovic, 1964)

Le gisement de Fe est beaucoup plus étendu que celui de Mn et il a été exploité depuis une époque très ancienne. On en aurait extrait, au total, environ 800 000 t de minerai. Quant au gisement de Mn, également très siliceux, sa production totale, entre 1872 et 1932, a atteint 15 932 tonnes de minerai, avec une teneur en Mn variant de 30 à 38 %, une teneur en Fe_2O_3 de 8 % et une teneur en SiO_2 atteignant 20 %.

Les lentilles manganésifères se trouvaient surtout dans le triangle Les Pérelles-Chénier-Dunet, où elle étaient soit isolées, soit accolées au toit ou au mur des lentilles ferrifères, soit même (au moulin de Dunet) situées dans des cavités des lentilles d'hématite. Elles étaient généralement petites (100 à 150 m²) et leur épaisseur ne dépassait guère 0,50 m, pouvant atteindre exceptionnellement 2,20 m à La Forêt ; le plus gros corps, celui des Pérelles, avait un volume de 1 000 m³ environ. Enfin, les lentilles les plus superficielles pouvaient être remaniées par des phénomènes d'altération continentale ; tel était le cas de celle de Joux (1 400 t), où le fer et le manganèse étaient mélangés.

Le minerai, qui présentait des caractères syngénétiques et d'autres épigénétiques (probablement des recristallisations), était constitué essentiellement par de la pyrolusite, accessoirement de la psilomélane et de la manganite. Il était terreux ou compact et, dans ce dernier cas, présentait essentiellement des masses concrétionnées mamelonnées, criblées par des grains de quartz des grès encaissants (d'où les fortes teneurs en SiO_2).

2.2.2 - Saint-Christophe-Le-Chaudry et Châteaumeillant (Cher - 18)

La région de Châteaumeillant-Saint-Christophe-Le-Chaudry, à 30 km au NW de Montluçon et 75 km environ à l'E.NE de Chaillac, se trouve dans une situation géologique semblable à celle de ce dernier gîte, au contact des gneiss de La Marche et des premiers sédiments du Bassin de Paris. Le gisement de Mn y est, là aussi, encaissé dans la formation de base argilo-sableuse, qui peut avoir le même âge que celle du bassin de Chaillac, mais sa morphologie est toutefois différente.

Ici, en effet, les oxydes de Mn, constitués essentiellement par de la psilomélane à 4-5 % BaO et disséminés sur une grande étendue, se présentent sous la forme générale de nodules concrétionnés de tailles diverses, sphéroïdaux ou botryoïdes, criblés de grains de quartz. Il sont généralement disposés dans un même niveau, dans lequel ils peuvent être jointifs ou, au contraire, très dispersés. On y connaît, en outre, quelques minces veinules (4 à 5 cm) d'oxyde terreux et, à Châteaumeillant notamment, les nodules peuvent former des alignements verticaux (Cf. figure 37), jalonnant probablement le trajet de minuscules fissures.

A Saint-Christophe-Le-Chaudry, concédé le 25.11.1832, les travaux furent abandonnés dès 1836 et ne furent plus repris ; aussi, cette concession a produit seulement 33 tonnes de minerai. Il y existait 3 niveaux peu puissants (10 cm, 5 à 20 cm, 70 à 80 cm), ayant des teneurs respectives de 18 %, 35 % et 21 % Mn, avec des teneurs très élevées en SiO_2 (35 % à 60 %) ; le niveau inférieur se trouvait à 9,50 m de profondeur.

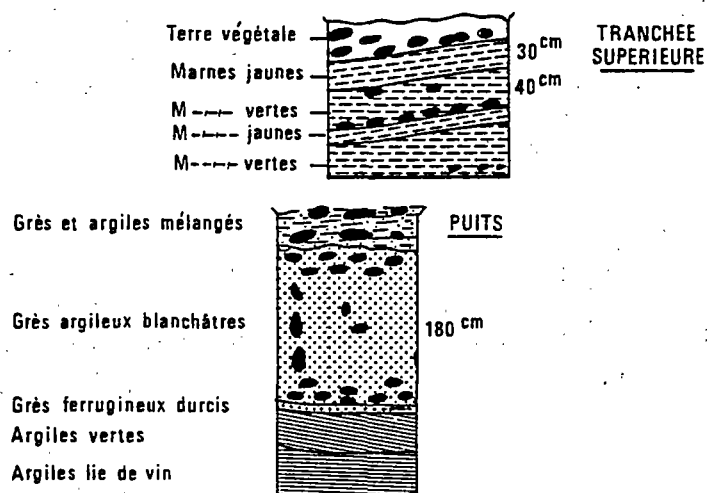


FIG. 37 - Disposition des rognons de psilomélane dans les diverses couches de la formation de base de Châteaumeillant

A Châteaumeillant, où il n'y a pas eu de production, il existait 4 minces niveaux tenant localement environ 22 % Mn avec 47 % SiO₂, situés à la base de diverses lentilles gréseuses ou argileuses (Cf. figure 37). Les teneurs élevées en silice expliquent, entr'autres, la production insignifiante, malgré la grande étendue de la zone des concrétions Mn.

Il est à noter que, dans la même région, des placages de Sidérolithique renferment également du manganèse (type Dordogne). On en connaît notamment une petite lentille à Culan (4 km au Sud de Saint-Christophe), qui a été explorée par un puits en 1937-38 ; son minerai (31 % Mn et 34 % SiO₂) était de la pyrolusite et non plus de la psilomélane.

Entre les deux principales occurrences décrites ci-dessus, distantes de 75 km, les nodules Mn sont très répandus sur toute cette partie de la bordure, notamment près de La Châtre (Indre). Mais, étant donné leur dispersion, la minceur de leurs couches et leurs teneurs très élevées en SiO₂, ils ne peuvent constituer tout au plus qu'une ressource. Leur origine commune la plus probable consiste dans le lessivage du manganèse continental au début de la transgression mésozoïque, le dépôt pouvant être associé à des phénomènes hydrothermaux (cas de Chaillac).

2.3 - GISEMENTS DANS LES ASSISES MESOZOÏQUES CARBONATEES

2.3.1 - Auxilhac (Lozère - 48)

Les petits gisements de manganèse (et de fer) d'Auxilhac se situent de part et d'autre de la vallée du Lot (Cf. figure 38), à 8 km au Sud de Marvejols (soit 20 km W.SW de Mende). Cette région, traversée par une grande faille N-S, se trouve au contact du socle de l'Aubrac et de La Margeride avec le golfe jurassique des Grands Causses. La série secondaire y débute par des arkoses (0-30 m), auxquelles succèdent le "calcaire capucin" de l'Hettangien inférieur (0,5 m à 20 m), puis les calcaires jaunâtres magnésiens de l'Hettangien supérieur (50 m à 100 m) et les calcaires gris oolithiques du Sinémurien (10 m à 15 m).

Les minéralisations se trouvent au voisinage du contact Hettangien-Sinémurien. Tantôt les deux métaux sont associés et le minerai de Mn forme des veinules dans le minerai de Fe, tantôt ils forment des corps distincts ; les uns et les autres (Fe ou Mn ou Fe et Mn) sont nombreux dans la région, mais toujours de dimensions modestes. Le minerai de fer y est constitué par un mélange d'oxydes et d'hydroxydes titrant 40 à 48 % Fe ; le minerai de manganèse est de la psilomélane très barytique à faciès "wad", tenant en moyenne 35 % Mn, beaucoup plus rarement de la pyrolusite.

Les lentilles de Mn furent découvertes et explorées vers la fin du XIXe siècle et elles donnèrent lieu à une concession (AUXILHAC) instituée le 17-05-1893. La plus importante était celle de Célés, qui a fourni 979 tonnes de minerai, entre 1893 et 1902, auxquelles il faut ajouter 300 tonnes de "limonite". D'après J. GEFROY (COGEMA), il s'agissait d'un amas subvertical allongé NE-SW, reconnu sur une longueur de 55 m mais défilé sur une hauteur de 5 à 8 m seulement (Cf. figure 39) ; sa puissance variait entre 2 m et 3 m et elle diminuait rapidement en profondeur (0,40 m à la sole des travaux). Il se prolongeait vers le haut par deux filonets et émettait de courtes apophyses dans les joints des calcaires.

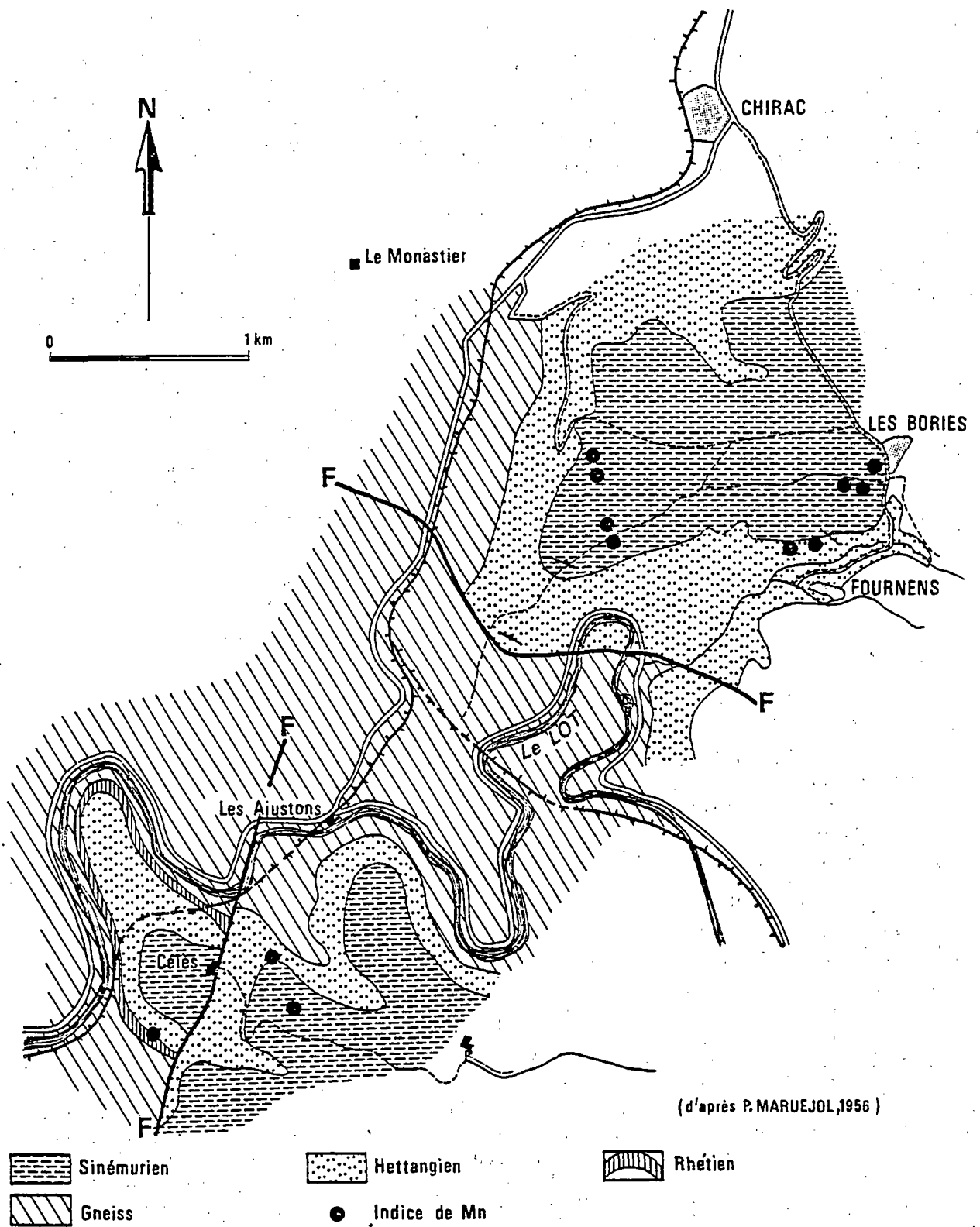


FIG. 38 - Carte de situation des indices de Mn d'Auxilhac

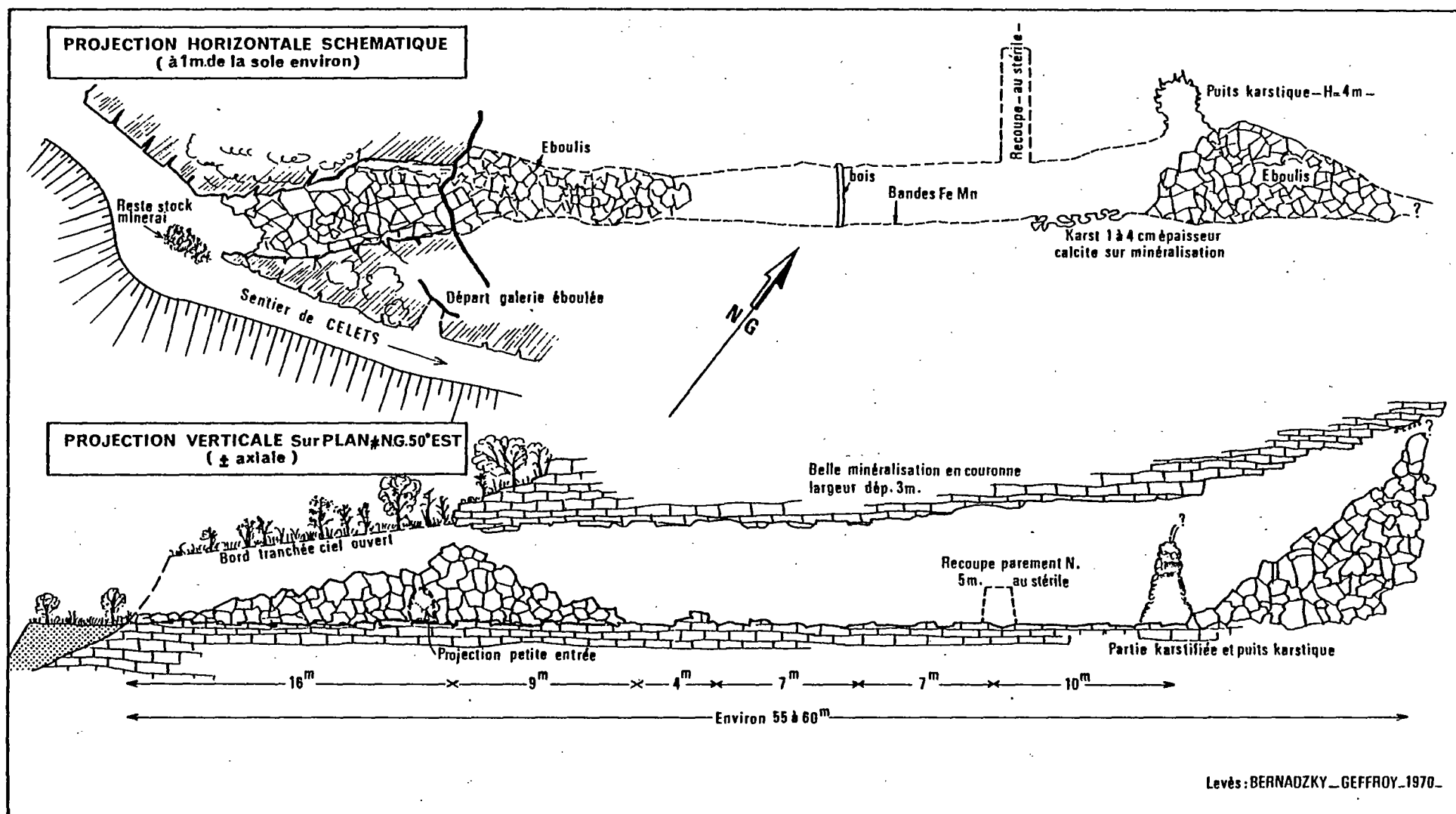


FIG. 39 - Mine de Célets (Concession d'Auxilhac)

Il était associé à des phénomènes karstiques apparemment postérieurs, des concrétions de calcite recouvrant et recoupant les oxydes de Mn.

D'autres travaux étaient ouverts sur des veinules verticales de wads et, dans la galerie de Roumardiés, on pouvait observer (Cf. P. MARUEJOL, 1956) une couche siliceuse située exactement à la limite Hettangien-Sinémurien, qui renfermait de la stilpnosidélite et de la psilomélane distribuées irrégulièrement ; cette couche Si-Fe-Mn existerait sur tout le plateau du Monastier.

Une particularité intéressante (mais non unique) du gîte de Célés consistait dans la présence d'une teneur élevée en WO_3 (4,8 %), confirmée par des analyses récentes du B.R.G.M.. En l'absence de minéraux de tungstène, cette teneur indique l'existence de "tungsto-mélane".

2.3.2 - Manhac (Aveyron - 12)

Le hameau de Manhac, commune de Villeneuve, se trouve à 6 km au Nord de Villefranche-de-Rouergue, à proximité de la grande faille. Il y existe, dans le compartiment ouest, à la base du Bajocien, une couche de minerai de fer oolithique et, au cours de travaux effectués dans cette couche, à 300 m à l'Est du hameau, on a rencontré une cassure orthogonale, minéralisée en oxydes de Mn ($Mn : 55 \%$), dont la puissance variait entre 20 cm et 70 cm. En surface, à 200 m au Nord, une tranchée avait été creusée dans un placage de graviers oligocènes à grains de pyrolusite ($Mn : 22,2 \%$) et un autre placage Mn se trouvait à l'Ouest du hameau voisin de Jonas.

Le gisement comprenait donc une minéralisation primaire fissurale dans la base de l'Oolithe (niveau du minerai de fer) et une minéralisation secondaire remaniée dans l'Oligocène. Mais, il n'a fait l'objet que de travaux insignifiants.

2.4 - GISEMENTS SUPERFICIELS D'ALTERATION CONTINENTALE

2.4.1 - Nontronais (Dordogne - 24)

Les gîtes de Mn du Nontronais se trouvent dans une bande longue de 30 km, qui s'étend, en direction NW-SE, depuis Teyjat jusqu'à Thiviers (Cf. figure 40). Ils ont donné lieu, entre 1826 et 1842, à l'institution de 9 concessions (SAINT-MARTIN-LE-PIN, TEYJAT, LA MOTHE, LES FOURNEAUX, SAINT-PARDOUX-LA-RIVIERE, MILHAC-DE-NONTRON, SAINT-MARTIN-DE-FRESSENGEAS, SAINT-JEAN-DE-COLE et THIVIERS), maintenant toutes déchues ou renoncées. Pendant leur ancienne période d'activité, entre 1834 et 1848, ils ont produit seulement 2 320 tonnes.

Les travaux étaient effectués à ciel ouvert et les produits utilisés principalement par les papeteries de la Charente. Les exploitations furent arrêtées parce que les teneurs des argiles étaient insuffisantes pour couvrir les frais d'extraction. Très récemment, à la demande du Centre Technique des Tuiles et Briques (CTTB), qui recherchait, afin d'obtenir des colorations brunes, des argiles manganésifères pour rempla-

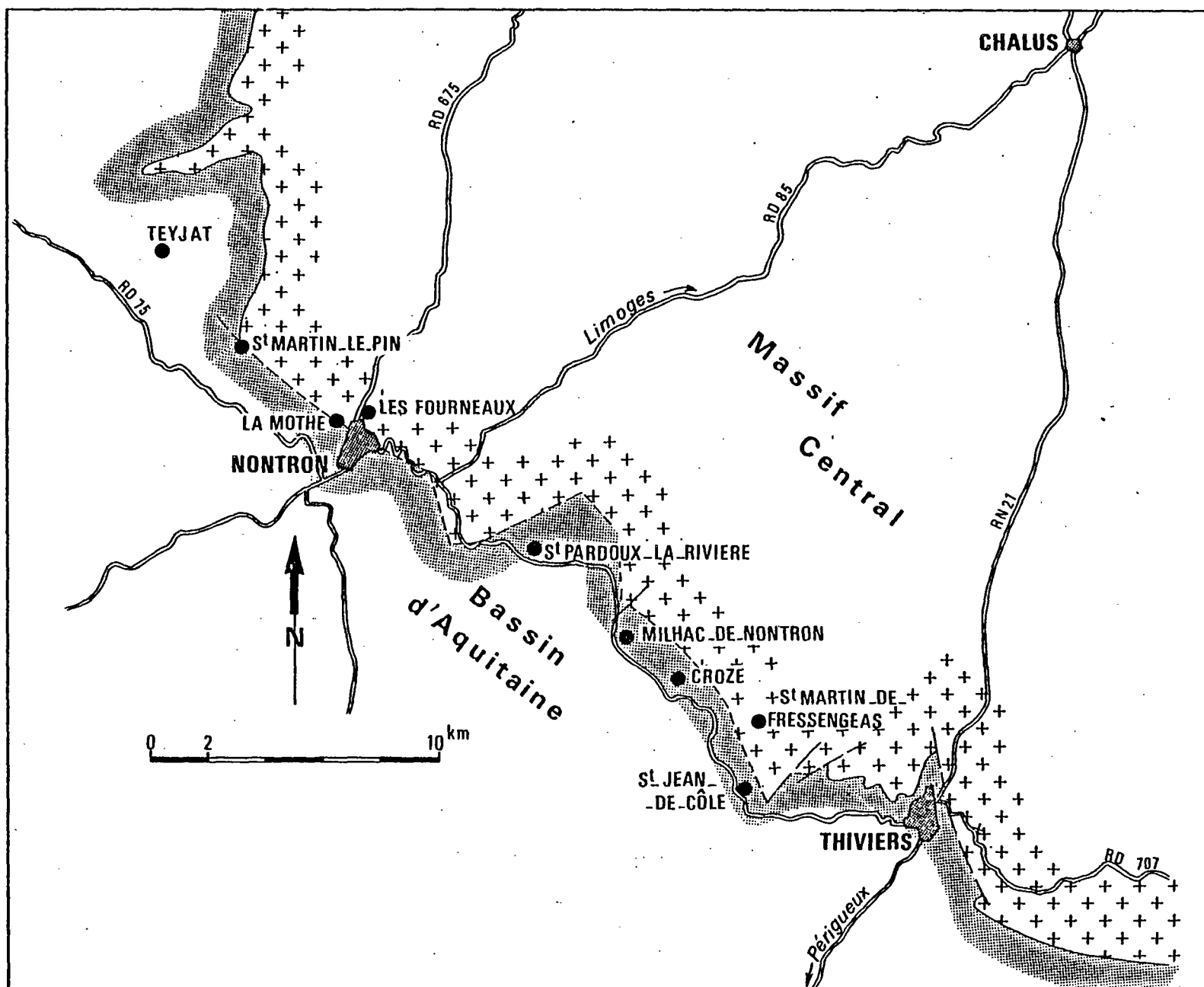


FIG. 40 - Carte de situation des gîtes de Mn du Nontronais

cer le bioxyde entièrement importé, le B.R.G.M. a effectué, en 1975 et 1977, un échantillonnage de ces argiles à La Mothe, aux Fourneaux et à Croze, échantillonnage resté sans suite.

La région de ces gîtes de Mn se trouve exactement au contact, généralement faillé, entre le Massif Central et les formations secondaires de sa bordure ouest (Cf. figure 40). Des placages discontinus d'un terrain tertiaire appelé Sidérolithique, très largement développés au Sud, recouvrent indifféremment les terrains précédents. Ils sont formés essentiellement par des sables et des argiles mal stratifiés, qui peuvent remplir les cavités des calcaires sous-jacents.

Le manganèse se trouve dans les argiles de la base, sur une hauteur moyenne de 60 à 80 cm et généralement à 3-4 m de profondeur. Il se présente sous la forme de rognons et de concrétions mamelonnées de psilomélane, de tailles diverses, ainsi que sous celle de masses et veinules terreuses de wads. DELANOUE (1845) y a reconnu la présence de traces de cobalt, ainsi que celle de matières organiques ammoniées.

Ces oxydes de Mn sont toujours accompagnés par de petits amas d'halloysite, parfois par des nodules de nontronite (silicate hydraté de fer), des nids de barytine, des jaspes, de l'opale et du fer pisolithique qui peut remplacer complètement le manganèse dans certaines zones. Tous ces dépôts peuvent remplir des fissures et des cavités du substratum des argiles : par exemple, à la mine de l'Age, on trouvait des concrétions de psilomélane entre les feuilletts des gneiss du socle, accompagnées de barytine, dolomite, calcite, goethite et silice ; de telles concrétions n'existaient que là où les gneiss étaient recouverts par des argiles manganèsifères.

L'origine sédimentaire de ces gisements n'est guère douteuse et leur extension peut être importante, mais, en raison de leurs caractères défavorables (irrégularité, teneurs faibles à très faibles), ils ne peuvent en aucun cas constituer une réserve de manganèse.

En dehors de la zone précédente du Nontronnais, on rencontre assez fréquemment des indices analogues de Mn dans le Périgord et le Quercy. On peut citer la région de Sarlat (Dordogne), où les oxydes se trouvent dans des sables argileux remplissant des poches de dissolution des calcaires du Jurassique supérieur ; celle de Luzech (Lot), où les nodules de Mn sont associés à du kaolin et des oxydes de Fe ; on y a tenté, ici et là, des exploitations restées infructueuses ; celle de Epenède (Charente), où des pisolithes et des rognons de psilomélane se trouvent associés à du minerai de fer en grains, dans des argiles et sables à silex du Sidérolithique.

2.4.2 - Saint-Prix (Saône-et-Loire - 71)

Le gîte de Mn de Saint-Prix se trouve à 18 km à l'Ouest d'Autun, près du hameau de la Boula, dans le synclinal du Haut Morvan, longue bande de terrains dévono-dinantiens allongée en direction NE-SW, entre les anticlinaux granitiques de l'Autunois et de Château-Chinon. Dans la con-

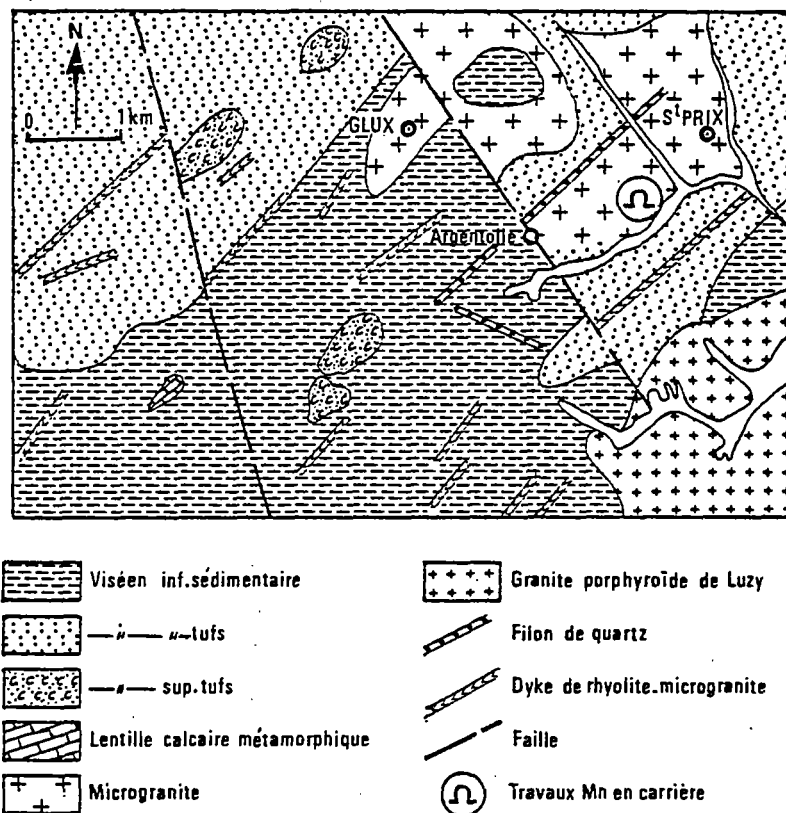


FIG. 41 - Carte de situation du gisement de Mn de Saint-Prix

cession et ailleurs, cette bande est traversée par de nombreux dykes de microgranite et rhyolite et par de nombreux filons de quartz d'âge présumé triasique, également dirigés NE-SW (Cf. figure 41).

Le minerai de Mn, découvert dans les terrassements de la route de Saint-Prix à Glux, à 1 km environ de Saint-Prix, est intimement mélangé avec des argiles kaoliniques résultant de l'altération superficielle et renfermant des éléments de quartz de toutes tailles, grossièrement classés. Il est constitué par une imprégnation de wad dans ces argiles, laquelle forme des zones de teinte noire ou rougeâtre dans des horizons différents, interrompues par des poches d'argiles stériles. L'épaisseur minéralisée est très variable : réduite à 0,60 m en certains endroits, elle peut atteindre 20 m en d'autres. La puissance du recouvrement varie entre 2 m et 5 m et le mur est formé par des sables.

Le wad en place est très humide, contenant environ 40 % H_2O ; il est aussi très siliceux, en raison de la présence de petits grains de quartz, et il peut renfermer un peu de barytine. Le tout venant séché contient 20 à 23 % Mn, 18 à 22 % Fe, 12 % SiO_2 , 4 à 5 % Al_2O_3 et 0,14 à 0,23 % P.

Les divers travaux de reconnaissance (sondages et petits puits), entrepris de part et d'autre d'Argentolle, auraient mis en évidence deux zones principales d'imprégnations, allongées E-W : la première (200 m x 140 m) serait formée par un minerai très impur, puissant de 1 m au maximum ; la seconde (900 m x 200 m) serait plus riche et plus épaisse (parfois 10 m et jusqu'à 20 m). De telles zones imprégnées existent ailleurs dans la région, par exemple dans une carrière à 4 km au SW d'Argentolle.

Ce gisement a d'abord fait l'objet de tentatives d'exploitation pendant la guerre de 1914-18, rapidement abandonnées en raison des mauvais résultats obtenus à l'agglomération. Puis, après l'institution de la concession en 1922, une petite usine fut construite en 1924 pour la fabrication de colorants, mais elle ne fut jamais utilisée. Les travaux furent repris en 1943 par la Société des Manganèses de Saint-Prix qui produisit, de 1943 à 1949, 5 229 tonnes de minerai à 20 % Mn, calciné sur place et employé pour la fabrication des piles sèches, après transformation en bioxyde par voie électrolytique. Une petite exploitation artisanale maintenant arrêtée, fournit ensuite un faible tonnage employé pour la coloration des tuiles. Les réserves probables seraient de 100 000 tonnes de tout-venant, soit 60 000 tonnes de minerai séché à 20 % Mn.

2.4.3 - Culan (Cher - 18)

Cf. Châteaumeillant et Saint-Christophe-Le-Chaudry.

3 - VOSGES ET BORDURES

3.1 - FILONS

Les filons de Mn sont relativement abondants dans les Vosges, mais ils sont toujours de très petite taille et leurs productions ont été insignifiantes.

3.1.1 - Saphoz (Haute-Saône - 70)

Le gîte de Saphoz, inclus dans les anciennes concessions de Faucogney (20 Juin 1868 - 9 Mars 1896) et d'Esmoulières (20 Juin 1868 - 23 Mai 1923), est le plus important relativement de tous les gisements vosgiens et, comme celui de Romanèche, il a été exploité dès le XVIII^e siècle (à partir de 1755 environ), cette première production étant utilisée par les faïenceries de la Franche-Comté.

Puis, une première tentative de reprise en 1805 fut abandonnée rapidement, tandis qu'une seconde, vers 1860, aboutissait à l'institution des deux concessions. En cette année 1860, on fournit une petite production : 50 t et, en 1867-68, 304 t. Cette production alimentait l'usine de Dieuze qui fabriquait du CaCl_2 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 volcano-sédimentaire dévono-dinantien des Vosges méridionales, à 20 km environ à l'Est de Luxeuil, entre les villages de Faucogney et d'Esmoulières (Cf. figure 42). Reconnus sur une douzaine de points, ils occupent une bande fracturée NW-SE longue de 3 km, en partie dans des volcanites acides et en partie dans des diabases et spilites du Viséen inférieur. 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 NW-SE, laquelle, étant donné sa longueur totale (3 km), aurait pu renfermer un tonnage important, mais un faisceau de filonets et courts filons, 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

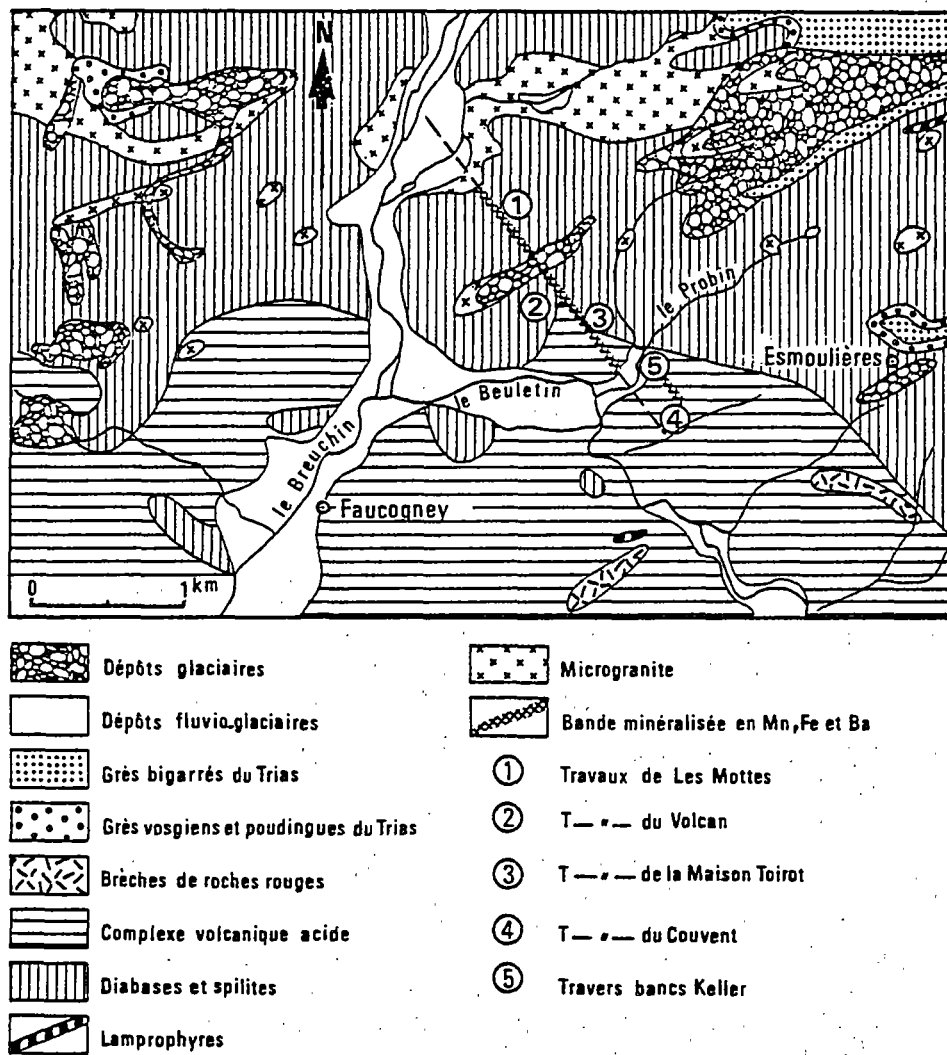


FIG. 42 - Carte de situation des travaux de Saphoz

masses fibreuses associées à de l'hématite. Il existait aussi de la romanechite, qui remplaçait superficiellement la braunite et la pyrolusite. La teneur de ce "chapeau" pouvait atteindre 60 % Mn, avec 2 % Fe, 3 % SiO₂ et 2 % BaO.

Les carbonates de Mn, partiellement oxydés ou non, étaient représentés par de la kutnahorite renfermant de fines gerbes de ranciéite 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 anormales en As, Cu, Pb et Zn, ce qui pose le problème de l'existence éventuelle de sulfures profonds.

3.1.2 - La Fonderie (Haute-Saône - 70)

Le filon E-W de La Fonderie, commune du Haut-du-Them, est encaissé dans le granite des Ballons, près du gîte de Mo de Château-Lambert, à 2,5 km au SE du col des Croix. Il s'agit plutôt d'un filon de barytine, accompagnée de fluorine accessoire et recouverte par du quartz et de la calcédoine. Le manganèse s'y trouve sous forme de wad terreux associé à un peu d'oligiste, l'un et l'autre résultant de l'oxydation d'une minéralisation profonde carbonatée. Les tonnages de Mn, superficiels, sont insignifiants.

3.1.3 - Le Haut-Poirot (Vosges - 88)

Les filons du gisement de Mn dit du Haut-Poirot se trouvent dans les forêts du Haut-Poirot et de Lyris, sur les deux rives du ruisseau du Roulier (Cf. figure 43), à 8 km environ au SW de Gérardmer. Ils sont encaissés dans des roches granitiques (granite fondamental, sur la rive gauche, et granite à deux micas de Remiremont, sur la rive droite), non loin du granite syncinématique du chevauchement du Célet.

Les premières fouilles y ont été effectuées vers 1890 et elles auraient produit 30 tonnes en 1894. Puis, d'autres travaux eurent lieu en 1911 et 1912, qui fournirent également environ 30 t, à des teneurs de 45-46 % Mn : tous ces travaux étaient restés très superficiels, ne dépassant pas 5 à 6 m de profondeur. Plus profonds furent ceux entrepris pendant la dernière guerre par M. STOEFLER, de 1942 à 1944, avec une faible reprise en 1945 et avec l'aide d'une subvention du Ministère de l'Industrie (1 972 450 F), accordée à dater du 01.01.1944.

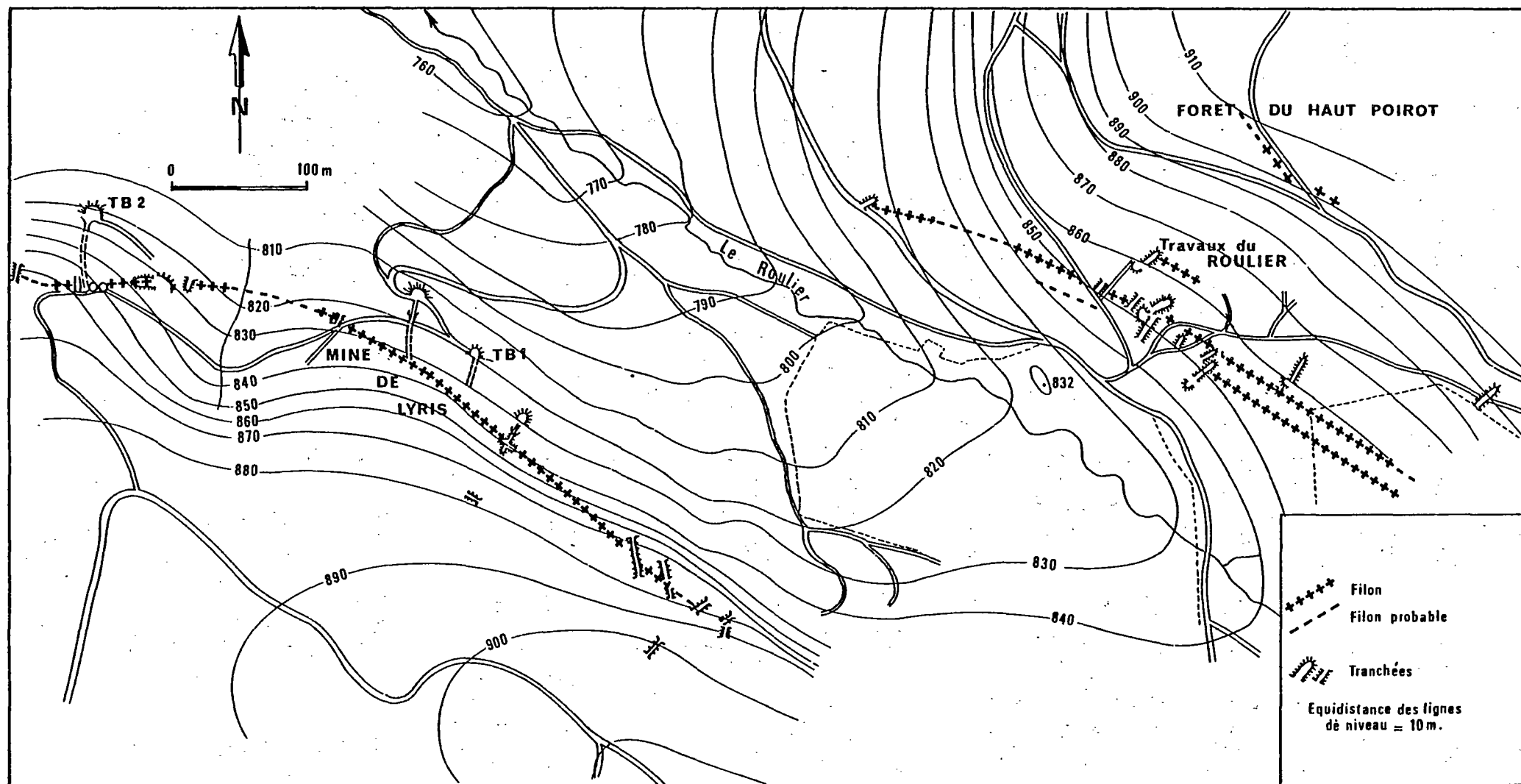


FIG. 43 - Plan de situation des travaux du Haut-Poirot et de Lyris

Les travaux les plus importants (Cf. figure 43) se trouvent côté Lyris, où ils ont reconnu, sur une longueur de 600 m, un filon principal à pendage 80° N, de direction variable (E-W à NW-SE), ou bien deux filons successifs. L'épaisseur varie entre 1 m et 0,40 m, mais elle se réduit en profondeur à 20 cm dans le travers-bancs 1 (20 m au-dessous des affleurements) et le filon n'a pas été retrouvé dans le travers-bancs 2 (à - 26 m de la galerie superficielle). Il ne subsisterait donc plus que les "racines" de ce filon, dont le tonnage en Mn est d'autant plus insignifiant que les oxydes n'y constituent qu'un "chapeau" profond de 7 à 8 m. Sur l'autre rive, côté Haut-Poirot, il existerait 4 filons orientés W.NW-E.SE, mais un seul, dont l'épaisseur atteignait 40 cm, avait quelque importance (longueur de 150 m environ) ; ils n'ont été explorés que très superficiellement.

Le filon principal de Lyris est directement associé à une bande de mylonite et à un filon de quartz hématoïde. Selon R. WEIL et al. (1959), il présenterait trois phases de minéralisation : une phase ferrière, caractérisée par la formation d'hématite micacée ; une phase quartzifère, représentée par le filon de quartz hématoïde ; enfin, une phase manganésifère, comportant d'abord une formation de braunite, de manganite et de pyrolusite (dont de la polianite), provenant de la recristallisation d'un dépôt initial colloïdal ; ensuite, une seconde cristallisation de ces minéraux, accompagnée de barytine tardive.

Sur la rive droite où la minéralisation est plus fine, microcristalline, on retrouve les trois oxydes précédents, la braunite étant fréquemment remplacée par de la hollandite. Enfin, l'association Mn comprend des sphérules de mangano-gel recouvrant la barytine.

En plus de cette barytine et des minéraux de Mn, le remplissage peut comporter de la calcédoine, de la scheelite et de la calcite manganésifère, ainsi que des traces de sulfures de Cu (bornite et chalcocite). La présence de scheelite, localisée dans le filon de Lyris, constitue une particularité originale et permet de rapprocher le gisement de celui d'Eisenbach, en Forêt Noire. Toutefois, à la suite des analyses du B.R.G.M., on sait que les teneurs en WO_3 sont sensiblement équivalentes (0,5 à 0,6 %) dans le minerai précédent "à scheelite", côté Lyris, et dans le minerai "sans scheelite", côté Haut-Poirot, lequel renfermerait donc des "tungstomélanes", comme à Auxiljac. La scheelite tardive de Lyris pourrait provenir de ce tungstène diffus, comme résultat d'un processus d'altération en milieu calcitique.

Une seconde originalité du gisement consiste dans la présence de traces de minéraux d'uranium, trouvés tant dans les éponges granitiques que dans le remplissage : méta-autunite, méta-chalcolite et francevillite.

3.1.4 - Wisembach (Vosges - 88)

Les anciens travaux de Wisembach se trouvent au Nord du hameau du Repas, au lieu-dit Champ Fontaine, sur la rive droite du Blanc, à une douzaine de km à l'E.SE de Saint-Dié. Ils sont ouverts dans des gneiss graphiteux, surmontés par un panneau de grès permien.

Les premières fouilles ont été exécutées au début du XIXe siècle, par le concessionnaire de La-Croix-aux-Mines (LECLERC de BLAMONT), sur une petite lentille verticale NE-SW, épaisse au plus de 1 m, haute de quelques mètres et longue de 12 à 15 m. Ils comprenaient une galerie supérieure très superficielle, poursuivie sur 20 m au-delà de la lentille, une galerie inférieure stérile de 35 m, située à 12 m plus bas, et un puits de 13 m partant de la galerie supérieure et montrant le coïncement en profondeur, en conséquence de quoi la demande en concession fut rejetée.

Les travaux furent ensuite repris, dans les années 1830, par la fabrique des Produits Chimiques d'Epinal qui, au cours des déblaiements, récupéra 11 à 12 tonnes et mit à jour plusieurs filonets NW-SE, à pendage NE, épais seulement de 1 à 3 cm et trop éloignés les uns des autres pour être exploitables. La production, qui pouvait atteindre 120 à 150 kg/jour, fut définitivement arrêtée en 1834.

Les échantillons de minerai, étudiés par R. WEIL, sont formés par un mélange compact de psilomélane et cryptomélane.

3.1.5 - Grandrupt (Vosges - 88)

Il s'agit d'un filon (ou filonet) encaissé dans le granite de Senones, sur lequel quelques travaux, rapidement abandonnés, furent effectués aux environs de 1816.

3.1.6 - Dambach (Bas-Rhin - 67)

Les filons de fer et de manganèse de Dambach se trouvent dans le granite de Dambach-Scherwiller, en bordure de la plaine d'Alsace, au lieu-dit Bärensprung, à 8 km au NW de Sélestat. De nombreux filonets de barytine se trouvent sur le prolongement ouest et il existe, à environ 400 m au NW, un filon de quartz à oligiste avec traces de cuivre.

Les filons de fer sont connus depuis très longtemps et ils auraient été exploités dès 1200 pour l'alimentation d'un haut-fourneau. Quant au filon de manganèse qui intéressa d'abord les verriers au début du XIXe siècle, il a été l'objet de nombreuses tentatives d'exploitation depuis la fin de ce siècle : vers 1900, où l'on creusa une galerie en direction d'une centaine de mètres et une cheminée de 20 m ; vers 1920, où il y eut une petite production ; en 1937-38, où l'on creusa 40 mètres de galeries et où l'on produisit environ 75 tonnes à 40 % Mn, provenant probablement des anciens travaux ; après juin 1940, où la SOFIC creusa une galerie inférieure à - 39 m, qui rencontra de l'hématite au lieu du manganèse. Il semble que ce petit gîte soit complètement épuisé et la dernière tentative de reprise, en 1950, par M. SCHEIBLING, eut lieu pour fer, dans l'espoir d'alimenter la sidérurgie suisse.

Le filon de Mn, connu sur une longueur de 80 m et une hauteur de 65 m, est dirigé environ N 100° ; il était très irrégulier et sa puissance pouvait passer rapidement de 1 m (maximum) à quelques cm. Il était accompagné, à une dizaine de mètres au Nord, par un filon parallèle d'hématite (Cf. figure 44) et il était recoupé par un filon croiseur d'hématite et

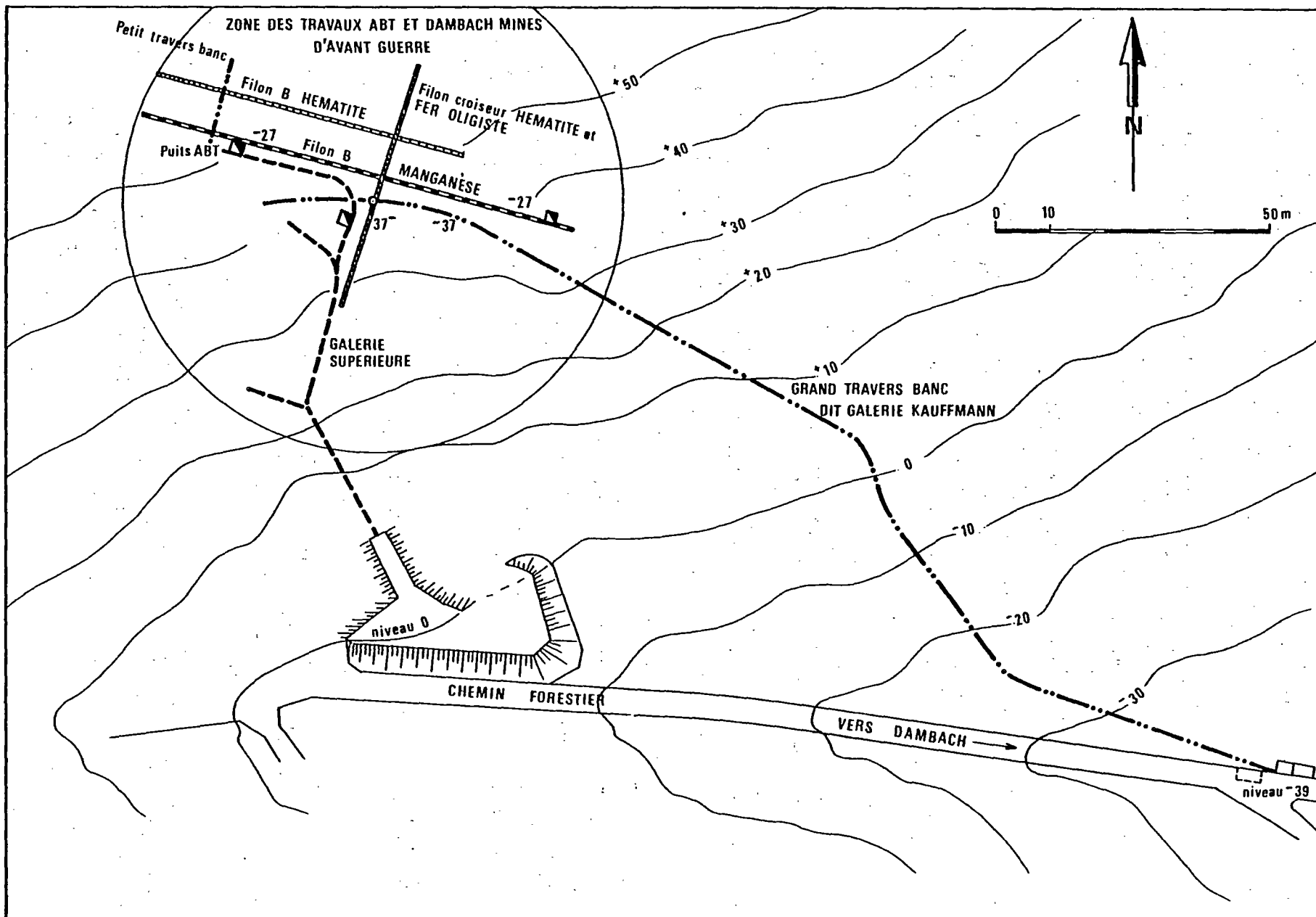


FIG. 44 - Dambach-Mines, Plan d'ensemble

d'oligiste, orienté N 15°. Il existait, en outre, un 4ème filon, dirigé N 150° et situé dans la zone occidentale des anciens travaux, dans lequel des oxydes de fer succédaient en profondeur au manganèse terreux superficiel.

Les minéraux de Mn, étudiés par R. WEIL, sont essentiellement de la braunite, accompagnée accessoirement par de la manganite, de la pyrolusite, de la hollandite et de la romanéchite. Comme minéraux de gangue, peu abondants, se trouvent du quartz et des traces de barytine.

3.1.8. - Région de Schirmeck (Bas-Rhin - 67)

- a) Parmi les filons d'oligiste situés dans le massif volcanique dévonien de la rive gauche de la Bruche, celui de Noire-Maison, dirigé NW-SE et puissant de 3 m à 7 m, renfermait au toit une bande d'oxydes de Mn (pyrolusite et cryptomélane) épaisse de 30 cm. Ces oxydes auraient été explorés, au début du XIXe siècle, par la fabrique des Produits Chimiques d'Epinal ;
- b) Sur la montagne au Nord de Schirmeck, à Crouché, un puits de 15,30 m et une galerie de 6 m avaient été ouverts, vers 1830, sur un filonet E-W d'oxydes de Mn, puissant de 4 à 10 cm ;
- c) Sur le flanc droit du vallon de Tomersbach, commune de Wisches, on avait creusé, au début du XIXe siècle, une galerie de 24 m et un puits de 5 m sur un filon de Mn, qui passait rapidement à un filon de Fe.

3.2 - GISEMENTS DANS LE PERMO-TRIAS

3.2.1 - Soultz-les-Bains (Bas-Rhin - 67)

Les grès bigarrés du Trias de Soultz-les-Bains, à 3 km au Nord de Molsheim, renferment de la psilomélane et de la pyrolusite mamelonnées, qui n'ont pas été exploitées.

3.3 - GISEMENTS SUPERFICIELS D'ALTERATION CONTINENTALE

3.3.1 - Région de Frasne-le-Château (Haute-Saône - 70)

Située à 25 km environ au SW de Vesoul, la région de Frasne-le-Château - Vaux-le-Moncelot 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 du 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 fr à 80 fr ; toutefois, les travaux cessèrent presque complètement des 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 Borneaux, sur la limite sud de la commune de Frétigney. Les premiers produisirent environ 100 tonnes de bioxyde de Mn 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 et Vaux-le-Moncelot, la psilomélane, constituant le minerai de Mn, se présentait sous la forme de rognons tuberculés, de plaquettes et de grains 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 petits amas, découverts au hasard des labours et des tranchées ; il pourrait 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 MnO₂, 3,30 % de BaO, 1,50 % de SiO₂, 2 % de Fe₂O₃ + Al₂O₃, 0,7 % de H₂O ; aussi, était-il très recherché pour les verreries.

Par contre, les travaux plus profonds de Grachaux et du Mont Borneaux ont exploré des poches argileuses de décalcification dans les calcaires du Bathonien, dans lesquelles 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 de Gy, 9 km au SW de Frasne-le-Château, les calcaires (probablement bathoniens) renferment des poches argileuses dans lesquelles on a signalé des nodules d'ébelménite accompagnés de calcite.

4 - ALPES - SUD-EST - COULOIR RHODANIEN

Cette région est très pauvre en Mn. On peut y signaler seulement 4 occurrences.

4.1 - GISEMENTS DANS LE PERMO-TRIAS

4.1.1 - Roche-de-Belmont (Haute-Savoie - 74)

Il s'agit, dans la commune de La Forclaz, d'imprégnations de pyrolusite dans des arkoses triasiques, situées à une altitude très élevée. Cet indice a fait l'objet d'une concession sarde en 1839, mais il n'a toutefois jamais été exploité.

4.2 - GISEMENTS EOCENES (OU OLIGOCENES)

4.2.1 - Toussieu (Isère - 38)

Les indices de Mn et de Fe de Toussieu ont été découverts fortuitement en 1882, au cours d'une campagne de sondages effectuée à une quinzaine de kilomètres au SE de Lyon, dans la plaine du Bas-Dauphiné, pour la reconnaissance du bassin houiller du même nom. Le sondage C₂, très proche de Toussieu (Cf. figure 45), avait, en effet, traversé, entre 266,80 m et 276 m, une formation complexe comprenant de l'hématite (4 m), de l'hématite manganésée (1,55 m) et de la pyrolusite* à 45 % Mn (0,85 m) : cette formation était encaissée dans des conglomérats à passées argileuses, attribués à l'Oligocène inférieur ou l'Eocène supérieur, au sommet d'une série détritique rouge et à la base de marnes et calcaires d'eau douce.

Après une tentative de creusement d'un puits, un nouveau forage (C₃) fut entrepris en 1886, à 200 m au Nord de C₂. Il ne donna que des résultats médiocres, avec absence totale de couches Mn, mais on admit qu'il avait démontré la continuité géométrique, ce qui permit l'institution d'une concession pour Fe et Mn (TOUSSIEU), le 31.01.1889. Un deuxième sondage (C₄), situé à 180 m au Sud de C₂, fut encore plus décevant : il ne rencontra qu'un mélange d'hématite, de brèches et d'argiles et montra ainsi, concurremment avec C₃, que la minéralisation de C₂ n'avait qu'une extension réduite, du moins dans la direction N-S, ou bien était très irrégulière. Dans ces conditions, les travaux furent arrêtés dans ce secteur.

Plus tard, un nouveau sondage pour recherche de houille (C₅), exécuté à 300 m au NE de la gare de Chandieu-Toussieu (soit à 2 800 m au NE de C₂), recoupa une nouvelle formation minéralisée sur une hauteur totale de 15,60 m, entre 391,50 m et 407,10 m ; cette formation était

* Les analyses indiquant une certaine teneur en BaO (2,6 %), il pourrait exister aussi de la psilomélane.

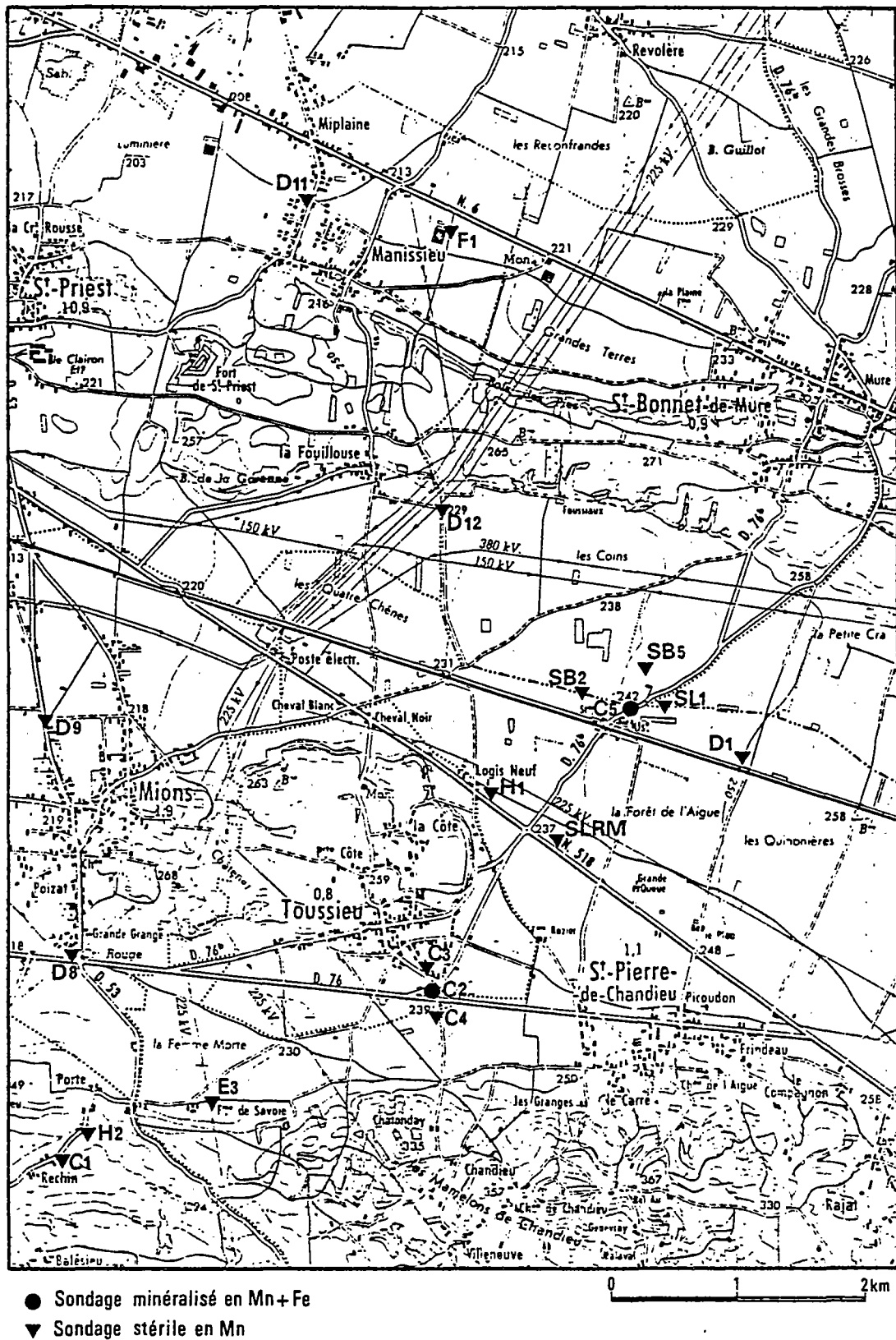


FIG. 45 - Carte de situation des sondages de Toussieu-Saint-Bonnet-de-Mure (Isère)

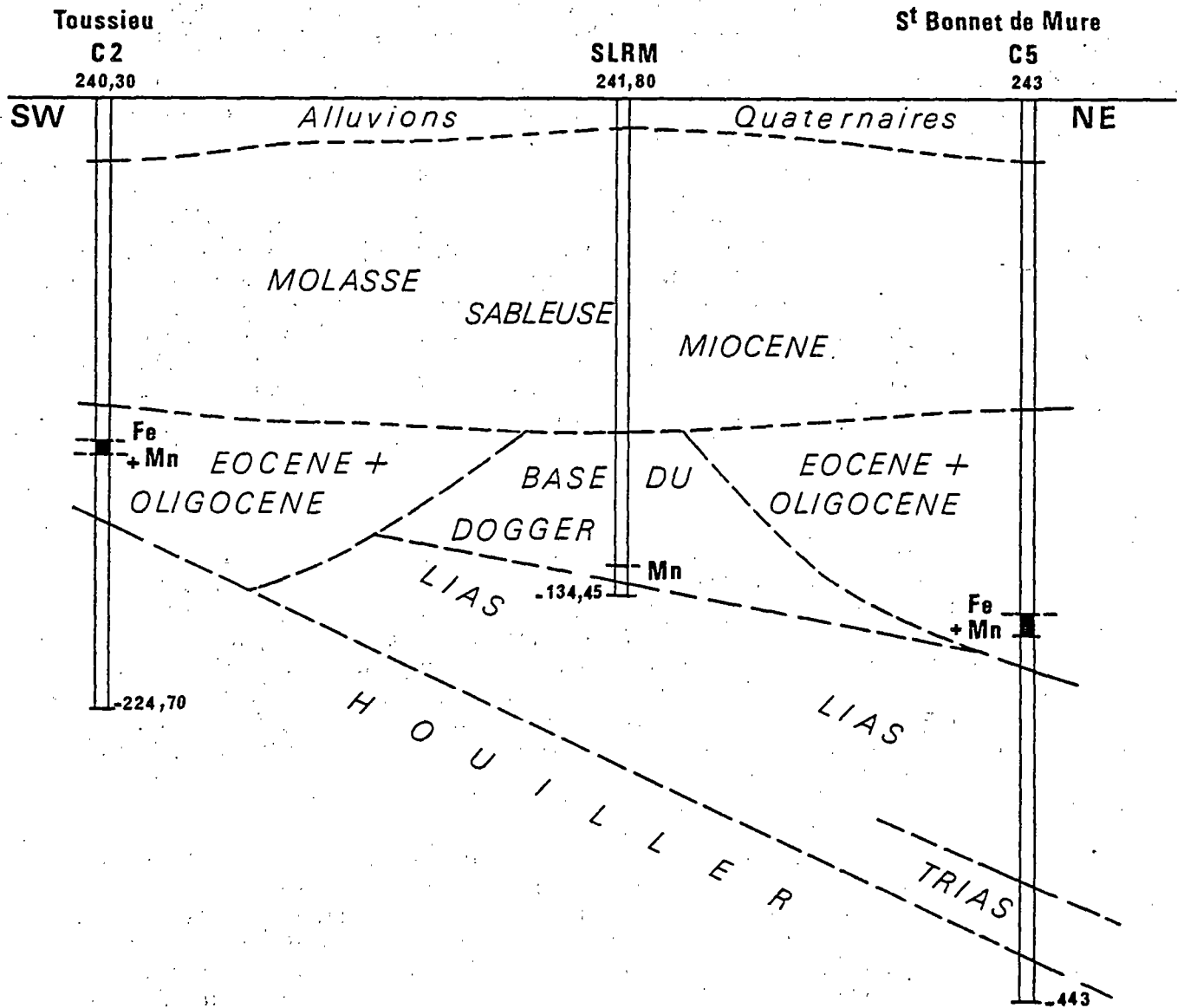


FIG. 46 - Coupe schématique passant par les sondages C₂, SLRM et C₅

également encaissée dans un conglomérat de l'Eocène supérieur probable et elle comprenait encore de l'hématite (8,45 m), de l'hématite manganésée (0,85 m) et de la pyrolusite à 34 % Mn (1,90 m) ; sa minéralisation en Mn était donc nettement plus puissante que celle de C₂, mais sa teneur plus faible. Toutefois, la société concessionnaire fut placée en 1895 sous le régime de la liquidation judiciaire et la concession fut renoncée le 02.03.1932. Entre-temps, d'autres campagnes de recherche de houille (effectuées entre 1905 et 1917) n'avaient apparemment pas rencontré de minéralisations Fe-Mn analogues à celles de C₂ et C₅.

En 1943, époque de pénurie de minerais s'il en fut, on repensa à ces deux sondages et on créa en conséquence la Société Lyonnaise de Recherches Minières (SLRM) qui exécuta, en 1944, un nouveau forage situé à mi-distance environ de C₂ et C₅ et à 650 m environ au SE de H₁ (Cf. figure 45), qui avait trouvé une couche de Fe de 3 m à 20 %. Les résultats furent très décevants : le forage ne retrouva pas le conglomérat paléogène minéralisé, mais rencontra seulement des traces de Mn dans le "cîret" (base du Bajocien). Il avait été implanté en dehors de la fosse tertiaire N.NE, sur la "falaise" de Jurassique qui la borde à l'Est (Cf. figure 46).

Comme l'intérêt demeurerait de l'ouverture d'une mine de manganèse métropolitaine, le niveau encaissant étant par ailleurs favorable à l'échelle mondiale, on pouvait espérer que la formation plus puissante de C₅ présenterait une plus grande extension que celle de C₂ et pourrait éventuellement renfermer plusieurs millions de tonnes de minerai. Aussi, la reconnaissance fut-elle décidée par le Syndicat de Recherches de Saint-Bonnet-de-Mure, formé par le B.R.G.M. et Mokta-el-Hadid, qui effectua, en 1958-59, une campagne de 3 sondages autour de C₅ (Cf. figure 45), explorant une surface de 8 ha environ.

Les résultats furent nuls au point de vue minéralisation. On trouva seulement de faibles traces de wad dans SB₂ et SB₅, principalement des remplissages de fissures avec calcite. Ainsi, la minéralisation en Mn apparaît-elle comme très sporadique, constituant seulement des taches peu étendues dans son horizon porteur éocène-oligocène, et les recherches furent-elles abandonnées à juste titre. On peut d'ailleurs douter de la véracité des chiffres de teneurs des anciens sondages.

4.2.2 - Bois-de-la-Garde et Valmasque (Alpes-Maritimes - 06)

Il s'agit de gîtes voisins concédés en 1859, 1864 et 1875, dont les plus importants se trouvent à 3 km au NW et 2 km au SW de Biot (Cf. figure 47), au voisinage d'Antibes. Ils ont produit, à eux tous, 7 644 tonnes de minerai : 4 650 de 1850 à 1877, 200 en 1891 et 2 794 de 1914 à 1920 ; les teneurs moyennes variaient entre 20 et 25 % Mn et les minerais étaient enrichis à 30 % ; les proportions de SiO₂ étaient importantes (ordre de 28 %) et les teneurs en P atteignaient 0,09 %. Les deux concessions instituées (BOIS-DE-LA-GARDE et VALMASQUE) sont maintenant déchues ou renoncées.

La région des gîtes est occupée en grande partie par une bande de dolomies grises du Jurassique moyen et supérieur, surmontée par des calcaires marmoréens berriasiens et portlandiens recouverts en discordan-

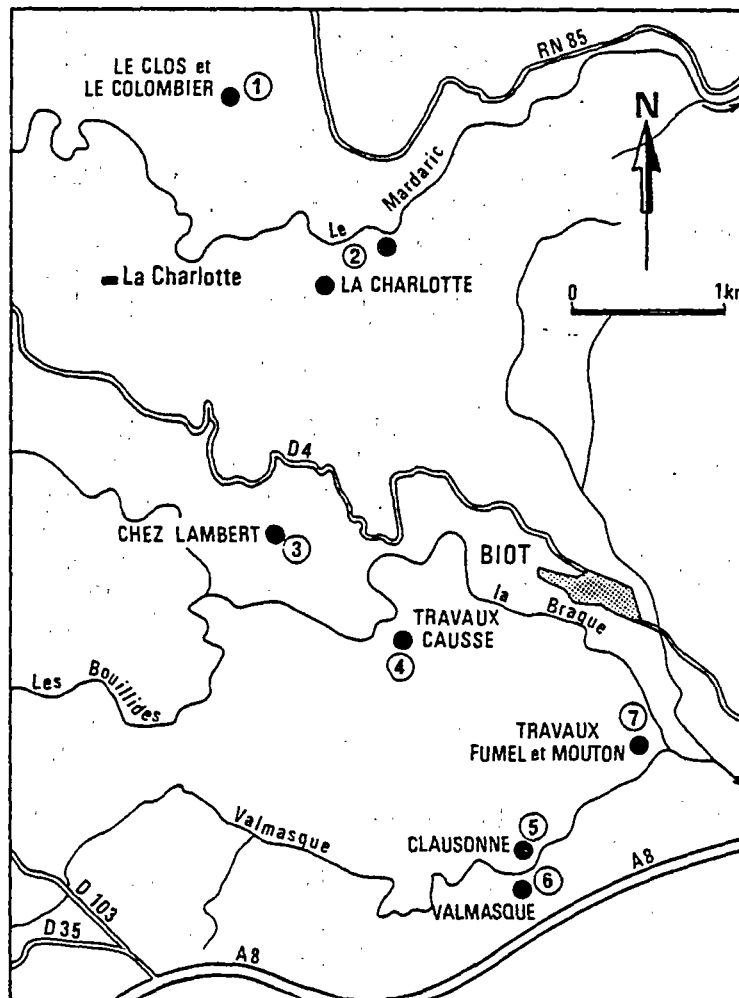


FIG. 47 - Carte de situation des anciens travaux pour Mn. de Valmasque et Bois-de-la-Garde

ce par les sables et argiles bigarrés de la Gaude (Eocène inférieur). Ces derniers, exploités pour poteries réfractaires, peuvent remplir des poches creusées à la surface supérieure du Jurassique et les oxydes de Mn peuvent se trouver dans de telles poches ; ils peuvent aussi occuper des fissures et des joints dans les calcaires et cimenter des brèches de ces mêmes calcaires.

Les oxydes des poches se trouvent sous la forme de rognons, de nodules et de grains, de 2 à 20 cm, disséminés dans les sables et grès et localisés préférentiellement à la base de ces poches ou sur leurs revêtements argileux. Une multitude de points ont été fouillés, mais seules quelques excavations ont pu fournir une production de l'ordre du millier de tonnes.

Le minerai, d'après S. CAILLERES et E.A. PERSEIL (1968), était constitué essentiellement par de la cryptomélane, avec des gerbes de todorokite, des aiguilles de polianite, des plages de braunite et, accessoirement, de hollandite. Dans la région sud, il s'y ajoutait des oxydes de fer : hématite et goethite, les uns et les autres cimentant des grains détritiques de quartz et de kaolinite. Dans les fissures des calcaires, le minerai était souvent pulvérulent, présentant le faciès wad.

Les principaux travaux ont été exécutés à La Charlotte, au NW de Biot, où existait une poche de 100 m de diamètre en surface et 50 m de profondeur. Au Directeur, à 500 m en aval, le minerai cimentait une brèche calcaire, tandis qu'à Valmasque, au Sud, il présentait une couche irrégulière, d'une puissance moyenne de 0,80 m, formée par des concrétions dans les grès. Près de la ferme Bel, le fer était abondant avec le manganèse, dans des sables rougeâtres.

4.3 - FILONS

4.3.1 - Morosaglia (Corse - 20)

Il s'agit d'un filon peu connu, épais de 30 à 70 cm, qui a fait l'objet de quelques travaux superficiels. Il a fourni 15 tonnes environ, dont 5 t à 52 % Mn.

5 - MASSIF ARMORICAIN ET BORDURES

Contrairement au Massif Central, le Massif Armoricain et ses bordures sont très pauvres en Mn. On peut seulement citer les quelques indices suivants :

5.1 - VIENNAY (Deux-Sèvres - 79)

Cet indice, qui se trouve en bordure du socle vendéen, présente des caractères analogues à ceux de Saint-Prix (Cf. 2.4.2), mais il n'a fait l'objet que de travaux insignifiants. Les oxydes de Mn, accompagnés par des oxydes de Fe, imprègnent des argiles résultant de la décomposition de roches granitiques.

5.2 - GRAZAY (Mayenne - 53)

Cet indice, qui a fait l'objet d'une concession instituée en 1836 et renoncée en 1846, se trouve à 10 km environ à l'Est de la ville de Mayenne. Il est encaissé dans les argiles de base de l'Eocène, surmontant directement le granite et recouvertes par des bancs de meulières.

Son minerai était constitué par des rognons caverneux plus ou moins volumineux de grorodite, terme ancien désignant des mélanges de pyrolusite et de psilomélane. Ces rognons, très disséminés et souvent absents, tenaient 75 % MnO_2 , 6 % Fe_2O_3 et 16 % H_2O . Il semble que la production ait été nulle.

5.3 - "GRISON"

Enfin, une roche superficielle particulière dite "grison" existe dans tout l'Ouest, du Finistère à l'Ille-et-Vilaine. Elle contient des pisolithes de limonite, pouvant être accompagnés par des oxydes de Mn et, localement, les teneurs peuvent être relativement élevées : par exemple, dans le Morbihan, 13 % Mn à Gasné et 8 % Mn à Saint-Marcel. Cette roche, constituant une ressource, serait de formation très récente et, d'après J. KERFORNE (1921), les oxydes de Mn et de Fe s'y concentreraient dans les sols humides, suivant le processus du fer des marais.

5.4 - SEUIL-DU-POITOU, les statistiques signalent une certaine production dans le département de la Vienne (241 tonnes de 1837 à 1847). Cette petite production, sur laquelle on manque de renseignements précis, provenait de carrières ouvertes pour marnes d'amendement, dans lesquelles les exploitants récoltaient des rognons d'oxydes de Mn.

6 - MANGANESE DANS LES GISEMENTS DE FER

On peut enfin mentionner que certaines formations ferrifères peuvent renfermer des teneurs appréciables de manganèse, teneurs présentant un intérêt réel pour la métallurgie. Par exemple, les filons carbonatés d'Allevard (Savoie) contiennent jusqu'à 13 % MnCO_3 , le filon du Masseguin (Lozère) tient constamment 55 % Fe et 5 % Mn, les filons du Kaymar (Aveyron), à gangue quartzeuse et fluorée, renferment 40 % Fe et 5 à 10 % Mn ; il en est de même pour les faisceaux filoniens ferrifères du Tarn.

Les gisements métasomatiques du Canigou sont également manganésifères, ainsi que les gîtes ariégeois, ... Dans ces gisements, Mn est souvent incorporé à l'hématite brune, mais il peut s'individualiser, par exemple sous la forme de rancieïte, quand l'encaissant est calcaire. Dans certains cas (Tarn et Aveyron), on a même pu exploiter séparément les oxydes de Mn contenus dans des filons essentiellement ferrifères.

INDEX MINERALOGIQUE

1 - <u>Acerdèse</u> (ou manganite)	: MnO.OH
2 - <u>Alabandite</u>	: MnS
3 - <u>Bémentite</u>	: $\text{Mn}_8[(\text{OH})_{10}\text{Si}_6\text{O}_{15}]$
4 - <u>Birnessite</u>	: $(\text{Na}, \text{Ca})\text{Mn}_7\text{O}_{14}3\text{H}_2\text{O}$
5 - <u>Bixbyite</u>	: $(\text{Mn}, \text{Fe})_2\text{O}_3$
6 - <u>Braunite</u>	: $\text{Mn}^{2+} \text{Mn}_6^{3+} \text{SiO}_{12}$
7 - <u>Bustamite</u>	: $(\text{Mn}, \text{Ca})\text{SiO}_3$
8 - <u>Chalcophanite</u>	: $\text{Zn Mn}_3\text{O}_7.3\text{H}_2\text{O}$
9 - <u>Cryptomélane</u>	: $\text{K Mn}^{2+} \text{Mn}_7^{4+} \text{O}_{16}.\text{H}_2\text{O}$
10 - <u>Dialogite</u> (ou rhodochrosite)	: MnCO_3
11 - <u>Ebelménite</u>	: Oxyde hydraté de Mn, Ba, K
12 - <u>Friedélite</u>	: $(\text{Mn}, \text{Fe})_8\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH}, \text{Cl})_{10}$
13 - <u>Groroïlite</u>	: wad (oxydes + hydroxydes)
14 - <u>Groutite</u>	: MnO.OH
15 - <u>Hausmannite</u>	: Mn_3O_4
16 - <u>Hétaerolite</u>	: $\text{Zn Mn}_2\text{O}_4$
17 - <u>Hollandite</u>	: $(\text{Ba}, \text{Na}, \text{K}) \text{Mn}_2^{2+} \text{Mn}_6^{4+} \text{O}_{16}$
18 - <u>Hornésite</u>	: $\text{Mg}_3(\text{AsO}_4)_28\text{H}_2\text{O}$
19 - <u>Hubnérite</u>	: Mn WO_4
20 - <u>Jacobsite</u>	: $\text{Mn Fe}_2\text{O}_4$
21 - <u>Kutnahorite</u> (Cf. rhodochrosite)	: Mn CO_3
22 - <u>Lithiophorite</u>	: $(\text{Al}, \text{Li}) \text{MnO}_2(\text{OH})_2$
23 - <u>Manganite</u> (ou acerdèse)	: MnO.OH
24 - <u>Mangano-calcite</u>	: $(\text{Mn}, \text{Ca})\text{CO}_3$
25 - <u>Mangano-gel</u>	: MnO_2 amorphe
26 - <u>Parsettensite</u>	: $\text{Mn}_{10}\text{Si}_{12}\text{O}_{26}(\text{OH})_{16} ?$
27 - <u>Polianite</u> (ou pyrolusite)	: MnO_2
28 - <u>Psilomélane</u>	: $(\text{Ba}, \text{Mn}^{2+}) \text{Mn}_4^{\text{IV}}\text{O}_8(\text{OH})_2$
29 - <u>Pyrolusite</u>	: MnO_2
30 - <u>Pyrophanite</u>	: MnTiO_3
31 - <u>Ramsdellite</u>	: MnO_2
32 - <u>Ranciéite</u>	: $(\text{Ca}, \text{Mn}^{2+}) \text{Mn}_4^{\text{IV}}\text{O}_9.3\text{H}_2\text{O}$
33 - <u>Rhodochrosite</u> (ou dialogite)	: Mn CO_3
34 - <u>Rhodonite</u>	: Mn SiO_3

- | | |
|---|---|
| 35 - <u>Romanéchite</u> (ou cryptomélane) | : $K Mn^{2+} Mn^{4+}_{70}H_{20}$ |
| 36 - <u>Spessartite</u> (grenat Mn) | : $Mn_3Al_2Si_3O_{12}$ |
| 37 - <u>Téphroïte</u> (peridot Mn) | : Mn_2SiO_4 |
| 38 - <u>Todorokite</u> | : (Mn, Ba, Ca, Mg) $Mn^{IV}_3O_7H_2O$ (?) |
| 39 - <u>Wad</u> | : Oxydes + Hydroxydes Mn. |

BIBLIOGRAPHIE

A - GENERALITES SUR LA GÎTOLOGIE DU MANGANESE

BATEMAN A.M - 1950 - Economic Mineral Deposits, 2nd édition, New-York : John Wiley and sons ; London : Chapman and Halls.

BETEKHTINE A.G - 1944 - Les types génétiques de gisements de manganèse - Bull. Ac. Sc. U.R.S.S., Géol, IV, p 3-46, Traduction française par R. ZVEREFF, Ann. Mines, VIII, 1953, pp. 50-51.

BOULADON J. - 1970 - Les principaux types de gisements de manganèse et leur importance économique. Revue Ind. Minér, Saint-Etienne, t. 52, n° 1, pp. 10-18.

COLLECTIF - 1956 - Symposium sobre yacimientos de manganeso. XVe Congrès géol. Intern., Mexico, 1956.

DE LAUNAY L. - 1913 - Traité de Métallogénie. Gîtes minéraux et métallifères. Librairie Polytechnique, Ch. Béranger éditeur, Paris et Liège, t. II, ch. XXXVIII, pp. 524-72.

DERIBERE M. - 1936 - Les gisements de Manganèse dans le Monde. Mines Carr.; n° 170, Décembre 1936, pp. 1-4.

RAGUIN E. - 1961 - Géologie des gîtes minéraux. Masson et Cie édit, pp. 198-206.

ROUTHIER P. - 1963 - Les gisements métallifères. Géologie et principes de recherches. Masson et Cie édit, 2 tomes, pp. 922-24, 925-37 et 991.

ROUTHIER P. - 1970 - Où sont les métaux pour l'avenir ? Les provinces métallogéniques. Essai de métallogénie globale. Mém. B.R.G.M. n° 105, pp. 217-19.

SHATSKY N.S. - 1964 - On manganiferous formation and the metallogeny of manganese. Traduit du russe dans Intern Geol. review, vol. 6, n° 6, pp. 1030-57.

VARENTSOV I.M. - 1964 - Sedimentary manganese ores. Elsevier edit. (traduit du russe), Amsterdam.

WISSINK A. - 1972 - Les gisements de manganèse du monde. Conditions de dépôt, typologie et métal connu. Bull B.R.G.M., 2, n° 1, pp. 33-48.

B - GENERALITES SUR LE MARCHE MONDIAL

CHARBONNEAUX J. - 1974 - Le manganèse. Exploitation et marché mondial. Indust. Trav. Outre-mer, Paris, vol. 22, n° 249, pp. 708-11.

DE HUFF G.L. - 1980 - Manganese-Mineral facts and problems, pp. 653-68.

LAURENT J.L. & VAN PARYS B. - 1978 - Le marché mondial du manganèse et de ses dérivés. Chron. Rech. Min., 46, n° 441, janvier-février 1978, pp. 5-25, 12 fig.

REYSSET B. - 1975 - Le marché mondial du minerai de manganèse. Caisse centrale de coopération économique. Service des études économiques et financières, Janvier 1975.

STREICHER P.E. - 1980 - The future for manganese. Metall. Bull. Monthly, n° 114, juin 1980.

ZANONE L. - 1977 - Inventaire des ressources mondiales en manganèse (à l'exclusion des nodules océaniques). A.R.M.I.N.E.S, Ecole Mines Paris, Centre Géol. Génér. et Min..

Rôle du manganèse dans les aciers. Revue Métall. Mai 1970, n° 5. Manganese ores, supplies adequate from a choice of sources. Ind.

Miner., Londres, 1975, n° 98, pp. 15-37.

Manganese overview. Mineral facts and problems, pp. 125-129, édit. 1975.

Manganese mines of the world. Mineral facts and problems. (9 pages).

Statistiques minerals year book et Mineral Trade notes.

C - GENERALITES SUR LE MARCHE FRANCAIS

Fiches C.I.A.M. (Commission interministérielle d'information sur l'approvisionnement en Matières premières minérales).

Statistiques Annales des Mines.

D - GENERALITES SUR LES GISEMENTS FRANCAIS DE MANGANESE

CAILLAUX A. - 1875 - Tableau général et description des mines métalliques et des combustibles minéraux de la France. Paris, Librairie Polytechnique, J. BAUDRY éditeur.

CHARRIN V. - 1935 - Le manganèse de France. Chimie et Indust., vol. 33, n° 2, pp. 101E-108E.

DERIBERE M. - 1937 - Le Manganèse en France. Mines Carr. n° 171, Janvier 1937, pp. 1-8.

DUFRENOY & ELIE de BEAUMONT - 1841, 48, 73 - Explication de la carte géologique de la France, t. I, II et III.

LACROIX A. - 1893 - 95 - Minéralogie de la France et de ses colonies - Paris, Librairie Polytechnique, Baudry et Cie édit., t. I à V.

LOUGNON J. - 1956 - Rapport général sur les gisements de manganèse en France. XXe Congrès Géol. Intern., Symposium sobre yacimientos de Manganeso, t. V Europa, pp. 63-171, 22 fig..

ORCEL J. - 1950 - Les gisements de manganèse français. Rapport inédit. Le Sous-Sol de la France. Répertoire annuel des Mines et gisements. Office Général Minier, 1930.

E - PYRENEES-CORBIERES-MONTAGNE NOIRE

BEAUGEY - 1889 - Note sur les gîtes de manganèse des Hautes-Pyrénées. Bull. Soc. Géol. France, (3), t. 17, pp. 297-301.

DE BOUILLE R. - 1869 - Minerai de manganèse de la Pouzanque et de Missègre, département de l'Aude. Bull. Soc. Philom. Perpignan, t. 4.

BOULADON J., KRYLATOV S., PASSAQUI B. & PROUHET J.-P. - 1965 - Sur l'existence d'un volcanisme du Dévonien supérieur dans la zone manganésifère de Las Cabesses (Ariège). C.R Somm. Soc. Géol. France, fasc. 1, pp. 11.12.

BOULADON J. & MACHAIRAS G. - sd - Le problème des terres noires et leur utilisation pour la recherche de gisements cachés. Contribution à l'étude géologique et métallogénique du district de Las Cabesses (Ariège). B.R.G.M., départ. MPMG, n° M5634.

BOULADON J., MACHAIRAS G. & PROUHET J.-P. - 1963 - Sur la découverte de kératophyres et de tufs kératophyriques intercalés dans les lydiennes de la base du Viséen à Las Cabesses (Ariège). C.R. Ac. Sc. Paris, 1.07.1967, t. 857, pp. 191-2.

BOYER F. - 1963 - Observations stratigraphiques et structurales sur le Dévonien de la région de Caunes-Minervois (feuille de Carcassonne au 1/50 000)- Bull. Serv. Carte Géol. France, C.R. collab. 1963, pp. 105-122.

- BOYER F., KRYLATOV S. & STOPPEL D. - 1974 - Sur le problème de l'existence d'une lacune sous les lydiennes à nodules phosphatés du Dinantien des Pyrénées et de la Montagne Noire (France, Espagne). Geol. Jahrb, RB, 49, Hannover, pp. 3-60, 6 tabl..
- BRAUX Ch. - 1980 - Etude des hautes vallées d'Astau et du Louron (zone primaire axiale des Pyrénées centrales). Les minéralisations Zn (Pb, Cu) et Mn. Thèse 3ème cycle, UER Sciences Orléans, 210 p., 67 fig., 3 pl..
- BRESSON A. - 1902-03 - Etude sur les formations anciennes des Hautes et Basses-Pyrénées. Le Manganèse des Hautes-Pyrénées. Bull. Serv. Carte Géol. France, t. XIV, n° 93, p. 177.
- CARALP J. - 1888 - Etude géologique sur les hauts massifs pyrénéens (Haute-Ariège, Haute-Garonne, Val d'Aran) - Toulouse.
- CARALP J. - 1893 - Le Manganèse des Pyrénées. Mém. Ac. Sciences Inscript. Belles-Lettres Toulouse, (9), t. V.
- CAREZ L. - 1906 - La Géologie des Pyrénées Françaises - Mém. Serv. Carte Géol. France.
- COQUAND H. - 1869 - Aperçu géologique sur la vallée d'Ossau (Basses-Pyrénées). Observations d'Hébert. Bull. Soc. Géol. France, (2), t. 27, pp. 43-106.
- CZYSKOWSKI L. - 1897 - Les venues métallifères de l'Espagne, Portugal, Corbières, Montagne Noire, Maures, Corse et Sardaigne - Paris.
- DIVISION SUD-OUEST DU B.R.G.M. - 1968 - Las Cabesses (Ariège) - Résultats de la campagne de sondages de 1962. Rapport DRMM 68-7.
- ESPARSEIL M. - 1893-94 - Régime minéral du département de l'Aude, t. IV et t. V.
- ESPARSEIL R. - 1936 - Sur la métallogénie des gisements de manganèse de la Montagne Noire de l'Aude et de l'Hérault. Revue Ind. Minér. n° 377, pp. 948-54 et Bull. Soc. Etudes Sc. Aude, pp. 188-204.
- FOURNIE L. - 1955 - Etude géologique et métallogénique du secteur de Riverenert - Las Cabesses (Ariège) - DES, PARIS, 83 p..
- FOURNIE L. - 1956 - Sur l'origine exogène du gîte de manganèse de Las Cabesses (Ariège). Remarques sur les gisements pyrénéens. Bull. Soc. Géol. France, (6), t. VI, pp. 81-88.

GRÜNER - 1850 - Mémoire sur le gisement et le mode de formation des minerais de manganèse des Pyrénées, suivi de quelques considérations sur le rôle des sources minérales dans la formation de certains minerais. Ann. Mines, (4e), t. 8, pp. 61-102.

JAEGER J.L., MEUNIER A. & OUTRACHT A. - 1958 - Géologie du secteur manganésifère du Minervois. Bull. Soc. Géol. France, (6e), t. VIII, pp. 267-79.

JAEGER J.L. et OVTRACHT A. - 1956 - Etude sur le gîte de La Ferronnière. Rapport B.R.G.M. A₁₀₂₀, 03-09-1956.

JAEGER J.L. et OVTRACHT A. - 1957 - Etude géologique des gîtes de manganèse du secteur Villerembert - La Matte (Aude et Hérault) - Rapport B.R.G.G.M. A₁₁₅₁, 12.06.1957.

JAEGER J.-L., OVTRACHT A. et ROUTHIER P. - 1955 - Contrôle paléogéographique des gisements de fer et de manganèse des Corbières. C.R. Ac. Sc., t. 240, pp. 638-40.

JAEGER J.-L., OVTRACHT A. et ROUTHIER P. - 1956 - Sur l'origine exogène des gîtes de fer et de manganèse du Massif du Mouthoumet (Aude) - Bull. Soc. Géol. France, (6), VI, pp. 491-500.

KLOCKMANN - 1900 - Manganerze und anderweitige lägerstätten du französischen Pyrenaen-Zeischrift für pratische geologie.

KREMER M. - 1961 - Etude géologique et métallogénique de la région de Saint-Béat (Haute-Garonne) - Thèse 3e cycle, Paris, 1961, 95p..

KRYLATOV S. - 1970 - A propos de la note d'E.A. PERSEIL intitulée : "Caractères minéralogiques de quelques types de gisements de manganèse de la France méridionale" - C.R. Somm. Soc. Géol. France, fasc. 2, pp. 48-9.

LACROIX A. - 1900 - Sur les minéraux des gisements manganésifères des Hautes-Pyrénées- Bull. Soc. Fr. Minér., t. XXIII, pp. 251-5.

LAGNY Ph. - 1961 - Les indices de manganèse de la vallée du Laxia (Basses-Pyrénées). C.R. 86e Congrès Nat. Soc. Savantes, Montpellier, 1961, S^{on}. Sciences, pp. 417-21.

LAGNY Ph. - 1963 - Etude géologique et métallogénique de la bordure méridionale du Labourd aux environs d'Ixassou (Basses-Pyrénées) - Thèse 3e cycle, Géol. Appl., Paris.

METTRIER A. - 1893 - Description des gîtes minéraux du haut bassin de la Garonne. Bull. Soc. Géogr. Toulouse, t. XII.

MUSSY - 1864 - Note sur les gîtes métallifères de l'arrondissement de Saint-Girons - Bull. Soc. Ind. Minér., t. X, pp. 193-262 et 317-355.

MUSSY - 1868-1869 - Description de la constitution géologique et des ressources minérales du canton de Vicdessos et spécialement de la mine de Rancié. Ann. Min., t. XIV, 1868, et t. XV, 1869.

OVTRACHT A. - 1962 et 1964 - Province ferro-manganésifère viséenne de la Mésogée du Sud-Ouest. C.R. 87e Congrès National Soc. Sav. Poitiers, S^{on}. Sciences, pp 557-566, et Boletín del Instituto de estudios asturianos, n° 9, 18 p., Oviedo.

OVTRACHT A. et FOURNIE L. - 1956 - Signification paléogéographique des griottes dévoniennes de la France méridionale. C.R. Somm. Soc. Géol. France, 6-2, p. 26.

PASSAQUI B., BERNATZKY M., PROUHET J.-P., GUIRAUDIE Ch. - 1962 - Etude des minéralisations manganésifères de la concession de Las Cabesses (Ariège) - Rapport B.R.G.G.M. A 1947; 20.01.1962.

PELISSONNIER H. - 1956 - Caractères syngénétiques du manganèse des Hautes-Pyrénées. XXe Congrès Géol. Intern., Mexico, Symposium sobre yacimientos de manganeso, t. V Europa, pp. 173-195.

PERSEIL E.A. - 1962 - Etude géologique et métallogénique de la partie moyenne du Massif de l'Arize (Ariège) - Thèse 3e cycle, Paris.

PERSEIL E.A. - 1965 - Association de braunite et hausmannite dans un niveau manganésifère de Cazalas (Ariège) - Bull. Soc. Fr. Minér. Cristall., t. LXXXVIII, pp. 300-303.

PERSEIL E.A. - 1965 - Existence d'un niveau à brèche du Dévonien supérieur de Brachy (Ariège) minéralisé en jacobsite - Bull. Soc. Fr. Minér. Cristall., 88, pp. 349-50, Paris.

PERSEIL E.A. - 1966 - Sur la présence de todorokite dans le calcaire griotte du Dévonien supérieur de Las Cabesses (Ariège) - C.R. Ac. Sc. Paris, t. 262, pp. 949-51.

PERSEIL E.A. - 1966 - Le manganèse dans le calcaire griotte du Massif de l'Arize (Ariège) et de la région de Saint-Béat (zone axiale des Pyrénées, Haute-Garonne) - Bull. Soc. Fr. Minér. Cristall., 89, pp. 377-81, Paris.

PERSEIL E.A. - 1966 - Les minéralisations en manganèse du Dévonien supérieur de Las Cabesses (Ariège) - C.R. 91e Congrès National Soc. Sav. Rennes, S^{on}. Sciences, II, pp. 313-21.

PERSEIL E.A. - 1968 - Contribution à la métallogénie du manganèse dans la France méridionale. Thèse, Fac. Sc. Toulouse, 208 p., 27 pl..

PERSEIL E.A. - 1968 - Caractères minéralogiques de quelques types de gisements manganésifères de la France méridionale - Bull. Soc. Géol. France, (7), X, pp. 408-12.

PERSEIL E.A. - 1968 - Nouvelles données sur le manganèse des Hautes-Pyrénées. C.R. Ac. Sc., Série D, t. 266, pp. 1705-08.

PERSEIL E.A. - 1970 - De quelques questions posées par la métallogénie du manganèse dans la France méridionale - C.R. Somm. Soc. Géol. France, fasc. 2, pp. 49-51.

PERSEIL E.A. et TOURENCQ Cl. - 1963 - Nouvelles données sur le Paléozoïque du Massif de l'Arize (Ariège). Bull. Soc. Géol. France, t. V, pp. 835-7.

SPINDLER J.P. - 1945 - Etude des minerais de manganèse de la région pyrénéenne et du versant méridional de la Montagne Noire - Rapport Comm. Gîtes Métall. CNRS, Paris.

THIEBAUT L. - 1935 - Sur l'origine des gisements de manganèse des Pyrénées françaises - Congrès Intern. Mines Métall. Géol. Appl., VII, Paris, t. I, pp. 159-64.

TOURENCQ Cl. - 1960 - Etude géologique et métallogénique de la terminaison orientale du Massif de l'Arize. Thèse 3e cycle, Paris.

F - MASSIF CENTRAL ET BORDURES

BLOUIN J.P. et RECOING M. - 1977 - Echantillonnage des argiles manganésifères du Nontronais (Dordogne). B.R.G.M., rapport DL Clermont n° 273, 30.12.1977.

BOISSE A.D. - 1870 - Esquisse géologique du département de l'Aveyron. Paris.

BOULADON J. - 1958 - Etude sommaire du gisement de Romanèche (Saône-et-Loire) - Rapport B.R.G.G.M. A 1390, 13.11.1958.

- CHAMETTE A. - Sur la présence de l'améthyste dans les mines de manganèse de Saint-Prix-sous-Beuvray. Bull. Soc. Hist. Nat. Autun, n° 28, pp. 108-09.
- DELANOUE J. - 1845 - Sur la formation des minerais de fer d'Excideuil et du manganèse de Nontron (Dordogne) - Bull. Soc. Géol. France, (2), t. II, pp. 388-93.
- DELANOUE J. - 1845 - Sur les oxydes de fer et de manganèse qui existent dans certaines roches à l'Ouest du Plateau Central de la France - Bull. Soc. Géol. France, (2), t. III, pp. 47-9.
- DELANOUE J. - 1857 - Sur la formation des minerais de fer, de manganèse et de plomb du département de la Dordogne - Bull. Soc. Géol. France, (2), t. XIV, p. 885.
- DESPRES G. - 1879 - Rapport sur les mines de fer et de manganèse de la Société Civile Française des Mines, minières et carrières du Quercy-Paris.
- DOLOMIEU D. - 1976 - Description de la mine de manganèse de Romanèche - Journal mines, t. IV, n° 19, an IV, pp. 27-50.
- DROUOT M. - 1857 - Notices sur les gîtes de houille et les terrains des environs de Forges et de La Chapelle-sous-Dun et sur les gîtes de manganèse et les terrains des environs de Romanèche. Paris, pp. 109-214.
- GEFFROY J. - 1979 - Gîtes métallifères et minéraux. Notice explicative de la carte de Mende à 1/50 000, pp. 40 et 44-5.
- MANES M. - 1847 - Statistique minéralogique du département de Saône-et-Loire.
- MARUEJOL P. - 1956-57 - Indices principaux de minéralisation de la haute vallée du Lot. Thèse 3e cycle Fac. Sc. Clermont-Ferrand.
- NINKOVIC D. - 1961 - Etude géologique et métallogénique du bassin de Chaillac (Indre). Thèse 3e cycle, Fac. Sc. Paris, 98 p..
- VINCIENNE H. - 1948 - Rapport géologique sur le gisement de fer du bassin de Chaillac. Chambre Comm. Ind. Châteauroux.
- ZISERMAN A. - 1980 - Les gisements de Chaillac (Indre) : la barytine des Redoutières, la fluorine du Rossignol. Association d'un gîte stratiforme de couverture et d'un gîte filonien du socle. 26e Congrès géol. Intern., Gisements français, fasc. E 3.

G - VOSGES ET BORDURES

BONHOMME - 1958 - Contribution à l'étude d'une mine de manganèse dans la région de Gérardmer. Diplôme Inst. Physique Globe, Strasbourg.

VON ELLER J.-P., BLANALT J.-G., FLUCK P. & VOGT H. - 1973 - Le massif granitique de Dambach-la-Ville (Bas-Rhin) et ses abords. Bull. Ann. Sc. Univ. Besançon, Géol., (30), fasc. 18, pp. 287-97.

FLUCK P., WEIL R. & WIMMENAUER W. - 1975 - Géologie des gîtes minéraux des Vosges et des régions limitrophes. Gîtes Minéraux de la France, vol. II, Mém. B.R.G.M. n° 87.

FOURNIER E. -sd - Les gîtes de fer et de manganèse des environs de Granchaux (Haute-Saône).

LOUGNON J. - 1978 - Le gisement de manganèse du Haut-Poirot in livret-guide excurs. Soc. Fr. Minér. Cristall. dans Massif Vosges, 30 septembre-1er Octobre 1978, pp. 63-8.

PERSEIL E.A. - 1975 - Nature et caractères minéralogiques des oxydes et carbonates manganésifères de Faucogney (Haute-Saône). C.R. Ac. Sc. Paris, t. 280, série D, 05.05.1975, pp. 1931-34.

THIRRIA E. - 1833 - Statistique minéralogique et géologique du département de la Haute-Saône.

THIRRION Ch. - 1932 - Contribution à l'étude des gîtes miniers des Vosges hercyniennes. Les gîtes de manganèse et de fer de Saphoz, près Faucogney-Belfort.

THIRRION Ch. - 1933 - Le gîte de manganèse de Saphoz, près Faucogney (Haute-Saône). Notes de métallogénie. C.R. somm. Soc. Géol. France, n° 13, pp. 183-4.

THIRRION Ch. - 1933 - Manganèse et Fer. Le Pays Comtois, n° 9, Besançon.

THIRRION Ch. - 1935 - Etude géologique sommaire des gîte de manganèse et de fer de Saphoz, Haute-Saône - Congrès Intern. Mines, Métall, Géol. appl., t. I, pp. 165-72.

WEIL R., SIAT A., MEISTER L & BONHOMME M. - Les espèces minérales du gisement de manganèse du Haut-Poirot, près Gérardmer (Vosges) - Bull. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine, t. 12, fasc. 2, Strasbourg, pp. 49-59, 1 fig..

WHITCOMB-KARPINSKI - 1930 - Contribution à l'étude métallogénique des Vosges méridionales - Mém. Soc. Sc. Nancy, 1931, 142 p..

H - ALPES-SUD-EST-COULOIR RHODANIEN

CAILLERES S. & PERSEIL E.A. - 1968 - Données nouvelles sur les argiles de la Valmasque (Alpes-Maritimes) - C.R. 93e Congrès Nat. Soc Savantes, Tours, S^{off}. Sciences, t. I, pp. 207-13.

LEFAVRAIS A., BOULADON J. & LIENHARDT G. - 1959 - Permis de Saint-Bonnet-de-Mure (Isère). Campagne de sondages 1958-59 - Rapport B.R.G.M. A₁₅₃₅, 26.10.1959.

LOUGNON J. - 1957 - Note sur le gisement de fer et manganèse de Toussieu (Isère). Rapport B.R.G.G.M. A₁₂₃₁, 06.11.1957.

I - MASSIF ARMORICAIN ET BORDURES

BLAVIER E.D. - 1837 - Essai de statistique minéralogique et géologique du département de la Mayenne - Paris.

KERFORNE L. - 1921 - Note sur une formation superficielle dite grison, dans le Massif Armoricaïn - Bull. Soc. Géol. Minér. Bretagne, t. II, fasc. I, pp. 108-111.

GISEMENTS DE MANGANÈSE DE LA FRANCE

Echelle : 1 / 2.500.000

TYPES DE GÎTES

Amas et couches dans le Dévonien supérieur

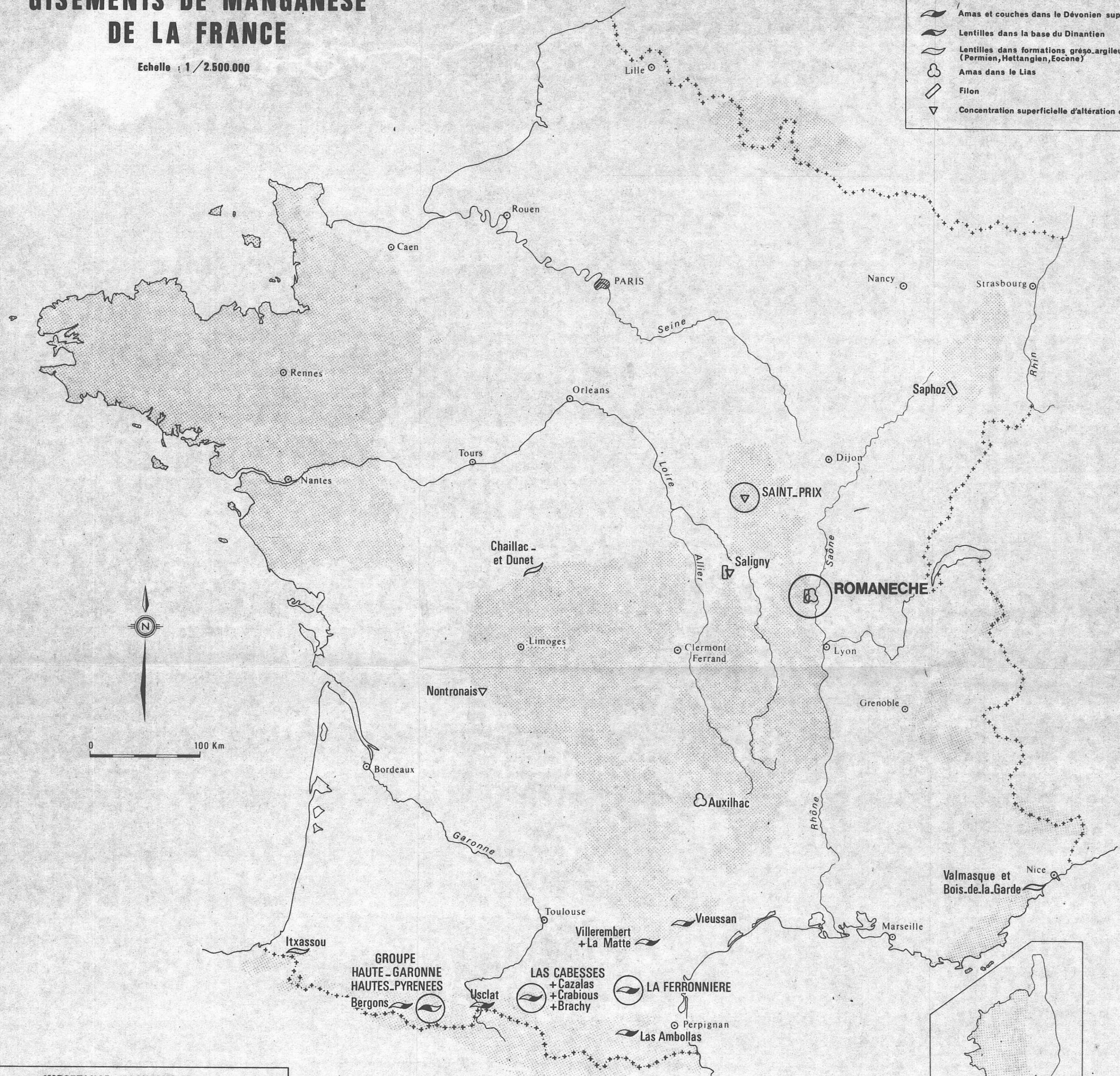
Lentilles dans la base du Dinantien

Lentilles dans formations grés. argileuses (Permien, Hettangien, Eocène)

Amas dans le Lias

Filon

Concentration superficielle d'altération continentale



IMPORTANCE ECONOMIQUE		
Taille	Productions + Réserves (en tonnes de minerai marchand)	
0	1000 à 50.000 t.	Vieussan
1	50.000 à 200.000 t.	SAINT-PRIX
2	> 200.000 t.	ROMANECHÉ