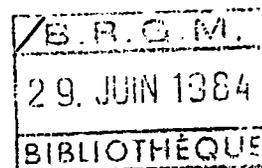




BRGM

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

CONFIDENTIEL



# RESSOURCES MINIÈRES FRANÇAISES

Tome 8

**Les gisements de soufre et de pyrite  
(Situation en 1980)**

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 :

J. Méloux

(Département Gîtes Minéraux  
BRGM)

avec la collaboration :

- de la Compagnie industrielle et minière
- de la Société nationale elf-aquitaine  
(production)
- de J.P. Contri (BRGM/RDM)

# SOMMAIRE

	Pages
Avant-propos.....	1
 <u>GENERALITES</u>	
Sources du soufre.....	2
Utilisations du soufre .....	3
Cours et évolution des prix .....	3
Production mondiale .....	4
Réserves mondiales .....	5
Marché français du soufre .....	5
Grands types de gisements .....	6
Principaux documents consultés.....	9
 Tableaux des gîtes français de soufre et de pyrite .....	 11
 <u>LES GITES DE SOUFRE ELEMENTAIRE EN FRANCE</u>	
Les solfères du Midi de la France .....	15
Lacq, Meillon.....	23
 <u>DESCRIPTION DES PRINCIPAUX GITES FRANCAIS DE PYRITE</u>	
 <u>Partie nord-est du Massif Central</u> .....	 28
Lyonnais           : Sain-Bel .....	30
Morvan            : Chizeuil .....	35
Beaujolais       : Berchoux, la Creuse, Valtorte, Monthoux	39
 <u>Bordure sud-est du Massif Central</u> .....	 41
Bordure du Vivarais : Soyons .....	45
Bordure cévenole   : Le Soulier .....	48
Cendras .....	52
Saint-Félix .....	53
Saint-Julien de Valgagues .....	56
Mas Dieu .....	59
Panissièrre .....	62
Saint-Florent .....	64
Saint-Jean du Pin .....	66
 <u>Montagne Noire</u> .....	 69
Salsigne .....	69
 <u>Limousin</u> .....	 73
La Chabanne .....	73
 <u>Massif Armoricaïn</u> .....	 74
Rouez .....	76
La Touche .....	79

## AVANT PROPOS

Le soufre est un élément fondamental de la vie, comme le carbone. C'est également une matière de base indispensable à l'industrie. Et certains n'ont pas hésité à voir dans la consommation de soufre d'un pays, le reflet, de son essor économique.

Les Etats-Unis ont détenu le monopole absolu du marché du soufre depuis la fin de la première guerre mondiale (80 % de la production en 1920), jusqu'à 1954, date de la venue de nouveaux producteurs mexicains, canadiens, polonais.

La France, qui occupait la troisième place dans la hiérarchie des producteurs jusqu'en 1900, derrière l'Italie et le Japon, a vu sa production décroître progressivement pour tomber à zéro en 1930. La découverte des gisements de gaz sulfureux de la région de Lacq a renversé la situation et a permis à la France de revenir depuis 1958 à un rang plus honorable. Actuellement notre pays est passé au cinquième rang avec 6,2 % de la production de soufre élémentaire derrière les Etats-Unis, le Canada, la Pologne et l'U.R.S.S. Mais cette bonne place repose pratiquement sur le seul gisement de Lacq dont la production (1,9 millions de tonnes de soufre en 1978) a atteint son palier et devrait bientôt décroître. Depuis la fermeture, en 1972, de la mine de Sain-Bel qui a fourni environ 20 millions de tonnes de pyrite, la production d'acide sulfurique à partir de la pyrite se résume à celle du gisement d'or de Salsigne qui produit mensuellement 2.000 tonnes d'acide sulfurique.

Enfin, n'oublions pas qu'à l'échelle mondiale les réserves de soufre identifiées sont très importantes, et sont toujours liées de près ou de loin à celles des hydrocarbures gazeux, liquides ou solides.

## GENERALITES

### I - SOURCES DU SOUFRE

Le soufre est un élément abondant dans l'écorce terrestre. Le fond géochimique moyen est estimé à 520 ppm; ce qui fait du soufre, le 10ème élément par ordre d'importance, derrière le phosphore (1180 ppm) et le manganèse (1000 ppm).

- Il se concentre sous forme de soufre natif dans des assises sédimentaires d'origine lagunaire et dans certains types d'appareils volcaniques.
- Il se trouve également dans tous les combustibles minéraux (hydrocarbures, liquides et gazeux, charbons, bitumes...).
- Il se trouve enfin en accumulations importantes, sous forme de sulfures de métaux courants (pyrite, minerais sulfurés de Cu, Zn, Pb...) et sous forme de sulfates de quelques éléments lithophiles.

Ces diverses sources du soufre sont toutes exploitées, mais suivant la nature des gisements le soufre obtenu est commercialisé sous différents états. On distingue généralement :

#### a) Le soufre élémentaire subdivisé en deux groupes :

- . Le soufre Frasch, extrait des gisements sédimentaires sous forme de soufre natif par un procédé mis au point par Hermann Frasch (Ce procédé consiste à injecter par sondages de l'eau surchauffée à 160° pour fondre le soufre "in situ". Le soufre liquide est remonté à la surface et stocké sous sa forme liquide ou solide).
- . Le soufre de récupération, extrait du gaz naturel ou récupéré dans les raffineries de pétrole. A Lacq, on procède à une séparation des gaz acides ( $\text{SH}^2$  et  $\text{CO}_2$ ) contenus dans les hydrocarbures suivie d'une oxydation de l'hydrogène sulfuré qui fournit du soufre et de la vapeur d'eau.

#### b) Le soufre des sulfures et des sulfates :

- . Les sulfures métalliques, (minerais de Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Mo) et la pyrite ne fournissent pas de soufre élémentaire. Mais ils donnent, par grillage, de l'anhydride sulfureux ( $\text{SO}_2$ ) qui est ensuite transformé en acide sulfurique (il faut 345 kg d'équivalent soufre pour fabriquer une tonne d'acide sulfurique).
- . Les sulfates, comme les sulfures, ne fournissent pas de soufre élémentaire mais de l'anhydride sulfureux (par réduction) qui est ensuite transformé en acide sulfurique.

## II - UTILISATIONS DU SOUFRE

L'usage de loin le plus important est la production d'acide sulfurique ( $H^2SO^4$ ) qui est une matière de base de l'industrie chimique. Sa production qui représente environ 85 % de la consommation du soufre sous toutes ses formes, a été assurée longtemps presque exclusivement par le grillage des pyrites et des autres minerais sulfurés. Actuellement, on utilise de plus en plus de soufre élémentaire (dans une proportion supérieur à 80 %) pour cet usage. L'acide sulfurique entre pour plus de la moitié dans la fabrication des engrais, surtout des engrais phosphatés; cet acide intervient également dans un très large éventail d'industries (pigments, textiles...).

- Le sulfure de carbone ( $CS_2$ ) qui requiert un soufre d'une extrême pureté, constitue le solvant de la cellulose employée dans l'industrie des textiles artificiels.
- Le bisulfite de calcium ou de sodium ( $Ca (HSO_3)^2$  et  $Na HSO_3$ ) entre traditionnellement dans la fabrication de la pâte à papier. Ce procédé en voie de disparition utilise un peu plus de 4 % de la production du soufre.
- Les sulfures sublimés (fleur de soufre) ou triturerés ventilisés sont utilisés pour la lutte contre l'oïdium dans la viticulture et l'arboriculture. Ils entrent également dans l'industrie du caoutchouc. Un apport de 2 % de soufre permet au caoutchouc de conserver son élasticité en présence du froid et de la chaleur.
- Le soufre pur constitue enfin une des matières premières utilisées par la chimie fine, qu'il s'agisse de produits particuliers nécessaires à l'industrie ou de spécialités pharmaceutiques tels les sulfamides...

## III - COURS ET ÉVOLUTION DES PRIX

Après avoir connu à la suite de la deuxième guerre mondiale une période de stabilité due à l'hégémonie américaine sur le marché du soufre (entre 40 et 45 dollars la tonne), les prix de cette matière première connaissent depuis 1954 des fluctuations nombreuses causées par une alternance de périodes de surproduction suivies de périodes de tension :

- à partir de 1954, la mise en exploitation des gisements mexicains entraînent la première baisse des cours, qui s'accroît à partir de 1958 avec l'arrivée de nouveaux producteurs (mise en route des gisements de gaz de France puis du Canada et par la suite mise en production des gisements polonais). Les prix tombent en 1965 à 20 dollars la tonne ;
- à partir de 1965 les prix remontent et atteignent 49 dollars la tonne en 1968 ;
- dès 1968 la tendance se renverse de nouveau jusqu'en 1973, par suite d'une augmentation de soufre récupéré au Canada et en Pologne).

- les cours remontent en 1973 et atteignent un niveau record de 75 dollars la tonne en 1975 mais l'évolution s'inverse dès la fin de cette même année ;
- la tendance à la baisse se confirme pendant les années 1976 et 1977, jusqu'en janvier 1978 (58 dollars/la tonne) ;
- puis de nouveau les cours montent : 80-82 dollars/tonne en juillet 1979, 105 dollars/tonne en janvier 1980 et 130 dollars/tonne en juillet 1980.

#### IV - PRODUCTION MONDIALE

Depuis plusieurs années, la production mondiale de soufre (sous toutes ses formes) en progression constante, tourne autour de 50 millions de tonnes :

1974 : 50,3 Mt  
 1975 : 49,8 Mt  
 1976 : 49,7 Mt  
 1977 : 53,4 Mt  
 1978 : 55,4 Mt

En 1977, la production mondiale de soufre sous toutes ses formes (en 1 000 t de S contenu) se répartissait ainsi par pays :

	soufre sous toutes formes	soufre élémentaire	pyrite	soufre sous autres formes (S.O.F.)
Etats-Unis	11 439	9 514	275	1 650
U.R.S.S.	10 370	3 020	5 150	2 200
Canada	7 296	6 616	290	390
Pologne	5 150	4 825		325
Japon	2 825	1 100	389	1 336
France	2 185	2 020		165
Mexique	1 976	1 875		101
Allemagne de l'Ouest	1 627	851	260	516
Espagne	1 200	10	1 055	135
non classés	9 325	2 816	4 146	2 363
Total	53 393	32 647	11 565	9 181

(Source : Phosphorus and Potassium)

Le soufre élémentaire représente 61 % de la production mondiale (32 % pour le soufre Frasch 29 % pour le soufre de récupération) contre 22 % pour les pyrites et 17 % pour le soufre sous autres formes.

La part relative des pyrites est de plus en plus faible (22 % en 1977 contre 28 % en 1970), au bénéfice du soufre élémentaire. La baisse de production de pyrite est particulièrement forte dans le monde occidental (4,45 Mt en 1975 contre 6,85 Mt en 1968).

## V - RÉSERVES MONDIALES

Les réserves mondiales estimées en 1975 par R.W. Merwin dans "Mineral facts and problems" s'élèvent à plus de deux milliards de tonnes et représentent environ 40 ans de consommation. Elles sont classées par pays dans le tableau ci-dessous :

	Réserves (en millions de tonnes)
Etats-Unis	235
Canada	415
Mexique	90
U.R.S.S.	150
Pologne	70
Moyen Orient	610
non classés	460
Total	2 030

Une part importante des réserves est contenue dans les gisements de gaz naturel du Moyen Orient; du Canada, et de l'Europe de l'Ouest. Une autre provient des gisements de soufre du Mexique, de la Pologne, de l'U.R.S.S. et du Moyen Orient; les pyrites se trouvent surtout en Europe de l'Ouest et en U.R.S.S.; enfin il existe des réserves importantes de soufre dans les gisements de pétrole du Moyen Orient.

Quant aux ressources elles sont sensiblement plus importantes, ceci sans compter le soufre contenu dans les gisements de charbon, de schistes bitumineux, de gypse et d'anhydrite. Ainsi le soufre est disponible en quantités fort importantes, souvent comme sous-produit, et sa production dans l'avenir ne devrait connaître que des aléas dus à la conjoncture économique du monde.

## VI - LE MARCHÉ FRANÇAIS DU SOUFRE

La production française de soufre élémentaire (2,05 Mt en 1977 soit 6,2 % de la production mondiale de soufre élémentaire) provient pour plus de 90 % de la désulfuration du gaz naturel de Lacq exploité par la SNEAP, le reste est produit à partir de la désulfuration du pétrole brut dans les raffineries. Enfin, la France produit du SOF sous forme d'acide sulfurique surtout dans les fonderies de plomb-zinc.

Bilan France métropolitaine de soufre  
(en 1 000 t.)

	1975	1976	1977	1978	1979
Production de soufre élémentaire	1 872	1 874	2 046	2 075	
dont (Lacq) (désulfuration)	(1 762) (110)	(1 751) (174)	(1 872) (174)	(1 900) 175	(1941)
Production de pyrites	0	0	0	0	0
Production de S.O.F.	109	143	165	-	
Consommation de soufre (toutes formes)	1 500	1 531	1 700	-	
Importations de soufre élémentaire	565	505	667	660	
dont (Pologne)	(311)	(272)	(429)	(447)	
(Canada)	(102)	(109)	(149)	(88)	
(Etats-Unis)	(110)	(98)	(79)	(89)	
Exportations de soufre élémentaire	544	742	1 016	1 150	

Source : Annales des Mines,  
Phosphorus and Potassium et SNEA (P).

## VII - GRANDS TYPES DE GISEMENTS

Dans une première approche on peut classer les différents types de gisements en deux grands groupes :

- les gisements de soufre élémentaire
- les gisements de pyrite (qui ne fournissent pas de soufre élémentaire, mais de l'anhydride sulfureux le plus souvent transformé en acide sulfurique).

### GISEMENTS DE SOUFRE ELEMENTAIRE

Ce groupe comprend :

Les gisements sédimentaires (ou solfaires).

Ce sont de très loin les plus importants. Ils offrent l'avantage avec les gisements volcaniques d'être autonomes : le soufre extrait n'étant pas un sous-produit ou un co-produit d'hydrocarbures ou de métaux.

On peut distinguer en reprenant l'étude bibliographique de P. Rouveyrol (1970) plusieurs types de gisements sédimentaires de soufre.

#### Gisements de bassins très plissés :

Les plis et les failles ont haché et morcelé les gisements qui, pour un district d'une surface donnée, sont nombreux et petits, d'épaisseur (1 à 10 m) et de surface (0,1 à 0,5 km<sup>2</sup>) variables. Ces gîtes sont bouleversés par des failles et des plissements secondaires, leur pendage est redressé.

Les gisements miocènes de Sicile sont le meilleur exemple de ce type de gisement. Les couches de soufre, qui coïncident avec les flancs de structures anticlinales, alternent avec des couches de marnes bitumineuses et salées ; leur teneur se situe entre 10 et 15 % S, rarement plus ; leur tonnage est petit, quelques milliers à quelques dizaines de milliers de tonnes. Les gisements de cette nature ne se prêtent pas à une exploitation mécanisée. En Sicile, les mines sont des entreprises artisanales à prix de revient élevé et bien que la région, exploitée depuis l'antiquité, contienne encore des réserves importantes, la plupart des exploitations sont arrêtées.

Les solfères du Midi de la France peuvent être classés dans cette catégorie.

#### Gisements de bassins peu plissés en bordure de plateforme :

Dans les bassins peu plissés, situés en bordure des plates-formes anciennes et stables, les gisements sont caractérisés par leur épaisseur régulière (quelques dizaines de mètres), leur grande étendue (15 à 20 km<sup>2</sup>), leur teneur élevée (25 à 30 %) et leur faible pendage. Leur tonnage est de l'ordre de quelques dizaines de millions à cent millions de tonnes. Comme ils sont situés dans la zone bordière des bassins, côté plate-forme, le recouvrement n'est jamais très grand et les conditions d'exploitation sont bonnes. Aussi ces gisements ont-ils une grande importance industrielle.

Les gisements de l'avant fosse de la chaîne des Carpathes constituent le meilleur exemple de ce type. Bordé au Sud par la chaîne des Carpathes au Nord-Est par la plate-forme précambrienne et au Nord-Ouest par le socle hercynien, la dépression miocène des Précarpathes s'étend à travers le Sud de la Pologne, depuis la Haute-Silésie à l'Ouest, jusqu'à la frontière orientale de la Pologne et, au-delà, jusqu'à Rzdola en Ukraine occidentale. Cette dépression carpathique renferme les importants gisements de la région de Tarnobreg sur la Haute Vistule et de la région de Rozdola en Ukraine.

#### Gisements des "cap-rocks" des dômes de sel :

Les bassins permien d'évaporites ont été recouverts par une masse importante de sédiments plus récents, dont le poids a déclenché la formation de dômes de sel. Les dômes, rarement isolés, se trouvent le plus souvent groupés par dizaines, voire par centaines. Ils comportent un chapeau ou "cap-rock" sulfaté.

Les zones les plus denses en dômes sont situées en Amérique sur le pourtour du Golfe du Mexique ; en Europe du Nord (Danemark, Allemagne du Nord, Hollande) ; au Moyen-Orient, sur le pourtour du Golfe persique ; enfin en URSS, au Nord de la mer Caspienne. La plupart des dômes ont leur origine dans les bassins d'évaporites permien (Golfe du Mexique, Europe du Nord) ; quelques-uns, cependant, sont plus récents (Miocène, dans le Nord de l'Iran) ou plus anciens (Cambrien, sur le pourtour du golfe persique).

Sur le pourtour du golfe du Mexique, plus de 400 dômes sont connus mais une trentaine seulement on fourni et fournissent encore une production importante de soufre. Les "cap-rocks" exploités ont une forme lenticulaire très irrégulière et sont de volume très variable, leur épaisseur varie de quelques dizaines à quelques centaines de mètres, leur surface de quelques milliers de m<sup>2</sup> à quelques km<sup>2</sup>. Leur teneur en soufre varie de 10 à 50%. Ces gisements se situent généralement à assez grande profondeur (entre 200 et 1000 m) et sont exploités suivant le procédé Frasch.

#### Les gisements volcaniques (ou solfatares).

Dans les gisements volcaniques nommés solfatares, le soufre est produit par l'oxydation des fumerolles sulfhydriques dans les conditions du voisinage de la surface. Il a pu ensuite être remanié par les eaux météoriques, car il est transportable en suspension colloïdale. On le trouve remplissant des cavités et des fissures, ou imprégnant des tufs éruptifs et des laves poreuses ; plus exceptionnellement, il forme des dépôts lacustres dus à des émanations par des crevasses au fond des bassins, ou même des coulées épanchées à l'état fondu.

Les gisements volcaniques sont de taille modeste et leurs réserves sont peu importantes. Ils sont concentrés dans les appareils récents de la "ceinture de feu" du Pacifique (Japon, Cordillère des Andes).

Au Chili, les gisements sont sur les volcans de la Haute Cordillère, en partie sur les cratères, en partie sur les flancs. Au Japon, les gisements sont soit des solfatares proprement dits, soit des coulées boueuses soufrés, soit encore des dépôts lacustres soufrés.

#### Les gisements d'hydrocarbures et de gaz naturels.

La récupération du soufre contenu dans les hydrocarbures, surtout dans les gaz est une autre source importante de soufre élémentaire dont la production dépassera dans quelques années celle des gisements de soufre natif. En 1976, 48 % du soufre élémentaire provenait déjà de la désulfuration de gaz naturels ou de produits pétroliers.

Tous les gaz naturels ne sont pas sulfureux, les gaz algériens et néerlandais ne le sont pas. Ceux du piedmont des Montagnes Rocheuses au Canada le sont, ainsi qu'en France, ceux de Lacq et des petits gisements voisins au Nord des Pyrénées.

#### GISEMENTS DE PYRITE

En France les gisements connus de pyrite peuvent entrer dans trois grandes familles :

##### Les filons.

Ce sont des filons polymétalliques, notamment du type blende-pyrite-galène-chalcopryrite. Exploités pour leurs métaux, ils peuvent donner lieu à une récupération de leur pyrite dans le traitement du minerai.

Le filon de la Touche en Bretagne est un exemple de ce type BPGC.

### Les minéralisations liées aux strates associées au volcanisme.

Ces minéralisations se présentent en amas souvent dits pyriteux, généralement lenticulaires et concordants avec les roches encaissantes.

P. Routhier et al, dans le "Mémoire du B.R.G.M. n° 74" (1978), distinguent plusieurs groupes :

Le Groupe 1 : comprend "les minéralisations en contact direct avec des volcanites ou clairement associées avec elles dans l'espace et le temps".

- Dans le sous-groupe 1 (avec volcanisme basique prédominant, série ophiolitiques ou spilito-kératophyriques) on peut faire entrer le gisement de pyrite de Sain-Bel.

- Dans le sous-groupe 2 (avec volcanisme calco-alcalin plus ou moins récurrent, allant des laves basiques et intermédiaires aux rhyolites abondantes) on connaît les gîtes bretons à Zn, Cu, Pb et pyrite accessoire (Porte-aux-Moines...).

Le Groupe 2 : inclut "les minéralisations dont les liens avec le volcanisme sont plus lointains et plus douteux". Les corps minéralisés sont dans des couches où l'apport volcanique est faible et douteux. Rouez, sur la bordure du massif armoricain répond à ce groupe.

### Les gisements sédimentaires

Des gisements sont encaissés dans les sédiments de la plate-forme hercynienne. La pyrite est présente dans des minerais de plomb et de zinc, et lorsque le sulfure de fer est prédominant, il justifie la création d'un type de gîte pyriteux.

Ce sont tous les gîtes de pyrite de la bordure sous-cévenole typologiquement très proches des gisements de Pb-Zn de cette même bordure. Comme eux, ils affectent des morphologies stratoïdes au sein des formations sédimentaires de la partie inférieure du Mésozoïque. Comme eux, ils prennent place dans des sites paléogéographiques bien particuliers.

## VIII - PRINCIPAUX DOCUMENTS CONSULTÉS.

AUBAGUE M., BOULADON J. (1978) - Les gîtes de pyrite et de cuivre dans le Massif Central français. Note BRGM inédite.

BOUCHONY de P. (1968) - Regards sur le soufre. Annales des Mines. Novembre 1968.

RAGUIN E. (1961) - Géologie des gîtes minéraux.

ROUTHIER P. (1963) - Les gisements métallifères.

ROUVEYROL P. (1970) - Le soufre. Réserves et production. Différentes sources. Géologie des gisements sédimentaires. Rapport B.R.G.M. - 70 SGN 167 GIT.

C.I.A.M. (1978) - Fiche marché : soufre. Ministère de l'industrie.

C.I.A.M. (1979) - Les problèmes d'approvisionnement en matières premières  
de l'industrie française des engrais. Le soufre.  
Ministère de l'industrie. Dossier B.14.

Annales des Mines.

Minerals yearbook (1975 Edition). Volume I.

Minerals facts and problems.



TABLEAUX DES GITES

(Situation au 01/01/1980)

Deux tableaux ont été établis séparément, l'un pour le soufre élémentaire, l'autre pour la pyrite.

Pour chaque gîte, nous avons indiqué :

- son nom
- le département, (indiqué par son numéro minéralogique) dans lequel il est situé
- son type :
  - . s : sédimentaire
  - . vs : volcano-sédimentaire
  - . f : filonien (B.P.G.)
- sa production cumulée (au 01/01/1980) de soufre ou de pyrite, exprimée en tonnes
- les réserves connues ou évaluées
- la dimension du gisement : 5 tailles (allant de 0 à 4) ont été distinguées suivant le tonnage total des productions et réserves connues ou évaluées :

Taille 0	20.000 t.	S (ou équivalent)
Taille 1	100.000 t.	S (ou équivalent)
Taille 2	1 million	S (ou équivalent)
Taille 3	10 millions	S (ou équivalent)
Taille 4		

Tous les gîtes cités dans les deux tableaux sont l'objet d'une fiche descriptive, à l'exception du gîte de St Jean de Valérisclé qui n'est pas décrit.

SOUFRE ELEMENTAIRE

	Type	Production cumulée (en tonnes de soufre) au 01/01/1980	Réserves (en tonnes de soufre)	Taille
<u>LACQ, Meillon</u> (64)	extrait du gaz naturel	33 millions t.	20 millions t.	4
<u>SOLFARES DU MIDI</u>				
Saignon-les-Tapets (84)	s	11.000 t.	nulles	0
Saint-Martin-de-Renacas (06)	s	3 à 4.000 t.		0
Bourne (06)	s	nul		0
Les-Camoins-les Accates (13)	s	2.000 t.		0
Malvézy (11)	s	18.000 t.		0
Total approché :		34 millions t.	20 millions t.	
(en tonnes de S)				

PYRITE

	Type	Production cumulée (en tonnes de pyrite) au 01/01/1980	Réserves (en équivalent soufre)	Taille
<u>MORVAN</u> Chizeuil (71)	vs	5 millions	très faibles	3
<u>LYONNAIS-BEAUJOLAIS</u>  Sain-Bel (69) Berchoux (69) La Creuse (69) Valtorte (69) Monthoux (69)	vs	21 millions 3 à 4.000 - - -	nulles	4
<u>BORDURE VIVARO-CEVENOLE</u>  Soyons (07) St Jean de Valériscle (30) St Florent (30) Panissière (30) Mas Dieu (30) St Julien de Valgagues (30) St Félix (30) Le Soulier (30) Cendras (30) St Jean du Pin (30)	s s s s s s s s s s	157.000 - x.10.000 40.000 4.000 x.100.000 100.000 3 millions x. 1.000 x. 1.000	très faibles	2 0 1 1 0 2 2 3 0 0
<u>LIMOUSIN</u>  La Chabanne (24)	vs	3 à 4.000	nulles	0
<u>MONTAGNE NOIRE</u>  Salsigne (11)	f	325.000 (SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> )	400.000 t. S	2
<u>MASSIF ARMORICAIN</u>  Rouez (72) La Touche (35)	vs f	- 21.000	35 millions t.S nulles	4 1
Total approché :		29,6 millions t. de pyrite	35,5 millions t. de soufre	



## LES GITES DE SOUFRE ELEMENTAIRE EN FRANCE

Dans le Midi de la France, et jusqu'à la fin de la deuxième guerre mondiale, le soufre a été l'objet de petites exploitations dont les productions cumulées sont dérisoires (inférieures à 50.000 tonnes de soufre).

Nous décrivons succinctement ces gîtes fréquemment désignés sous le nom de solfares.

Depuis un peu plus de vingt ans, la production de soufre élémentaire est assurée à 90 % par le gisement de gaz naturel de Lacq. Le complément (10 %) provient de la désulfuration du pétrole brut dans les raffineries.

Nous donnerons un schéma rapide de la récupération du soufre adopté à Lacq.

## LES SOLFARES DU MIDI DE LA FRANCE

La France possède quelques petits gisements sédimentaires de soufre (désignés sous le nom de solfares) qui ont été exploités dans le Midi :

- au Nord d'Apt : concessions de Saignon et des Tapets ;
- au Nord de Manosque : concessions de St Martin de Renacas et de Bourne ;
- l'Est de Marseille : concessions des Camoins et des Accates ;
- au Nord de Narbonne : permis d'exploitation de Malvezy.

Ces gisements sont tous situés dans de petits bassins oligocènes où les conditions paléogéographiques ont été propices :

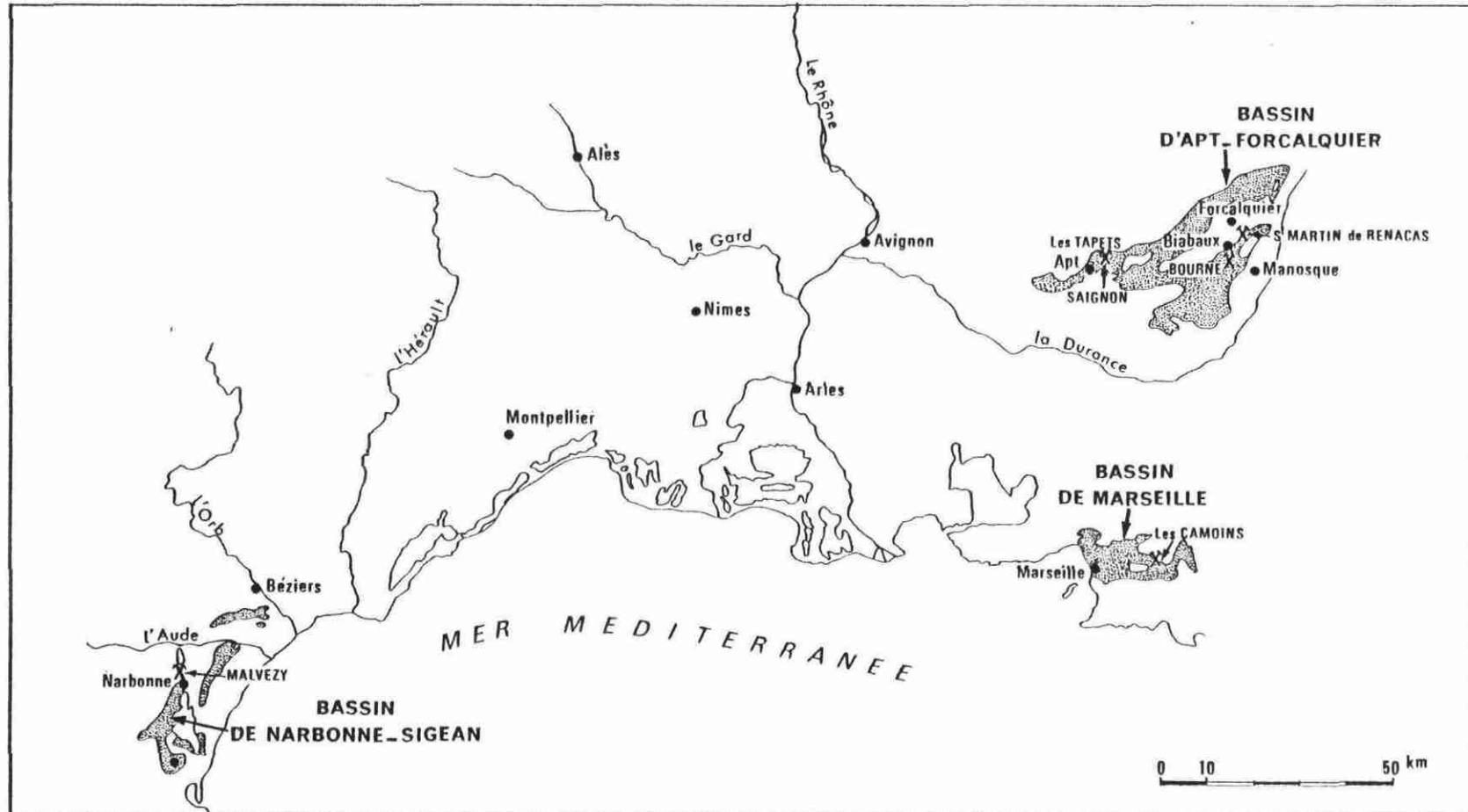
- milieu lagunaire favorable à l'accumulation des évaporites et hydrocarbures ;

- formation du soufre à partir du gypse et de l'anhydrite suivant un processus microbiologique dans lequel le contact avec les lignites et les schistes bitumineux joue un rôle essentiel.

Mais pendant toute cette période oligocène favorable à l'accumulation de ces dépôts, la sédimentation n'était pas homogène et présentait de nombreuses variations de faciès et d'épaisseur, d'un bassin à l'autre, voire même à l'intérieur d'un même bassin. Si bien que les dépôts de soufre se placent dans des terrains variés tant par leur nature (calcaires, marnes, schistes...) que par leur position (à différents niveaux du Sannoisien et du Stampien dans l'Oligocène).

Tous ces gisements, exploités très sporadiquement depuis le début de ce siècle jusqu'à la fin de la deuxième guerre mondiale, sont de taille très modeste. Leur production confondue n'excède pas 40.000 tonnes de soufre.

# SOLFARES DU MIDI DE LA FRANCE



 Bassins oligocènes - X Exploitations de soufre

## SAIGNON ET LES TAPETS

### I - Situation géographique

Les mines de soufre de Saignon et des Tapets ont été ouvertes à 4 km au Nord-Est d'Apt (Vaucluse), sur les petites collines qui dominent la vallée de la Doua.

Carte à 1/50.000 : Reillanne.

### II - Cadre géologique

Le bassin de Forcalquier-Apt d'orientation NE-SW se présente comme un vaste synclinal aux flancs faiblement redressés. Les formations oligocènes, coiffées par la molasse miocène, occupent le coeur du synclinal et se développent sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur ; ces terrains d'origine laguno-lacustre renferment fréquemment des schistes bitumineux, des couches de lignites, des intercalations de gypse et d'anhydrite ainsi que du soufre.

### III - Morphologie du gîte

A la mine des Tapets, on a exploité dans les calcaires à plaquettes de Lafayette (Sannoisien) 3 couches réparties sur 5 à 6 mètres de hauteur sous 15 mètres de recouvrement.

Couche supérieure: puissance : 0,80 mètre  
teneur : 20 à 25 % S

Couche moyenne : 2 niveaux de 0,15 mètre  
teneur : 10 % S

Couche inférieure: puissance : 0,80 mètre  
teneur : 15 % S

Au sein de ces couches qui plongent légèrement vers le Sud (10°) la minéralisation est disposée en petites lentilles discontinues de faible extension.

### IV - Travaux, production, réserves

Le gisement découvert à la fin du XIXème siècle, était exploité par petits puits de 12 à 15 mètres aux Tapets, 30 à 35 mètres à Saignon. Entre 1882, année du début de l'exploitation jusqu'aux derniers travaux en 1949, on a retiré des deux concessions environ 110.000 tonnes de minerai estimé à 10 % S. Les réserves semblent très limitées.

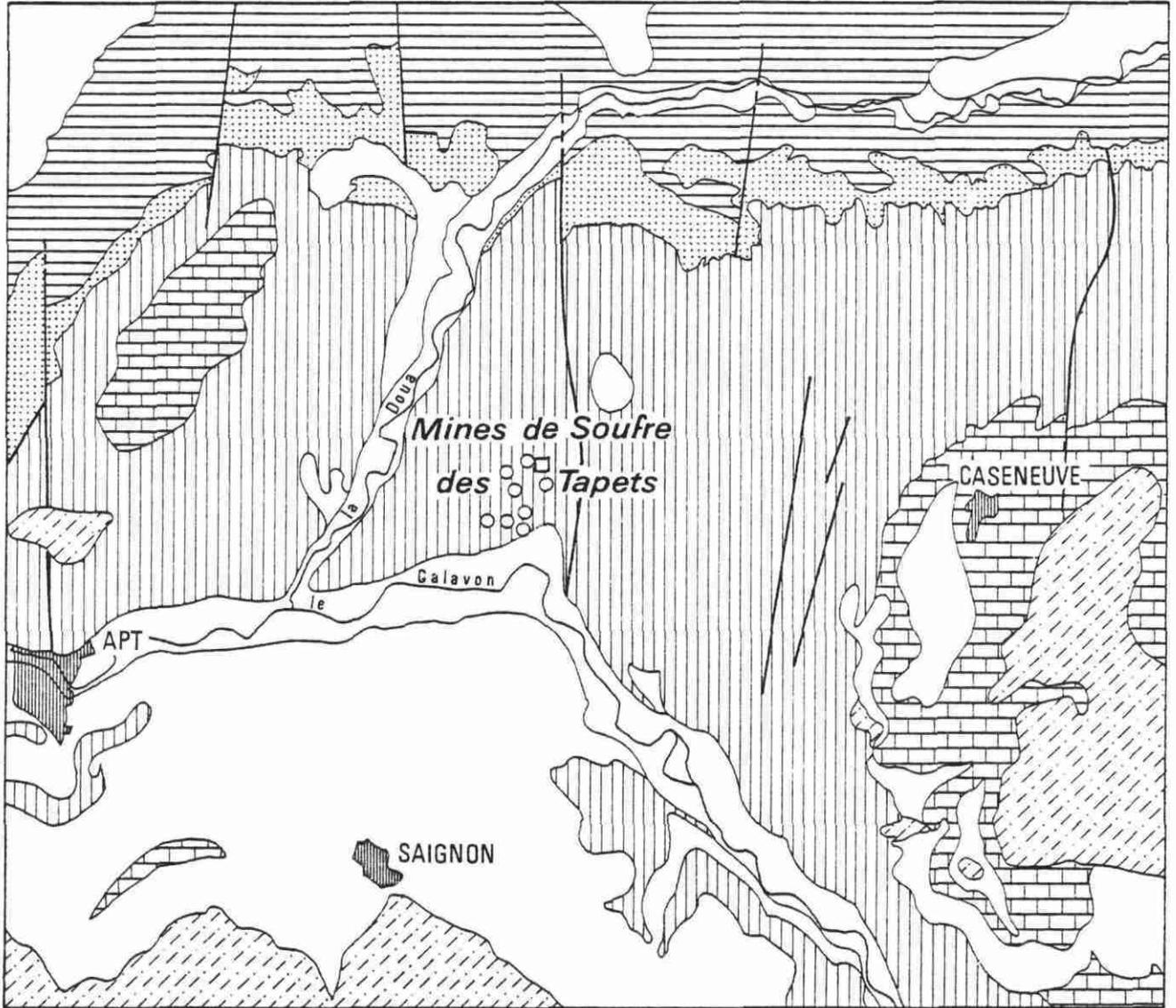
### V - Bibliographie

ESTIVAL J., SCHNEEGANS D. (1935) - Les mines de soufre du bassin oligocène d'Apt : les Tapets et Saignon (Vaucluse). Congrès international Mines, Métall. et Géol. Appl. I, pp. 341-349.

ROY R. (1943) - Mine de soufre des Tapets (Vaucluse). Rapport BRGGM, A. 34.

VIE G. (1924) - Les solfères du Midi de la France. Mines, Carrières, Grandes Entreprises. pp. 17-19.

# SAIGNON-LES TAPETS



d'après carte géologique à 1/50 000 de REILLANNE

- |                                                                                     |             |                                                                                      |                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|  | Quaternaire |  | Eocène                    |
|  | Miocène     |  | Crétacé                   |
|  | Stampien    |   | Puits principal           |
|  | Sannoisien  |   | Petits puits d'extraction |
- } Oligocène

## SAINT MARTIN DE RENACAS ET BOURNE

### I - Situation géographique

Les deux concessions voisines de Saint Martin de Renacas et de Bourne sont situées à proximité de Manosque (Alpes Maritimes), la première à 10 km au Nord de cette ville au bord de la Lague, la deuxième à seulement 5 km au Nord-Ouest sur le flanc sud du Lubéron.

Carte à 1/50.000 : Reillanne.

### II - Cadre géologique

Ces deux concessions (comme celles de Saignon et des Tapets) se trouvent dans le bassin oligocène d'Apt-Forcalquier, où elles occupent la bordure orientale. Ici la minéralisation se place à un niveau plus élevé dans la série stratigraphique :

- à Saint Martin de Renacas, au lieu-dit les Biabaux : dans les argiles et les grès du Bois d'Asson (à la base du Stampien inférieur) qui contiennent également les gisements de lignite de Manosque ;

- à Bourne : dans les calcaires de Montfuron (au sommet de Sannoisien).

### III - Morphologie des gîtes

- A Saint Martin de Renacas : 7 couches dont une de 4 mètres de puissance, au mur des couches de lignites et de schistes bitumineux. Pendage : 75° vers le Nord ;

- A Bourne : une couche (NW-SE à pendage 20° SW) contenant des veinules et mouches de soufre correspondant à quelques centimètres de puissance réduite.

### IV - Travaux, production, réserves.

- Sur la concession de Saint Martin de Renacas, le soufre a été extrait de la mine des Biabaux à la faveur d'un TB de 780 mètres destiné à l'exploitation des lignites et qui a rencontré la minéralisation en soufre entre 700 et 750 mètres.

Un peu plus de 30.000 tonnes de minerai à 10-12 % S ont été sorties en deux périodes : 1890-1909 et 1947-1948.

- Les travaux de Bourne n'ont été que des recherches sur indices arrêtées en 1900.

### V - Bibliographie

HOUDAILLE R. (1967) - Les exploitations de soufre du Sud-Est de la France.  
Rapport B.R.G.M. DSGR 67 A 85.

## LES CAMOINS - LES ACCATES

### I - Situation géographique

Les gisements contigus des Camoins et des Accates sont situés sur la commune de Marseille (Bouches-du-Rhône), à une dizaine de kilomètres à l'Est du centre de la ville.

Carte 1/50.000 : Aubagne-Marseille.

### II - Cadre géologique

Dans le bassin de Marseille, les terrains oligocènes sont représentés par deux unités :

- au sommet des formations détritiques très variées accumulées sur de très grandes puissances (environ 1 000 m) et attribuées au Stampien ;
- à la base les calcaires sannoisiens de l'Estaque, discordants sur les terrains mésozoïques; c'est au sommet de ces calcaires que se trouve le soufre.

### III - Morphologie

- Aux Accates : cinq couches ont été identifiées ; la plus profonde qui est la plus riche possède un pendage de 25° vers l'Ouest ;

Aux Camoins : une seule couche a été reconnue.

### IV - Travaux, production, réserves

Sur les deux concessions l'ensemble des travaux est très limité ; une descenderie et un puits qui desservait plusieurs galeries d'exploitation. Entre 1898 et 1963, date de fermeture de la mine, il a été extrait au total 20.700 tonnes de minerai pendant les courtes périodes d'activité.

Les réserves paraissent très limitées.

### V - Bibliographie

HOUDAILLE R. (1967) - Les exploitations du Sud-Est de la France.  
Rapport BRGM DSGR 67 A 85.

MALVEZY

I - Situation géographique

Le gisement de soufre de Malvézy a été exploité près de la ferme du même nom, à 6 km au NNW de Narbonne (Aude), le long de la voie de chemin de fer Narbonne-Bize.

Carte à 1/50.000 : Béziers.

II - Cadre géologique

Le gisement de Malvézy est encaissé dans le bassin oligocène de Narbonne-Sigean. Sur un substratum mésozoïque, fortement plissé, repose en discordance une épaisse série marneuse attribuée au Stampien. Ces marnes renferment de nombreuses intercalations de gypse, calcaires en plaquettes, lignites, calcaires butumineux et soufre.

III - Morphologie

Le gisement est constitué par une série de couches dans lesquelles le soufre se présente en petits lits parallèles ou en nodules inclus dans les marnes ou calcaires. Sur une épaisseur de 25 mètres, trois couches au moins (puissance : 0,80 m ; 1,55 m ; 2 à 3 m) ont été exploitées. Elles plongent à 25° vers le Nord-Ouest.

IV - Travaux, production, réserves

Redécouvert en 1927 par un sondage destiné à la recherche du pétrole, le gisement a été reconnu par travaux miniers et sondages-jour et exploité jusqu'en 1947 par la Société languedocienne. En 1969, le B.R.G.M. a réalisé, sur le site de Malvézy, une petite campagne méthodologique de prospection géochimique pour soufre.

La production cumulée est connue jusqu'à 1945 (41.000 tonnes de minerai à 8 % S), supposée entre 1945 et 1949 (15.000 tonnes de soufre).

Il semble que de tous les gisement travaillés et inclus dans ces petits bassins oligocènes du Midi de la France, celui de Malvézy soit le plus important, tout en restant d'une taille excessivement modeste.

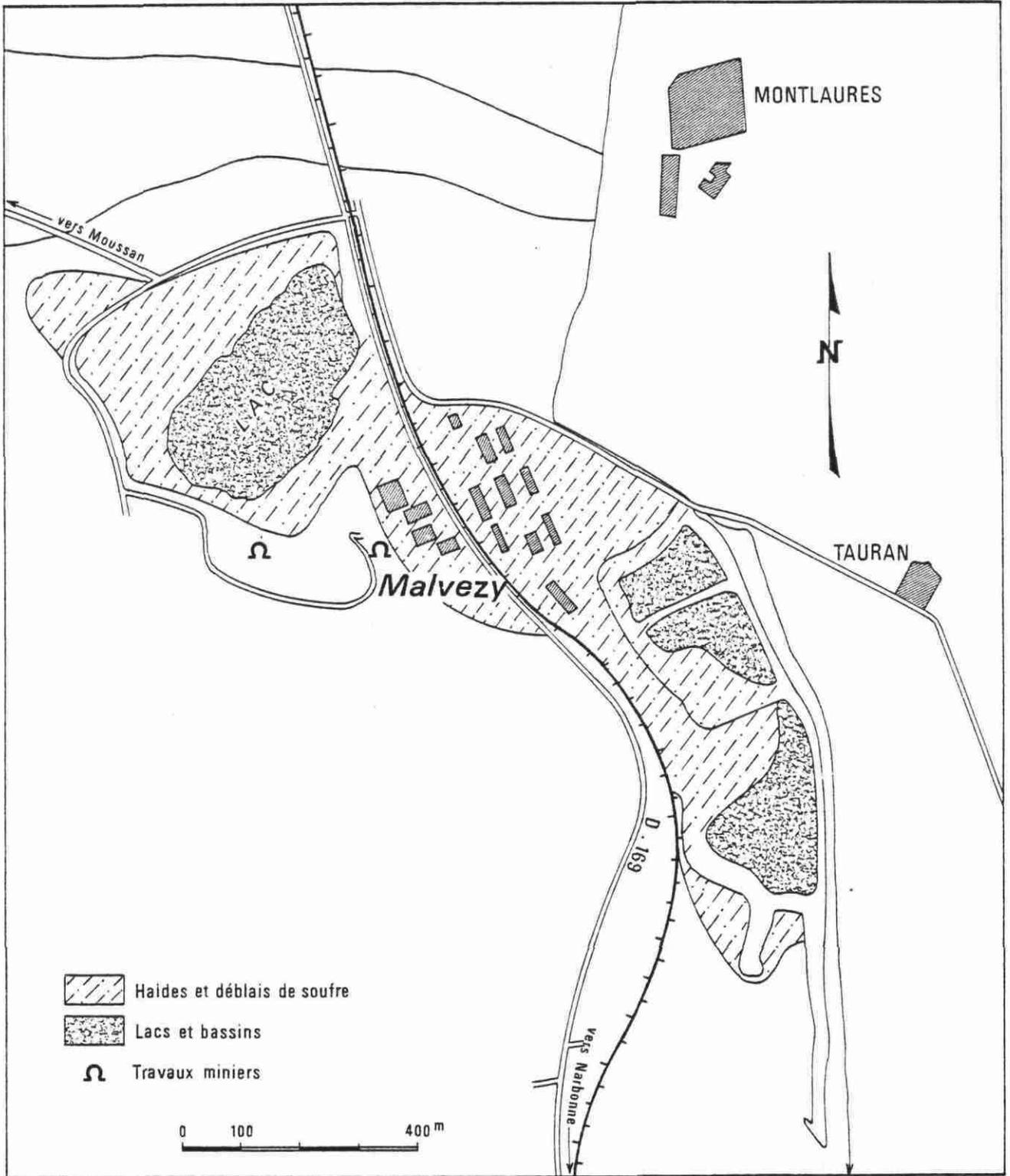
V - Bibliographie

ESTIVAL J., SCHNEEGANS D. (1935) - Sur les gisements de soufre natif des bassins oligocènes du Midi de la France. Congrès des Mines de la Métallurgie et de la Géologie Appliquée, VIIème session, section géol. appl., t. 1, pp. 341-350.

ROY R. (1944) - Rapport sur le gisement de soufre de Malvézy (Aude). Rapport BRGGM A 33.

BIETRY D., CACHAU-HERREILLAT F. (1969) - Premiers résultats d'essais de mise en oeuvre d'une méthode de prospection géochimique pour soufre. Rapport B.R.G.M. 69 SGL 272 GIT

# MALVEZY



d'après: D. Bietry et F. Cachau-Herreillat  
1969

## LACQ, Meillon

Depuis un peu plus de deux décennies, la production de soufre élémentaire est assurée en France par les gisements de gaz sulfureux exploités au Nord des Pyrénées, dans la région de Pau (Pyrénées Atlantiques) sur les concessions de Lacq et de Meillon.

A Lacq les niveaux producteurs sont situés dans les carbonates du Néoconien-Barrémien, alors que les gisements de la concession de Meillon sont installés dans les calcaires et dolomies de l'Oxfordien-Dogger.

Les réserves récupérables initiales en millions de tonnes équivalent pétrole (M.t.ep) sont estimées à :

Lacq : 225 Mtep.

Meillon : 45 Mtep.

Depuis 1958, année de la mise en route des unités de production du soufre, jusqu'à la fin de l'année 1979, l'usine de traitement de la SNEA(P) à Lacq a produit 32.936.000 tonnes de soufre. Les réserves disponibles sont de l'ordre de 20 millions de tonnes.

La découverte du gisement de gaz de Lacq en 1953, toute spectaculaire, qu'elle fut, ne présentait pas un intérêt économique immédiat, principalement en raison de la nature acide du gaz, car pour rendre ce type de gaz naturel apte à la consommation, il faut au préalable l'épurer en séparant les constituants hydrocarbonés de l'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ).

### Méthode de récupération du soufre dans le gaz naturel par la S.N.E.A. (P).

Séparation des gaz acide ( $H_2S$  et  $CO_2$ ) des gaz d'hydrocarbures, récupération du soufre contenu dans  $H_2S$  et désulfuration des gaz résiduels résultant de cette récupération, telles sont les trois principales opérations effectuées à Lacq.

La désacidification du gaz brut est obtenue en le faisant traverser à une pression ramenée à  $70 \text{ kg/cm}^2$ , une solution d'amines qui absorbe  $CO_2$  et  $H_2S$ . La solution est ensuite chauffée à  $140^\circ \text{C}$  dans une colonne dite de régénération jusqu'à décomposition des sels formés avec les gaz acides. On récupère en haut de la colonne le mélange ( $H_2S + CO_2$ ) qui est dirigé vers les unités de récupération de soufre.

Le soufre est récupéré selon une méthode qui s'inspire du procédé Claus et qui consiste en une oxydation ménagée qui fournit du soufre et de la vapeur d'eau. Ce procédé permet de recueillir sous forme liquide à  $141^\circ \text{C}$ , 95 % du soufre avec un taux de pureté supérieur à 99,95 %.

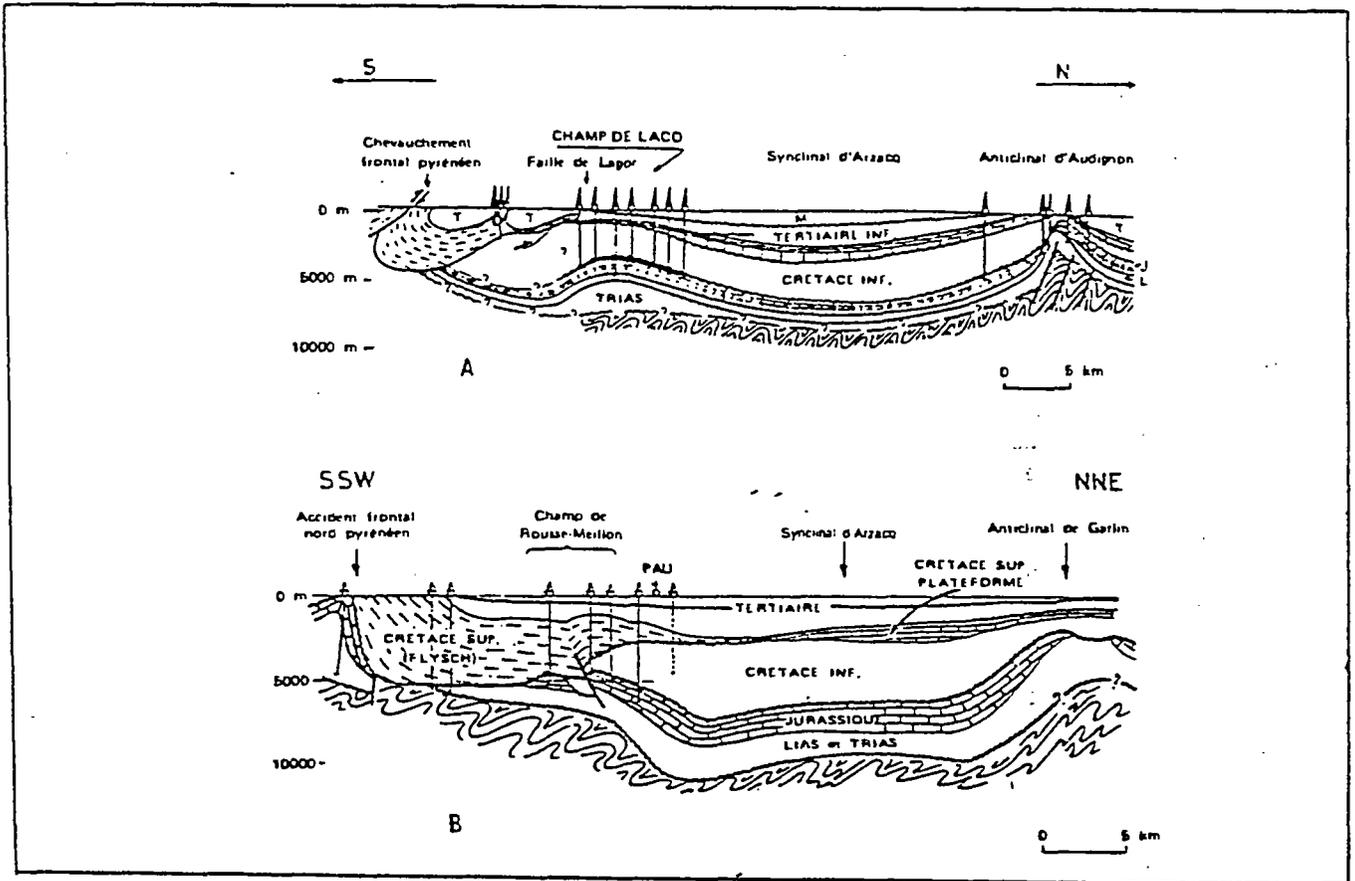
La présence de composés soufrés dans les gaz résiduaux des unités Claus interdit leur rejet tel quel dans l'atmosphère. Dans un premier temps la SNPA se contenta de les brûler. Dans un second temps, à partir de 1964, la SNPA mis au point avec la société Topsoe un procédé original, par voie humide, de fabrication d'acide sulfurique à partir du soufre contenu dans les effluents. Entre temps avait été mis au point le procédé Sulfreen (procédé Lurgi-Elf Aquitaine) qui permet une récupération plus poussée du soufre liquide (99 % en combinant les unités Claus et Sulfreen). Trois unités ont été installées à Lacq, la première en 1970, les deux autres en 1974.

Le soufre liquide provenant des unités Claus contient encore des traces d'hydrogène sulfuré. Pour éviter les risques d'explosion inhérents à la présence d' $H_2S$ , Elf Aquitaine a mis au point un procédé de dégazéification du soufre liquide qui ramène la teneur en  $H_2S$  à moins de 10 ppm (parties par million). Le soufre liquide produit par les chaînes à soufre de Lacq a été pendant plusieurs années dirigé sur des aires de stockage où il était solidifié en blocs de 180.000 tonnes. Des roues excavatrices désagrégeaient ces blocs. Le soufre en vrac était chargé sur des wagons dirigés par trains complets sur les usines consommatrices françaises de l'intérieur, ou sur Bayonne pour être transporté par mer vers les ports français et étrangers.

La mise en oeuvre du soufre nécessitant qu'il soit fondu, pour la majorité de ses emplois, il apparut vite que sa livraison sous forme liquide représenterait un progrès technique important. Aujourd'hui, les deux tiers des livraisons de Lacq se font en liquide, soit directement par fer sur les usines de l'intérieur, soit par mer via Bayonne.

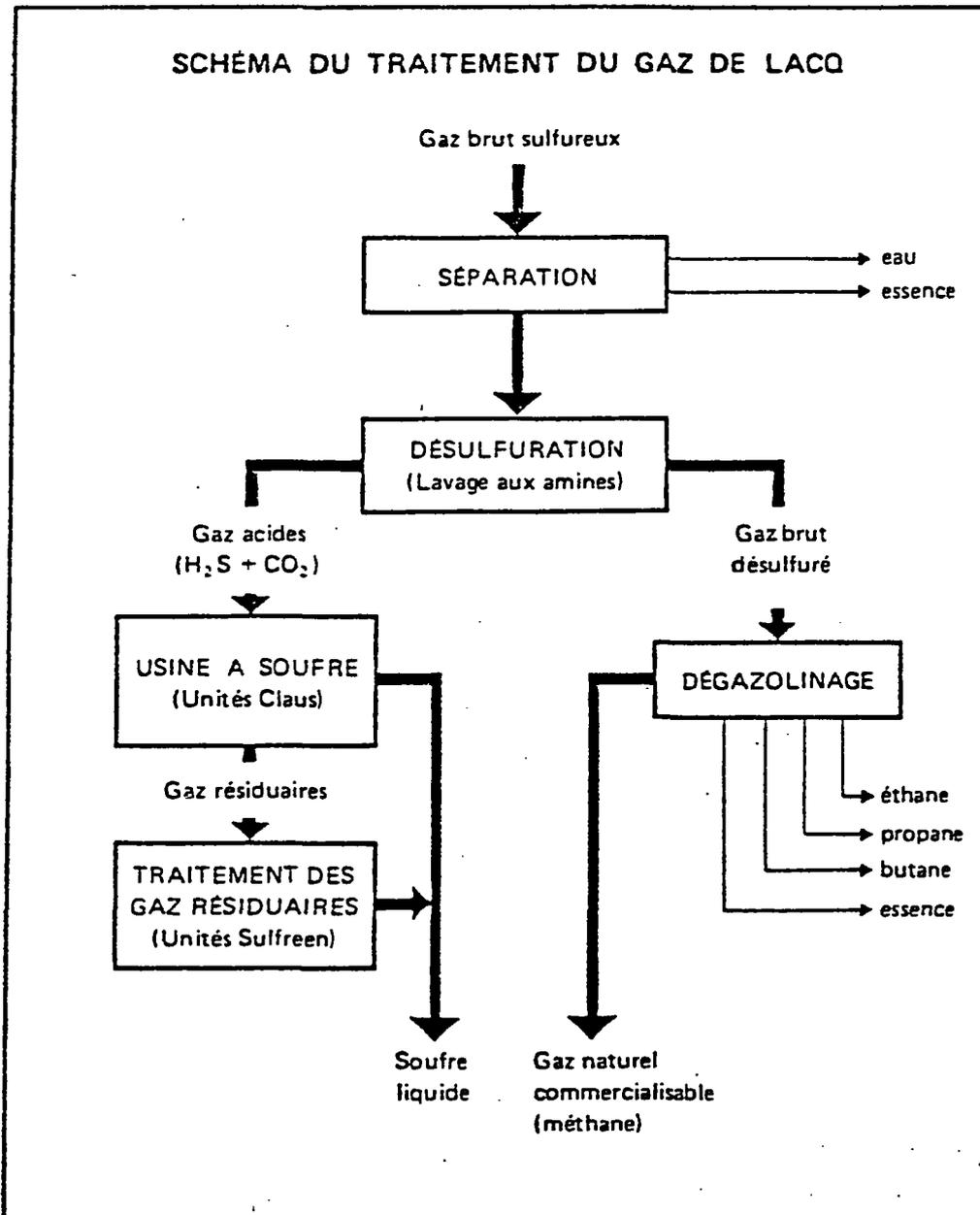
# LACQ - MEILLON

Coupes schématiques du bassin d'Arzacq



Source : E. WINNOCK (SNEA (P))

in G. BERTRAND et A. APPOLIS  
- Annales des Mines  
(Juillet-Août 1980)



## DESCRIPTION DES PRINCIPAUX GITES FRANCAIS DE PYRITE

Nous décrirons successivement :

- les deux gîtes importants de la partie nord-est du Massif Central : Sain-Bel, Chizeuil ; puis quelques petits amas du Beaujolais ;
- les principaux gîtes encaissés dans la bordure sédimentaire qui flanque le Vivarais et les Cévennes dans le Sud-Est du Massif Central ;
- la mine polymétallique de Salsigne (Aude) qui a fourni jusqu'à ce jour quelques centaines de milliers de tonnes d'acide sulfurique en complément de sa production d'or, argent, bismuth, cuivre et arsenic ;
- le gîte de la Chabanne dans le Limousin ;
- le gîte de Rouez, récemment découvert dans le Massif armoricain, par la Société nationale elf aquitaine pétrole (SNEAP) ; ainsi que le gîte filonien de la Touche.

PARTIE NORD-EST DU MASSIF CENTRAL

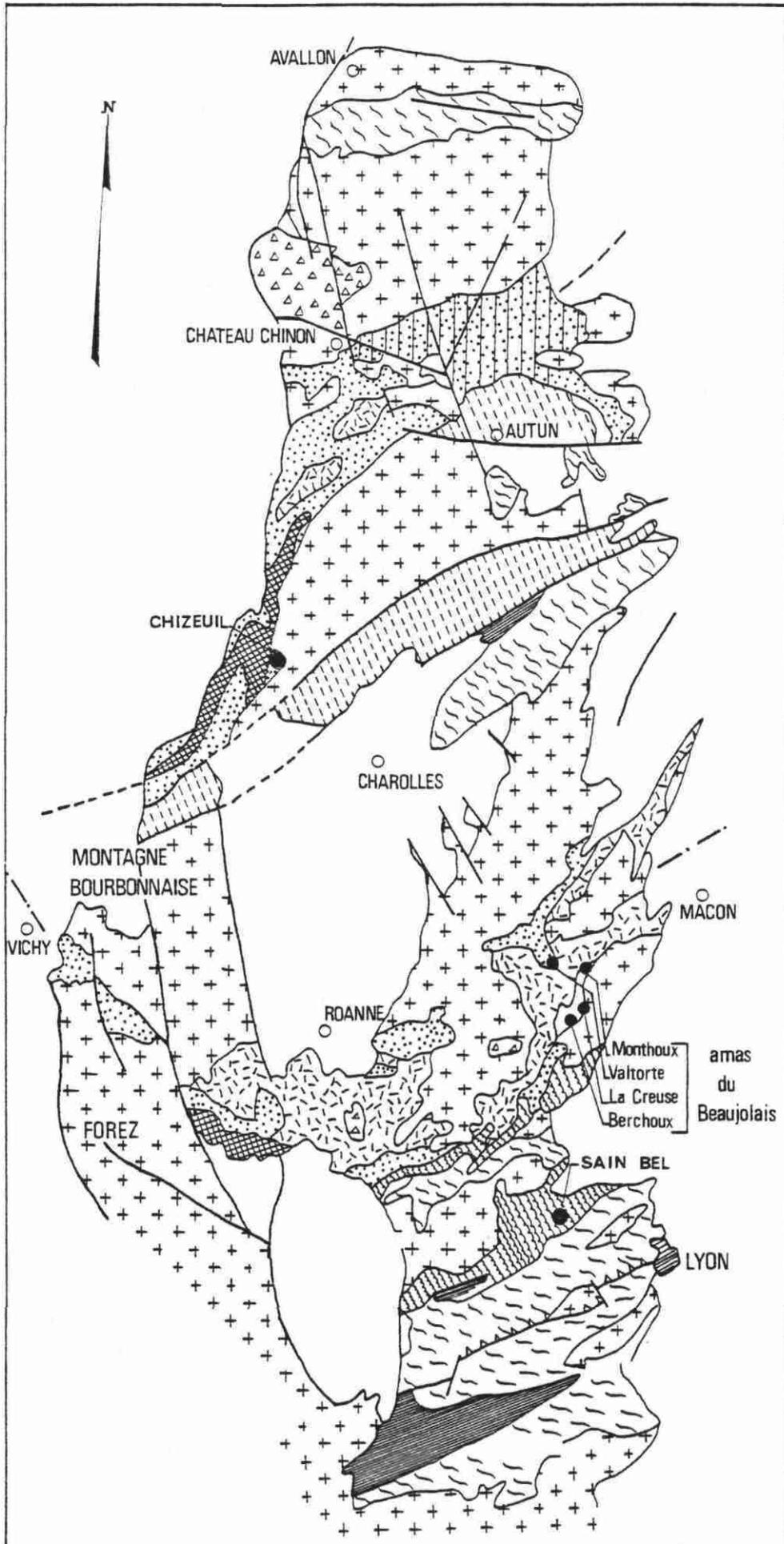
Nous décrirons :

- Dans le Lyonnais : la mine de Sain-Bel (Rhône) qui, avec une production cumulée de 21 millions de tonnes de pyrite a été la plus grosse mine française de pyrite. Son exploitation a été arrêtée en 1972.
  
- Dans le Morvan : la mine de Chizeuil (Saône et Loire) qui est de taille plus modeste, avec une production cumulée de 5 millions de tonnes de pyrite jusqu'en 1963, année de la fermeture de la mine.

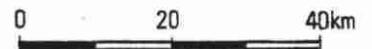
Signalons, en outre, dans le Beaujolais les petits amas sulfurés : Berchoux, La Creuse, Valtorte, Monthoux (Cherves).

Tous les gîtes de pyrite reconnus dans cette partie du Massif Central se rattachent au type volcano-sédimentaire. Ils sont interstratifiés dans les formations dévono-dinantiennes et sont généralement cuprifères.

# Nord-Est du Massif Central



-  Couverture post-triasique
  -  Permien
  -  Stéphanien
  -  Rhyolites
  -  Rhyodacites et tufs
  -  Volcanosédimentaire
  -  Complexe de Lucenay-l'Évêque
  -  Basaltes et spilites
  -  Série de la Brévenne
- } DINANTIEN
- } DÉVONIEN
-  Formations plutoniques hercyniennes
  -  Socle cristallophyllien antédévorien



d'après J.C Chiron (1972)

SAIN-BEL

I - Situation géographique

Les mines de pyrite de Sain-Bel (Rhône) sont situées à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest de Lyon, sur la rive droite de la Brévenne. Elles s'étendent sur près de 3 kilomètres sur les communes de Chevinay, St-Pierre-la-Palud et Sourcieux-les-Mines. Elles n'empiètent pas malgré leur nom, sur celle de Sain-Bel.

Carte à 1/50.000 : Tarare.

II - Cadre géologique

Les amas pyriteux de Sain-Bel sont inclus dans la série dévonienne de la Brévenne. Cet ensemble volcano-sédimentaire a été divisé par D. BARDIN en quatre unités lithostratigraphiques qui comprennent de haut en bas :

- "la formation du Rocher" (D) : quartz-kérotophyres, spilites, séricitoschistes blancs, chloritoschistes ;
- "la formation de Saint-Antoine" (C) : séricitoschistes blancs, bleus et noirs, quartz-kérotophyres , spilites ;
- "la formation de Fleurieux" (B) : serpentinites ;
- "la formation de l'Arbresle" (A) : métagrauwackes et gneiss.

Dans la région de Sain-Bel, les amas pyriteux sont situés dans les séricitoschistes blancs, plus rarement dans les chloritoschistes, des formations C et D. Les séricitoschistes de Saint-Antoine renferment la minéralisation la plus importante (Mine de Saint-Pierre-la-Palud).

III - Morphologie du gîte

Le gîte se compose de plusieurs lentilles rigoureusement stratiformes qui épousent tous les mouvements des terrains encaissants dont la schistosité est concordante avec la stratification (plis isoclinaux à pendage W et de direction NNE).

- A St-Pierre-la-Palud : la minéralisation est incluse dans les séricitoschistes de Saint-Antoine (formation C). Elle se présente sous forme d'amas pyriteux concentrés dans deux niveaux superposés très redressés connus sous le nom de :

- . minerais dur à l'Ouest ;
- . minerais tendre ("Kies" des mineurs) à l'Est.

Ces deux niveaux se suivent respectivement sur 1 500 et 1 800 mètres d'allongement, et 100 à 250 mètres d'extension verticale. De par leur forme lenticulaire, les amas ont des puissances très variables (44 mètres au maximum dans le "grand filon" appelé également amas Bibost, qui a fourni entre le niveau -106 et -136, 80.000 tonnes de minerais au mètre d'approfondissement).

- Aux Vieilles Mines et au Pilon : très vieux centres d'exploitations dans les séricitoschistes de la formation D, les niveaux (700 m x 95 m et 400 m x 20 m) contiennent des petites lentilles de pyrite dont la puissance n'excède pas 1,50 mètre.

#### IV - Minéralisation

On distingue fréquemment à Sain-Bel deux types de minerai :

- le minerai tendre, qui doit son nom à sa faible cohésion, est composé de pyrite pratiquement pure ;
- le minerai dur diffère du précédent par la présence de quartz, barytine et chalcopryrite, avec un peu de blende, de cuivres gris et plus rarement de galène.

#### V - Travaux

Dès la plus haute antiquité, ce gîte est connu des Gaulois et des Romains qui extrayaient du cuivre en traitant les pyrites. Au XVème siècle, ce gisement fut également exploité au lieu-dit Vieilles Mines sous le contrôle de Jacques Coeur, grand argentier du Roi. Abandonnées au XVIème et XVIIème siècle, ces mines furent réouvertes en 1717 pour en extraire le cuivre. Elles connaîtront leur plein développement, avec la réalisation du grillage des pyrites par M. Perret, à partir du milieu du XIXème siècle, et seront exploitées jusqu'en 1972, année de fermeture de la mine par la Société Péchiney-St-Gobain. Du fait de la restructuration de l'industrie chimique le titre de la concession appartient actuellement à la Compagnie industrielle et minière, filiale de Rhône-Poulenc.

#### VI - Production, réserves

Les chiffres de production de la mine de Sain-Bel ne sont connus qu'à partir de 1858 ; mais le tonnage extrait avant cette date a dû être faible.

La production cumulée jusqu'à 1972 a été estimée à 21 millions de tonnes de pyrite auxquels viennent s'ajouter 500 tonnes de cuivre. Le gisement est considéré comme épuisé.

#### VII - Bibliographie

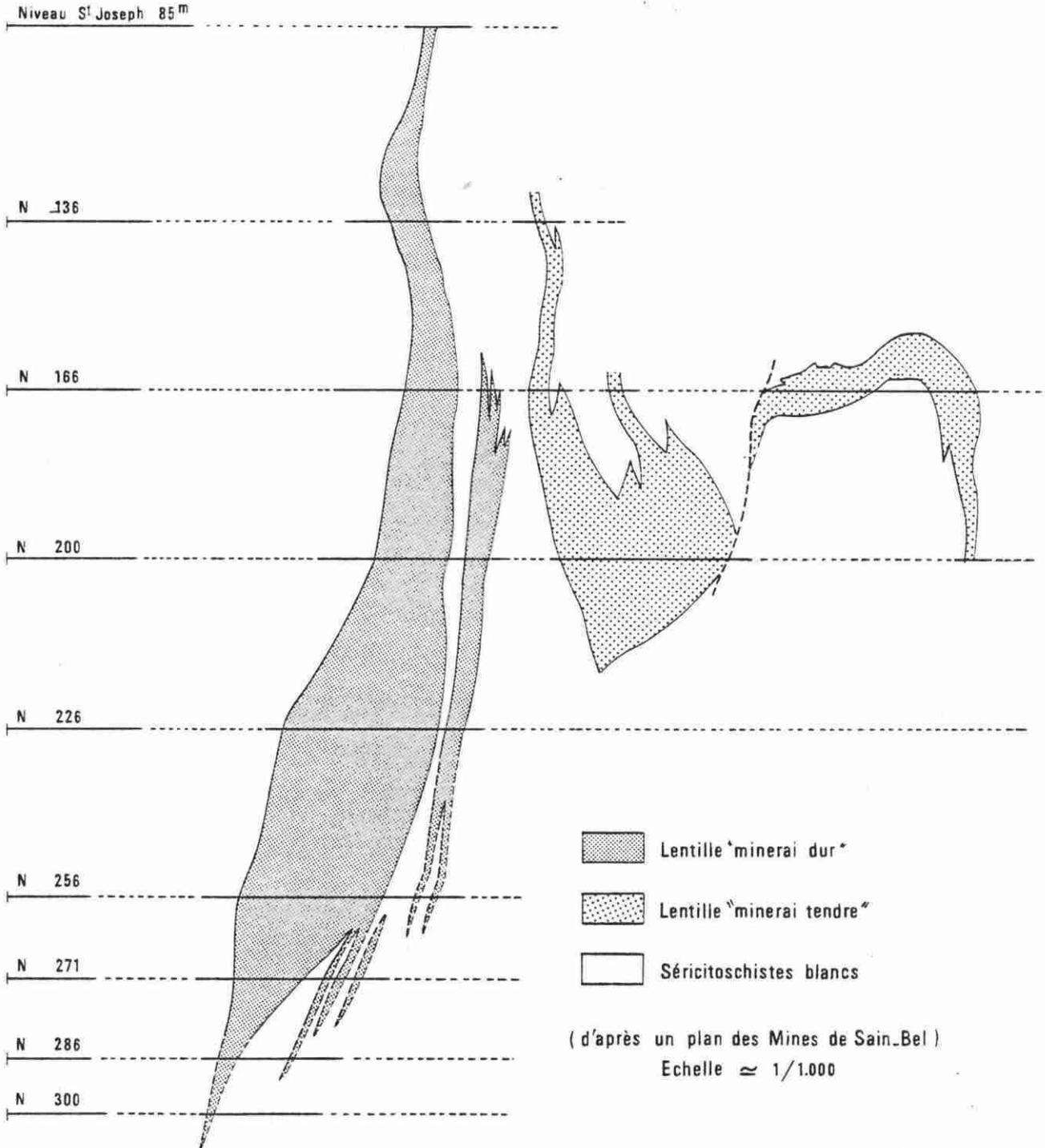
- BARDIN D. (1970) - Les amas pyriteux de Sain-Bel (Rhône) liés au groupe spilites-kératophyres de la Brévenne. Communication B.R.G.M.. Colloque sur les minéralisations stratiformes liées au volcanisme.
- CHIRON J.C. (1972) - Rapport préliminaire sur la géologie et la métallogénie de la série dévoño-dinantienne dans le Nord-Est du Massif Central. Rapport B.R.G.M. 72 SGN 124 MET.
- ROIRE A. (1959) - Les mines de pyrite de Sain-Bel (Rhône). Cadre géologique et minéralisation. Diplôme de Géologue Pétrographe de l'Université de Clermont-Ferrand.

# SAIN - BEL

( Saint-Pierre-la Palud )

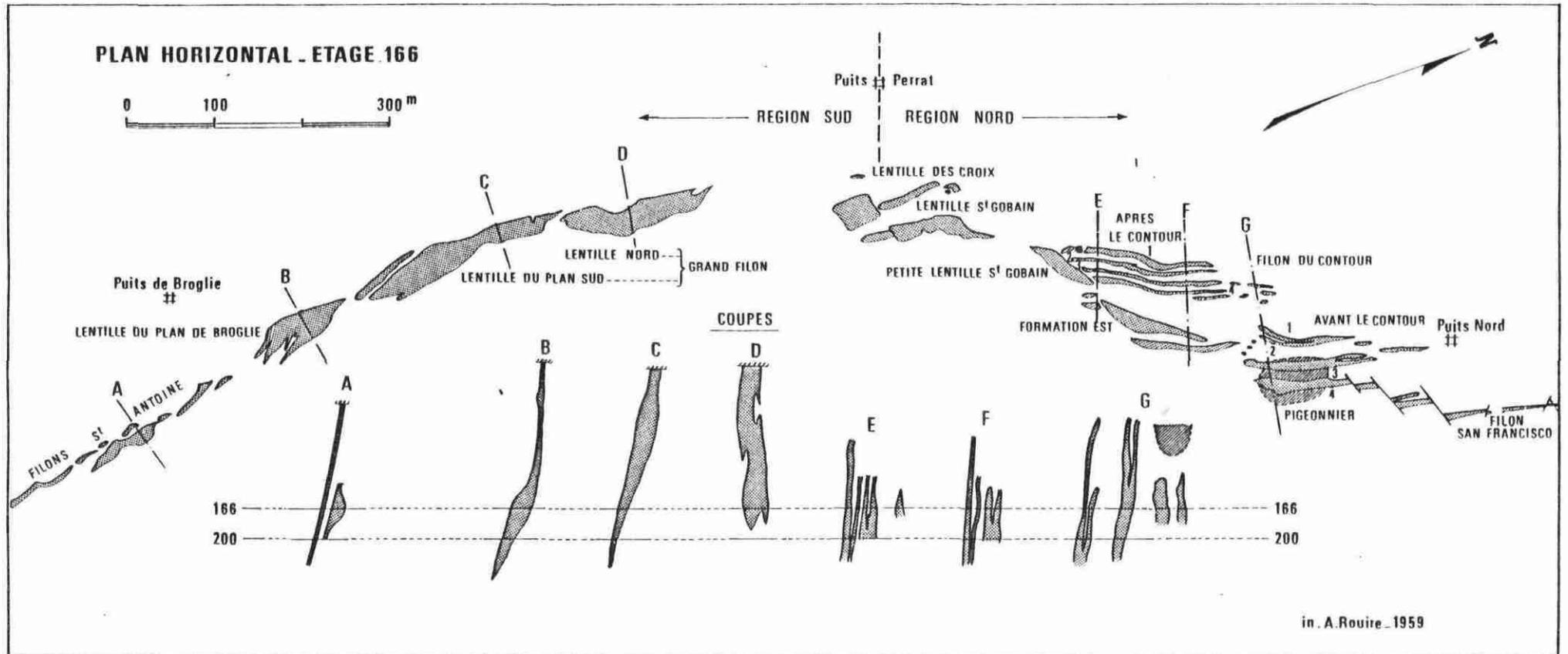
W

E



Coupe verticale du gisement au quartier "Après le Contour "

# SAIN-BEL



# SAIN BEL

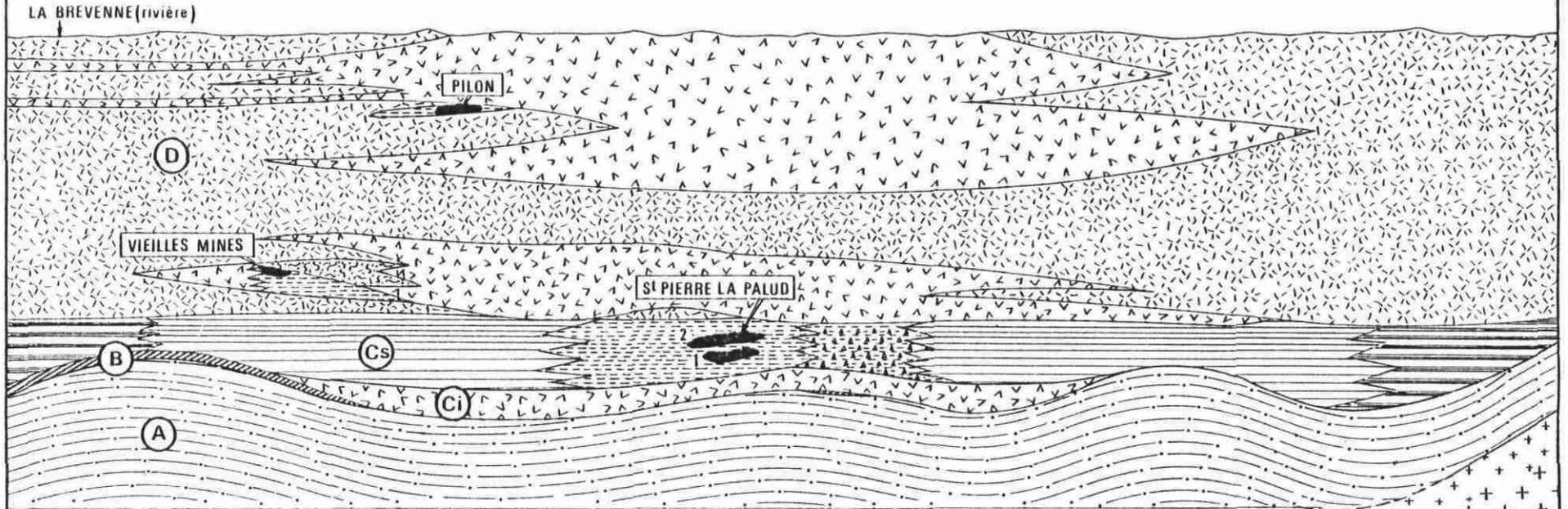
## RECONSTITUTION SCHEMATIQUE DU GROUPE DE LA BREVENNE A LA HAUTEUR DU GISEMENT DU PILON AVANT LES PLISSEMENTS HERCINIENS

( Avec report de quelques niveaux et gisements situés un peu en dehors de la ligne de coupe )

d'après : D. Bardin (1970)

WNW

ESE



### GROUPE DE LA BREVENNE

- |                                                                     |  |                                                     |
|---------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------|
| FORMATION VOLCANIQUE<br>DU ROCHER<br>(D)                            |  | Quartz kératophyres à intercalations spilites      |
|                                                                     |  | Spilites                                            |
|                                                                     |  | S ericitoschistes blancs                            |
|                                                                     |  | Chloritoschistes                                    |
| FORMATION SCHISTEUSE<br>DE S'ANTOINE<br>(Membre supérieur)<br>(Cs) |  | Faciès à séricitoschistes noirs                    |
|                                                                     |  | F " " " bleu noir                                   |
|                                                                     |  | F " " " blancs                                      |
|                                                                     |  | Faciès microbrèche                                 |
|                                                                     |  | Lenticles de pyrite { 1 "mineral dur"<br>2 "tendre" |

FORMATION SCHISTEUSE DE S'ANTOINE (Membre inférieur) (Ci) Quartz kératophyres, kératophyres, spilites

FORMATION ULTRABASIQUE DE FLEURIEUX (B) Serpentinites

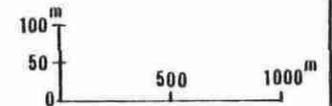
FORMATION DES METAGRAUWACKES DE L'ARBRESLE (A) M etagrauwackes et gneiss (pliss es par des mouvements pr oces)

"SÉRIE" DES MONTS DU LYONNAIS Gneiss à lits de biotite

GRANITE

Granite de Grand Chemin (Hercynien) faciès axial à grain grossier

Faciès de bordure à grain fin



MORVAN

CHIZEUIL

I - Situation géographique

Les mines de pyrite de Chizeuil (Saône-et-Loire) sont situées à une dizaine de kilomètres à l'Est de Bourbon-Lancy. Elles étaient reliées à la gare S.N.C.F. la plus proche de Perrigny-sur-Loire au Sud, par une voie ferrée privée de 8 kilomètres.

Carte à 1/50.000 : Dompierre-sur-Besbre.

II - Cadre géologique

Les amas pyriteux de Chizeuil sont encaissés dans une série volcano-sédimentaire d'âge dévonien supérieur, à proximité du granite intrusif de Luzy.

Cette série a été détaillée par J. Delfour et Tegye (1979) qui distinguent :

- une unité sédimentaire plissée constituée de schistes, siltites, grauwackes, tufs remaniés et rares lentilles calcaires ;
- un complexe volcanique subdivisé en :
  - . unité des Thyrs : kératophyres, dacites, andésites ;
  - . unité de la Fayette : andésites ;
  - . unité de Creuse : kératophyres ;
  - . unité de Chizeuil : quartzites sériciteux.

A Chizeuil, la minéralisation est incluse dans les quartzites à séricite et andalousite (greisens des anciens auteurs) qui dérivent par métamorphisme de contact (granite de Luzy) de laves quartz-kératophyriques.

III - Morphologie du gîte

On compte à Chizeuil 4 lentilles pyriteuses (pentées vers l'Ouest et alignées sur 1,5 kilomètre en direction NS :

- lentille A : (150 m x 10 m x 40 m) de faible importance, essentiellement pyriteuse (teneur en soufre : 26 %).
- amas de la Foulquière : (200 m x 20 m x 100 m) constitué de pyrite avec chalcopryrite et blende accessoires (teneur en soufre < 45 %, en cuivre : 0,2 %).
- amas Martin : (300 m x 20 m x 100 m).
- amas des Roches Gagneaux : (400 m x 80 m x 100 m) découvert en 1950, le plus important.

IV - Minéralisation

Tous ces amas sont constitués de pyrite avec chalcopryrite et blende accessoires, dans une gangue quartzreuse faiblement barytique. L'amas principal de Roches Gagneaux comporte un "filon" cuprifère de 3 mètres de puissance, avec une "minéralisation rubanée à barytine, pyrite et enargite avec un peu de cuivresgris, chalcopryrite et bornite". A cette minéralisation du type "amas sulfurés", se serait superposée une minéralisation à cachet acide liée à la mise en place du granite de Luzy. Cette influence se traduit principalement par l'apparition de stannite à inclusions de colusite et par celle de molybdénite (Vincienne et al., 1959; Picot et al., 1968)

## V - Travaux

Entre 1854 et 1856, la Société le Creusot et la Compagnie de Givors exploitent le chapeau de fer en carrière.

En 1877, la Compagnie St-Gobain reprend la concession et en 1896 commence l'exploitation de trois amas pyriteux. Le quatrième amas des Roches Gagneaux est suspecté dès 1929 au cours d'une prospection géophysique. Une nouvelle étude (PS) de la Compagnie Générale de Géophysique en 1945 conduit à la découverte d'un gros amas pyriteux dont l'exploitation, à raison de 600 t/jour, durera de 1953 à 1963.

Tous comme à Sain-Bel, la concession appartient à la Compagnie industrielle et minière (C.I.M.).

## VI - Production, réserves

La production totale de Chizeuil entre 1896 et 1963 est estimée à 5 millions de tonnes de pyrite (dont 3 millions entre 1956 et 1963).

## VII - Bibliographie

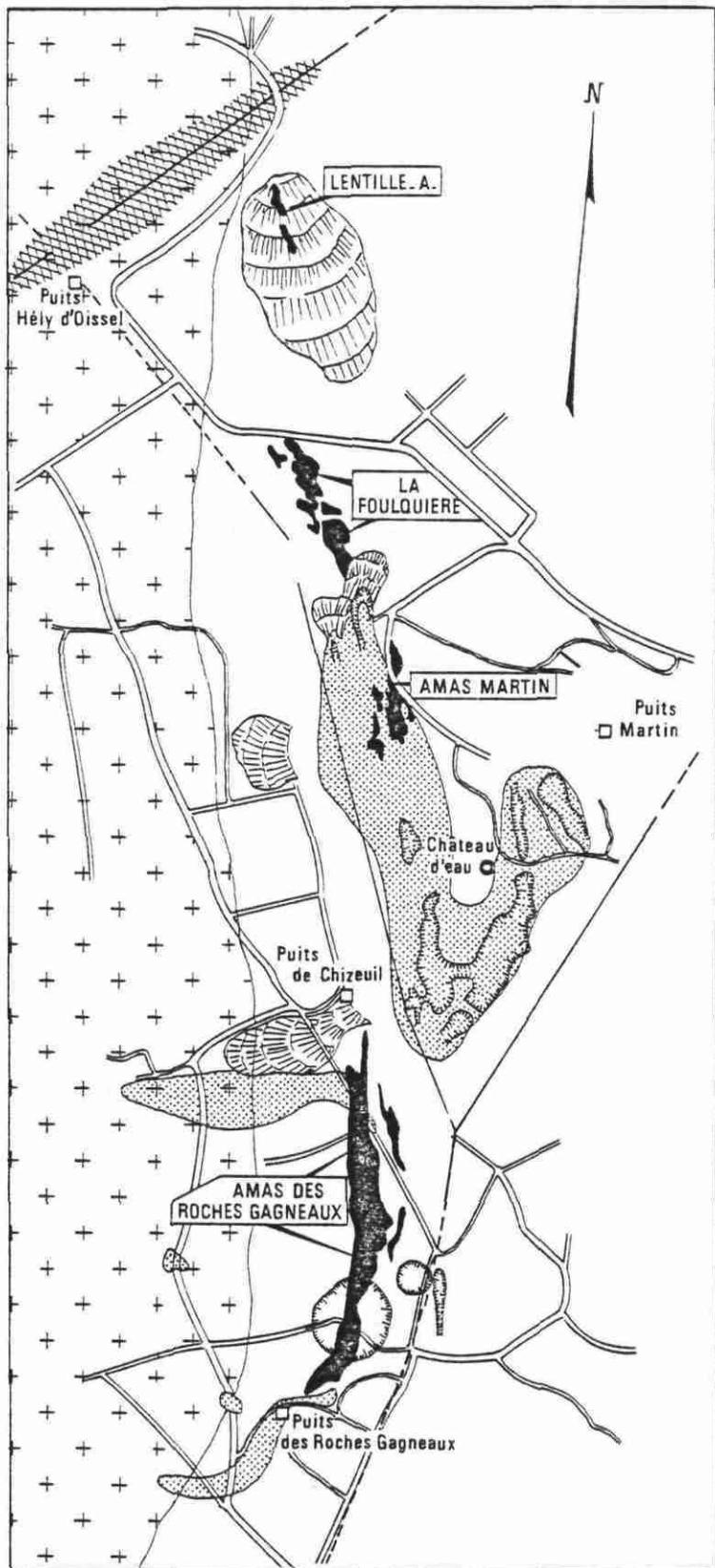
DELFOUR J., TEGYEV M. (1979) - Etude préliminaire de l'environnement géologique du gîte de pyrite de Chizeuil (Saône-et-Loire). Rapport B.R.G.M. 79 SGN 752 GEO.

TRINQUARD R. (1962) - Etude pétrographique et métallogénique de quelques chapeaux de fer du Morvan. Thèse 3ème cycle Clermont-Ferrand.

AUBAGUE M., BOULADON J. (1978) - Les gîtes de pyrite et de cuivre dans le Massif Central français - Note BRGM inédite.

# CHIZEUIL

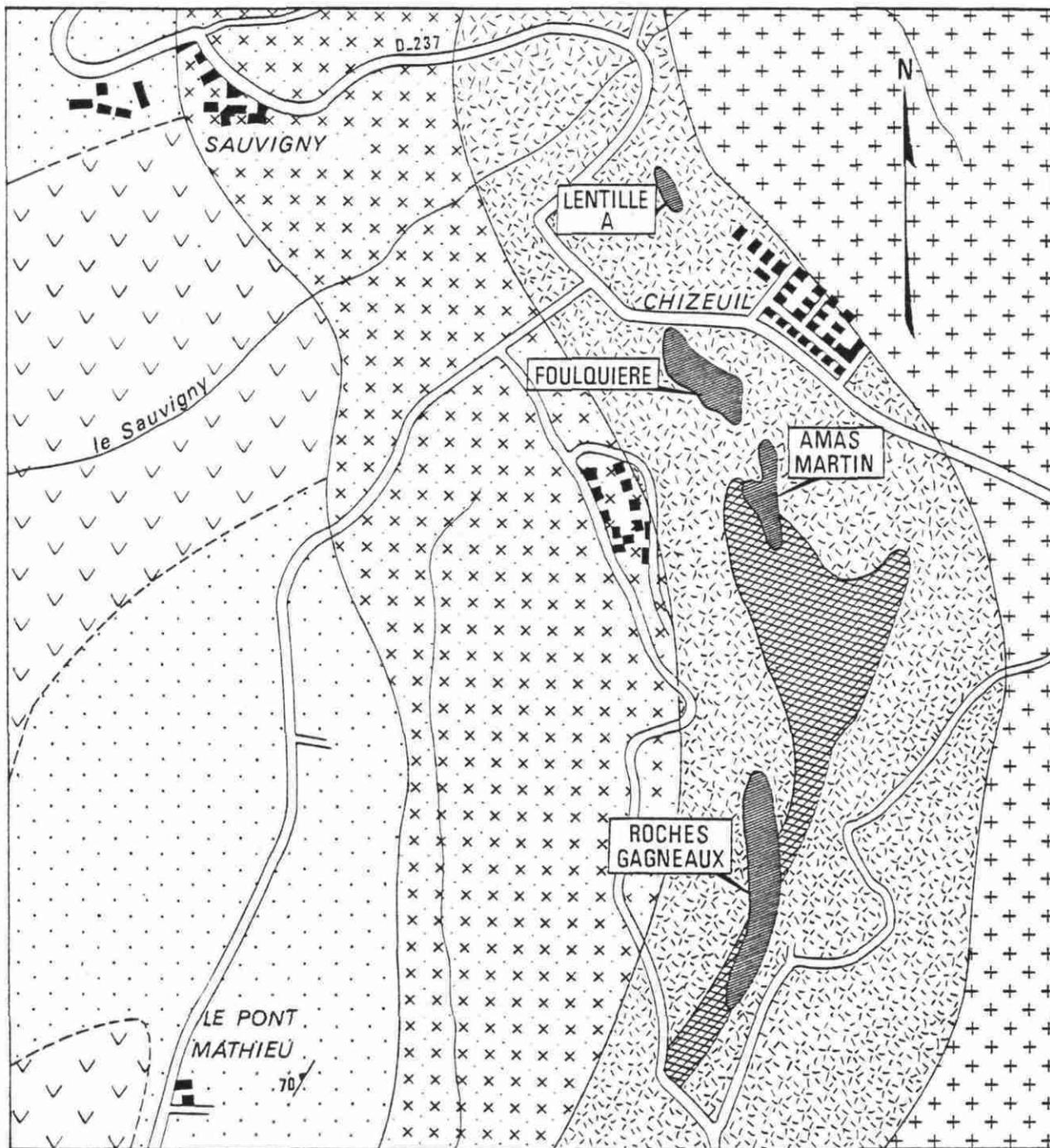
0 100 300 m



-  Plagiogranite de Sauvigny
-  Quartzites à séricite (ex "greisens") de l'unité de Chizeuil
-  Mylonites
-  Chapeaux de fer
-  Amas pyriteux ( projetés sur le plan de la surface )
-  Haldes
-  Carrières
-  Puits

d'après R.TRINQUARD.1962.

# CHIZEUIL



d'après J.Delfour et M.Tegvey\_1979\_

-  Granite de Luz
  -  Plagiogranite ou trondhjémite (ex-granulite) de Sauvigny
  -  Unité de Chizeuil
  -  Unité de Thyrs
  -  Unité sédimentaire
- } complexe volcanique

-  Chapeaux de fer
-  Amas pyriteux

## BEAUJOLAIS

### PETITS AMAS SULFURES

(Berchoux, la Creuse, Valtorte, Monthoux)

#### I - Situation géographique

Plusieurs petits amas sulfurés sont connus au Nord de la mine de Sain-Bel dans le département du Rhône :

- la Creuse et Berchoux, à l'Ouest de Vaux en Beaujolais (carte à 1/50.000 : Amplepuis) ;
- Valtorte et Monthoux (ou Cherves) au Sud de Beaujeu (carte à 1/50.000 : Beaujeu).

#### II - Cadre géologique

Les petits amas du Beaujolais sont encaissés dans des cornéennes, qui dérivent par métamorphisme de contact (granite à biotite d'Odenas et de Fleurie) de roches dont l'origine spilitique ou kératephyrique est admise (J.C. CHIRON, 1972) ainsi que l'âge dévono-dinantien.

#### III - Minéralisation

La minéralisation est essentiellement représentée par des sulfures (pyrite, pyrrhotine) et la barytine.

A Berchoux, le minerai à pyrite fine et pyrrhotine abondante contient des passées cuprifères à chalcoppyrite, de la blende noire, un peu de galène, mispickel et aussi stannite .

A Valtorte, l'étude du minerai faite par P. PICOT indique : pyrite, pyrrhotine, chalcoppyrite, galène, blende, bismuth, scheelite.

#### IV - Travaux

Ces gîtes ont été explorés à la fin du XIXème siècle, celui d Berchoux a été repris et exploité entre 1905 et 1919.

#### V - Production - réserves

De tous ces amas, seul celui de Berchoux a été exploité : 2 ou 3 lentilles de 3 000 à 4 000 tonnes de minerai.

Les réserves sont inconnues.

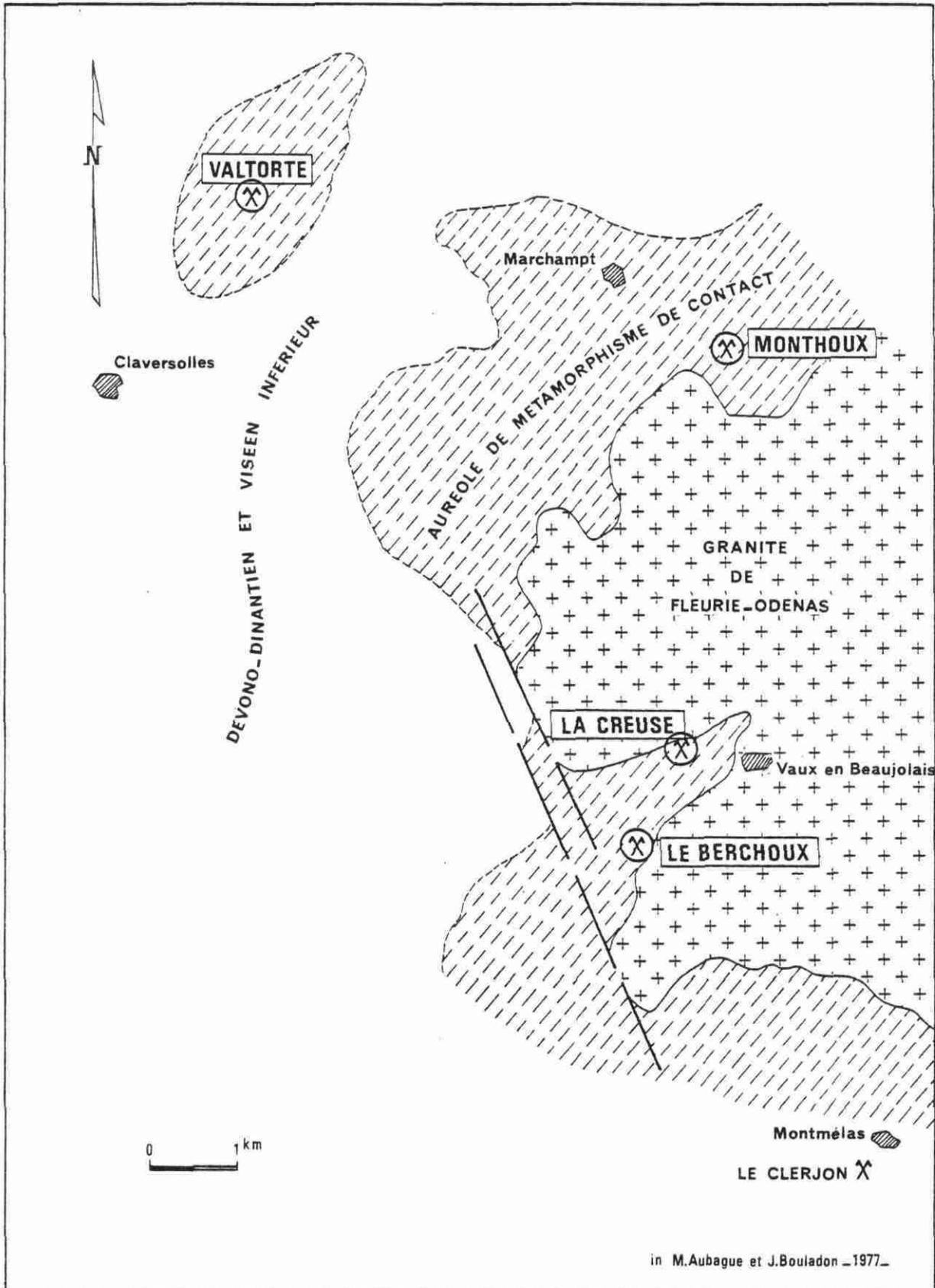
#### VI - Bibliographie

CHIRON J.C. (1972) - Rapport préliminaire sur la géologie et la métallogénie de la série dévono-dinantienne dans le Nord-Est du Massif Central.

Rapport B.R.G.M. 72 SGN 124 MET, 40 pages.

AUBAGUE M., BOULADON J. (1978) - Les gîtes de pyrite et de cuivre dans le Massif Central français (note BRGM inédite).

# AMAS SULFURÉS DU BEAUJOLAIS



## BORDURE SUD-EST DU MASSIF CENTRAL

La bordure sédimentaire du Sud-Est du Massif Central renferme un nombre important de gîtes sulfurés (zinc, plomb et fer), qui rentrent dans un ensemble métallogénique homogène qu'A. Bernard a intitulé "province métallifère sous-cévenole".

Cette province a la forme d'une bande allongée dans le sens NNE-SSW. Elle est constituée de terrains mésozoïques qui viennent largement s'appuyer sur les formations du socle du Massif Central.

Dans cette zone, on a extrait un peu plus d'un million de tonnes de zinc et de plomb avec des réserves du même ordre de grandeur. Pour la pyrite, les productions se chiffrent en millions de tonnes. Le seul gisement de pyrite du Soulier (Gard) atteint les trois millions de tonnes et se place ainsi au troisième rang des gisements de pyrite de France, derrière Sain-Bel et Chizeuil. Cette province Zn, Pb, Fe, Ag, se caractérise par l'absence, ou plus exactement, la grande rareté du cuivre, contrairement à ce qui se passe dans les amas pyriteux du Nord-Est du Massif Central où ce métal est présent.

Tous les gîtes connus dans les séries sédimentaires de cette province sont stratiformes. Ils conservent généralement à l'échelle du gîte leurs caractères pénécordants, même si, dans certains cas, certains corps minéralisés apparaissent nettement discordants par suite d'une remobilisation due à la fracturation et à la karstification.

Selon M. Aubague et J.C. Samama, deux traits permettent de caractériser ces minéralisations :

- leur localisation stratigraphique dans des niveaux préférentiels : la formation argilo-carbonatée du Trias (Soyons, St Jean du Pin), les dolomies de la base de l'Hettangien (le Soulier, Cendras, St-Félix, Panissière...), les calcaires bajociens (La Minette...) ;
- leur liaison avec des sites paléogéographiques particuliers (talus, chenaux...).

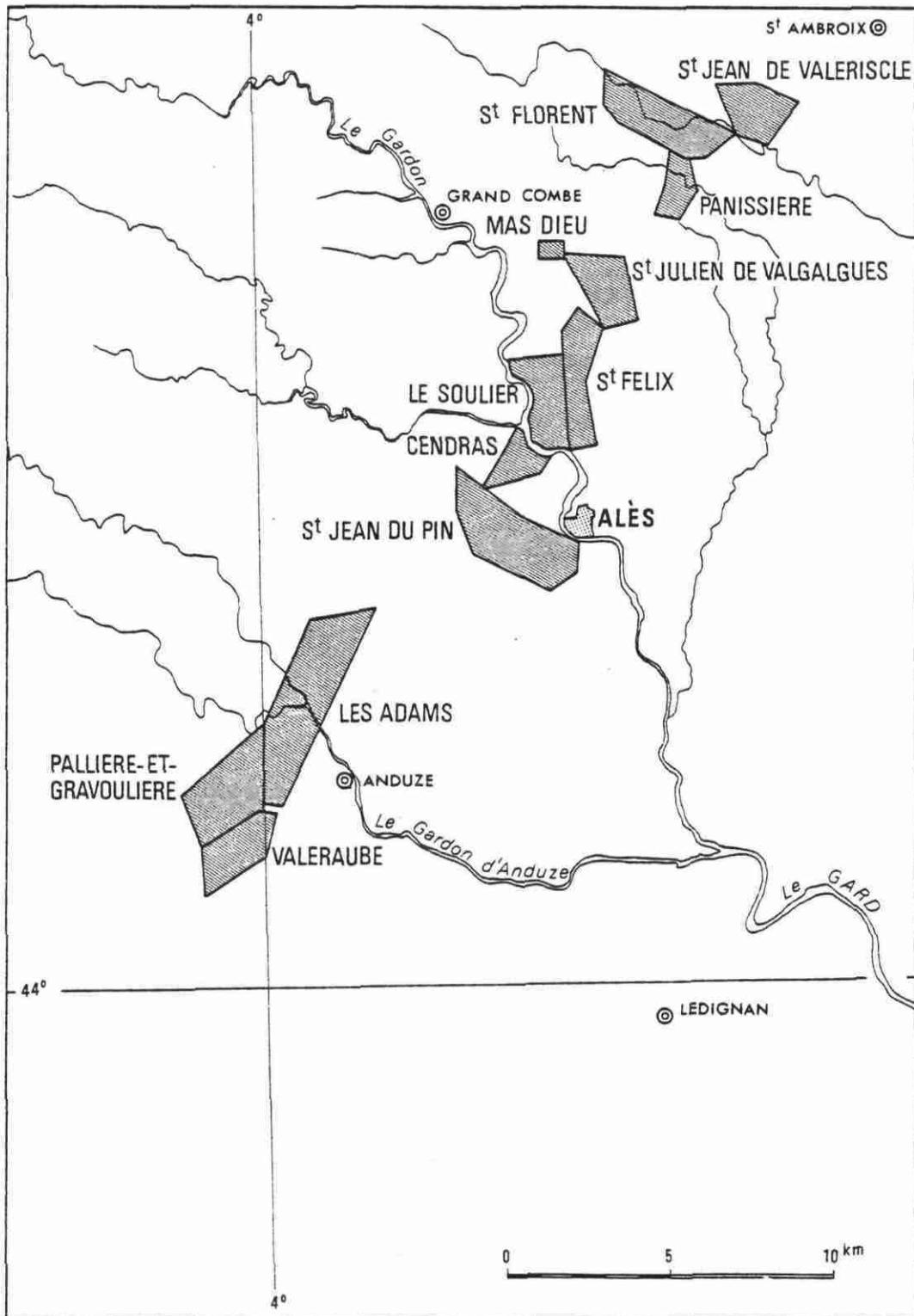
Les fiches concernent les principaux gisements décrits dans l'ordre suivant :

- en bordure du Vivarais : Soyons, dans l'Ardèche ;
- en bordure des Cévennes, en premier, gîtes au Nord d'Alès : Le Soulier, Cendras, St-Félix, St-Julien de Valgagues, Mas-Dieu, Panissière et St Florent, puis au Sud d'Alès : St-Jean-du-Pin.

Signalons pour mémoire les petits gîtes de :

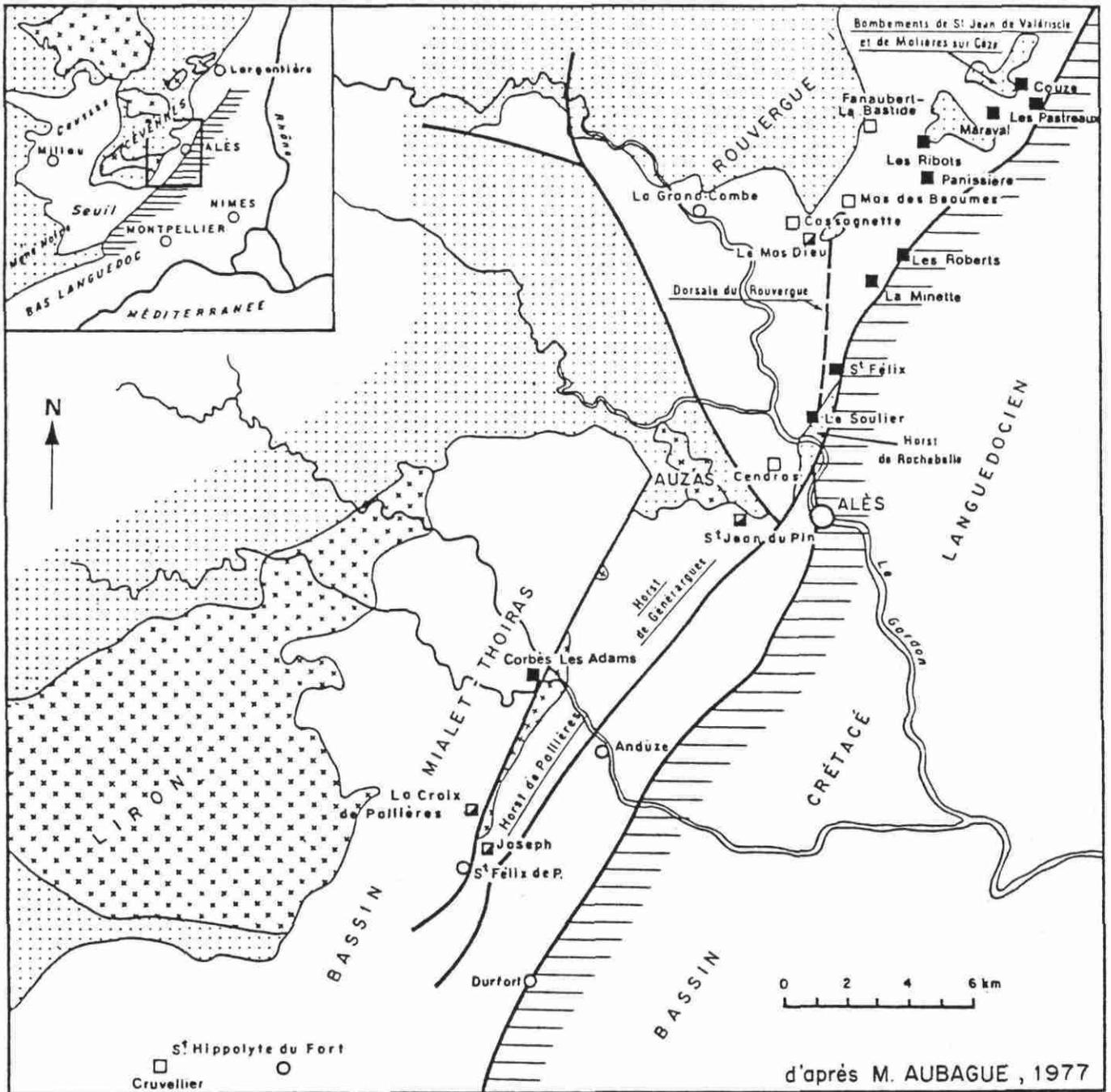
- Couze et Maraval (concession de St Jean de Valérisclé) installés, sur la retombée nord du horst de St Florent, dans les formations argilo-carbonatées médianes du Trias ;
- les Pastraux (concession de St Jean de Valérisclé) dans les formations versicolores (Keuper ?) du Trias ;
- Mas des Beaumes et Cassagnette, au Nord de la concession de Mas Dieu, où la pyrite a été largement oxydée en chapeau de fer ;
- Corbès (concession des Adams).

## CONCESSIONS MINIERES POUR PYRITE DES CEVENNES



d'après carte des Ressources Minérales de la FRANCE  
( 1963 )

# LES GÎTES DE PYRITE DE LA BORDURE CEVENNOLE GARDOISE



Granite

Ante-Trias

Post-Jurassique

Trias-Jurassique

■ Minéralisations en pyrite

□ Minéralisations en oxydes de fer  
mais très probablement pyrite  
à l'origine

▤ Minéralisations mixtes à pyrite-  
blende-galène

LISTE DES CONCESSIONS MINIERES POUR PYRITE DE LA BORDURE

VIVARO-CEVENOLE

Nom de la concession	Quartiers d'exploitation
SOYONS	Crussol
SAINT-JEAN-DE-VALERISCLE	Les Pastraux Couze Maraval
SAINT-FLORENT	Les Ribots Bournigas
PANISSIERE	Panissière
MAS DIEU	Mas Dieu Cassagnette (hors concession) Mas des Beaumes (hors concession)
SAINT-JULIEN-DE-VALGAGUES	La Minette Les Roberts (hors concession)
SAINT-FELIX	Saint-Félix
LE SOULIER	Le Soulier
CENDRAS	Vallat-Perret Espinette Le Russaud
SAINT-JEAN-DU-PIN	Le Devès
LES ADAMS	Corbès
PALLIERE et GRAVOULIERE	
VALERAUBE	

BORDURE DU VIVARAIS

SOYONS

I - Situation géographique

La concession minière de Soyons en Ardèche est située sur la commune de même nom qui se trouve sur la rive droite du Rhône en face de Valence. Les mines ont été ouvertes à 1 500 m au Nord du chef-lieu tout près de la R.N. 86, qui jouxte la voie ferrée Lyon-Nîmes.

II - Cadre géologique

La mine de Soyons est située dans les terrains sédimentaires qui frangent l'Est du Massif Central, et plus précisément dans un des derniers lambeaux triasiques qui vers le Nord constituent la terminaison de cette bordure sédimentaire.

La coupe du Trias, établie à partir de sondages implantés dans le secteur de la mine montre :

- une formation détritique de base de 14 mètres. (Buntsandstein?) ;
- une formation argilo-carbonatée d'environ 30 mètres, qui se décompose en deux unités argilo-silteuses encadrant une unité dolomitique datée avec certitude (Muschelkalk supérieur) ;
- une formation bariolée supérieure (Keuper ?).

La concentration stratiforme de pyrite, objet de l'exploitation apparaît au sommet du terme dolomitique dans la couche argileuse.

III - Morphologie

D'après E. Fuchs et L. de Launay (1893), "le gisement a été reconnu sur 270 mètres en direction et 160 mètres suivant la pente. Sa puissance ne dépasse jamais 1 à 2 mètres".

D'après les rapports des Ingénieurs des mines rédigés pendant la période d'exploitation à la fin du XIXème siècle, plusieurs amas à faible pendage ont été défilés. La zone exploitée comprenait fréquemment deux niveaux discontinus et irréguliers séparés par 3 mètres de stérile.

IV - Minéralisations et composition chimique

La pyrite de couleur grise ou noire, se présente en rognons mamelonnés à structure rayonnée dans une gangue argilo-siliceuse.

Analyses de pyrite de Soyons (F. Fuchs et L. de Launay, 1893).

	I	II	III	IV
S	49,7	47,7	44,9	43,9
Fe	42,8	43,0	39,3	39,1
Pb	-	-	-	-
Zn	-	-	0,12	-
As	0,4	0,2	0,3	0,1
Sb	0,5	-	0,3	traces
CO <sup>3</sup> Ca	-	-	-	-
CO <sup>3</sup> Mg	-	-	-	-
So <sup>4</sup> Ca	-	1,7	0,7	-
So <sup>4</sup> Mg	-	-	-	-
F <sup>2</sup> Ca	0,3	traces	0,6	traces
gangue				

V - Travaux

Instituée en 1855, la concession a été exploitée d'une manière continue entre 1863 et 1886 jusqu'à l'arrivée massive sur le marché des pyrites de la province d'Huelva.

Deux timides tentatives de reprise entre 1918 et 1922 puis entre 1942 et 1945 n'ont pas eu de suite.

VI - Production et réserves

Les productions cumulées s'élèvent à 157.000 tonnes de pyrite , dont 97 % pendant la première période d'exploitation à la fin du XIXème siècle.

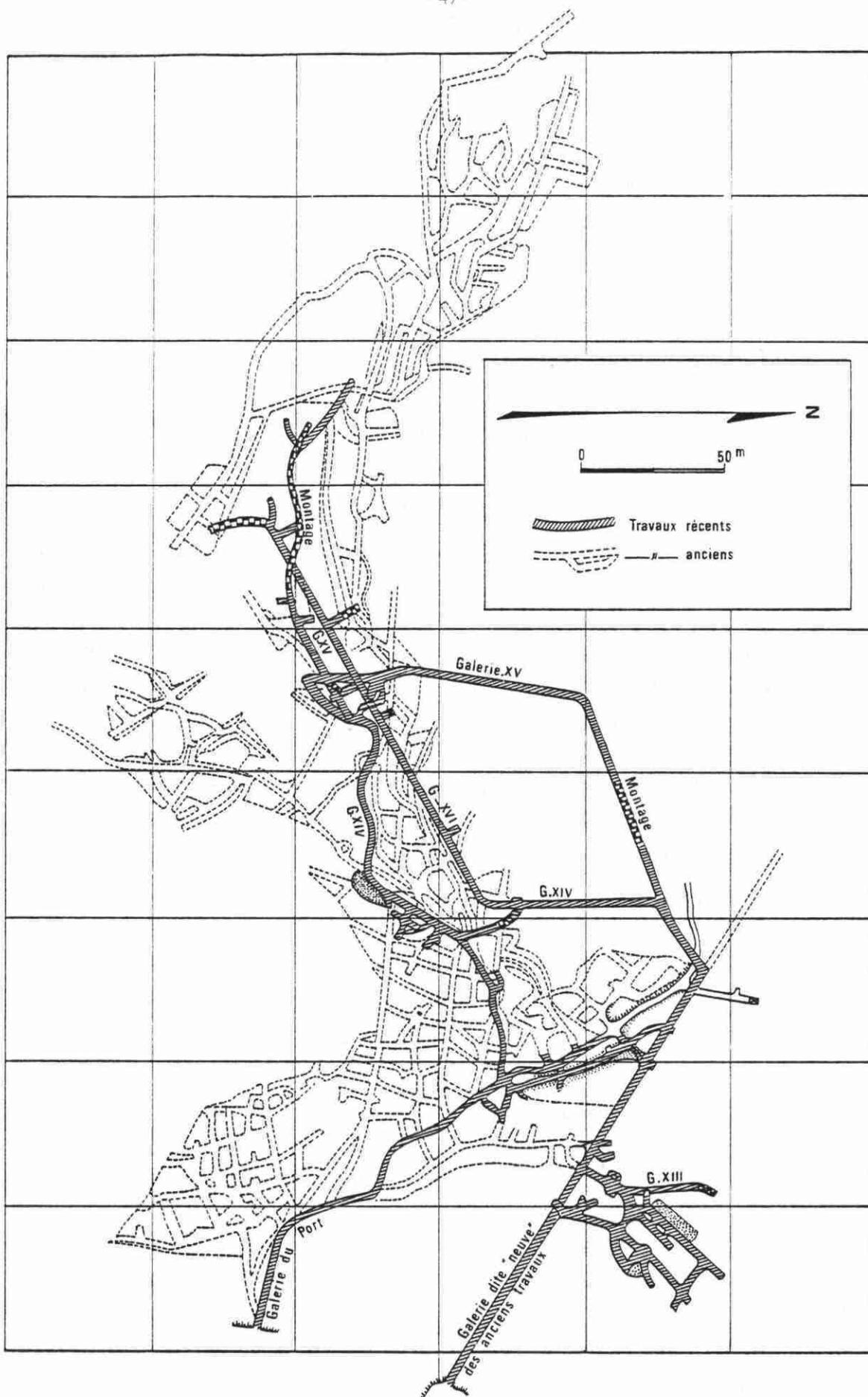
Le gisement ne serait pas épuisé, mais les réserves restent certainement très faibles.

VII - Bibliographie

FUCHS E., de LAUNAY L. (1893) - Traité des gîtes minéraux et métallifères. Tome I, p. 298-299.

SAMAMA J.C. (1970) - Description et interprétation d'une concentration d'antimoine en milieu lagunaire : l'indice de Charmes-sur-Rhône. Bull. B.R.G.M., section II, n° 2.

Archives Services de Mines et B.R.G.M.



**SOYONS**  
PLAN DE TRAVAUX

d'après un plan des établissements  
PLANTIN ( vers 1948 )

LE SOULIERI - Situation géographique

Les mines de pyrite du Soulier sont situées sur la rive gauche du Gardon, à proximité immédiate d'Alès (Gard), 2,5 km au Nord-Ouest du centre de la ville.

Carte à 1/50.000 : Alès.

II - Cadre géologique

Comme les gîtes de Cendras et de Saint-Félix, dont il sera question ultérieurement, le gîte du Soulier est situé sur le flanc d'une structure en horst, dite de Rochebelle-Fontanes qui s'individualise au Trias et au Lias par des séries réduites et des faciès littoraux (dolomies, marnes noires).

Au Soulier, la minéralisation est associée à des shales noirs hettangiens, expression argileuse locale du faciès dolomitique régional.

III - Morphologie

La forme du gisement exploité est très irrégulière. Le corps minéralisé dans son ensemble apparaît stratiforme, mais dans le détail le toit et le mur sont irréguliers, émettant des apophyses ("quilles") au sein de la masse minéralisée.

Schématiquement, on peut distinguer trois amas qui encapuchonnent une voûte anticlinale.

La puissance minéralisée varie entre 1 ou 2 mètres et 25 mètres, et les dimensions des amas vont de 1 à 6 ha.

IV - Minéralisations et composition chimique

Le minerai est très uniforme : il s'agit d'une association de marnes et de pyrite qui donnent soit :

- le minerai rubané, avec une alternance de lits sulfurés et marneux de quelques millimètres de puissance ;
- le minerai massif, brèche à éléments sulfurés dans un ciment marneux.

Outre la pyrite, on a extrait de ce gîte du zinc (sous forme de blende) et du plomb (sous forme de galène).

Composition chimique (analyse de tout-venant moyen).

S	38,5	% à	39,5	%
Fe	33,2	% à	35	%
Cu	0,012	% à	0,020	%
As	0,140	% à	0,200	%
Pb	0,050	% à	0,150	%
Zn	0,400	% à	1,80	%
SiO <sub>2</sub>	16,0	% à	18	%
CaO	0,30	% à	0,60	%
MgO	0,10	% à	0,25	%
Cl	0,020	% soit	200	ppm.
F	0,020	% soit	200	ppm.
Tl	0,040	% soit	400	ppm.

- Sur minerai sec à 100°-110°C.

Moyennes d'analyses communiquées par le Laboratoire de Salindres (Société PECHINEY).

V - Travaux

Instituée en 1856, cette concession a connu plusieurs périodes d'exploitation, de 1877 à 1882, puis de 1884 à 1895, et enfin dernièrement de 1922 à 1962.

Cette concession appartient à la Compagnie industrielle et minière (C.I.M.).

VI - Production - Réserves

La production cumulée de la mine du Soulier est estimée à 3 Mt de pyrite auxquels il convient d'ajouter 3 800 t. de zinc et 400 t. de plomb.

VII - Bibliographie

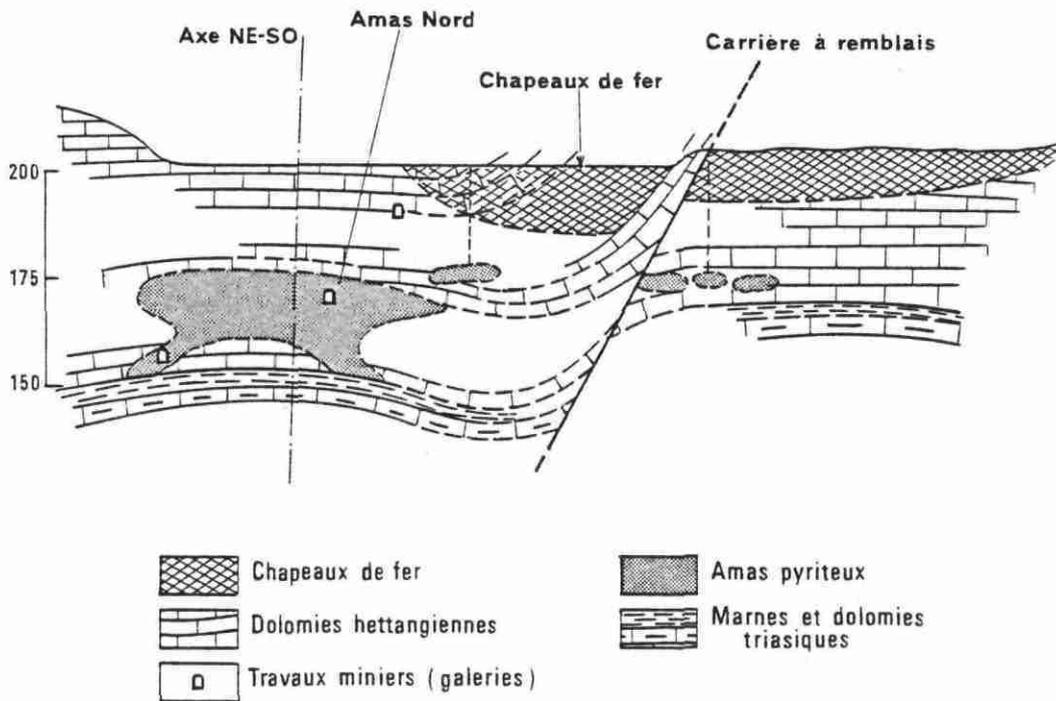
BERNARD A. (1958) - Contribution à l'étude de la province métallo-génique sous-cévenole. Thèse Etat, Nancy.

DEMANGE M. (1969) - Fiche "Dimensions gisements". Ecole des Mines, Paris.

AUGAGUE M., SAMAMA J.C. (1972) - Les gîtes sulfurés pénécordants (Zn, Pb, Fe) de la bordure sédimentaire des Cévennes du Vivarais et des Grandes Causses. Rapport inédit.

# LE SOULIER

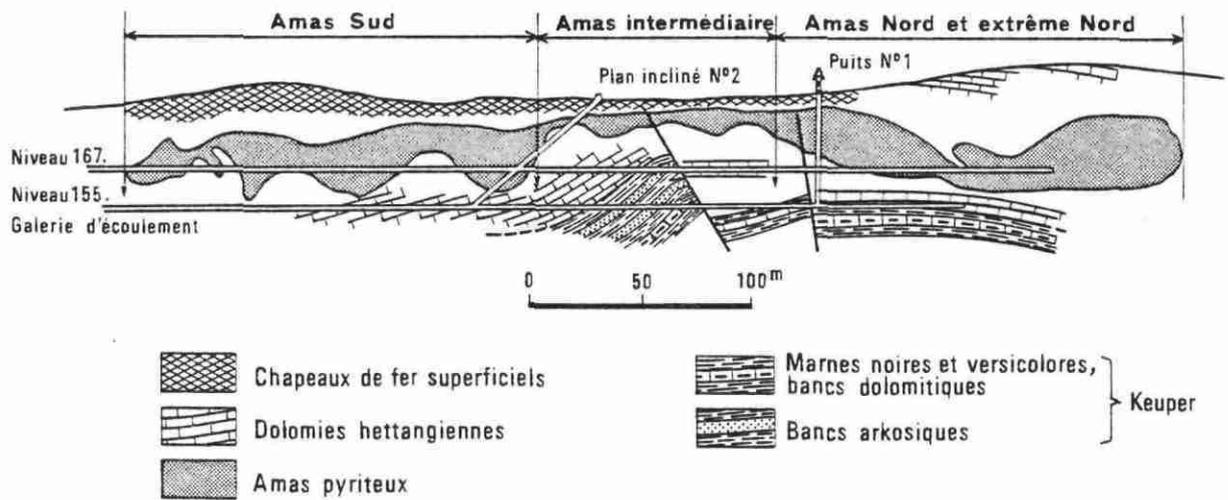
COUPE SYNTHETIQUE TRANSVERSALE DE L'AMAS NORD, A 50m AU NE.DU PUIITS.I



( d'après : A.BERNARD\_1958 )

# LE SOULIER

## COUPE LONGITUDINALE SYNTHETIQUE DES AMAS



( d'après : A.BERNARD-1958 )

CENDRASI - Situation géographique

Le gîte de Cendras est également situé dans la proche banlieue d'Alès (Gard), sur la rive droite du Gardon, en face du gîte du Soulier.  
Carte à 1/50.000 : Alès.

II - Cadre géologique

Le gîte de Cendras se localise comme ceux de Saint-Félix et du Soulier, sur le flanc occidental du horst de Rochemelle-Fontanes. La minéralisation pyriteuse est également portée par les dolomies hettangiennes.

III - Morphologie

Le gîte de Cendras a surtout été exploité à Vallet Perret, pour les chapeaux de fer, dont la répartition au sein des dolomies est guidé par les failles. Les anciens exploitants vidaient les poches limonitiques en évitant de descendre trop profondément afin de ne pas atteindre le minerai pyriteux. Ainsi sait-on peu de choses sur les amas sulfurés et leur morphologie.

IV - Minéralisations

Essentiellement de la pyrite et un peu de blende en plus de la limonite des chapeaux de fer.

V - Travaux

Les chapeaux de fer de cette concession furent exploités de très bonne heure. On procéda également au scheidage de la blende à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, mais la pyrite elle-même ne fut que peu travaillée.

Cette concession, réunie en 1946, aux autres concessions de la Société Péchiney (Le Soulier, St-Félix) appartient à la C.I.M.<sup>?</sup>

VI - Production - réserves

On connaît deux petites périodes de production :

- à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, période pendant laquelle il sera extrait quelques milliers de tonnes de pyrite, et un peu moins de blende.

- vers les années 1925, qui correspondent au démarrage de la mine du Soulier : petite production de 30 t/mois de pyrite à 32 % de soufre.

Les amas pyriteux n'ont pas été reconnus en profondeur, et à peine touchés par les exploitants anciens. Le tonnage disponible est incertain et vraisemblablement très faible.

VII - Bibliographie

BERNARD A. (1958) - Contribution à l'étude de la province métallogénique sous-cévenole. Thèse Etat, Nancy.

SAINT - FELIX

I - Situation géographique

La mine de Saint-Félix est située sur la rive gauche du Gardon, à proximité immédiate d'Alès (Gard), à 1 500 mètres au Nord du gisement du Soulier.

Feuille 1/50.000 : Alès.

II - Cadre géologique

Sur la bordure orientale des Cévennes, le gîte de Saint-Félix est situé à l'extrémité septentrionale de la structure en horst de Rochebelle-Fontanes qui supporte déjà les gîtes de Cendras et de Soulier, et qui se termine ici par un noeud de failles.

La minéralisation se place dans les dolomies hettangiennes.

III - Morphologie

Les amas pyriteux sont toujours limités par failles, car les incidences de la tectonique dans la localisation du minerai sont plus sensibles dans ce gîte qu'ailleurs. Pendant l'exploitation, plusieurs chantiers ont été ouverts sur autant d'amas (6 ou 7) dont seule la partie renflée était dépilée.

IV - Minéralisations

En plus de la pyrite, qui reste toujours le sulfure prédominant, on note, dans certains amas, l'apparition fréquente de la blende, ainsi que celle de galène. La blende de Saint-Félix est très caractéristique avec sa couleur jaune-brun à éclat gris-bleuté.

V - Travaux

Instituée en 1856, la concession de Saint-Félix a connu deux périodes d'exploitation :

- entre 1856 et 1877, trois chantiers principaux dits : "du 173, du ravin, du 185" ;
- entre 1912 et 1930 : trois autres chantiers : dits : de la faille, de la vallée et de la diaclase.

VI - Production - réserves

La production est inconnue. En 1869, il est sorti 1 700 tonnes de minerai.

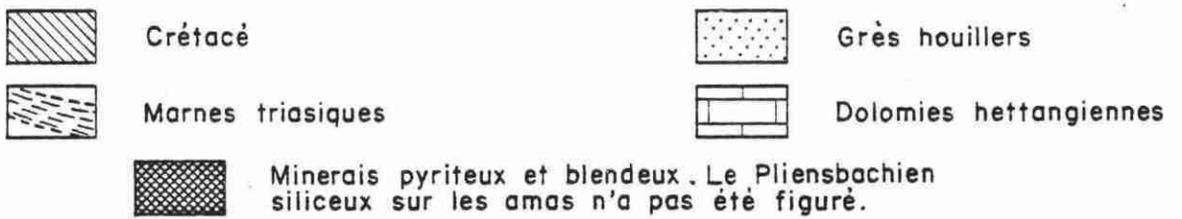
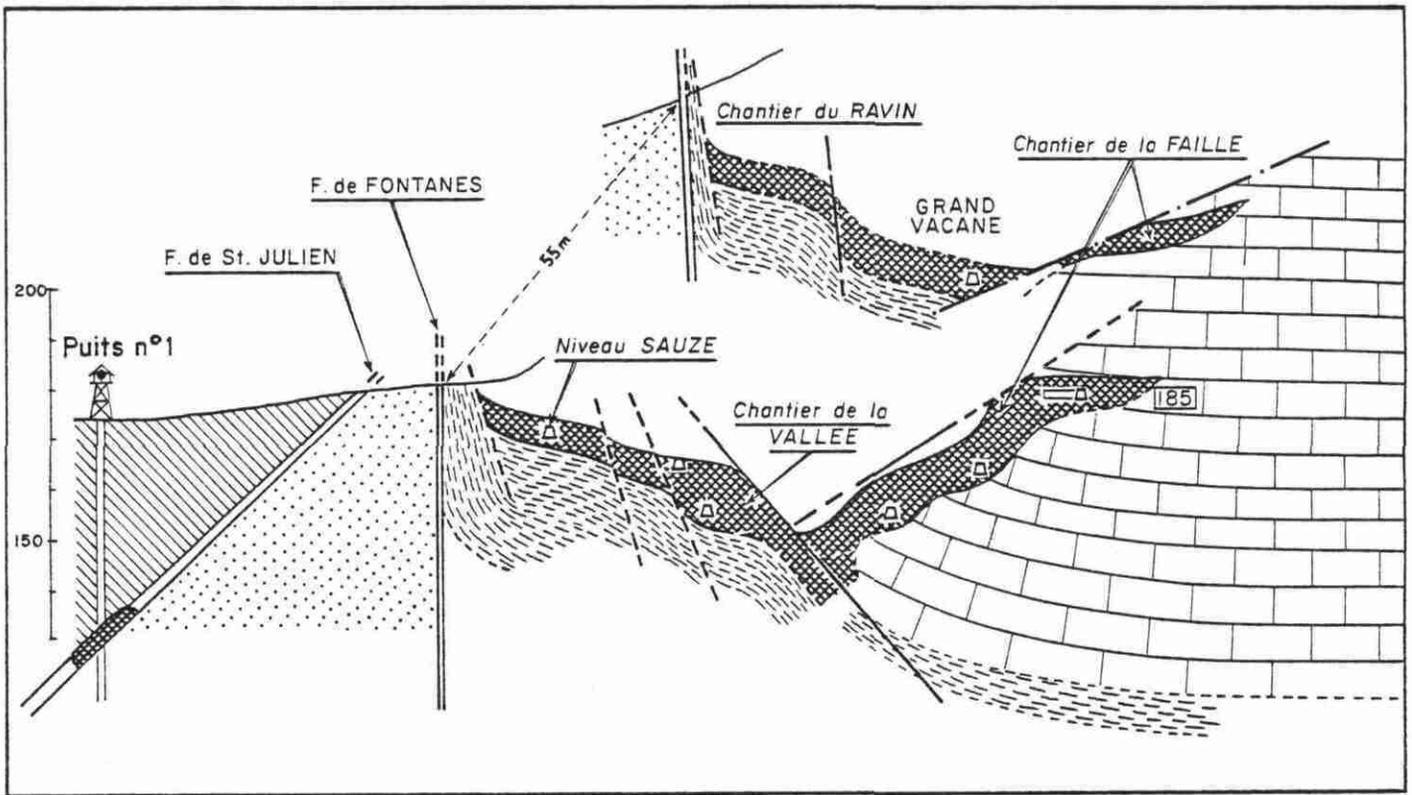
VII - Bibliographie

BERNARD A. (1958) - Contribution à l'étude de la province métallogénique sous-cévenole. Thèse Etat, Nancy.



# St. FELIX

## Coupes transversales des amas



in A. BERNARD, 1958

SAINT JULIEN DE VALGALGUES

I - Situation géographique

A l'intérieur de la concession de Saint Julien de Valgalgues, les principaux travaux ont été réalisés au quartier de la Minette, à 7 kilomètres au Nord d'Alès (Gard).

Carte 1/50.000 : Alès.

II - Cadre géologique

Le gisement dépend de la structure synclinale de Saint Julien de Valgalgues, dont l'axe se relève vers le Sud sur le horst de Rochebelle-Fontanes. Au quartier de la Minette, la formation pyriteuse est interstratifiée dans les formations de base des calcaires à entroques du Bajocien.

III - Morphologie

A la Minette : une lentille NNE-SSW tronquée en panneaux par de nombreuses failles, avec une puissance qui varie entre 1 et 12 mètres. Vers le Nord la lentille pyriteuse s'approfondit et diminue de puissance.

Aux Roberts : (quartier septentrional, hors concession), un amas a été touché, sans être reconnu.

IV - Minéralisations

La minéralisation consiste essentiellement en pyrite et en blende dans une gangue carbonatée avec un peu de fluorine et de barytine.

Analyse chimique : (in E. Fuchs et L. de Launay 1893).

	ECHANTILLONS				
	de surface		- 32 m	- 60 m	- 87 m
Soufre	49,15	41,95	44,13	42,87	41,13
Fer	43,24	38,49	38,24	37,94	36,85
Plomb	-	-	-	-	-
Zinc	-	-	-	-	-
Arsenic	0,11	0,15	0,05	0,10	0,08
Antimoine	-	-	-	-	-
Carbonate de chaux	2,55	-	5,52	2,86	9,69
Carbonate de magnésie	traces	-	traces	traces	0,08
Sulfate de chaux	-	1,58	-	-	-
Sulfate de magnésie	-	-	-	-	-
Fluorure de calcium	1,09	traces	traces	traces	traces
Gangue insoluble	2,48	8,29	10,20	13,19	11,23
Oxygène en excès	-	5,53	-	1,40	0,38
Eau	1,33	3,90	1,74	1,59	0,57
Total	99,95	99,86	99,88	99,95	100,01

## V - Travaux

Instituée en 1854, la concession a été activement exploitée jusqu'en 1900 au quartier de la Minette, tant en carrières que par travaux souterrains (puits Henry, puits de la faille, puits de la Jasse).

Les travaux entrepris au quartier des Roberts se bornent à une reconnaissance par galerie et un puits arrêté à 105 mètres de profondeur.

## VI - Production - réserves

Pendant la période d'extraction connue à la fin du XIXème siècle, on ne possède que quelques chiffres de productions annuelles :

- 11.000 tonnes en 1869 ;
- 24.000 tonnes en 1874 ;
- 15.000 tonnes environ entre 1888 et 1890.

Aussi peut-on estimer la production cumulée à quelques centaines de milliers de tonnes de pyrite. La pauvreté en soufre récupéré et l'appauvrissement en minerai des extensions ont été les causes de l'abandon de l'exploitation au quartier de la Minette.

## VII - Bibliographie

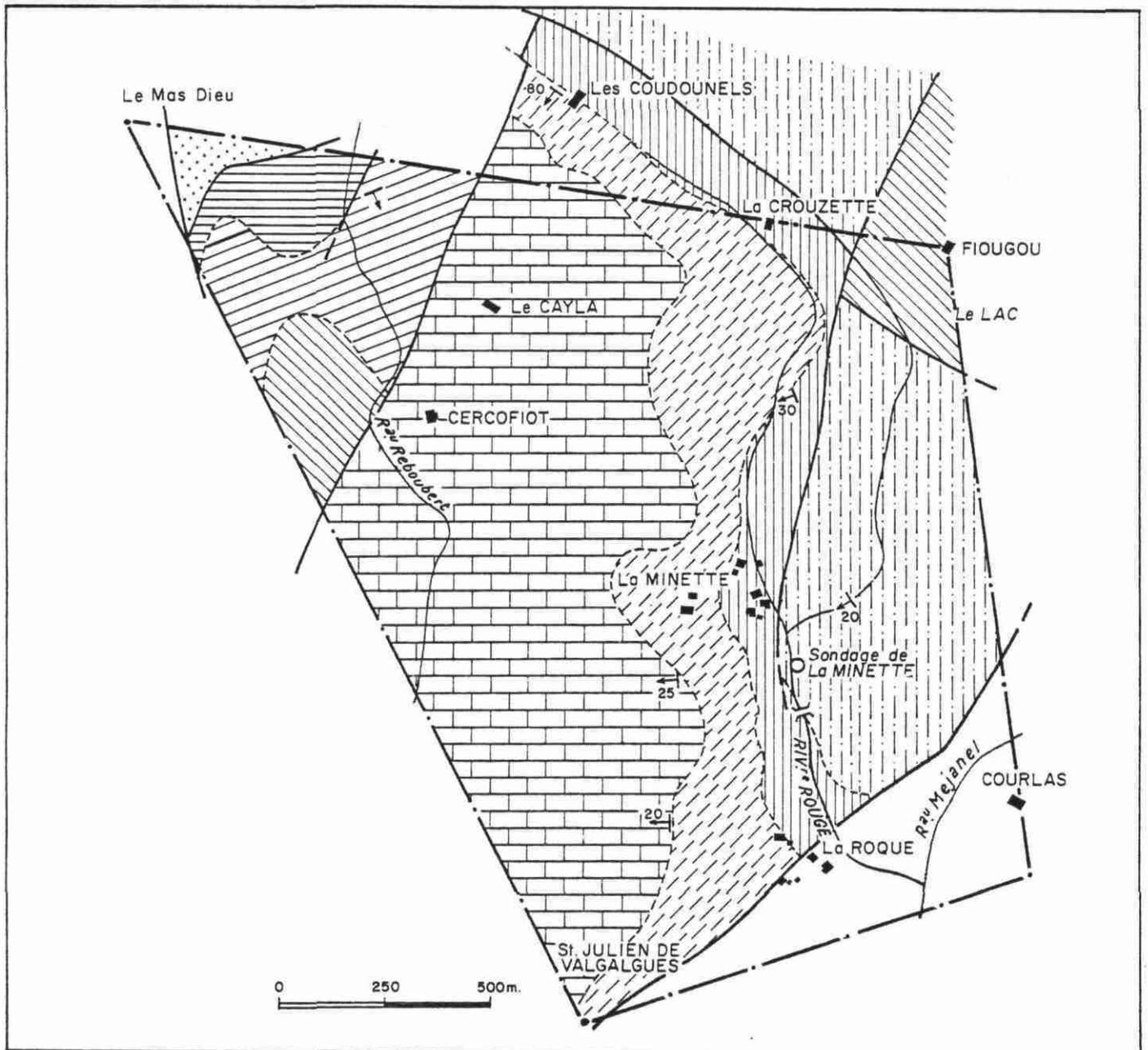
BERNARD A. (1958) - Contribution à l'étude de la province métallogénique sous-cévenole. Thèse Etat, Nancy.

FUCHS E., de LAUNAY L. (1893) - Traité des gîtes minéraux et métallifères Tome I, pp. 296-297.

CAILLAUX A. (1875) - Tableau général et description des mines métalliques et des combustibles minéraux de la France, pp. 394.

# St. JULIEN DE VALGALGUES

Esquisse géologique de la concession



-  Houiller
-  Trias
-  Hettangien
-  Sinémurien

-  Pliensbachien
-  Bajocien
-  Bathonien supérieur,  
Callovien, Argovien
-  Jurassique supérieur  
(Rauracien, Séquanien,  
Kimmeridgien)

MAS DIEUI - Situation géographique

Les premiers travaux ont été exécutés sur les amas calaminaires qui affleuraient au Nord-Est immédiat du village de Mas Dieu (Gard) à proximité de la RN 106.

Feuille 1/50.000 : Alès.

II - Cadre géologique

Le horst de l'îlot Béraud fait ressortir le Houiller au milieu des terrains triasiques et liasiques. Il consitute un jalon entre le promontoire du Rouvergue qui fait affleurer les micaschistes au milieu du bassin houiller d'Alès et le horst de Rochebelle-Fontanes. Le gisement se situe vers la retombée ouest du horst au-dessus des marnes du Keuper redressées et plissotées, coincées par failles entre les grès houillers et la dolomie hettangienne.

III - Morphologie

1 amas.

IV - Minéralisation

Pyrite, avec blende subordonnée.

V - Travaux

Les premières exploitations à ciel ouvert démarrèrent en 1888, se poursuivirent entre 1906 et 1920, sous la direction de la Société La Calamine qui avait obtenu la concession (4 ha) en 1913. Les dernières recherches se situent entre 1924 et 1927.

VI - Production - réserves

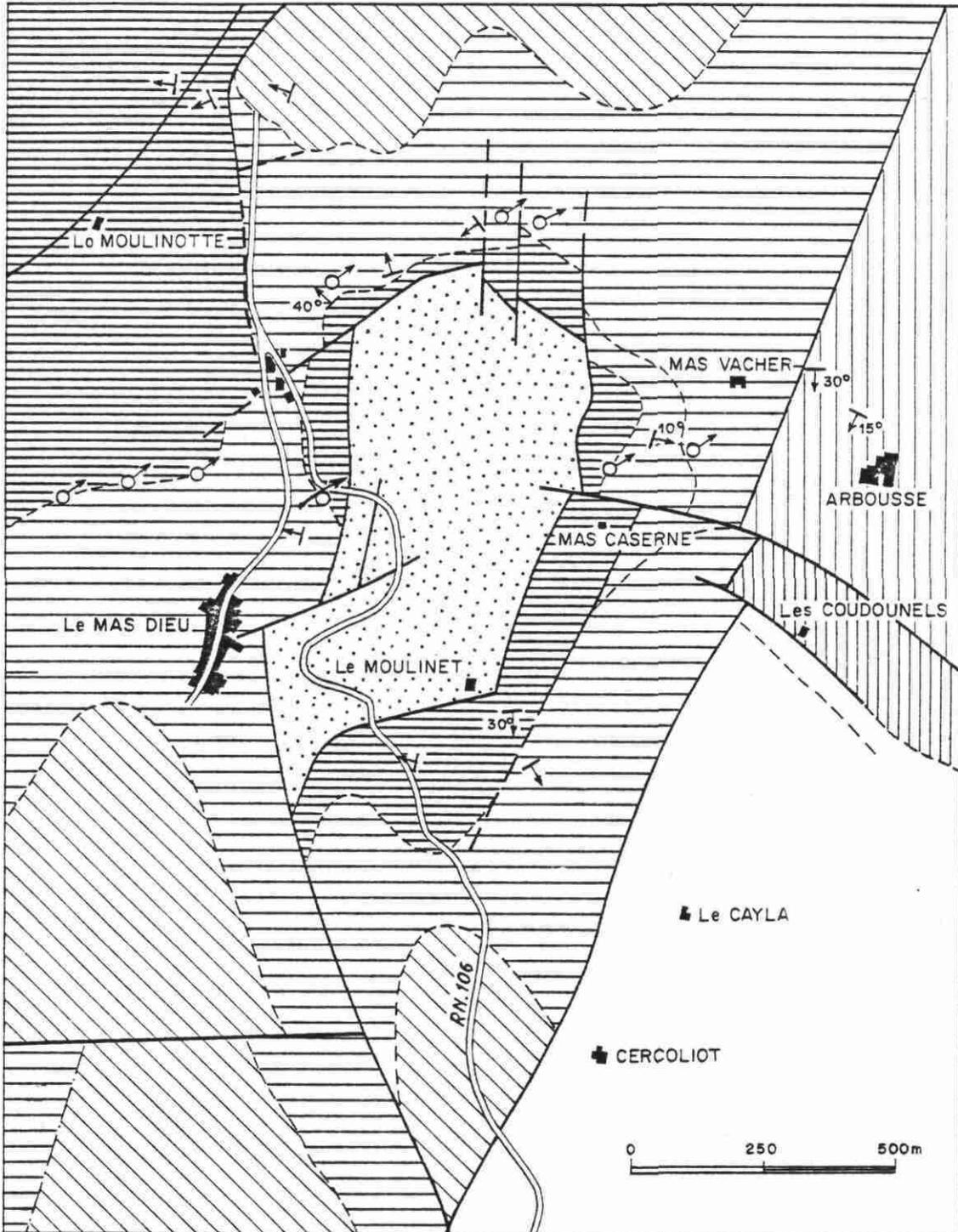
Pendant la dernière période, il a été extrait 4.000 tonnes de pyrite à 40 % de soufre.

VII - Bibliographie

BERNARD A. (1958) - Contribution à l'étude de la province métallogénique sous-cévenole. Thèse Etat, Nancy.

# MAS DIEU

## Schéma géologique



Houiller



Trias



Infratrias et Hettangien



Sinémurien



Pliensbachien



Bajocien



Jurassique supérieur



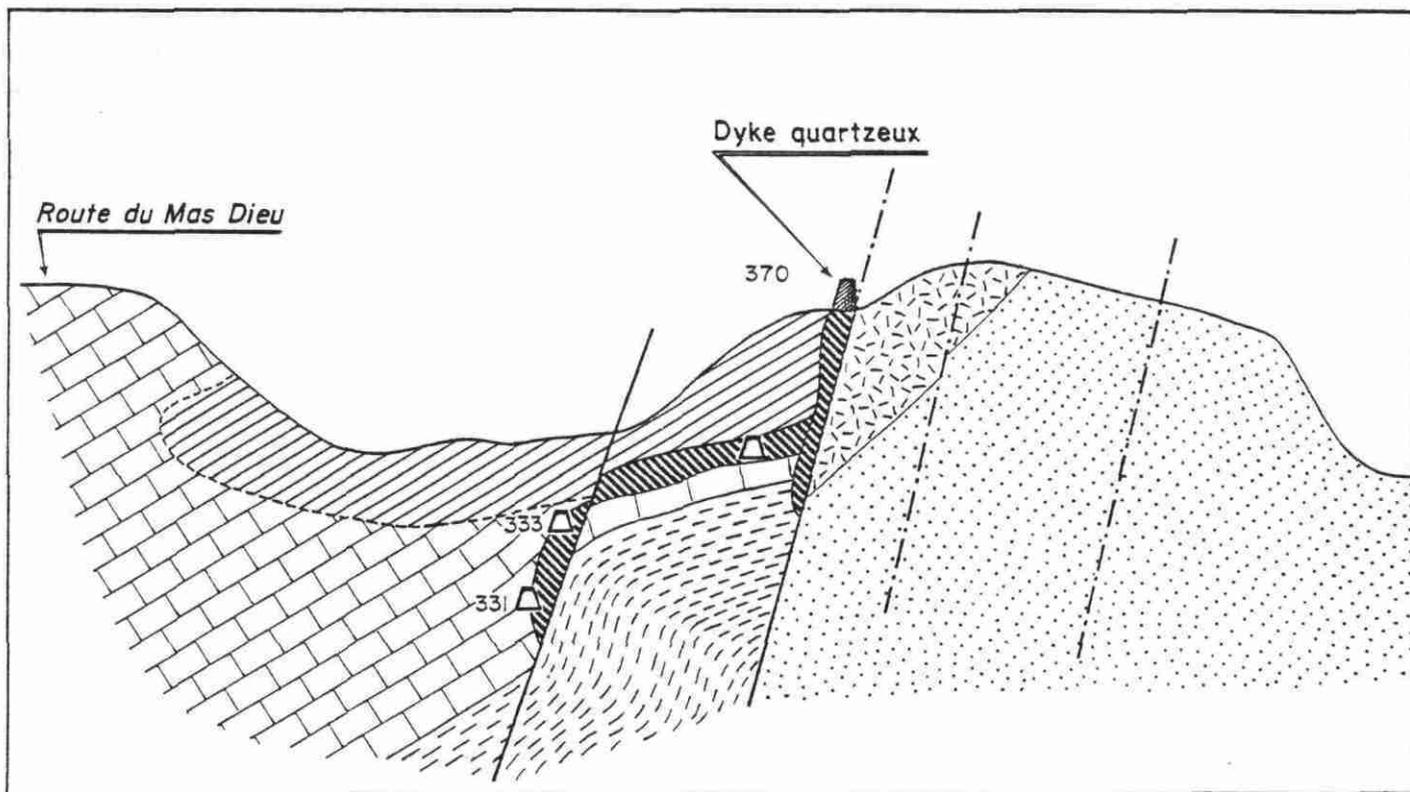
Minerai de fer  
chapeau de fer



Pyrite

# MAS-DIEU

Coupe schématique du gisement



 Houiller  
(grès micacés et schistes)

 Arkoses triasiques

 Marnes du Keuper

 Dolomies hettangiennes

 Chapeaux de fer

 Minerais sulfurés  
(pyrite et blende)

in A. BERNARD, 1958

PANISSIERE

I - Situation géographique

La concession de Panissière est située au Nord de celle de Saint-Julien de Valgagues, de part et d'autre de la rivière Avène.

Les travaux ont été ouverts sur la rive droite de l'Avène, à environ un kilomètre à l'Ouest du hameau de Panissière, sur la commune de Rousson (Gard).

Feuille 1/50.000 : Alès.

II - Cadre géologique

Le gîte est installé dans une voûte anticlinale douce, faiblement ondulée et faillée longitudinalement. Aux mines de Panissière, la puissance réduite des formations triasiques et hettangiennes indique la présence d'une paléostructure que les travaux ne permettent pas de préciser davantage.

Les minéralisations pyriteuses sont localisées à la base de l'Hettangien.

III - Morphologie

Deux lentilles ont été exploitées par travaux souterrains.

IV - Minéralisation

La pyrite extraite était réputée arsenicale.

V - Travaux

Comme tous les chapeaux de fer de la région, celui de Panissière fut d'abord exploité pour le fer. L'exploitation de la pyrite ne dura que 10 ans (1861 à 1871), à partir des puits Saint Ursule et Achille.

VI - Production - réserves

En 10 ans d'exploitation (1861-1871), il a été extrait quelques 40.000 tonnes de pyrite grenue marchande (à 40 - 48 % S); les pyrites fines pulvérulentes sans valeur marchande étaient utilisées comme remblai.

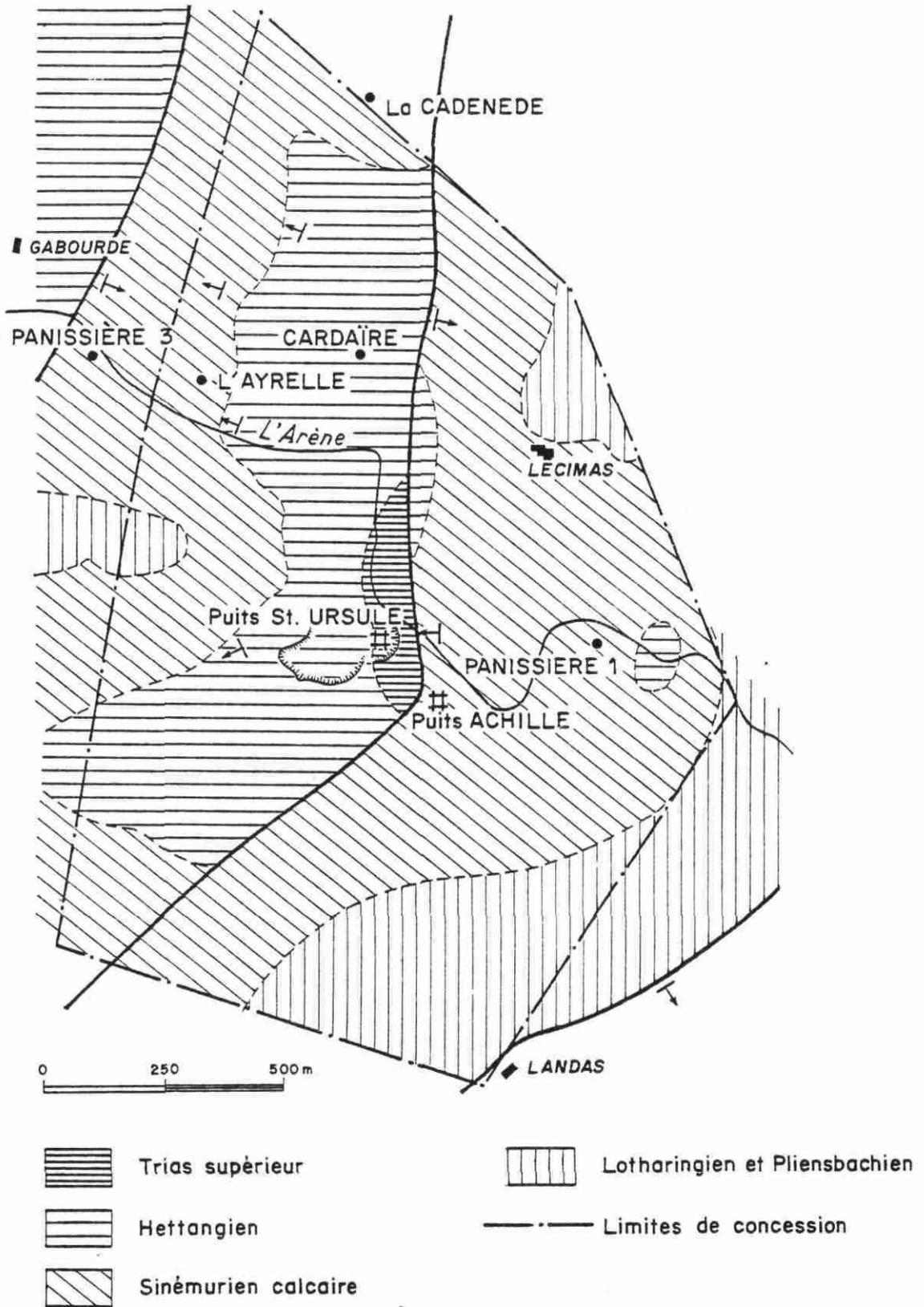
Le gisement n'est pas épuisé, mais les réserves éventuelles et possibles ne sont pas connues.

VII - Bibliographie

BERNARD A. (1958) - Contribution à l'étude de la province métallogénique sous-cévenole. Thèse Etat, Nancy.

# PANISSIERE

Esquisse géologique de la concession



in A. BERNARD, 1958

SAINT FLORENT

I - Situation géographique

La concession de Saint-Florent avec une superficie de 335 ha, est située à une quinzaine de kilomètres au Nord d'Alès, de part et d'autre de l'Auzonnet. Le centre principal d'exploitation des Ribots se trouvait à 200 mètres à l'WSW du hameau de même nom, sur la rive droite de l'Auzonnet.  
Feuille 1/50.000 : Alès.

II - Cadre géologique

La concession couvre la bordure septentrionale du panneau liasique disposé en voûte anticlinale et qui porte déjà les minéralisations de Panis-sière plus au Sud. A Saint-Florent, les amas ferrugineux se disposent également dans les dolomies hettangiennes, mais il se placent ici le long de l'accident WNW-ESE des Ribots qui met en contact le Trias au Nord avec l'Hettangien au Sud.

III - Morphologie

Au quartier des Ribots, un amas lenticulaire avec une puissance qui oscille entre quelques centimètres et 2 à 3 mètres.

IV - Minéralisations

La pyrite est le minerai dominant. Elle contient de la blende soit en imprégnation, soit en lentilles allongées de 40 à 50 centimètres de puissance.

V - Travaux

Instituée en 1865, cette concession fut exploitée aux Ribots, pour la pyrite à la fin du XIXème siècle, pour le zinc entre 1900 et 1910.

VI - Production - réserves

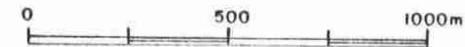
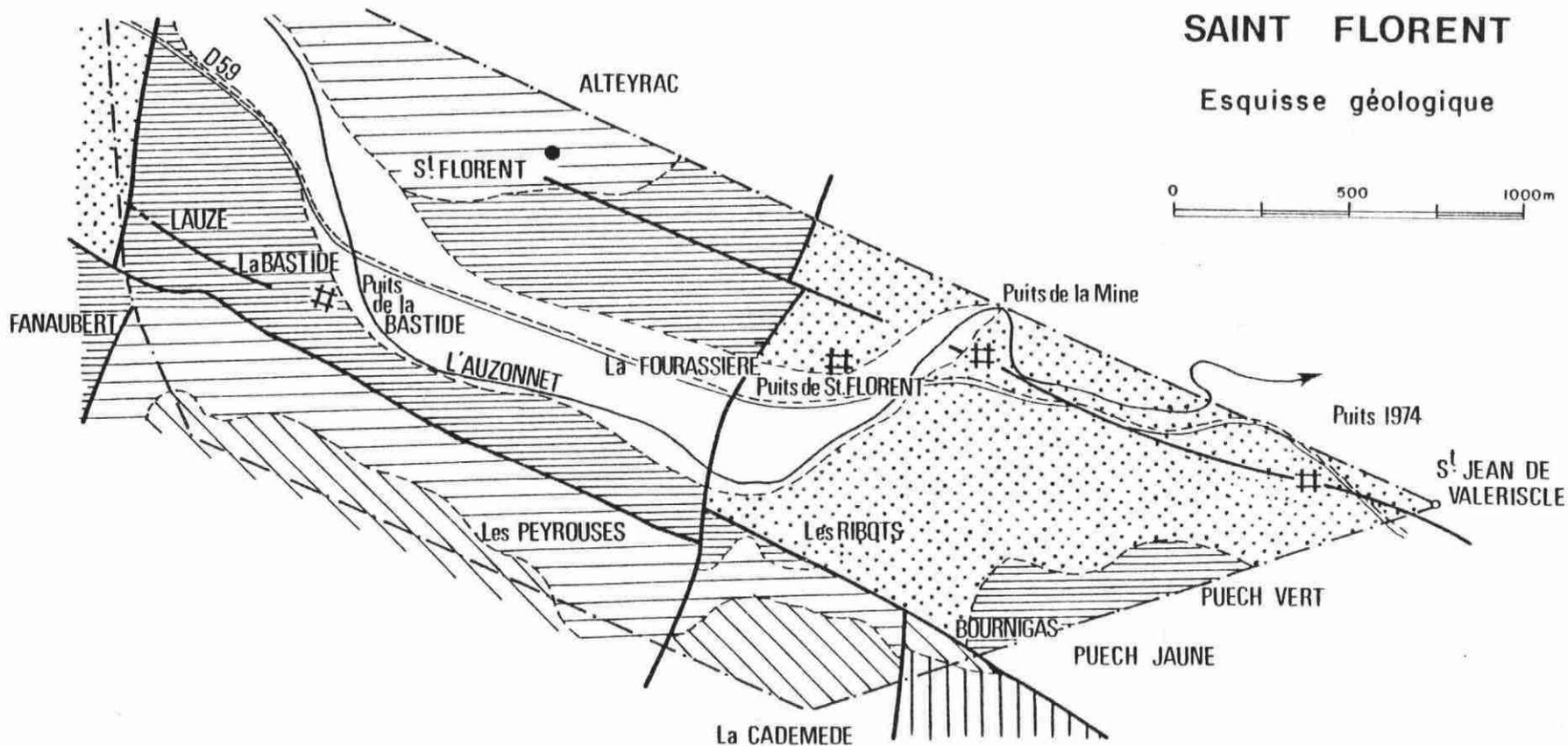
La production cumulée est inconnue, mais on peut assurer qu'elle fut faible (1.200 tonnes en 1869). Le gisement n'est pas épuisé, mais les réserves sont dérisoires.

VII - Bibliographie

BERNARD A. (1958) - Contribution à l'étude de la province métallogénique sous-cévenole. Thèse Etat, Nancy.

# SAINT FLORENT

## Esquisse géologique



Houiller



Trias



Hettangien



Pliensbachien



Sinémurien



Alluvions de l'Auzonnet

# Puits

in A. BERNARD, 1958

SAINT JEAN DU PINI - Situation géographique

La concession de Saint Jean du Pin est située sur la commune de même nom, sur la rive gauche du Gardon, en face d'Alès. Les travaux ont été ouverts au Nord-Ouest du chef-lieu, près du hameau du Devès.

Feuille : 1/50.000 : Alès.

II - Cadre géologique

Cette concession occupe une position structurale particulière, au point de jonction de deux structures majeures :

- au Nord, le horst de Rochebelle-Fontanes, qui porte les minéralisations de Cendras, de Saint Félix et du Soulier ;
- au Sud, la dorsale de Générarques-Pallières qui va se développer sur 15 kilomètres suivant la direction SSW.

Les lentilles pyriteuses se localisent dans des niveaux différents du Trias contre la faille de la Devès qui limite au Sud le horst de Bois Rond (constitué de terrains sédimentaires carbonifères et métamorphiques).

III - Morphologie

A partir d'une campagne de sondages, trois amas ont été identifiés et délimités : amas nord-ouest, amas Motto, amas sud-est.

IV - Minéralisation

A Saint Jean de Pin, il a été reconnu deux catégories de minerai :

- marcasite et pyrite en imprégnation dans les arkoses du Trias ;
- pyrite et blende cimentant des éléments bréchiques calcaires.

V - Travaux

La concession a été exploitée les premières années qui suivirent son institution en 1856. Il faudra attendre près de cent ans les travaux de reconnaissance par sondages (campagne 1950-1953).

VI - Production - réserves

La production connue est dérisoire : quelques deux milliers de tonnes de pyrite. Les réserves sont plus importantes.

VII - Bibliographie

BERNARD A. (1958) - Contribution à l'étude de la province métallogénique sous-cévenole. Thèse Etat, Nancy.

# SAINT JEAN DU PIN

CARTE GEOLOGIQUE DE LA ZONE MINERALISEE



Socle antéstephanien



Muschelkalk et Trias supérieur



Houiller



Alluvions modernes



Trias inférieur



Filons de quartz

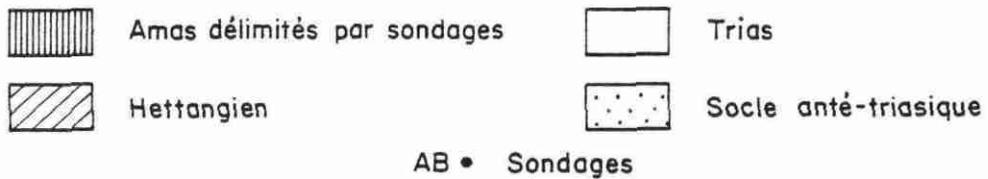
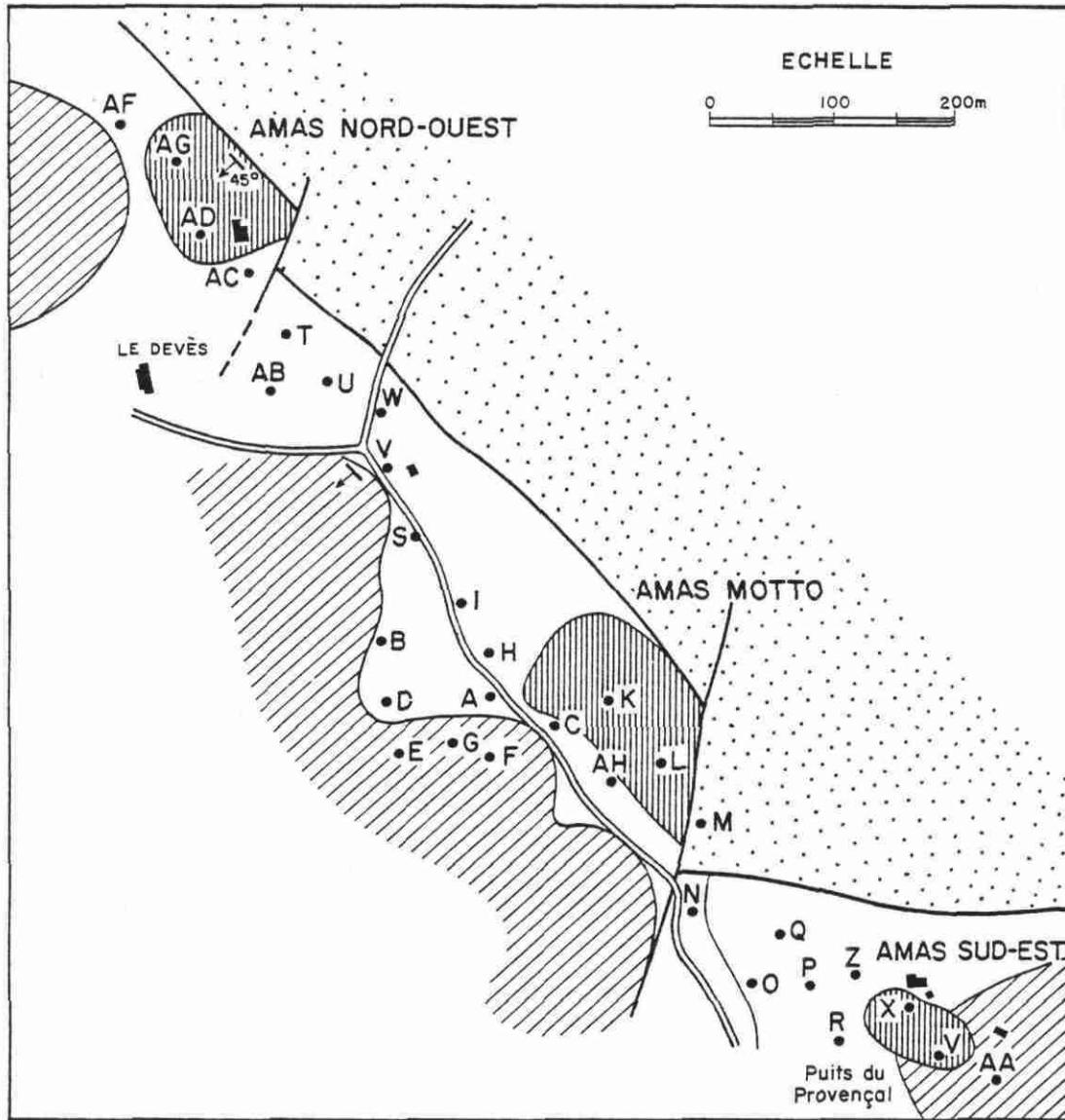


Hettangien + Sinémurien

0 500m

# SAINT JEAN DU PIN

Répartition d'ensemble des zones minéralisées



in A. BERNARD, 1958

MONTAGNE NOIRE

SALSIGNE

Salsigne est une mine polymétallique d'où il a été extrait entre 1908 et 1978 inclus, près de 7 millions de tonnes de tout-venant dont le traitement a fourni :

66,5 tonnes d'or
196,5 tonnes d'argent
18.500 tonnes de cuivre
1.550 tonnes de bismuth (récupéré depuis 1950).
290.000 tonnes d'arsenic
325.000 tonnes d'acide sulfurique (récupéré depuis 1961).

La fiche sur cette mine a déjà été établie en 1978 par J.J. BACHE, pour le tome 5 des "Ressources minières françaises" qui traite des gisements d'or. Aussi nous contenterons-nous de donner un résumé succinct de la fiche précédemment rédigée ainsi que le schéma du traitement des minerais qui permet la récupération d'acide sulfurique.

La mine de Salsigne se situe à environ 20 km au Nord de Caracassonne et s'intègre dans une province métallogénique connue pour sa minéralisation auro-argentifère avec pyrite, mispickel et bismuth. La société de Salsigne exploite dans les formations paléozoïques deux zones filoniennes orientées N-S :

- à l'Ouest : l'ensemble Fontaine de Santé ;
- à l'Est : le filon de la Ramèle.

A la mine, il est extrait par jour 700 à 800 tonnes de tout-venant à 10 g/t Au et les productions mensuelles sont de l'ordre de :

100 kg d'or
400 kg d'argent
300 t d'anhydride arsénieux
5 t de bismuth
40 t de cuivre
2 000 t d'acide sulfurique

Les réserves (probables et possibles) sont estimées actuellement à un peu plus de 3 millions de tonnes de tout-venant contenant 10,9 g/t Au ; 38.g/t Ag ; 0,12 % Cu ; 0,115 % Bi ; 12,1 % S et 11 % As.

Les minerais extraits de la mine sont classés en deux catégories :

- les minerais riches (envoyés directement à la fusion) ;
- les minerais ordinaires : traités en laverie.

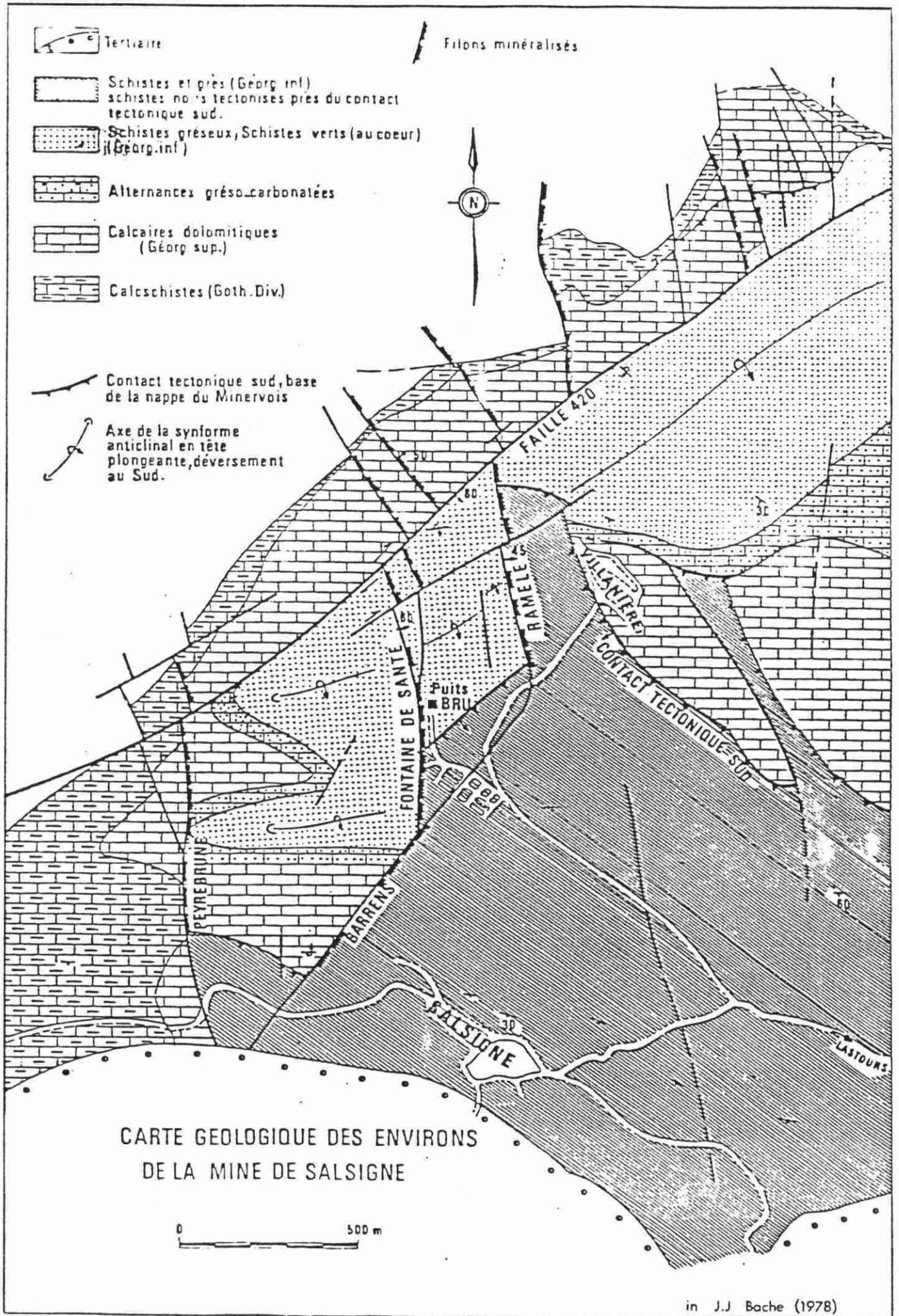
Ces derniers sont traités (voir schéma) de la manière suivante :

- Concassage et broyage du minerai ;
- Concentration en laverie par flottation ;
- Agglomération en boulets des concentrés mélangés à un liant.
- Fusion qui dissocie les boulets en mattes (qui contiennent Au, Ag, et Cu) et gaz (riches en As, S et Bi) ;

- Séparation successive des différents éléments contenus dans les gaz : le bismuth en premier, puis l'anhydride arsenieux, enfin le gaz sulfureux qui alimente l'usine de production d'acide sulfurique.

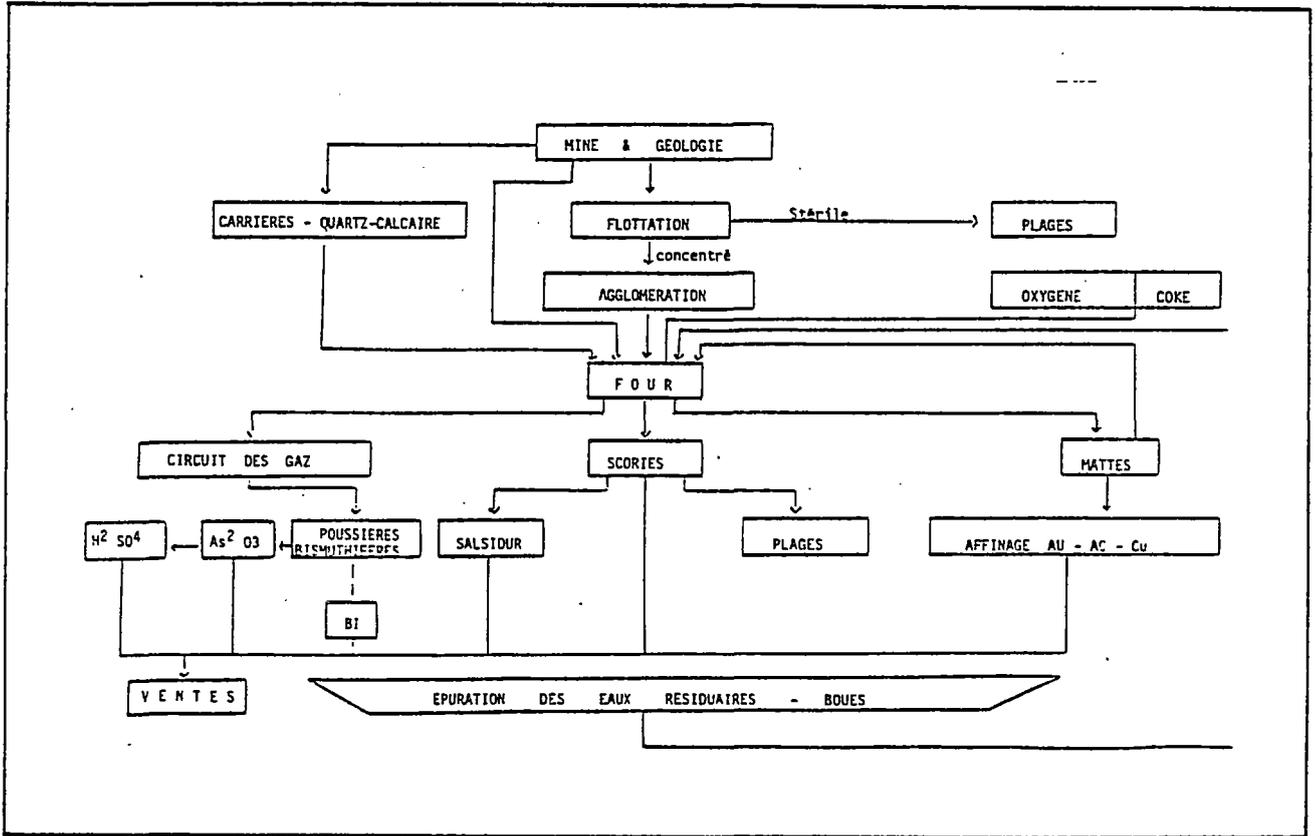
### Bibliographie

BACHE J.J. (1978) - Les gisements d'or. Tome 5 des Ressources minières françaises.



# SALSIGNE

## Schéma de traitement



LIMOUSIN

LA CHABANNE

I - Situation géographique

Le gisement de la Chabanne est situé à 5 km au Nord-Ouest de Thiviers (Dordogne) à 100 mètres à l'Ouest du village de la Chabanne, tout près de la route départementale qui va de Thiviers à Saint Martin de Fressengeas.

Carte à 1/50.000 : Thiviers.

II - Cadre géologique

Le petit amas pyriteux de la Chabanne est installé dans une série plissée de schistes à séricite comportant des intercalations lenticulaires d'amphibolites. La minéralisation stratiforme est liée à un horizon de schistes et quartzites carbonés surmontés par un mince niveau de 2 à 3 mètres de tufs kéraatophyriques.

Le volcanisme auquel se rattache cette minéralisation est d'âge cambrien.

III - Morphologie du gîte

Une lentille d'orientation NW-SE a été reconnue par travaux miniers et en partie exploitée sur 150 mètres environ.

IV - Minéralisation

La minéralisation consiste en pyrite rubanée, en partie colloforme, avec inclusions de blende, chalcopryrite, pyrrhotine, pentlandite et galène. (détermination P. PICOT).

V - Travaux - Production

Le gisement a été exploité à la fin du XIXème siècle, à partir d'un puits de 22 mètres desservant plusieurs centaines de mètres de tranchées répartis sur trois niveaux.

Entre 1887 et 1897, il a été extrait entre 3 000 et 4 000 tonnes de pyrite.

VI - Bibliographie

AUBAGUE M., BOULADON J. (1977) - Les gîtes de pyrite et de cuivre dans le Massif Central français (Note BRGM inédite).

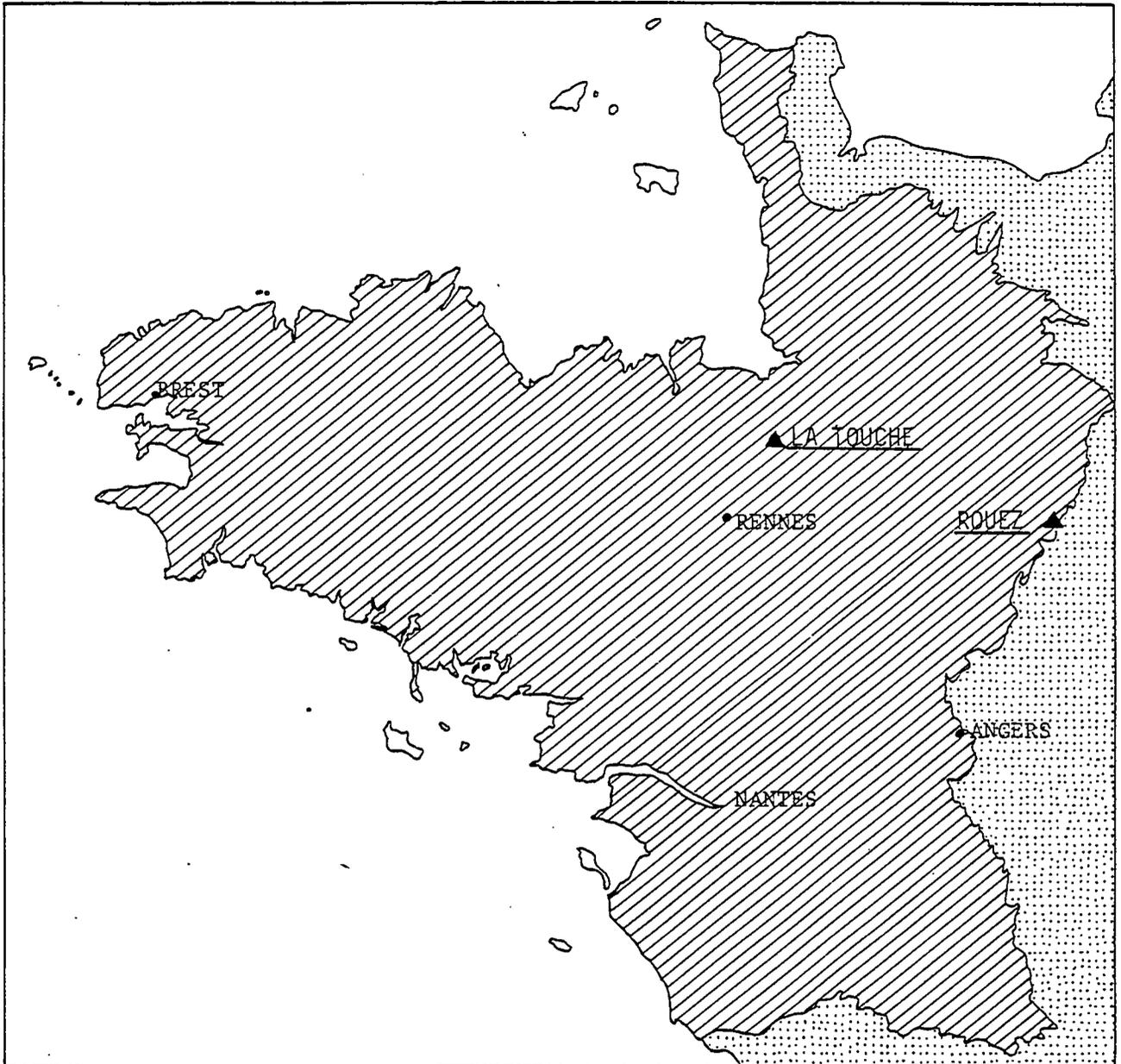
## MASSIF ARMORICAIN

Dans le Massif armoricain, la pyrite n'a été exploitée à ce jour qu'à la Touche dans un filon du type B.P.G.. La production de pyrite marchande fut légèrement supérieure à 20.000 tonnes.

Cette situation risque d'être modifiée avec la découverte récente par la SNEA (P) d'un important corps minéralisé pyriteux (évalué à 35 millions de tonnes de soufre) à Rouez dans la Sarthe et la mise en évidence par le B.R.G.M. d'une nouvelle province à Zn, Cu, Pb, (Ag), où la pyrite reste le minéral dominant.

# MASSIF ARMORICAIN

LOCALISATION DES GISEMENTS DE PYRITE



Couverture



Socle

0 50 km

ROUEZ

I - Situation géographique

Le corps minéralisé de Rouez est situé à proximité de la bordure orientale du Massif armoricain, à une trentaine de kilomètres au Nord-Ouest de la ville du Mans (Sarthe).

Carte à 1/50.000 : Sillé-le-Guillaume.

II - Cadre géologique

Ce gisement est situé dans la partie sud-est du domaine mancellien qui est constitué de Protérozoïque supérieur (Briovérien) essentiellement détritique (arkoses, grauwackes, grès, alternance schiste-grès) plissé lors de l'orogénèse cadomienne et percé de granites avant le dépôt de séries primaires épicontinentales. Celles-ci sont modérément affectées par l'orogénèse hercynienne.

L'amas de Rouez est interstratifié dans cette série détritico monotone mal connue et fortement plissée.

III - Morphologie

Le corps minéralisé est concordant avec la schistosité des terrains encaissants, dont la direction est sensiblement est-ouest. D'après J.C. ICART, il a la forme d'une amande qui plonge vers le Nord (75° environ) et dont l'arête supérieure plonge de 40° à 50° vers l'Ouest. Sa puissance varie de 50 à 80 mètres. L'ensemble du corps minéralisé, constitué de plusieurs lentilles (2 à 3 d'après les sondages), représente un tonnage de l'ordre de 100 millions de tonnes.

IV - Minéralisation

Les lentilles sont constituées de pyrite et/ou pyrrhotite dominantes (65 %), avec une proportion importante de sidérite (20 %). Les métaux de base sont représentés, par ordre d'importance, par la blende, la chalcopryrite et la galène.

V - Travaux

La découverte de Rouez résulte d'une campagne géophysique aéroportée réalisée en 1975.

Une forte anomalie conductrice et magnétique ressortait sur deux profils contigus. Le premier sondage carotté, après contrôle géophysique et géochimique au sol, fut réalisé en Janvier 1976 : il recoupa 80 mètres de sulfures massifs.

Par la suite des travaux de géophysique au sol et de géochimie permirent de définir l'enveloppe du corps minéralisé.

Une campagne de sondages carottés, à maille régulière, réalisée de 1976 à 1978 (environ 5 000 mètres), a eu pour but de définir la géométrie du corps minéralisé, ainsi que son contenu.

## VI - Réserves

Au stade actuel de l'exploration, le gisement de Rouez contient environ 35 millions de tonnes de soufre, auxquels il faut ajouter environ 2 millions de tonnes de (Zn + Cu + Pb) à des teneurs très basses (2,3 % Zn + Cu + Pb) sauf localement.

## VI - Bibliographie

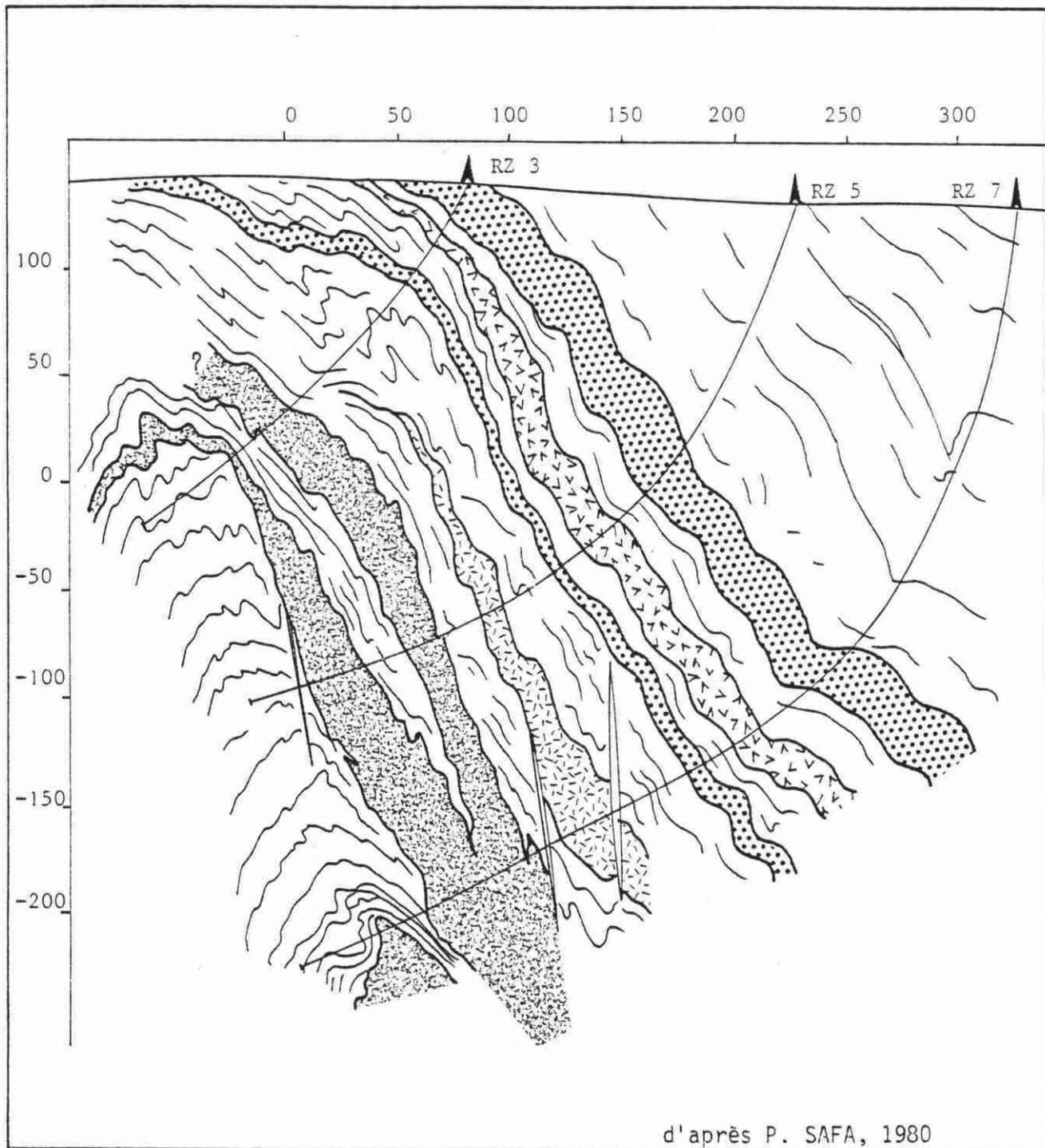
ICART J.C. (1980) - L'amas sulfuré de Rouez (Sarthe). Chronique de la recherche minière n° 453.

AYE F., GUNZERT G., ICART J.C., LE FUR Y., McARDLE P., SPERLING H. et SWAIL E. (1980) - Minéralisations polymétalliques des ceintures volcano-sédimentaires de l'Europe de l'Ouest. Chronique de la recherche minière n° 453.

SAFA P. (1980) - L'amas sulfuré de Rouez (Sarthe) - Thèse 3ème cycle Paris.

# ROUEZ

COUPE NORD-SUD, PROFIL 3 OUEST



-  Argilo-siltites et siltites
-  Minéralisation
-  Formation sédimentaire hydrothermale
-  Schistes à galets
-  Grès grauwackeux

## MASSIF ARMORICAIN

### LA TOUCHE

#### I - Situation géographique

Les mines de la Touche sont situées à 34 km au NNE de Rennes, sur la commune de Vieux-Vy (Ille-et-Vilaine), à proximité du confluent de la Minette avec le Couesnon.

Carte à 1/50.000 : Combourg.

#### II - Cadre géologique

Les mines sont situées à l'extrémité occidentale du grand massif granitique cadomien de Fougères, recoupé en ce point par un faisceau filonien de granite à muscovite de direction approximativement méridienne.

#### III - Morphologie

Le gisement se compose d'un filon de direction sensiblement nord-sud (N 160° E) avec un pendage vers l'Est de 60°.

Les travaux miniers ont montré, au sein du corps filonien, trois colonnes de 100 mètres de traversée horizontale, séparées par des intervalles stériles de 200 à 250 mètres.

Ces colonnes plongent vers le Nord avec un angle de 50° environ.

#### IV - Minéralisation

La minéralisation comprend essentiellement blende, galène et sulfures de fer. La blende qui présente une structure fibreuse est cadmifère ; pyrite et marcasite sont très abondantes. La melnicovite se présente en gros nodules concentriques très caractéristiques.

La gangue du filon est constituée par un quartz calcédioneux bleuâtre, avec un peu de barytine.

#### V - Travaux

Depuis sa découverte en 1875, le filon de la Touche a été exploité à plusieurs reprises de 1875 à 1894, de 1901 à 1907, de 1927 à 1931, enfin de 1942 à 1951. Un puits a été foncé jusqu'à - 240 m et le filon a été tracé sur plus de 1 000 mètres.

La mine est noyée depuis 1951, par suite d'une venue d'eau brutale.

#### VI - Production - réserves

On a extrait du gisement de la Touche 106.500 tonnes de minerai tout-venant.

Les concentrés marchands contenaient 2 000 tonnes de plomb et 3 500 tonnes de zinc. La production de pyrite marchande est de 21 000 tonnes.

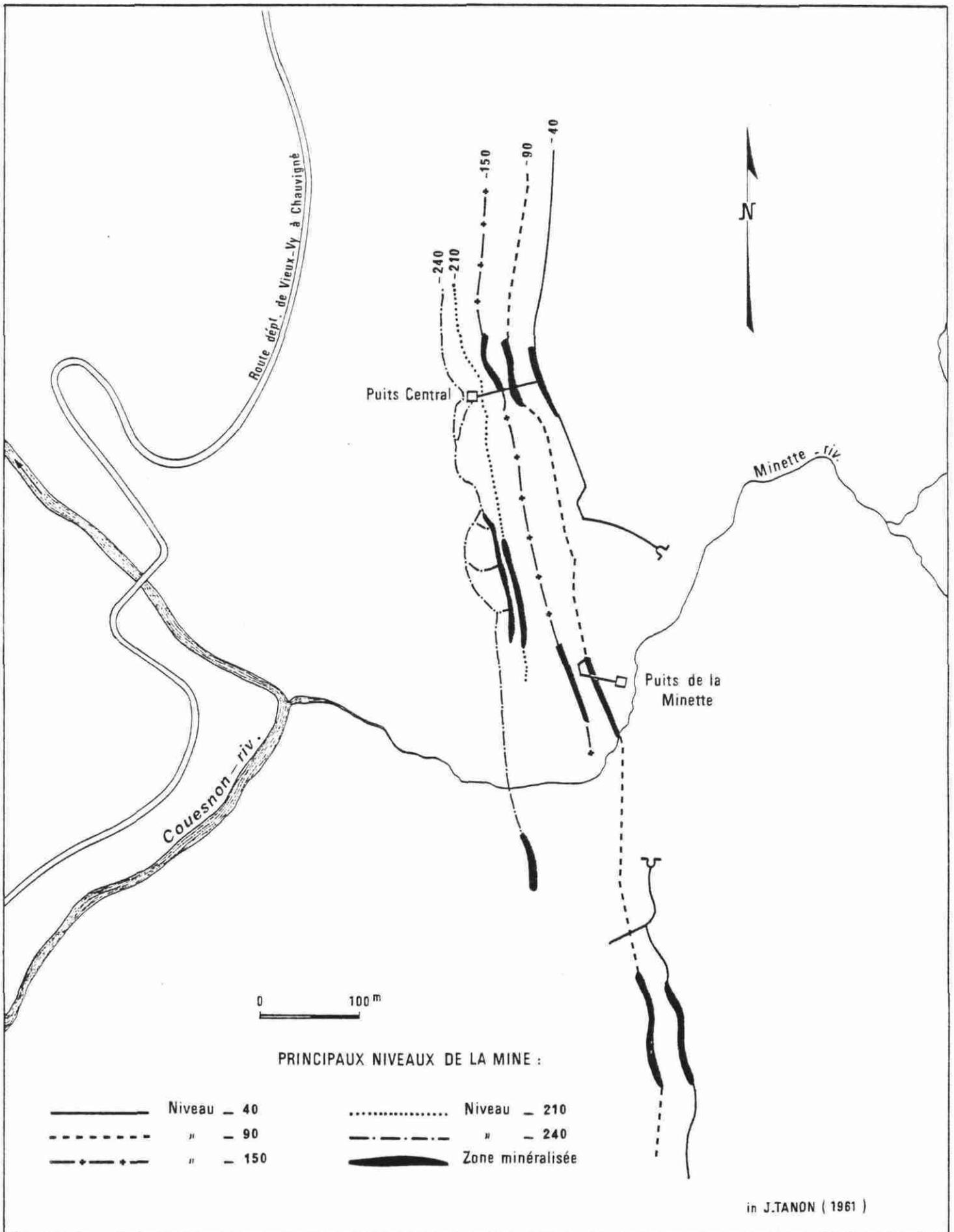
Les réserves de pyrite sont faibles, d'autant plus que les trois colonnes exploitées riches aux niveaux supérieurs (teneur du minerai atteignant 30 à 50 %) s'appauvrissaient en profondeur (moins de 10 %).

VII - Bibliographie

CHAURIS L., GUIGUES J. (1969) - Gîtes minéraux de la France, Volume I, Mémoires du B.R.G.M. n° 74.

TANON J. (1961) - Etude documentaire sur la mine de la Touche. Rapport B.R.G.M. R 5031.

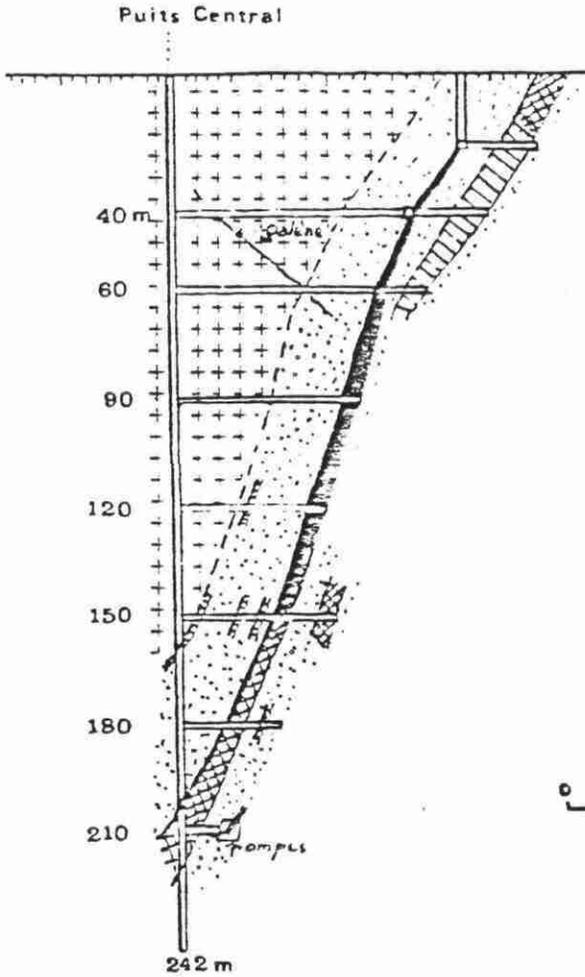
# LA TOUCHE



# LA TOUCHE

D

E



## Colonne centrale

-  *Mineral (Quartz + sulfures)*
-  *Quartz noir et blanc stérile*
-  *- id - avec boules de galène et blende ou placages de galène.*
-  *Granite sain*
-  *Granite décomposé*



Coupe W-E de la colonne centrale

# LA TOUCHE

Nord

Sud

Colonne Centrale

Colonne Minette

Colonne Sud

Puits central

Puits de la Minette

Riv. Minette

Niv. 40

Niv. 90

Niv. 150

Niv. 210

Niv. 235

242 m

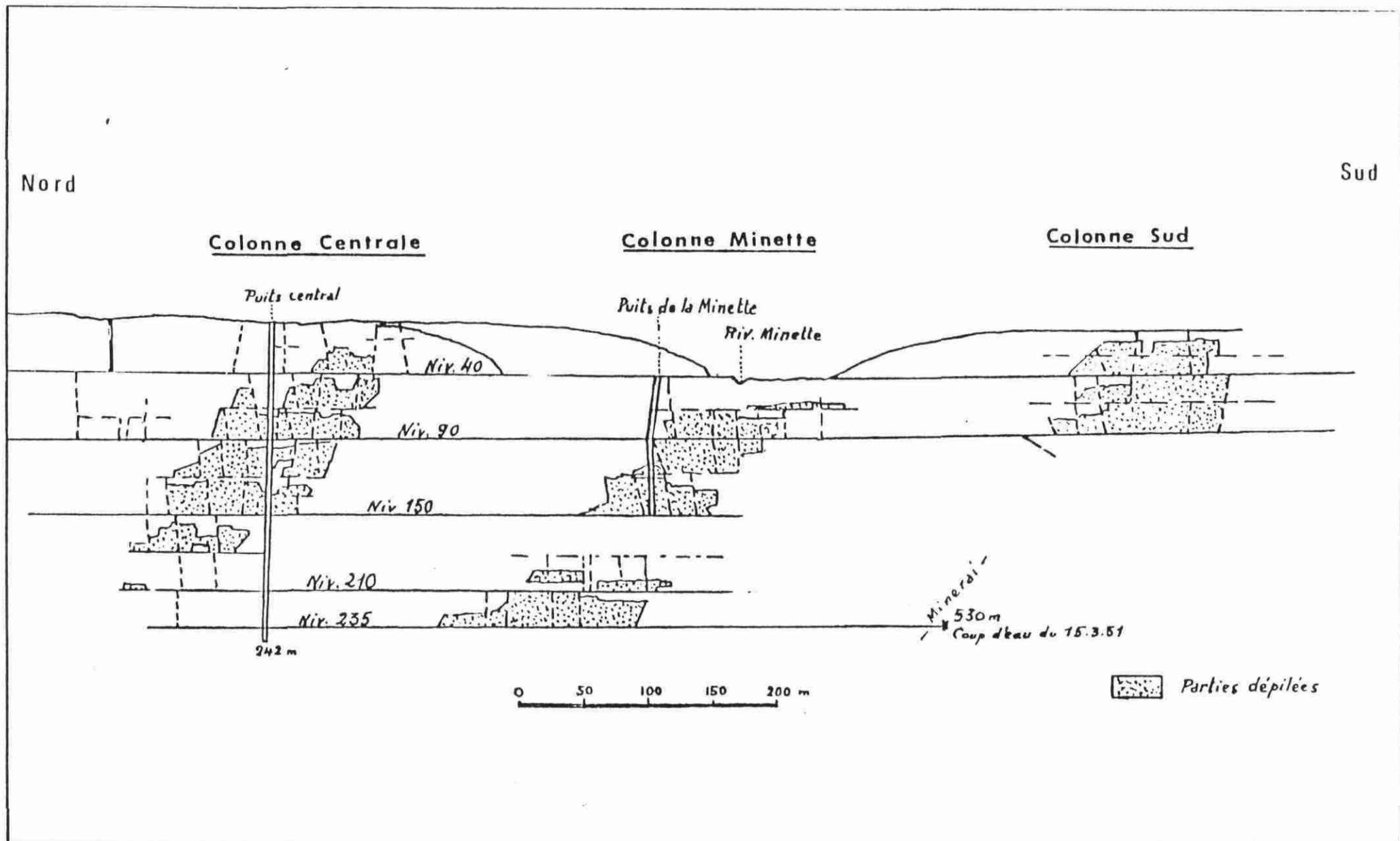
Mineral

530 m

Coup d'eau du 15.3.51

0 50 100 150 200 m

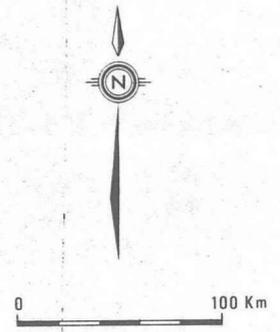
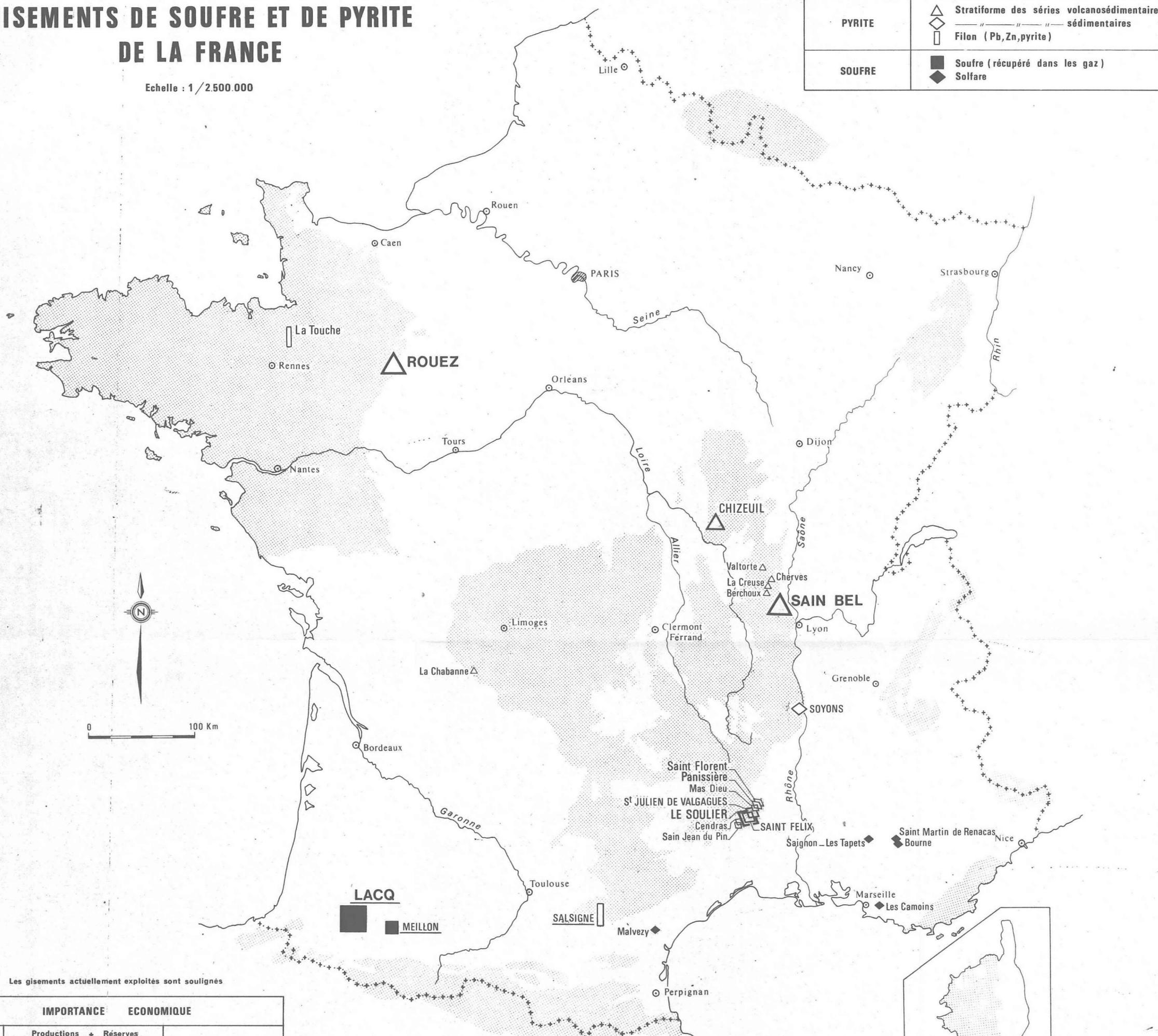
 Parties défilées



# GISEMENTS DE SOUFRE ET DE PYRITE DE LA FRANCE

Echelle : 1 / 2.500.000

SUBSTANCES	TYPES DE GITE
PYRITE	Stratiforme des séries volcanosédimentaires
	Filon (Pb, Zn, pyrite)
SOUFRE	Soufre (récupéré dans les gaz)
	Solfare



Les gisements actuellement exploités sont soulignés

IMPORTANCE ECONOMIQUE		
Taille	Productions + Réserves (exprimées en tonnes de soufre)	
0	< 10.000	Les Camoins
1	10.000 à 100.000	Saint Florent
2	100.000 à 1.000.000	SOYONS
3	1.000.000 à 10.000.000	CHIZEUIL
4	> 10.000.000	LACQ

