

MINISTÈRE DU REDÉPLOIEMENT INDUSTRIEL  
ET DU COMMERCE EXTÉRIEUR

**CONFIDENTIEL**

# RESSOURCES MINIÈRES FRANÇAISES

**Tome 14**

**Les gisements de sillimanite, d'andalousite, de disthène,  
de magnésite, de graphite, de feldspaths**

**(Situation en 1983)**

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  
Mme DELFAU et M. DUHAMEL  
(Département Gîtes Minéraux du BRGM)

## TABLE DES MATIERES

	Pages
I - Introduction : Considérations générales sur les réfractaires .....	1
II - Silicates du groupe de la sillimanite .....	4
2.1 - Généralités .....	4
2.2 - Usages .....	5
2.3 - Spécifications .....	5
2.4 - Principaux pays producteurs .....	5
2.5 - Gisements français .....	6
. Glomel .....	7
. Autres gîtes du massif Armoricaïn .....	10
. La Mole .....	13
. La Rouvière .....	15
. Massif du Mercantour .....	17
III - La Magnésite (Giobertite) .....	18
3.1 - Modes de gisements .....	18
3.2 - Usages industriels .....	19
3.3 - Production mondiale de magnésite naturelle crue .....	20
3.4 - Marché français .....	21
3.5 - Indices français de magnésite .....	22
. Gîtes de Sabuchar et Paradar, d'Iputchaen, d'Epeloko Borda ..	26
. Gîtes de St-Michel, de Larrau, de St-Engrâce .....	28
. Montner .....	31
. Biguglia .....	34
IV - Le Graphite .....	35
4.1 - Géologie - variétés .....	36
4.2 - Traitement du minerai .....	36
4.3 - Usages .....	37
4.4 - Substituts du graphite naturel .....	37
4.5 - Marché .....	37
4.6 - Les gîtes français de graphite .....	38
. Le Chardonnet .....	39
. Cote Peallas .....	41
. Dussac (le Charbonnier) et autres indices du Massif Central .	43
. Plufur, Penn ar Roc'h .....	44
. Etang d'Albe .....	45
. Région de Marignac .....	46
. Trémouilles, Arvieu .....	47

	Pages
V - Les Feldspaths .....	49
5.1 - Généralités .....	49
5.2 - Usages industriels et spécifications .....	49
5.3 - Production mondiale et situation de la France .....	50
5.4 - Géologie .....	53
5.5 - Gisements français .....	54
. La Tourre .....	56
. Cargèse, Marmano .....	57
. Nord Aveyronnais .....	58
. An-Nivit, autres indices .....	59

## I - INTRODUCTION : Considérations générales sur les réfractaires

Le principal usage des minéraux industriels faisant l'objet de cette plaquette concerne leurs propriétés réfractaires : ce sont le groupe andalousite, sillimanite, disthène ; la magnésite et le graphite. Inversement, les feldspaths, également traités dans ce mémento, sont recherchés pour leurs propriétés de fondant en céramique. En verrerie, ils servent comme source d'alumine.

Sont considérés comme réfractaires les matériaux naturels et artificiels qui conservent leur identité chimique et physique dans des usages industriels imposant de hautes températures, mais aussi des contraintes de chocs mécaniques et thermiques, d'abrasion, d'attaques chimiques et de charges élevées. Les applications industrielles sont très variées, il y a donc une grande variété de produits réfractaires utilisés. Ces produits, soit façonnés en briques, soit non façonnés (bétons) sont employés dans de nombreux appareils industriels, essentiellement en sidérurgie (70 %) mais également en métallurgie, verrerie, céramique et dans les industries chimiques.

Les tableaux 1 et 2 suivants présentent d'une part les grandes classes de réfractaires et leurs principales caractéristiques, d'autre part la nomenclature des produits réfractaires fabriqués en France ; la gamme étendue des produits est rendue nécessaire par le nombre important d'industries les utilisant, exigeant chacune des propriétés particulières, spécifiques du secteur d'emploi.

TABLEAU 1 : Norme internationale - ISO - 1109 - 1975

Classification des produits réfractaires façonnés denses

Produits	Teneurs limites du constituant principal	Critères de subdivision et observations générales
Produits à haute teneur en alumine Groupe 1	$Al_2O_3 > 56 \%$	La désignation complète de ces produits doit comprendre l'indication soit de la matière première utilisée, soit de la constitution minéralogique du produit fini. Dans ce dernier cas, la méthode de vérification de cette constitution doit être indiquée.
Produits à haute teneur en alumine Groupe 2	$45 \% < Al_2O_3 < 56 \%$	
Produits argileux	$30 \% < Al_2O_3 < 45 \%$	
Produits silico-argileux <sup>1)</sup>	$10 \% < Al_2O_3 < 30 \%$ $SiO_2 < 85 \%$	
Produits siliceux <sup>1)</sup>	$85 \% < SiO_2 < 93 \%$	
Produits de silice	$SiO_2 > 93 \%$	Spécifications de qualité par emploi
Produits basiques		En raison du développement actuel et futur des produits basiques, de nouvelles subdivisions et de nouveaux critères de classification peuvent être nécessaires
- produits de magnésie	$MgO > 80 \%$	Produits dont le constituant principal est la magnésie
- produits de magnésie-chrome	$55 \% < MgO < 80 \%$	Produits dont les constituants principaux sont la magnésie et la chromite
- produits de chrome-magnésie	$25 \% < MgO < 55 \%$	Produits dont les constituants principaux sont la chromite et la magnésie
- produits de chromite	$Cr_2O_3 > 25 \%$ $MgO < 25 \%$	Produits dont le constituant principal est la chromite
- produits de forstérite		Produits dont le constituant principal est la forstérite
- produits de dolomie		Produits dont le constituant principal est la dolomie
Produits spéciaux		Produits à base de <ul style="list-style-type: none"> <li>- carbone</li> <li>- graphite</li> <li>- zircon</li> <li>- zircone</li> <li>- carbure de silicium</li> <li>- carbures (autres que le carbure de silicium)</li> <li>- nitrures</li> <li>- borures</li> <li>- spinelles (autres que la chromite)</li> </ul> Produits à base de plusieurs oxydes (autres que ceux des produits basiques) Produits à base d'oxydes purs, y compris l'alumine, la silice, la magnésie, la zircone; produits de grande pureté

1) Les produits désignés dans certains pays sous l'appellation de «produits de semi-silice» peuvent appartenir à la classe des produits silico-argileux ou à celle des produits siliceux.

NOTE - Il est nécessaire, pour déterminer à quelle classe appartient un produit donné, de tenir compte des précisions de l'analyse chimique.



## II - SILICATES DU GROUPE DE LA SILLIMANITE (sillimanite, disthène ou cyanite, andalousite)

### 2.1 - Généralités :

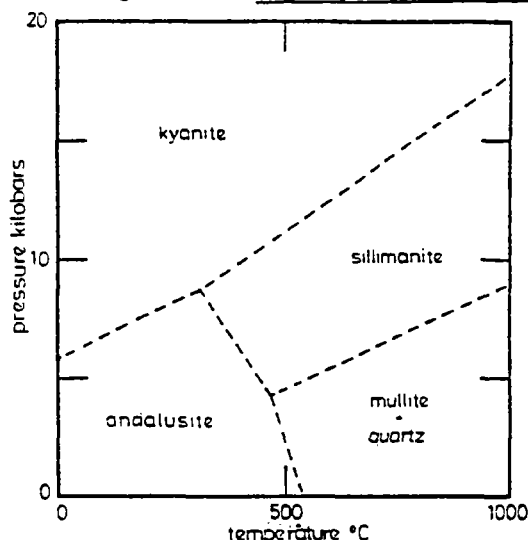
Les silicates d'alumine anhydres, de formule  $Al_2O_3 \cdot SiO_2$  sont largement répandus dans l'écorce terrestre, principalement dans les roches alumineuses hautement métamorphiques (schistes cristallins) ou dans les filons de pegmatite et de quartz qui traversent ces roches ; des gisements secondaires (sables de plage et alluvions fluviales) peuvent en dériver et constituent des réserves importantes de ces minéraux qui sont exploités pour leurs propriétés réfractaires.

Leurs gisements économiques sont de trois types :

- gisement en masses ou lentilles
- disséminations dans les schistes et gneiss
- dépôts de plage ou alluviaux, où le silicate d'alumine est fréquemment récupéré comme sous-produit d'exploitation de minéraux lourds.

Comme autres silicates d'alumine, nous citerons pour mémoire la topaze, la dumortière contenant respectivement du fluor et du bore, la pinite et la mullite, beaucoup plus rares dans la nature et non exploités à l'heure actuelle.

Figure 1 :  $Al_2SiO_5$  phase diagram



La mullite toutefois est le silicate d'alumine qui possède les meilleures propriétés réfractaires, mécaniques et chimiques : elle représente la forme stable à haute température (jusqu'à  $1810^\circ C$ ) du système  $Al_2O_3 \cdot SiO_2$  en effet disthène, andalousite, sillimanite se transforment sous l'effet de la température en mullite avec libération de silice, à des températures respectives de l'ordre de  $1300$ ,  $1500$  et  $1600^\circ C$  (fig. 1). Le phénomène s'accompagne d'une augmentation importante de volume : 17 % pour la cyanite (les fissures résultant de ce gonflement nécessitent une calcination à mort de ce produit avant son emploi, afin de lui redonner une cohésion par frittage). La sillimanite, elle, ne subit qu'un faible gonflement (4 %) n'obligeant pas à une calcination avant emploi.

Les minéraux du groupe de la sillimanite concurrencent les produits synthétiques comme la mullite dans l'industrie des réfractaires à haute teneur en alumine, dans une classe de teneurs en alumine comprises entre 52 et 80 %, pour des usages réfractaires situés entre  $1450$  et  $1650^\circ$ . Avant emploi, ces minéraux cristallisés, non plastiques, doivent être liés avec un liant, argileux le plus souvent, dont les propriétés réfractaires sont en général inférieures.

2.2 - Usages :

Réfractaires façonnés et non façonnés pour la sidérurgie du fer et de l'acier (chambres de combustion, revêtements de fours, etc...), pour l'industrie des métaux non ferreux (fours de fonte d'aluminium, fours de grillage du cuivre) ; fours de cimenterie et de verrerie ; céramiques des bougies, porcelaine électrique...

2.3 - Spécifications :

Dans une certaine mesure les propriétés réfractaires d'un matériau dépendent de sa teneur en alumine (la teneur théorique des sillimanites est de 63 % mais n'est jamais atteinte). Les impuretés telles que fer, titane et alcalis diminuent les qualités réfractaires et les produits naturels doivent contenir moins de 1 %  $Fe_2O_3$ , pas plus de 2 %  $TiO_2$  et le minimum d'alcalis. De plus, les exigences de résistance à l'écrasement pour les briques réfractaires imposent que le matériau naturel utilisé comprenne une proportion élevée (60 % environ) de grains grossiers : ainsi les sillimanites de qualité "blocs" ou "boulders" sont recherchées pour la confection de briques à haute performance ; les qualités "à grain fin" sont soit mélangées aux qualités grossières, soit utilisées en réfractaires non façonnés.

2.4 - Principaux pays producteurs :

L'Europe ne présente que peu de gisements exploitables de ces minéraux. Les U.S.A., l'Afrique du Sud, l'Inde sont les principaux producteurs.

PAYS	Productions 1981 estimées (tonnes) -			
	Sillimanite	Andalousite	Cyanite	mullite de synthèse
Afrique du Sud	9 500	181 300		
Australie	660			
Brésil			1 800	
Espagne		6 500		
France		30 000		
Inde	14 000		48 000	
USA			100 000	38 000

TABEAU 3 : Producteurs des minéraux du groupe de la Sillimanite

Les réserves mondiales sont très importantes, notamment en Afrique du Sud qui, au rythme actuel de la production, peut couvrir les besoins mondiaux en andalousite pendant 500 ans. Pour sa part la France en importe environ 10 000 t/an au prix moyen (1980) de 880 F/t de minerai brut.

#### 2.5 - Gisements français :

Un seul gisement est actuellement en exploitation à Glomel (22), depuis 1970, dont 80 % des produits sont exportés en Grande-Bretagne et en Allemagne Fédérale.

Cependant, de nombreux autres indices sont connus, situés pour la plupart dans le Massif Armoricaïn. D'autres sont signalés en Provence et ne sont pas économiquement exploitables. Un gisement pour être exploitable doit présenter une teneur de 12 % du minéral à commercialiser.

#### Bibliographie :

- Minerals Yearbook, Vol I, Metals and Minerals, 1981 - Bureau of mines, U.S.A.
- Statistiques du Commerce extérieur de la France - 1980.
- Raw materials for the refractories industry - An Industrial minerals Consumer Survey - 1981. London.
- Industrial minerals and rocks - American Institute of mining, metallurgical and Petroleum Engineers. New York - 1975.
- JOURDAIN A., 1966 - La technologie des produits céramiques réfractaires - Edit. Gauthier - Villars - Paris.
- Minerals in the refractories Industry assessing the decade ahead - Industrial Minerals - 1983 - Supplément.

MASSIF ARMORICAIN

GLOMEL

1 - Situation géographique :

Le gisement est situé sur la commune de Glomel (22), à 80 km au Sud du port de Saint-Brieuc.

Feuille à 1/50 000 : Rostrenen.

2 - Cadre géologique :

Les schistes à intercalations de bancs de quartzites dans lesquels se trouve le gisement appartiennent à la formation des schistes d'Angers d'âge ordovicien ; ces schistes sont recoupés par des filons de dolérite et de kersantite et sont métamorphisés par le granite de Rostrenen, avec développement d'andalousite (appelée ici "kerphalite" par référence au hameau de Kerphalès proche du gisement - fig.2).

3 - Morphologie du gîte :

La carrière d'exploitation se développe sur le flanc Nord d'un synclinal d'axe Est-Ouest compliqué de deux petits bombements anticlinaux où l'andalousite est particulièrement abondante.

4 - Minéralisation :

L'andalousite (kerphalite) représente en moyenne 15 % en volume de la roche exploitée. Elle forme des cristaux à section carrée de 1 à 4 mm de côté et de quelques centimètres de long. Dans certains secteurs de l'exploitation, elle est altérée plus ou moins fortement en damourite. La pyrite est présente dans la roche (de 0 à 2,5 % : un traitement spécial permet de l'éliminer).

5 - Travaux :

L'exploitation se fait en carrière jusqu'à 30 mètres de profondeur, par gradins de 15 mètres. Elle a commencé en 1970 (Exploitant : Denain - Anzin Minéraux).

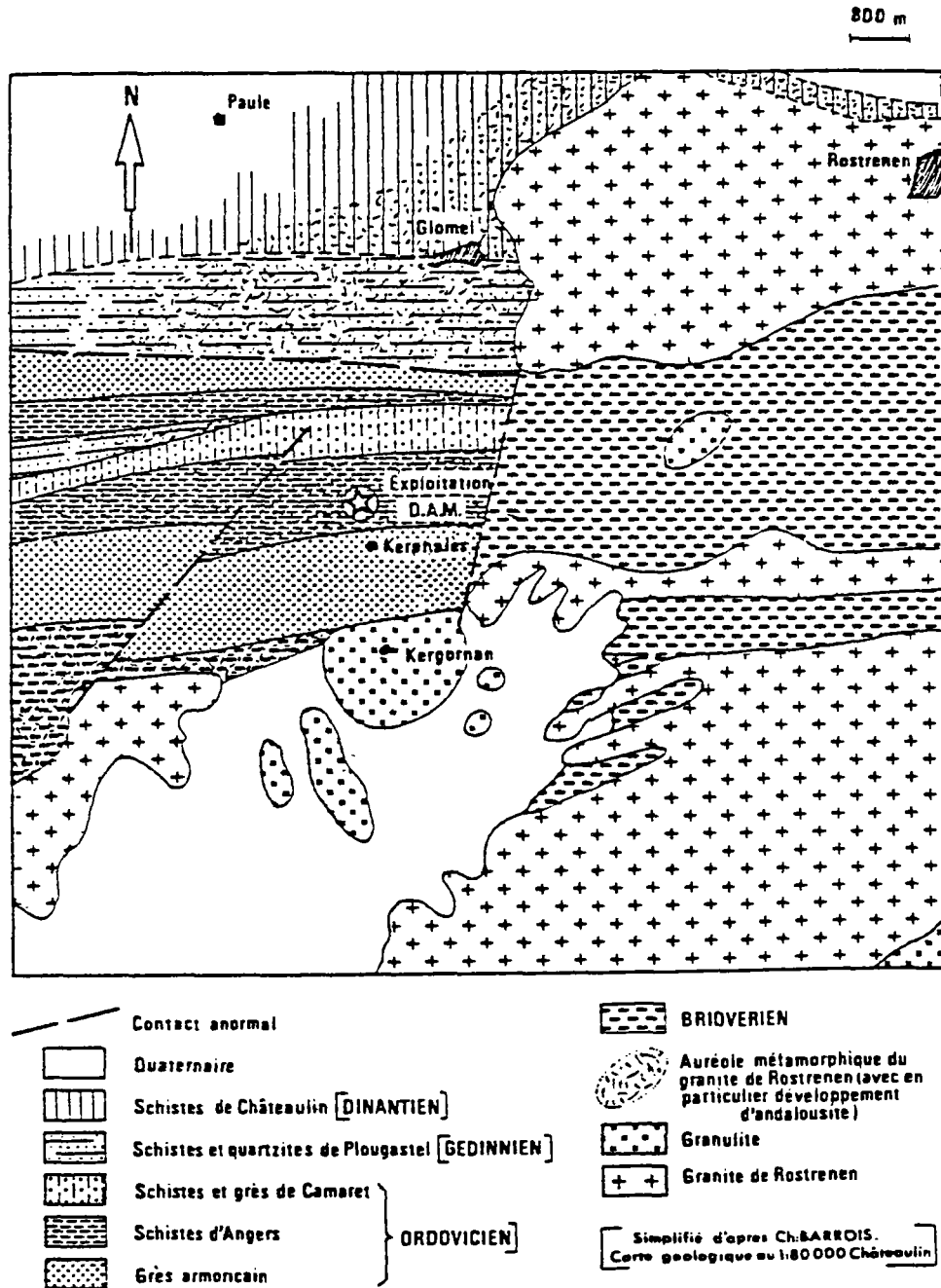
6 - Production et réserves :

L'usine fournit deux produits différents, de granularité comprise entre 0,3 et 1,6 mm, à l'aspect de sable gris clair, de composition très régulière :

- kerphalite KB à 52 - 53 %  $Al_2 O_3$ , obtenu par séparation magnétique.

- kerphalite KA à 59 - 59,5 %  $Al_2 O_3$ , produit final de l'usine de traitement ayant subi, en plus de la séparation magnétique, un passage en milieu dense avec cyclonage.

Figure 2 : GISEMENT D'ANDALOUSITE DE KERPHALÈS [22] - ( GLOMEL )  
Cadre géologique



Avec une capacité de production annuelle de 60 000 t, cette unité occupe une bonne place parmi les grands producteurs mondiaux.

Plus de 80 % de la production sont exportés, principalement vers la Grande-Bretagne et l'Allemagne Fédérale.

Quant aux réserves prouvées du gisement, elles représentent 5 000 000 t de concentrés.

#### 7 - Usages :

Actuellement, la kerphalite entre dans la fabrication de produits dont l'usage est en plein essor surtout en sidérurgie :

- réfractaires façonnés pour cowpers, hauts fourneaux (garnissage de cuves et étalages, goulottes), poches et poches-torpilles
- bétons et masses plastiques pour les mêmes usages.

#### 8 - Bibliographie :

MUCHART H., 1976 - Directeur Général Adjoint de Denain - Anzin Minéraux "La Kerphalite", in L'Industrie Céramique n° 697.

MUCHART H., 1978 - "Orientations actuelles de la production de kerphalite de Glomel", L'Ind. Céramique, n° 723.

MASSIF ARMORICAIN

Autres gîtes d'andalousite et (ou) sillimanite et (ou) disthène

De nombreux autres indices de l'un de ces minéraux ou de leur association sont connus dans le massif Armoricaïn.

Leur cadre géologique est toujours le même : ces minéraux forment la plupart du temps des nodules au sein de schistes ou micaschistes métamorphisés par des granites ou pegmatites.

Le tableau 4 suivant regroupe les indices connus les plus riches avec leurs caractéristiques principales ; malheureusement aucune teneur des minéralisations n'a pu être précisée. Certains secteurs devraient faire l'objet de recherche dans ce sens.

Bibliographie :

PIERROT R., CHAURIS L., LAFORET C., 1973 - Inventaire minéralogique de la France, Finistère - Edition BRGM.

PIERROT R., CHAURIS L., LAFORET C., 1973 - Inventaire minéralogique de la France, Côtes du Nord - Edition BRGM.

PIERROT R., CHAURIS L., LAFORET C., PILLARD F., 1980 - Inventaire minéralogique de la France, Morbihan - Edition BRGM.

TABLEAU 4 : Principaux indices bretons d'andalousite, sillimanite, disthène

1/50 000	Commune (département)	Lieu-dit	Minéralisation	Géologie
BAUD	La Chapelle-Neuve (56)	Talinez, Kergueh, Guernalain, Kerendru, Kerandun	disthène en gros nodules et en placages	micaschistes à staurotide
BELLE-ISLE-EN TERRE	Plounevez-Moïdec (22)	Pont ar Guic	andalousite en baguettes dans le quartz ou en cristaux altérés dans les schistes	quartzites et schistes métamorphiques avec quartz en filonnets et nodules
-	Louargat (22)	Goas al Lann	andalousite en grands cristaux altérés disséminés dans les schistes	schistes métamorphiques à quartz en filonnets
BUBRY	Baud (56)	Coet-Ligne	disthène formant des nodules de quelques cm à plusieurs dcm. Parfois cristaux isolés.	micaschistes à staurotide recoupés par des pegmatites
-	Guenin (56)	La Haute-Haie	disthène en lamelles formant des nodules dans les micaschistes	micaschistes à minéraux recoupés par des pegmatites
-	-	Kerscaouet	disthène en glandules	micaschistes à staurotide et disthène
CARHAIX	Locarn (22)	La Boissière	andalousite abondante dans le greisen d'éponte. Partiellement épigénisée par du mica blanc	filon de quartz en bordure du granite de Quintin, et aux épontes greisénisées.
CHATEAULIN	Landrévarzec (29)	Les Salles	disthène en gros amas dans des glandules de quartz + andalousite en lentilles un peu moins grosses et moins nombreuses	schistes à lentilles de silicates d'Al non mêlés
ELVEN	Billio (56)	Lestreha	andalousite en nodules constitués de gros cristaux	micaschistes
JOSSELIN	Cruguel (56)	Ville-au-Lau	andalousite en gros cristaux constituant des nodules entourés de micas	micaschistes
-	St-Allouestre (56)	Lostebroust	andalousite en gros cristaux formant des nodules	micaschistes - granite proche

( suite tab. 4 )				
LANNION	Plestin-les-Grèves (22)	Roc'h Kerlaz	andalousite en gros cristaux dans du quartz	auréole de métamorphisme de contact d'un granite non affleurant
MORLAIX	Plouigneau (29)	Le Glaira	andalousite en longs cristaux disséminés dans les schistes. Présence de sillimanite fibreuse	schistes et quartzites
-	-	Le Mur	andalousite en longs cristaux	-
-	Plourin (29)	Moulin-Vieux	andalousite et sillimanite	Cornéennes en relation avec les pointements granitiques du S. de Morlaix.
-	-	Parc au Duc	andalousite et sillimanite	Schistes métamorphiques paléozoïques.
PLOUAY	Le Faouet (56)	Lambeleguic	andalousite en gros cristaux dans les nodules et disthène en lames près des épontes des lentilles quartzieuses	micaschistes à 2 micas comportant des nodules et lentilles quartzieuses
PLABENNEC	Plouguin (29)	Guelet ar C'Hoat	Sillimanite en glandules pouvant atteindre plusieurs dm	gneiss
PONTIVY	Perret (22)	Salles de Rohan (près de l'étang)	andalousite en gros cristaux	schistes d'Angers métamorphisés par le granite de Rostrenen
-	Plélauff (22)	Le Raguet	disthène en cristaux dans les filonnets de quartz	schistes tachetés dévoniens
-	Ste Brigitte (56)	Savello	andalousite en gros cristaux + biotite en petites paillettes	schistes gédinniens métamorphisés par le granite de Rostrenen
QUESTEMBERG	Peaule (56)	Coueguello	andalousite en gros cristaux très phyllitisés	schistes briovériens au contact d'une apophyse du leucogranite de Questembert
ROSPORDEN	Coray Scaer Tournich (29)		andalousite, sillimanite en lentilles volumineuses (500 kg)	micaschistes à staurotide
VANNES (Ile d'ARZ)	Arradon (56)	Penboc'h	sillimanite en lits et lentilles (+ biotite)	gneiss

PROVENCE  
MASSIF DES MAURES

LA MOLE

1 - Situation géographique :

L'indice de disthène de la Mole est situé à 2 km au Sud de Cogolin (Var) - fig. 3.

Feuille à 1/50 000 : St-Tropez - Cap Lardier.

2 - Cadre géologique :

Des micaschistes à intercalations de gneiss, leptynites, quartzites et amphibolites, constituant le groupe du Cap Nègre, forment un synclinal d'axe méridien, dont le cœur est occupé par des micaschistes "à minéraux" qui renferment la majorité des indices de disthène de la région.

3 - Morphologie du gîte :

Les micaschistes à disthène forment ici une bande orientée N20°E à pendage fort vers l'Ouest, en position synclinale, pincée dans un substratum gneissique, et qui s'arrête au Sud sur un accident transverse.

4 - Minéralisation :

La minéralisation disséminée est très irrégulièrement répartie. Outre le disthène, les micaschistes contiennent un peu de grenat almandin et de staurotide.

5 - Teneurs :

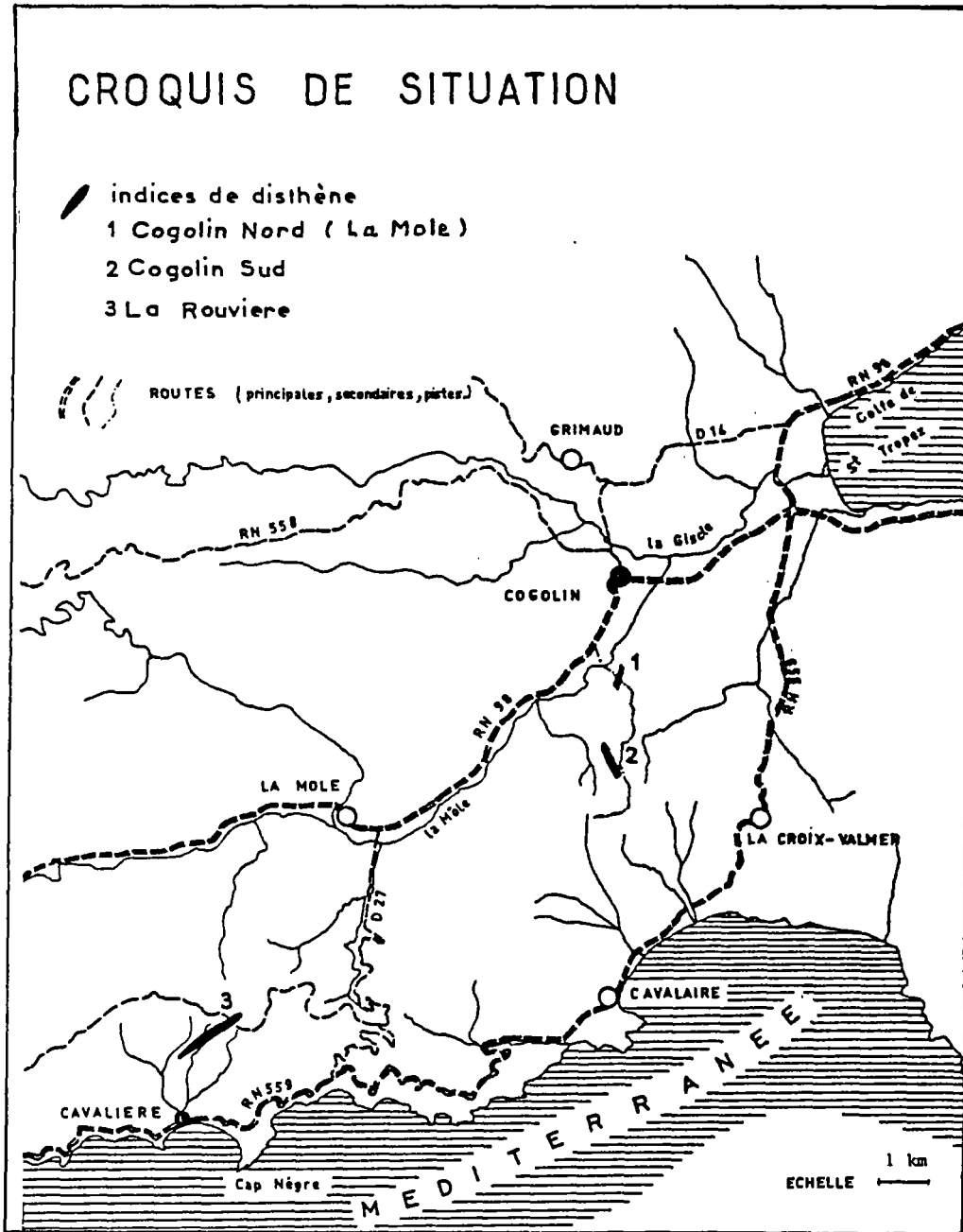
Elles sont très inférieures au seuil économique évalué à 12 %. Deux zones enrichies ont été délimitées par échantillonnage sur affleurements effectué par le B.R.G.M. : les teneurs moyennes sont de 2 à 4 %.

6 - Bibliographie :

LOUGNON J., 1951 - Les gisements de disthène du Massif des Maures - Rap. B.R.G.G. A 291.

DUMAS J.P., 1966 - Disthène des Maures (Var) - Premier test économique - Rap. B.R.G.M./DRMM 66B6.

Figure 3 : situation des indices du massif des Maures



PROVENCE

MASSIF DES MAURES

LA ROUVIERE

1 - Situation géographique :

Le gîte est situé sur la commune du Lavandou (Var), à 1,5 km au Nord de Cavalière - Fig. 3.

Feuille à 1/50 000 : Hyères - Porquerolles

2 - Cadre géologique :

Les formations sont sensiblement les mêmes qu'à la Mole : micaschistes "à minéraux" appartenant au groupe du Cap Nègre ; la zone minéralisée est orientée N 60° E, s'étend sur 1,2 km de longueur et est puissante de 50 à 200 mètres. Elle est affectée par deux accidents locaux qui la décalent légèrement - fig. 4.

3 - Minéralisation :

L'échantillonnage effectué par le B.R.G.M. a permis de délimiter à l'intérieur de la zone à disthène décrite ci-dessus, une bande étroite enrichie, d'une puissance d'environ 40 mètres. Le disthène est accompagné de grenat et de staurotide (autant de grenat + staurotide que de disthène).

4 - Tonnage - Teneur :

Le programme de sondages entamé par le B.R.G.M. en 1968 fut arrêté car les teneurs en disthène ne dépassaient guère 5 % (nettement au dessous de la teneur économique : 12 à 13 %). Le tonnage n'est donc pas connu.

5 - Indices de disthène voisins :

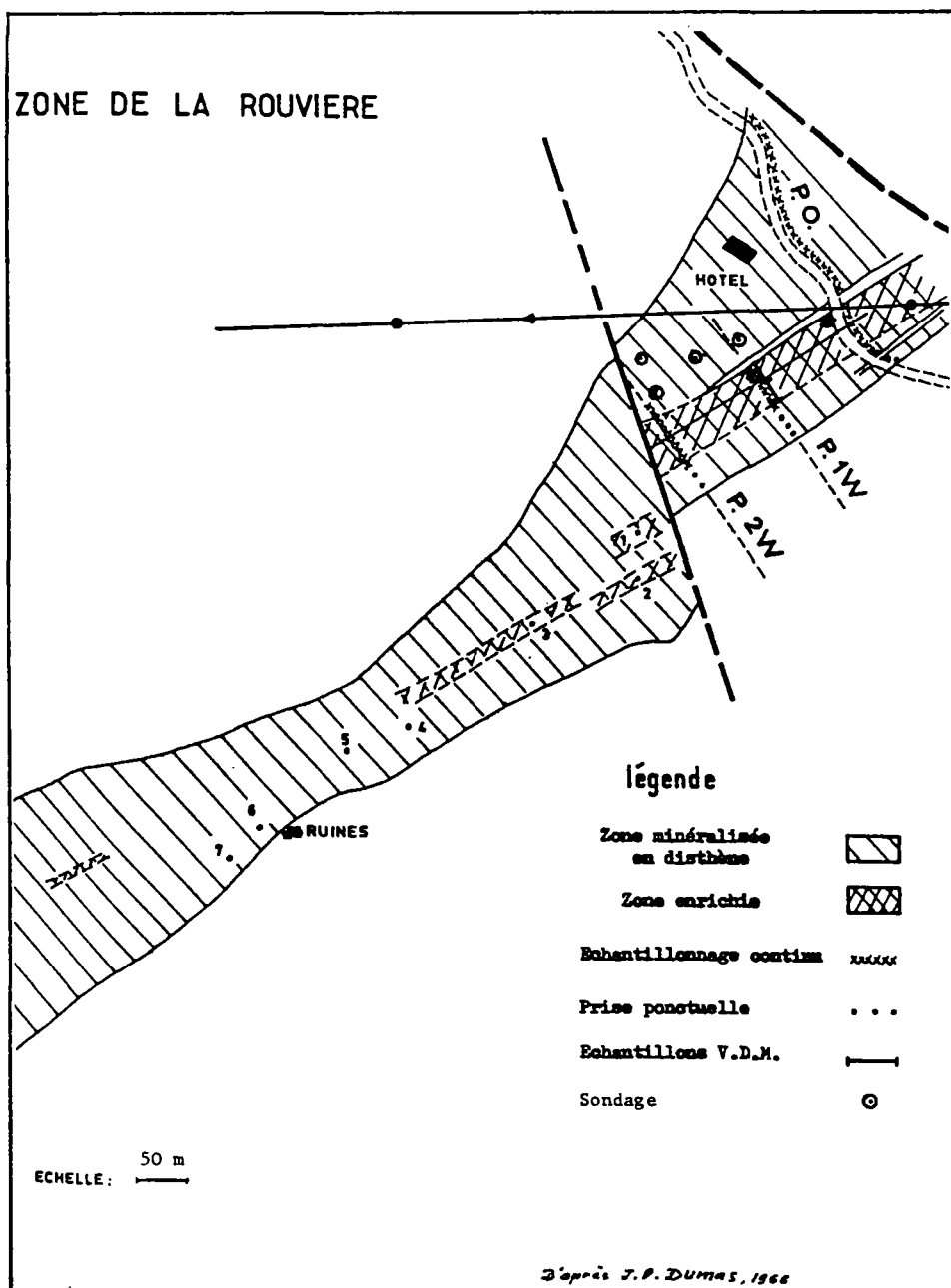
Font-Frêge, à environ 2 km au Nord de la Rouvière : les micaschistes y montrent une grande abondance de disthène.

6 - Bibliographie :

DUMAS J.P., 1966 - Disthène des Maures (Var) - Premier test économique - Rap. B.R.G.M./DRMM 66B6.

AICARD P., 1969 - Le disthène des Maures (La Rouvière et ses environs) - Rap. B.R.G.M./DRMM 69-13.

Figure 4 : gîte de la Rouvière



PROVENCE

MASSIF DU MERCANTOUR

Les environs de Saint-Etienne de Tinée montrent plusieurs indices riches en disthène, notamment en rive gauche de la Tinée où certains se voient en éboulis.

Le disthène se présente en grandes lamelles dans des lentilles de pegmatites au sein des gneiss de la série de Rabuons.

Bibliographie :

PIERROT R., PICOT P., FERAUD J., VERNET J., 1974 - Inventaire minéralogique de la France, Alpes maritimes - Edition B.R.G.M.

### III - LA MAGNESITE (GIOBERTITE)

Le magnésium, qui représente 2,06 % de la croûte terrestre, est présent dans plus de 60 minéraux, dont quatre seulement sont exploités, pour la fabrication du magnésium-métal ou de ses composés : ce sont la dolomite, la magnésite, la brucite et l'olivine. L'eau de mer, celle des lacs salés et les saumures sont également des sources importantes et inépuisables, pour la fabrication de magnésium-métal et de magnésie.

La magnésite -ou giobertite- ( $\text{CO}_3 \text{Mg}$  avec une teneur théorique de 47,6% Mg) est utilisée pour la fabrication de magnésie et de sels magnésiens élaborés. La magnésie est obtenue par calcination de la magnésite à des températures variant entre  $1445^\circ$  et  $1760^\circ \text{C}$  ; les granulés stables obtenus (dead burned magnesite) sont essentiellement produits pour des emplois réfractaires.

#### 3.1 - Modes de gisement :

La magnésite  $\text{Mg CO}_3$  est le terme extrême d'une série isomorphe allant jusqu'à la sidérite  $\text{Fe CO}_3$  et dont les termes intermédiaires n'ont pas d'intérêt commercial.

La magnésite présente trois catégories de gisements :

- La plus importante (80 % des ressources mondiales connues), est représentée par les gîtes de substitution dans des assises carbonatées (calcaires souvent dolomitisés dans une première étape de métasomatose magnésienne) ; la magnésite y forme soit des lentilles d'importance très variable (de quelques milliers à quelques dizaines de millions de tonnes), soit des disséminations en petits amas, soit plus rarement, des stockwerks. L'ankérite et parfois la sidérite accompagnent la magnésite. Celle-ci est généralement grossière à spathique, souvent de qualité moyenne, avec, comme principales impuretés,  $\text{CaO}$  et  $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ . Les plus grands gîtes mondiaux qui appartiennent à ce type se trouvent en Chine (Mandchourie), Corée du Nord, URSS, Autriche, Tchécoslovaquie, Pyrénées espagnoles. C'est à ce type (type Veitsch, Autriche) qu'appartiennent tous les indices français des Pyrénées.

- Magnésite liée aux roches ultrabasiques : elle se présente soit en lentilles accompagnées de talc et de quartz dans des dunités serpentinisées (elle y est de qualité moyenne à médiocre, à cause du quartz), soit en filons ou stockwerks dans des serpentines massives (magnésite de haute qualité, mais la taille des gisements y est moins grande que dans les dunités). Dans ces gîtes, la magnésite est blanche, dure, dense, à grain très fin porcelané. Les principaux gisements sont en Grèce (magnésite de haute qualité), Serbie, Anatolie, Styrie (gisement type de Kraubath), Ukraine, Oural, Californie, Nouvelle-Zélande, Transvaal...

- Magnésite sédimentaire : elle représente une très faible part de la production totale. On distingue deux types de formation :

. évaporitique : Trias de Halle au Tyrol, Permien inférieur de la moyenne Volga, sebkhâ quaternaire de Zarzis dans le Sud Tunisien.

- . dépôts dans des assises lacustres carbonatées à intercalations de volcanites, à l'intérieur de bassins intramontagneux tertiaires : Californie, Nevada, Anatolie, Grèce, Yougoslavie (gisement type de Bela Stena). La magnésite y est claire, tendre, parfois poreuse, à grain fin, et peut se présenter en lits nets parfois formés de nodules.

Pour tous les types de gisements de la magnésite, il semble que la métasomatose, précoce ou tardive, soit le mode essentiel de formation : métasomatose magnésienne pour les gisements des assises carbonatées où Mg peut provenir, suivant les auteurs, de roches basiques sous-jacentes (Slovaquie, Autriche, Pyrénées) ou des saumures évaporitiques existant au moment du dépôt des séquences porteuses qui sont typiques de milieux confinés salins ; métasomatose carbonique pour les gisements des roches ultrabasiques serpentinisées où, dans certaines conditions physico-chimiques d'altération hydrothermale, la magnésite peut se former à partir de silicates magnésiens tels que forstérite, serpentine et talc.

### 3.2 - Usages industriels :

#### - Produits réfractaires :

Si jusqu'au début des années 1970, l'industrie des réfractaires à base de magnésie se portait bien, on observe depuis 1979 une baisse spectaculaire de leur emploi aux USA, en Europe et au Japon : actuellement au Japon, 1,5 à 2 kg de magnésie sont nécessaires à la fabrication de 1 t d'acier ; en RFA : 2 à 6 kg de magnésie/t d'acier. En 1970, la fabrication de 1 t d'acier exigeait l'emploi de 15 à 20 kg de magnésie. Les nouvelles techniques de fabrication de l'acier sont responsables de cette forte baisse de la consommation de la magnésie, en particulier l'ampleur prise par les fours à arc électrique à refroidissement à eau.

Cependant, les briques réfractaires demeurent le débouché essentiel de la magnésie, particulièrement dans les fours à sole, aussi bien en Afrique, qu'en Europe ou aux USA. Mais notons que dans les années à venir, la production de l'acier dans ce type de four va fortement diminuer.

#### - Autres usages :

Les autres emplois de la magnésie sont multiples ; calcinée, caustique, elle entre dans la fabrication du papier et de la magnésie fondue nécessaire à la production d'éléments de chauffage électrique.

L'alimentation du bétail constitue également un important débouché pour les produits titrant 80 - 90 % de MgO, contenant peu d'impuretés (CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub>) et exempts d'éléments toxiques.

En construction, elle est utilisée pour la fabrication des ciments magnésiens, de panneaux préfabriqués légers et ignifuges...

3.3 - Production mondiale de magnésite naturelle crue :

Les réserves mondiales sont considérables, essentiellement en URSS, Chine Populaire et Corée du Nord. L'Europe est bien pourvue avec la Grèce, la Tchécoslovaquie, l'Autriche, l'Espagne...

L'Amérique et l'Afrique ont des réserves moindres, cependant non négligeables notamment dans les pays suivants : USA, Canada, Mexique, Brésil, Colombie, Kenya, Rhodésie, Afrique du Sud.

Dans les dernières années, la production mondiale de magnésite naturelle crue se répartissait de la façon suivante :

TABLEAU 5 : Production mondiale de magnésite naturelle crue

Pays	Production en tonnes		
	1979	1980	1981
URSS	3 900 000	4 000 000	4 200 000
Tchécoslovaquie	2 500 000	2 500 000	2 500 000
Chine	2 000 000	2 000 000	2 000 000
Corée du Nord	1 800 000	1 900 000	1 900 000
Autriche	1 104 000	1 318 000	1 159 000
Grèce	1 668 000	1 167 000	930 000
Brésil	591 000	729 000	800 000
Turquie	730 000	826 000	773 000
Espagne	382 000	506 000	500 000

Source : Industrial mineral - n° 191 - août 1983 (p. 61)

Sur le marché mondial, diverses qualités de magnésie sont proposées, dont la pureté varie selon le pays d'origine et le mode de fabrication, comme le fait apparaître le tableau 6 de la page suivante.

TABLEAU 6 : Analyses de magnésies (actuellement sur le marché)

	Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO
<b>MgO marine</b>						
Angleterre	0,80	0,40	1,30	0,80	0,15	96-97
Sardaigne	0,80	0,20	0,20	1,60	0,02	96-97
Japon	0,30	0,07	0,07	0,90	0,06	98,6
<b>MgO naturelle</b>						
<b>- Riche en Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub></b>						
Autriche	0,86	0,56	3,91	2,75	0,08	91,82
Autriche	0,71	0,25	5,86	2,02	-	90,46
Yougoslavie	3,89		2,75	3,78	-	88,08
Brésil	1,00	0,80	2,50	0,60	-	95,00
Corée	3,60	1,37	3,06	1,77	-	90,11
<b>- Pauvre en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>						
Grèce	1,46	0,04	0,60	2,80	0,05	95,00
Turquie	1,16	0,04	0,61	2,28	0,01	95,80
Canada	1,00	0,10	0,40	1,80	< 0,005	96,50
Mexique	0,20	0,23	0,068	1,41	< 0,005	98,00

### 3.4 - Marché français :

La France n'a pas de production et doit donc importer toute la magnésite dont elle a besoin : en 1981, 110 600 t ont été importées en provenance essentiellement de Grèce, Espagne, Autriche, Italie, Chine.

Les prix à l'importation varient dans une fourchette assez large avec l'origine et la qualité : en 1980, la magnésie calcinée d'Espagne était payée 803 F/t, la magnésie calcinée frittée de Grèce valait 1316 F/t.

### 3.5 - Indices français de magnésite :

- Les gîtes français de magnésite sont presque tous situés dans les Pyrénées (fig. 5) :

- . soit dans les terrains paléozoïques du bâti hercynien
- . soit dans sa couverture triasique (Muschelkalk).

La plupart de ces gîtes pyrénéens sont groupés en pays basque, à différents niveaux stratigraphiques (fig. 6) :

- Muschelkalk à Saint-Michel, Saint-Engrâce.
- Namurien : en Navarre espagnole seulement, avec l'énorme gisement d'Eugui (Asturietta), qui produit 250 000 t de MgO/an.
- Emsien supérieur : Sabuchar, Paradar.
- Emsien inférieur : Iputchaen, Epeleko, Bihurrieta.
- Emsien indéterminé : Urepel.
- Cambrien : gîte de Montner (P.O.).

Le gîte de Montner (Pyrénées Orientales) est isolé dans le Cambrien carbonaté transgressif sur le môle gneissique ancien du Roc de France : c'est le plus important gîte français connu (évalué à 700 000 t).

Les gîtes des Pyrénées et celui voisin de Montner sont du type "substitution dans des assises carbonatées".

- les autres indices français sont liés à des roches ultrabasiques :

. en Corse, le petit gisement de Biguglia, lié à des serpentinites a fait l'objet d'une exploitation de 1938 à 1942.

. en Bretagne, les gîtes connus de La Chapelle-Neuve et Kermeno (près de Belle-Ile en Terre) sont liés à des serpentinites paléozoïques. Ce ne sont malheureusement que des indices minéralogiques et le minéral se trouve en veinules blanchâtres, dans des fissures de la serpentinite.

En résumé, les gîtes français sont soit réduits à l'état d'indices, soit de petite importance et ne motivent guère l'intérêt des industriels français qui se sont engagés dans des sociétés exploitant des gisements étrangers (en Autriche par exemple).

### Bibliographie :

DESTOMBES J.P., GUITARD G., 1962 - Sidéroses et magnésites spathiques - Colloque de Leoben (Styrie), 1 au 6 Juin 1958, in Chronique des mines et de la Recherche Minière n° 276, 1962.

JOHANNES W., 1970 - Formation des gisements de magnésite - N. Jb. Miner. Abh., deutsch, t. 113 n° 3, p. 274 à 325. Traduction de l'allemand par M. RELIANT (B.R.G.M.).

Figure 5 : PLAN DE SITUATION DES GITES DE MAGNESITE PYRENEENS

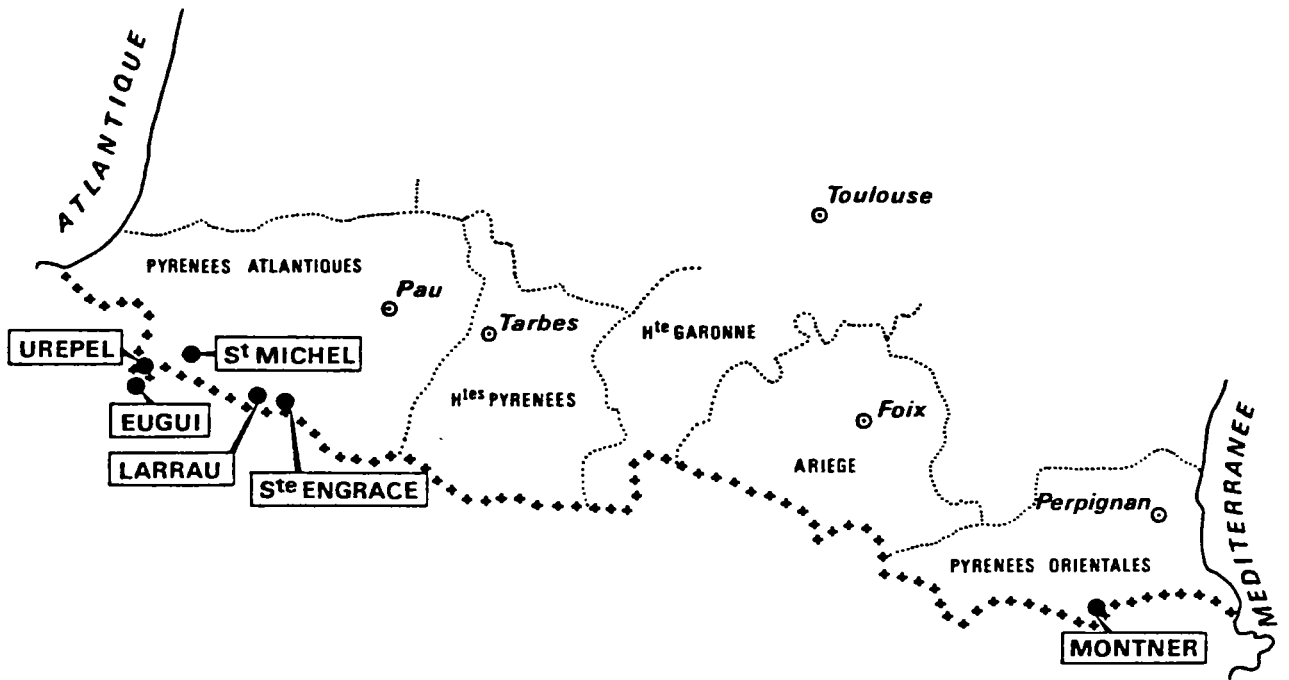
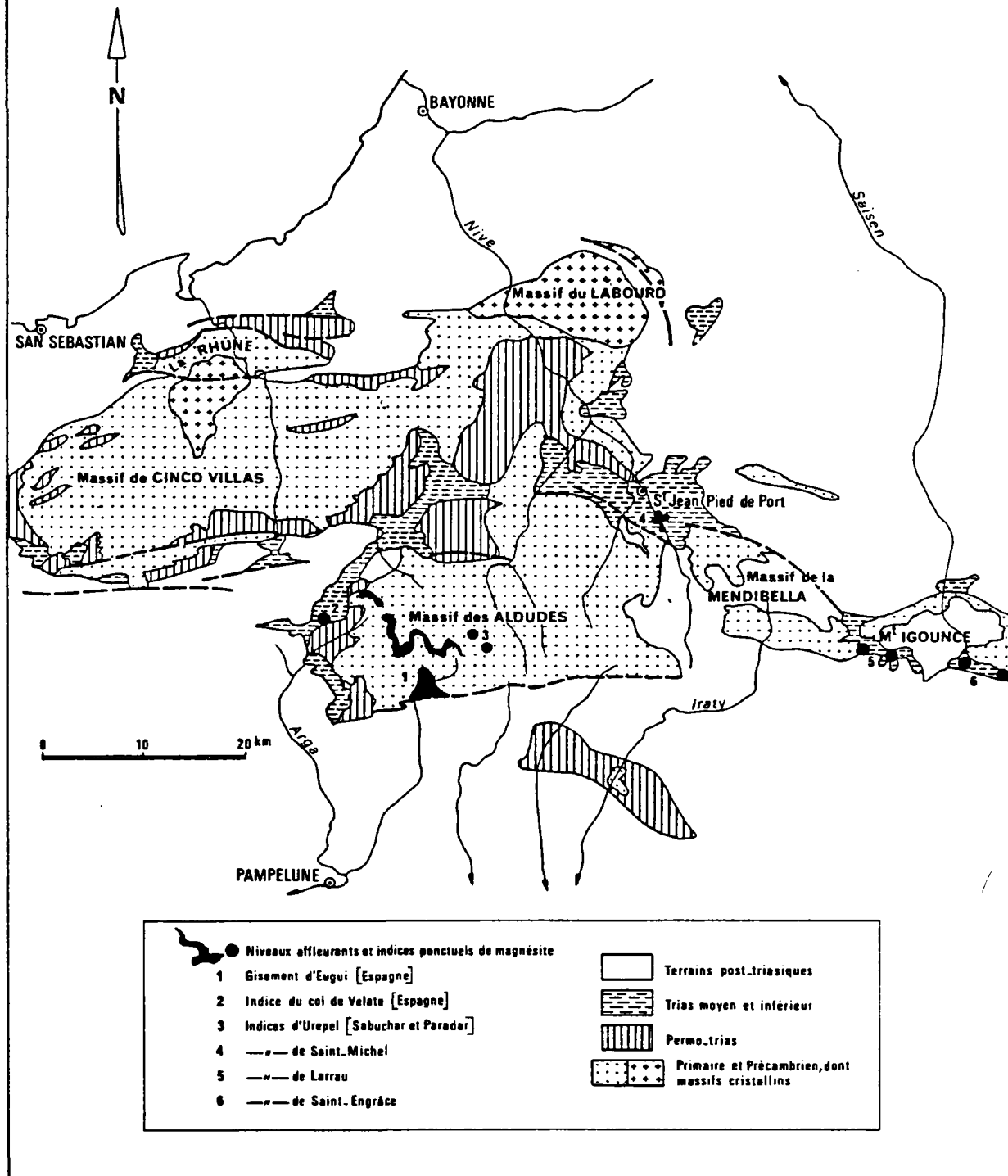


Figure 6: CADRE GEOLOGIQUE DES GÎTES DE MAGNÉSITE  
DES PYRÉNÉES BASQUES



AUBAGUE M., 1973 - Etude des relations entre les gites de sidérite, de giobertite et de talc des Pyrénées françaises - Compte rendu B.R.G.M. de fin de contrat DGRST n° 68-01-202 - Juillet 1973.

Mineral Facts and Problems, 1980 - U.S. Bureau of Mines.

Statistiques du Commerce Extérieur de la France, 1980.

Minerals Yearbook, Vol. I Metals and minerals, 1981 - Bureau of Mines, USA.

Minerals in the refractories industry assessing the decade ahead. A supplement to : Industrial minerals - April 1983, London.

PYRENEES

PAYS BASQUE

GITES DE L'EMSIEN

L'Emsien est caractérisé par un développement considérable de la sédimentation carbonatée. Epais de 850 à 1 000 mètres, il comporte 4 grands termes de haut en bas :

- 4 dolomies et calcaires rubannés
- 3 dolomies et calcaires à bancs de grès
- 2 grès lités et dolomies en alternance
- 1 dolomie noire et schistes intermédiaires.

La magnésite y figure à 4 niveaux :

- base du terme 4 : Sabuchar et Paradar
- base du terme 3 : indices (dans une dolomie gris-noir)
- sommet du terme 1 : Iputchaen, Epeleko
- base du terme 1 : Bihurrieta (dans une dolomie).

Tous les indices connus sont groupés dans la région d'Urepel :

1 - Gîtes de Sabuchar et Paradar :

Situés à 2 km environ au Sud - Sud-Ouest d'Urepel, ils forment deux corps distincts dans le même niveau stratigraphique, au sein d'une dolomie noire (fig. 7).

A Sabuchar, (= Lohitzea), le gîte comporte une couche principale de 4 à 10 m d'épaisseur suivie au toit d'une alternance métrique de couches magnésitiques et dolimitiques (sur 10 à 20 m). Le gîte contiendrait 500 000 t de minerai à 38-40 % MgO. A Paradar, seule demeure la couche principale (3 à 5 m seulement).

2 - Gîte d'Iputchaen :

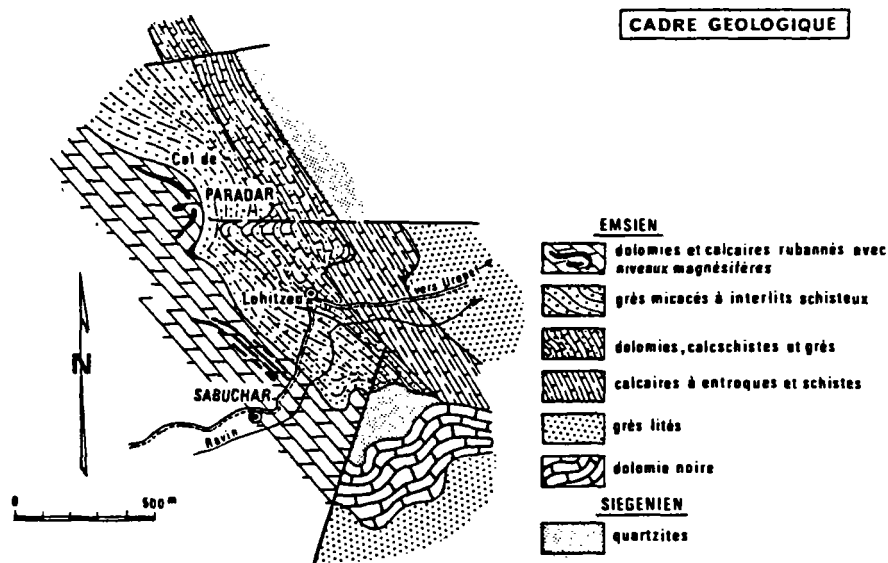
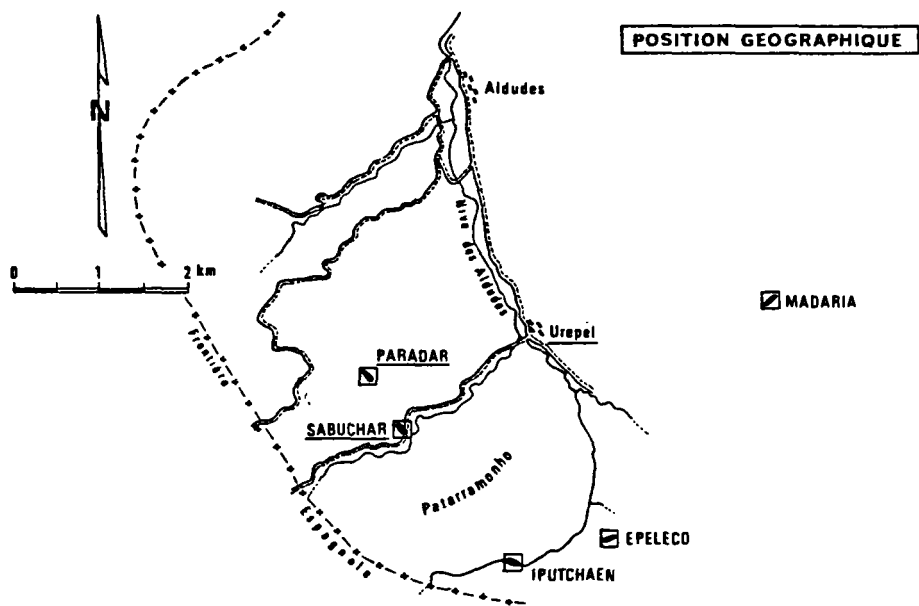
Il est encaissé dans la dolomie noire située en sommet du terme 1 ; il se répartit en deux amas lenticulaires aux limites indécises.

3 - Gîte d'Epeleko Borda (ou Antonen Borda) :

Il est également porté par une dolomie noire, mais à une position stratigraphique légèrement inférieure ; la magnésite se concentre vers le toit de la couche.

Les gîtes de Paradar, Iputchaen et Epeleko ne représentent chacun pas plus de 100.000 t de minerai. Tous sont du même type : stratiformes à l'échelle hectométrique, ils peuvent être sécants dans le détail ; de plus on note, en particulier à Iputchaen, le développement sécant de filonnets de magnésite de remobilisation. Ces gîtes sont affectés par une phase tardive de redolomitisation : les cristaux de magnésite y sont plus ou moins totalement remplacés par la dolomite. Enfin, la magnésite s'y trouve dans des niveaux de dolomie noire qui apparaissent à la fin de séquences transgressives.

Figure 7 : GÎTES DE MAGNESITE DE LA REGION D'UREPEL  
PYRENEES ATLANTIQUES  
SABUCHAR ET PARADAR



d'après J.QUEMENEUR, 1974

PYRENEES

PAYS BASQUE

GITES DU MUSCHELKALK

1 - Gites de Saint-Michel :

Le Muschelkalk, épais de 55 mètres à Saint-Michel, comporte trois termes majeurs ; de haut en bas :

3 Dolomie à pseudomorphoses de gypse

2 { Calcaire ondulé  
Calcaire noir en plaquettes

1 { Calcaire (ou dolomie) gris  
Dolomie beige

Le secteur des quatre indices (Ciçarry Bas, Champ de Marie-Jeanne, Ithalatzé et Ahadoberry) de Saint-Michel est marqué (voir esquisse géologique) par le large développement des ophites du Keuper surmontant le Muschelkalk à niveaux magnésitiques, et par la présence immédiatement au Sud, du Paléozoïque chevauchant (schistes siluriens) - fig. 8.

- L'amas de Ciçarry est lenticulaire et nettement stratoïde, et encaissé dans le terme 1 comme les amas de Marie-Jeanne et d'Ithalatzé.

- L'amas d'Ahadoberry est digité en deux "couches" situées de part et d'autre du calcaire en plaquettes du terme 2, ici dolomitisé. Ces deux couches peuvent atteindre un grand développement mais comprennent toujours beaucoup d'intercalations dolomitiques.

Après la découverte du 1er indice en 1947, les travaux du BRGM et leurs résultats ont été les suivants :

1961 - 1962 : premiers travaux comprenant tranchées, sondages tarière, petits puits de prospection, échantillonnage au marteau "Cobra".

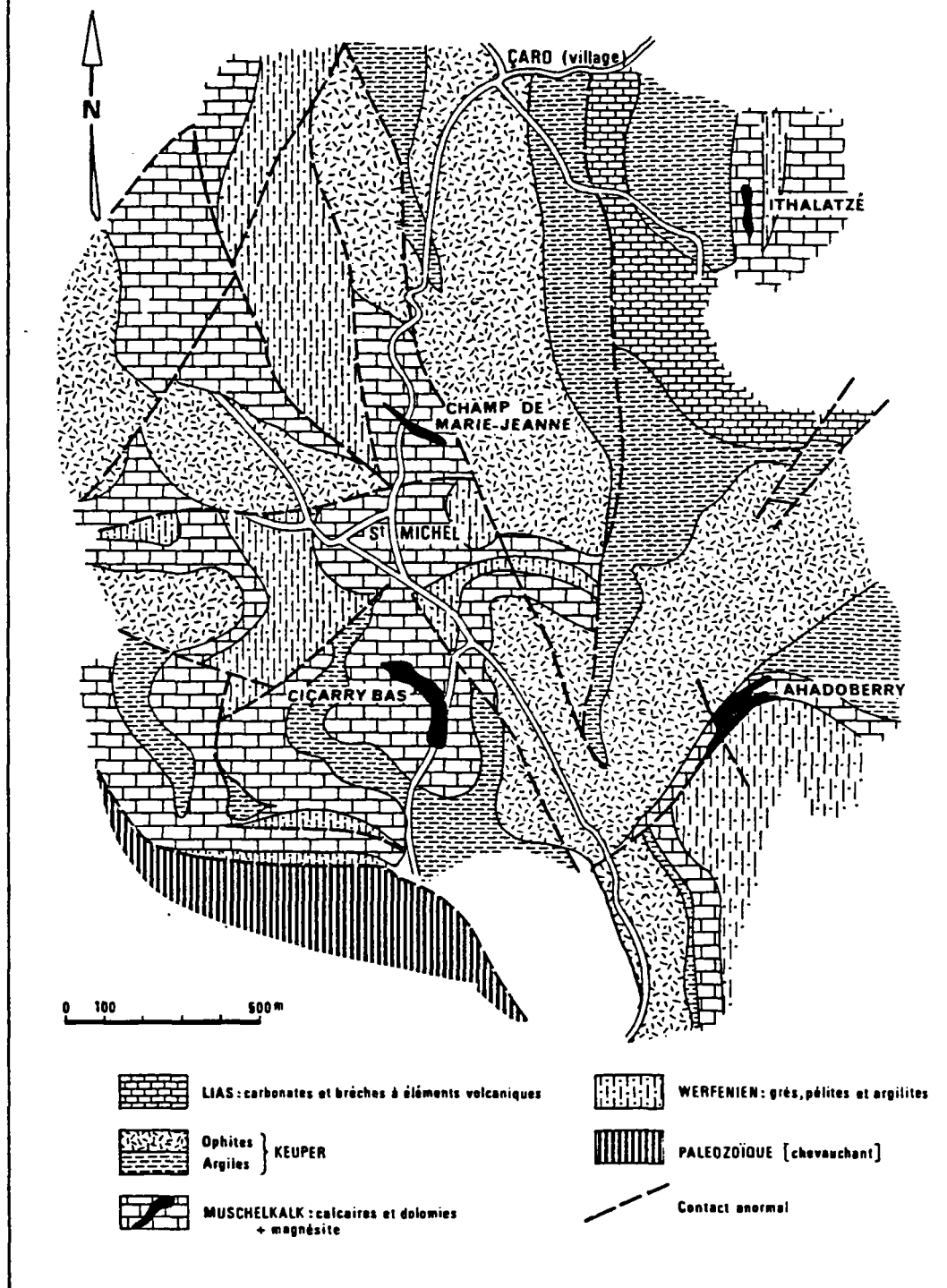
1968 : . à Ciçarry Bas : 26 sondages démontrant environ 400.000 t de minerai à 37 % MgO ;

. à Champ de Marie-Jeanne : 3 sondages à résultats négatifs ;

. à Ahadoberry : travaux miniers souterrains, avec sondages au fond montrant 3 niveaux minéralisés pauvres (25 à 35 % MgO) ; le tonnage de minerai n'a pu être apprécié ;

. à Ithalatzé : tranchées, puits, sondages tarière, ont montré l'existence d'un seul banc de magnésite à 30 - 35 % MgO.

Figure 8 - MAGNESITE DE SAINT-MICHEL [PYRENEES ATLANTIQUES]  
CADRE GEOLOGIQUE  
(SIMPLIFIE D'APRES J.QUEMENEUR, 1974)



2 - Le gîte de Larrau (= Lessartia) :

Découvert par la Société Denain-Anzain, il est situé à proximité d'un important chevauchement et le Trias y est désarticulé en panneaux flottants dans les marnes plastiques. Le gîte est encaissé dans le terme 1, ici légèrement différent (dolomie saccharoïde noire) de celui de Saint-Michel, et il affecte une forme "patatoïde" avec effilochage latéral suivant les strates des dolomies ; le Keuper y renferme des ophites comme à Saint-Michel. Le gîte contiendrait 800.000 t de minerai à 35 % MgO.

3 - Les gîtes de Saint-Engrâce :

Il y a deux indices reconnus : Fond d'Enfer et l'Eglise, dans la bande de Trias chevauchée immédiatement au Sud par le Paléozoïque du Massif d'Igouze. Le gîte de l'Eglise est inscrit dans un panneau d'environ 150 m de long limité par des failles N40°E, où la magnésite noire forme deux niveaux distincts.

4 - Bibliographie :

BOUQUET Ch., 1968 - Magnésites de Saint-Jean-Pied-de-Port (Basses-Pyrénées) - rapport BRGM 68 OPR 019 RMM.

QUEMENEUR J., 1974 - Les gisements de magnésite du Pays Basque - Thèse doctorat 3ème cycle - Université Paris VI.

PYRENEES

MASSIF DU CANIGOU

MONTNER

1 - Situation géographique :

Le gîte est situé sur la commune d'Arles-sur-Tech (Pyrénées Orientales), à environ 4,5 km à vol d'oiseau au sud de cette petite localité, et à une altitude comprise entre 1035 et 1260 m.

Carte à 1/50.000 : Arles-sur-Tech.

2 - Situation géologique :

La minéralisation s'est placée dans des assises carbonatées cambriennes situées à la base de la série métamorphique de Canaveilles, transgressives sur le vieux môle gneissique du Roc de France, et recouvertes par une série schisteuse qui bute vers le Sud contre le granite de Saint-Laurent (fig. 9).

3 - Morphologie du gîte :

Le niveau dolomitique porteur, continu à l'échelle régionale, peut atteindre 150 m de puissance ; la magnésite s'y est déposée par substitution de la dolomie, en plusieurs lentilles stratoïdes de 25 m de puissance maximum, reconnues sur 1,5 km d'Est en Ouest, le long du contact avec les gneiss et tout près de la base du niveau dolomitique. Les caprices de la substitution qui frange les terminaisons en amas ou conserve des passées dolomitiques, ainsi qu'une tectonique en damier d'orientation nord-ouest et nord-est en partie postérieure à la minéralisation, déterminent la forme et la répartition des amas où l'on constate de nombreux rapports sécants avec la dolomie encaissante.

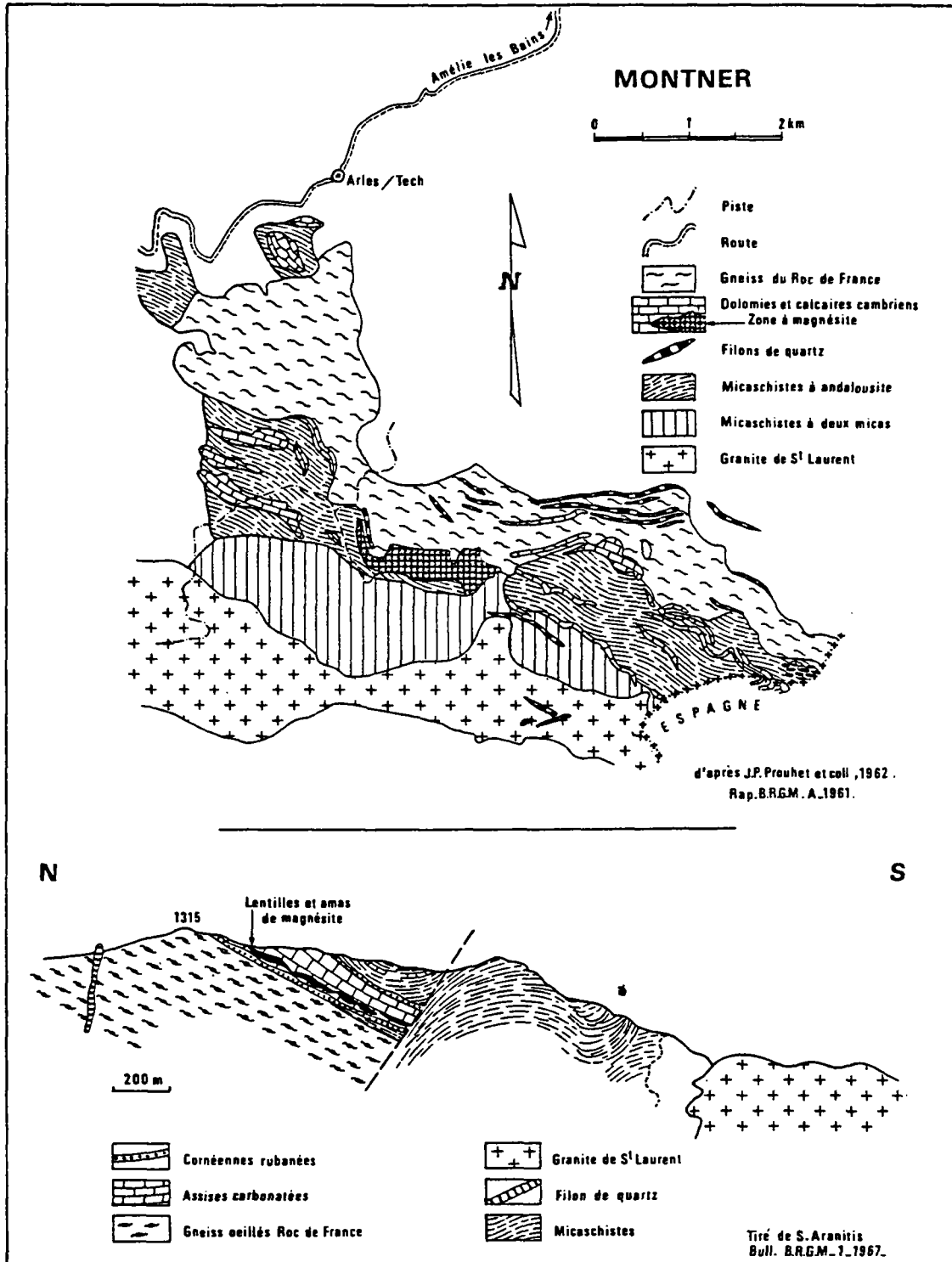
4 - Minéralisation :

La magnésite présente essentiellement un faciès spathique beige ; le faciès pinolitique blanc se développe dans les joints et diaclases. A la magnésite sont associés de la dolomite, du talc, des chlorites formant parfois des petits amas ou des petits bancs interstratifiés.

5 - Travaux :

Découvert en 1959, le gîte a été mis en évidence par deux années de travaux terminés en 1961, effectués par le BRGM : 50 tranchées, 100 sondages carottés à la maille de 50 x 25 m, construction d'une route d'accès et d'un téléphérique pour relier le gisement à la route de Perpignan, ouverture d'une carrière sur la lentille principale destinée à l'approvisionnement d'une installation expérimentale d'enrichissement.

Figure 9 : gîte de Montner



6 - Tonnage et teneurs :

Les travaux du B.R.G.M. ont permis de certifier un tonnage de 700.000 t de magnésite à teneur en CaO inférieure à 7 %\*, correspondant à une teneur moyenne en CaO de 3,48 % et en MgO de 42,25 %. Le tonnage est donc relativement faible, le minerai à teneur limite 2 % en CaO\*\* (258 000 t) est dispersé, la totalité du minerai doit par conséquent être traitée.

7 - Bibliographie :

PROUHET J.P., GUIRAUDIE Ch., ROSIQUE A., 1962 - Le gîte de magnésite de Montner (P.O.) - Travaux de recherches - Rapport définitif - Rap. B.R.G.M. A 196.

ARAMITIS S., 1967 - Bull. du BRGM, I, p,26-29.

AUBAGUE M., et coll., 1971 - Voyage d'étude sur les sidéroses, magnésites et talc des Pyrénées et Alpes françaises (livret - guide).

\* Au delà de cette teneur, le calcul ne fait apparaître que des tonnages insignifiants.

\*\* Teneur maxima pour la fabrication des briques réfractaires.

CORSE

BIGUGLIA

Ce petit gisement est situé au Nord-Est de la Corse, à 12 kilomètres au Sud de Bastia (carte à 1/50 000 : Vescovato).

Les travaux de recherche et d'exploitation ont été effectués de 1925 à 1927 par la Société d'Electrochimie et d'Electrometallurgie d'Ugine, et repris de 1939 à 1942 par la Société Hydroélectrique de Moyenne-Garonne.

La magnésite se trouve en filons plus ou moins continus, d'épaisseur variable, de direction Nord-Sud à Nord-Est - Sud-Ouest et pendages Sud à Sud-Est dans un massif de serpentine altérée de 1,3 km de large sur 3,7 km de longueur maxima, en bordure du complexe des "schistes lustrés" (schistes métamorphiques et cipolins). Sur les onze filons reconnus, trois ont été exploités ; leur puissance maximale est de 1,7 m.

La production très faible aurait été de 250 t de minerai, vendu en 1941-42. Les teneurs de la magnésite vont de 30 % MgO (courant) à 45 % (maximum). Les réserves seraient de 15 000 t de minerai marchand exploitables en galeries au-dessus de la cote + 35.

Bibliographie :

GUILLAUME L., FABRE J., RICOUR J., 1949 - rapport sur le gisement de giobertite de Biguglia (Corse) - Rapport B.R.G.G. A 158.

#### IV - LE GRAPHITE

Les concentrations de graphite (ou plombagine) - forme cristallisée de carbone stable aux plus hautes températures -, se trouvent soit dans des couches sédimentaires charbonneuses recristallisées par métamorphisme, soit dans des roches éruptives où le carbone peut être juvénile ou emprunté aux assises sédimentaires voisines. Cette diversité d'origine et de modes de formation détermine une grande variété de qualités marchandes de graphite, en rapport avec son degré de cristallinité et de pureté (ce dernier se mesure par le pourcentage de "cendres" non combustibles toujours présentes même dans les variétés les plus pures).

Les producteurs les plus importants de graphite sont (voir tableau 7 de production mondiale) : l'U.R.S.S., la Chine Populaire, la Corée du Nord, l'Inde, le Mexique, la Corée du Sud et l'Autriche. Grâce aux variétés de produit très pures et les mieux cristallisées qu'elles exploitent et dont elles ont le quasi-monopole, Madagascar et Sri Lanka occupent en valeur de production, une place plus élevée que ne l'indique le tableau.

La France ne possède pas de mine de graphite en activité.

TABLEAU 7 : PRODUCTION MONDIALE DE GRAPHITE (tonnes)

Extrait de Industrial Minerals - Juillet 1984

Country	1977	1978	1979	1980	1981	1982
West Germany (a)	13,456	11,927	10,282	11,255	10,400	10,600
Italy	3,819	4,108	4,102	3,957	3,535	3,210
Austria (a)	35,288	40,501	40,519	36,699	23,807	24,451
Czechoslovakia	N/A	13,630	14,600	15,700	20,317	21,977
Norway	9,097	11,151	11,892	10,406	6,864	10,218
Romania	*6,000	*11,000	*12,400	*12,500	*12,500	*12,500
Soviet Union	*95,000	*95,000	*100,000	*100,000	*105,000	*105,000
Turkey	N/A	1,295	1,673	1,820	3,298	3,360
Madagascar	14,677	16,624	13,378	9,906	16,045	15,089
South Africa	911	583	394	-	-	-
Zimbabwe	8,017	5,655	5,737	7,385	11,216	8,225
Mexico	58,432	52,264	50,880	44,854	*42,294	*34,500
Brazil	9,187	10,357	10,867	21,294	*17,499	15,413
China	*60,000	*80,000	*180,000	*160,000	*160,000	*160,000
India	48,455	63,784	52,821	54,960	56,249	52,376
North Korea	*20,000	*20,000	*25,000	*25,000	*25,000	*25,000
South Korea	65,955	56,319	56,693	60,586	34,891	**26,965
Sri Lanka	8,893	10,708	9,432	7,794	7,543	*5,000
World total	472,000	505,000	601,000	586,000	560,000	535,000

Source : British Geological Survey (BGS) ; (a) Including production from imported crude graphite.

\*BGS estimates. \*\* 26,338 tonnes amorphous, and 627 tonnes crystalline.

#### 4.1 - Géologie du graphite - Variétés :

Il existe trois variétés commerciales principales de graphite naturel, liées au mode de gisement :

- le graphite "amorphe" - en réalité microcristallin - (ou "graphitoïde") est formé par métamorphisme thermique de couches charbonneuses ; à grain très fin, un peu poreux, sa pureté dépend de la pureté des charbons originels ; cette variété de graphite est la principale exploitée par les cinq plus grands pays producteurs, en des gisements profonds ou non, épais dont les teneurs en graphite peuvent aller de 50 à 90 %.

- le graphite "cristallin" (= en écailles, feuillets ou paillettes) se trouve habituellement sous forme disséminée dans des roches sédimentaires affectées par un métamorphisme régional (gneiss, schistes, marbres) ; cette variété cristalline ("flakes" des anglo-saxons) est également exploitée dans des gîtes secondaires (gisements éluviaux) à Madagascar où le graphite a été libéré de la roche originelle altérée par latéritisation : la grande taille des écailles du graphite de ces gisements éluviaux augmente la valeur marchande du produit. Ces gisements superficiels présentent en général des teneurs assez faibles en graphite (5 % à Madagascar) et la dimension des paillettes peut varier de 1 mm, ou moins, à 5 cm exceptionnellement.

- le graphite en "veines" : Sri Lanka a le quasi monopole de la production de cette variété qu'on trouve à grande profondeur, en remplissage de fissures, sous forme de masses de grains microcristallins (graphite amorphe), et de lamelles et agrégats fibreux ou aciculaires (graphite cristallin) ; son origine est supposée hydrothermale ou pneumatolitique et le minerai peut comporter jusqu'à 70 % et plus de graphite.

En général les exploitations se font à ciel ouvert pour les gisements à graphite en paillettes, les autres types de gisements dont la profondeur peut être grande, étant exploités en souterrain (Sri Lanka, Mexique, Corée).

Lors de la prospection d'un gisement, la teneur en carbone (qui est le complément à 100 de la teneur en cendres), n'est pas seule à prendre en considération pour déterminer la valeur commerciale du minerai : après traitement, cette teneur doit être supérieure ou égale à 85 % pour les paillettes, pratiquement supérieure à 80 % pour les poudres ; mais on tient compte également de la densité apparente du graphite, de la résistance des paillettes à divers essais mécaniques, de l'onctuosité, etc...

#### 4.2 - Traitement du minerai :

Les étapes du traitement du minerai de graphite sont très classiques : concassage grossier pour le graphite en paillettes, broyage fin pour le graphite amorphe, tamisage, classification par air, flottation (particulièrement efficace pour le graphite en paillettes), séchage...

Des minerais à 5 % de graphite au départ, peuvent conduire à des produits concentrés à 80 - 90 % de graphite.

La répartition des impuretés du minerai en veines de Ceylan est telle que malgré des moyens très rudimentaires de traitement (concassage grossier, lavage, tamisage...) on peut obtenir des produits concentrés à 90 % de graphite.

Lorsque des concentrés très purs ( $\geq 99\%$ ) doivent être utilisés dans des emplois particuliers (usages nucléaires), il est nécessaire de faire appel à des méthodes chimiques (traitement à haute température en atmosphère gazeuse particulière) : des graphites purs à 99,95 % peuvent être obtenus.

#### 4.3 - Usages :

Le graphite naturel est utilisé pour ses propriétés physiques et chimiques qui sont souvent complémentaires :

- onctuosité : le graphite est utilisé dans la fabrication de lubrifiants, seul ou mêlé à des huiles,
- haute conductibilité électrique : il sert à la fabrication des électrodes d'appareils électriques, des balais de dynamos, des électrodes de fours à arc,
- solubilité dans le fer fondu : il est utilisé dans la fabrication de l'acier, pour en augmenter la teneur en carbone,
- stabilité aux hautes températures (fusion et sublimation entre 3500 et 4000°) et conductibilité élevée de la chaleur : ces propriétés réfractaires sont utilisées pour les revêtements de fonderies, les tampons de poches de coulées, les tuyères ; les variétés à grandes paillettes servent à la fabrication des creusets de métallurgie.

Les autres usages du graphite sont bien connus : crayons "à mine de plomb", batteries sèches, peintures noires anti-rouille, encre, garnitures de freins et d'embrayage, lubrifiant.

L'utilisation principale est faite dans les hauts-fourneaux des aciéries et dans tous ses usages de produit réfractaire.

#### 4.4 - Substituts du graphite naturel :

Le graphite naturel est concurrencé par le graphite artificiel obtenu au four électrique à partir de coke de pétrole, de goudron, et aussi de fibres synthétiques comme la rayonne. D'autre part, le coke calciné, l'olivine, la farine de silice, le zircon pulvérisé, sont parfois utilisés dans les fonderies à la place du graphite ; dans la fabrication de l'acier, le graphite est souvent remplacé par l'antracite, le coke de pétrole ou les électrodes usagées pour fournir le carbone ; enfin, la molybdénite remplace parfois le graphite comme lubrifiant.

#### 4.5 - Marché

L'évolution des prix du graphite montre une bonne tenue du marché : aux U.S.A., en dollars constants de 1978, la tonne métrique de graphite amorphe valait 130 dollars en 1980, celle de graphite cristallin en lamelles 530 dollars, soit une progression de 200 % par rapport aux prix de 1970.

Sur le marché français, le graphite amorphe valait 1000 à 1800 F/t en 1980, le graphite cristallin 2500 à 3000 F/t (contre 1500 à 2000 F/t en 1979) : cette importante différence de prix, d'une année sur l'autre, pour le graphite cristallin est due sans doute aux difficultés d'approvisionnement en provenance de Sri Lanka et Madagascar, ces deux pays très cotés par les acheteurs n'arrivant pas actuellement à fournir la demande.

Il n'y a pas à l'heure actuelle d'évolution technologique prévue qui entraînerait de nouvelles utilisations du graphite ; on peut s'attendre toutefois à ce que les graphites naturels bon marché soient utilisés pour fabriquer un produit plus pur destiné à remplacer des variétés de graphite naturel de prix élevé.

Les prévisions américaines sur la demande mondiale de graphite indiquent pour les années 1978 à 2000 un accroissement annuel de 2,7 % pour le graphite en paillettes, et de 0,2 % seulement pour les autres qualités.

Les importations françaises de graphite cristallin (2042 t en 1980) proviennent de Madagascar, du Brésil, de Chine, R.F.A., U.R.S.S. et Sri Lanka. Les autres variétés (7016 t en 1980) sont importées de Chine, Italie, Madagascar, R.F.A., Royaume Uni et Autriche.

La S.E.P.R. (Société Européenne des Produits Réfractaires, absorbée par Lafarge), qui fournit (1980) plus de la moitié du marché français en produits à base de graphite, serait intéressée par un minerai de composition 10 à 30 % de graphite (cristallin ou amorphe), à matrice principalement silico-alumineuse, avec une teneur la plus faible possible en alcalins :  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 1,5 \%$  ; ce minerai serait exploité directement, à ciel ouvert, à peu de frais de transformation.

#### 4.6 - Les gîtes français de graphite :

Il existe en France deux types de gîtes de graphite :

- couches d'antracite métamorphisé du Houiller Briançonnais : ce sont les gîtes alpins de : Le Chardonnet et Cote-Peallas
- niveaux sédimentaires carburés métamorphisés : schistes carburés du Gothlandien dans les Pyrénées ; quartzites, schistes et gneiss carburés dans le Briovérien et le Primaire en Bretagne (Plufur, Penn ar Roc'h et nombreux autres indices dans le Morbihan, les Côtes-du-Nord, la Loire-Atlantique, la Vendée) ; séries métamorphiques du Cambrien du Bas-Limousin (Dussac en particulier) ; gneiss carburés du socle du Pelvoux dans les Alpes (Les Infournas).

Le gîte des Infournas aurait fait l'objet d'une petite exploitation souterraine vers 1900, aujourd'hui éboulée.

#### Bibliographie :

- Minerals Yearbook, 1981 - Vol. I - p. 337-357 - Bureau of Mines, USA.
- Minerals Facts and Problems, 1981 - p. 383 à 393 - Bureau of Mines, USA.
- Statistiques du Commerce Extérieur de la France, 1980
- Note interne de R. MOUSSU, B.R.G.M. - SGN/GMX du 4/09/1980 sur le graphite.
- Revue "Industrial Minerals" (Londres), Déc. 1980.
- Le Graphite - Etude documentaire technique et économique, réalisée par le B.R.G.M. pour le Ministère des Mines et de l'Industrie Malgache - DO 66.A15.
- BEDOURET D., 31/03/1960 - Note inédite sur le graphite - B.R.G.M.
- Publication du 3ème congrès international des Minéraux Industriels, Paris 1978.
- Raw materials for the refractories industry. An Industrial Minerals Consumer Survey - 1981 - London.

ALPES

LE CHARDONNET

1 - Situation géographique :

Le gisement de graphitoïde - ou graphite "amorphe" - du Chardonnet est situé sur la bordure occidentale du Bassin Briançonnais, à environ 6,5 km à vol d'oiseau au Nord de la commune de Le Monétier-les-Bains (Hautes Alpes), et à l'altitude de 2700 mètres.

Feuille à 1/50 000 : Névache

2 - Cadre géologique :

Le gîte est situé dans les formations de schistes et grès anthraciteux du Houiller (Westphalien) Briançonnais, surmontées par les dolomies et quartzites du Trias, affleurant au flanc d'une montagne dont le sommet est occupé par une masse de diorite intrusive. Près du contact avec cette diorite, les formations du Houiller sont lardées de sills de microdiorite ; le métamorphisme thermique dû à l'intrusion a provoqué la graphitisation partielle de l'anthracite (fig. 10).

3 - Morphologie du gîte :

Elle est conditionnée par la grande fréquence des sills de microdiorite, qui ont un pendage faible (15 à 30°), et la présence de nombreuses petites intrusions porphyriques recoupant également les couches graphiteuses.

Il y a eu cinq couches exploitées.

4 - Minéralisation :

Le graphite de type "amorphe", titrait de 54 à 87,8 % de carbone.

5 - Production - Réserves :

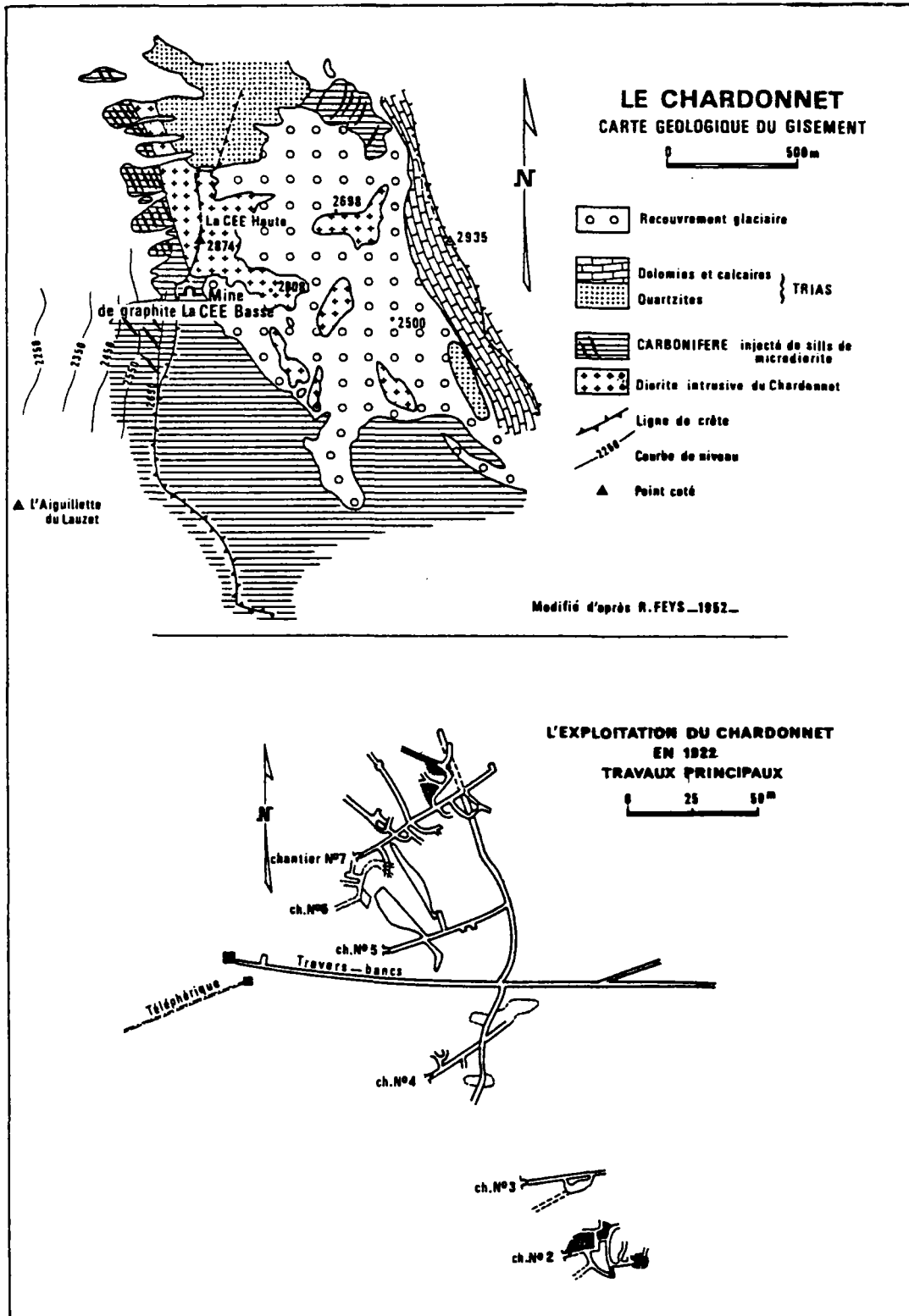
Une concession de 144 ha, datant de 1824 avait été octroyée. Il a été extrait, de 1901 à 1926, 7807 tonnes de graphite destiné surtout à des usages métallurgiques (creusets...).

Les réserves sont inconnues.

6 - Bibliographie :

FEYS R., 1953 - Bassin Houiller Briançonnais - Gisement de graphite du Chardonnet (Hautes Alpes) - rapport B.R.G.M. A 287.

Figure 10 : gîte du Chardonnet



ALPES

COTE PEALLAS

1 - Situation géographique :

Le gîte de Cote Peallas est situé à environ 8 km à vol d'oiseau à l'Ouest de Briançon, sur la commune de Pelou (Hautes Alpes), à 2100 m d'altitude.

Feuille à 1/50 000 : Briançon.

2 - Cadre géologique :

Les grès houillers du Carbonifère forment ici un petit lambeau synclinal pincé dans des terrains du Flysh et du Trias. Les couches ont une direction Nord-Est et pendent de 20 à 50° (fig. 11).

3 - Minéralisation :

Le graphite se trouve dans les schistes et grès charbonneux. Il titre, brut, de 57 à 68 % de carbone pur. Il est de mauvaise qualité, à cause de l'abondance des impuretés, siliceuses notamment.

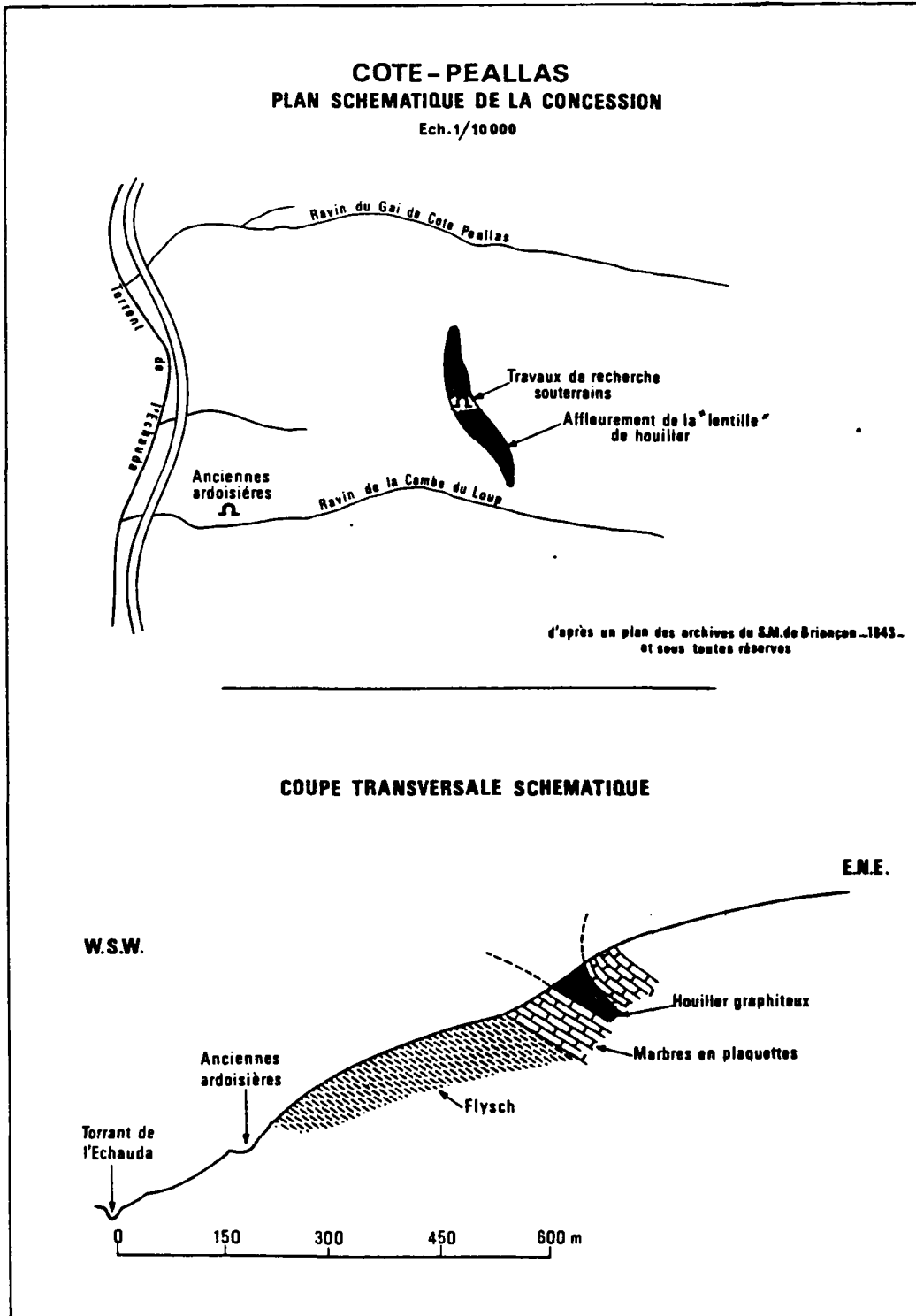
4 - Travaux - Production - Réserves :

La concession (27 ha) date du milieu du siècle dernier ; quelques travaux de recherche ont été effectués en 1928-29, rapidement abandonnés en raison des faibles possibilités de réserves.

5 - Bibliographie :

VAYSSE A., FEYS R., GREBER Ch., 1950 - Note sur le gisement de graphite de Cote Peallas (Hautes Alpes) - Rapport B.R.G.G. A 214.

Figure 11 : gîte de Cote-Péallas



BAS-LIMOUSIN

DUSSAC (Le Charbonnier)

1 - Situation géographique :

L'indice de graphite de Dussac est situé à 12 km à l'Ouest Sud-Ouest de Thiviers, sur la commune de Dussac (Dordogne).

Feuille à 1/50 000 : Thiviers.

2 - Cadre géologique - Minéralisation :

Dans les schistes constituant le Nord de la série de Thiviers (Cambrien), existent de nombreux niveaux graphiteux (parfois en relation avec des amas pyriteux).

A Dussac, un de ces niveaux est connu sur 2 km de longueur. Des analyses de teneur ont été faites en 1965 sur deux échantillons de tout-venant et ont donné entre 3 et 3,5 % de carbone, ce qui est loin des teneurs courantes d'exploitation (au moins 15 % C dans le tout-venant).

3 - Bibliographie :

B.R.G.M. - Fiches B.S.S.

AUTRES INDICES du Massif Central

En 1965, plusieurs indices ont été échantillonnés en Corrèze, à St-Pardoux, Perpezac-le-Nuir (Moulin de Ceyssac), St-Bonnet-l'Enfantier (Verniolles), Ste-Féréole. Tous se présentent au sein d'un banc de schistes très altérés de quelques mètres de puissance ; le graphite n'y représente qu'une trace de 10 cm environ d'épaisseur, sans intérêt d'un point de vue économique.

Bibliographie : Fiches B.S.S.

BRETAGNE

PLUFUR

Le gîte se trouve sur la commune de Plufur (Côtes-du-Nord), à 20 km à l'Est de Morlaix.

Feuille à 1/50 000 : Lannion.

Le graphite s'y trouve en minces couches stratiformes dans des gneiss granulitiques ; leur puissance varie de 5 cm à plus d'un mètre. Des fouilles, suivies d'essais de flottation du graphite, y ont été effectuées en 1942-43 par la Société Minière et Financière de Madagascar. Le graphite forme de fines paillettes imprégnant la roche schisteuse.

PENN AR ROC'H

Cet indice est situé sur la côte Sud de l'Ile d'Ouessant (Finistère).

Feuille à 1/50 000 : Plouguerneau - Ile d'Ouessant.

Les occurrences de graphite sont visibles sur 600 m de long, dans un complexe de micaschistes à niveaux d'amphibolites, recoupé par un stock de granite. Le graphite se présente soit en chapelet de veines de 2 à 2,5 m d'extension sur 20 à 30 cm de puissance, soit en nodules (10 cm de diamètre maximum), soit en écailles ou en mouches.

Bibliographie :

- PIERROT R., CHAURIS L., LAFORET C., 1973 - Inventaire minéralogique de la France, Finistère - Edition BRGM.

PYRENEES

ETANG D'ALBE

1 - Situation géographique :

A plus de 2000 m d'altitude, l'indice a été observé aux environs de l'étang, situé à 2 km à vol d'oiseau au Sud-Ouest de l'ancienne mine de Zn de Bentaillou.

Feuille à 1/50 000 : Pic de Maubermé.

2 - Cadre géologique :

Le gîte est situé dans les schistes et quartzites noirs graphiteux d'âge Ordovicien, à la base du calcaire de Bentaillou. Ces schistes noirs deviennent très épais vers l'Est, notamment sur le flanc Nord-Est du Mail de Bulard.

3 - Minéralisation :

Graphite en lamelles, "les plus grosses que l'on ait découvertes en France jusqu'à ce jour".

Importance du gîte et teneur inconnues.

4 - Bibliographie :

Carte géologique à 1/50 000 : Pic de Maubermé.

PYRENEES

REGION DE MARIGNAC (Haute Garonne)

La région de Marignac, à l'Ouest de St-Béat montre des schistes charbonneux du Gothlandien affleurant en bandes parallèles orientées Est-Ouest.

Ces schistes noirs sont plus ou moins siliceux, et renferment également de la pyrite, de la calcite selon les endroits.

La matière charbonneuse contenue dans les échantillons est du graphite en particules très fines, groupées en traînées dans la matière argileuse des schistes.

Selon les endroits, il semble que la teneur en C libre (totalement constitué par du graphite) varie entre 4 et 24 %.

Des masses énormes de graphite seraient donc très finement dispersées dans ces schistes et des essais de "flottage" réalisés en 1942 n'ont réussi à élever la concentration en graphite que de 3,8 à 7,5 %. Qu'en serait-il plus de 40 ans plus tard ?

Bibliographie :

CAPDECOMBE L., 1942 - Sur les procédés d'étude des roches charbonneuses, à propos des schistes graphitiques de la région de Marignac - in : Bull. Sté d'Histoire Naturelle de Toulouse, tome 77, pp 181-190.

ROUERGUE

TREMOUILLES, ARVIEU

1 - Situation géographique :

Les indices connus sont localisés dans le bassin rive gauche du Viaur, à 15 km au Sud-Est de Rodez, sur les communes de Trémouilles et Arvieu.

Feuille à 1/50 000 : Salles - Curan.

2 - Cadre géologique :

Le secteur est situé dans des gneiss quartzeux à 2 micas et grain fin comportant des strates plus minces et sporadiques de micaschistes à 2 micas. Ces formations admettent quelques feuillets concordants de granite migmatitique.

3 - Morphologie du gîte :

Les concentrations de graphite semblent localisées selon 3 alignements principaux, parallèles, allongés sur 800 à 1200 m, espacés de 500 et 1200 m.

4 - Minéralisation :

Le graphite se trouve dans les gneiss et micaschistes en filets lamellaires concordants de 1 à quelques centimètres d'épaisseur.

Parfois il se présente en lentilles de puissance métrique et plusieurs dizaines de mètres de longueur dont la teneur en carbone libre peut atteindre 65 %.

5 - Travaux :

La découverte remonte à 1839 où des grattages et une tranchée de 5 m de profondeur avaient mis en évidence une couche de graphite de 25 cm d'épaisseur et 15 m de longueur. Un puits et 70 m de galeries superposées avaient montré, à 10 m de profondeur une couche d'environ 50 cm d'épaisseur de graphite pur.

En Juin 1844, une concession fut instituée par ordonnance royale. Aucune exploitation régulière n'ayant été réalisée, la concession fut abandonnée en 1919.

Plus tard (?) la Sté Gle des Graphites a mené sur l'alignement Nord-Ouest quelques recherches qui auraient montré une couche de graphite de 30 cm d'épaisseur.

Vers 1940, la Sté Méridionale d'Exploitations Minières a trouvé sur l'alignement médian une couche de 60 à 80 cm de graphite suivie sur 50 m.

En 1943, une prospection électrique des zones à indices a conclu à des gîtes insuffisants et il n'a pas été jugé intéressant de faire un inventaire systématique du secteur.

Cette zone, autrefois délaissée, devrait être reconsidérée.

6 - Bibliographie :

COSSON J., 1974 - Quelques substances utiles du Massif Central et de sa bordure en région Midi Pyrénées; Rapport BRGM, 74 SGN 384 MPY

## V - LES FELDSPATHS

### 5.1 - Généralités :

Les feldspaths sont un groupe de silicates d'alumine à potassium, sodium, calcium en proportions variables, très largement répandus sur l'écorce terrestre ; d'un point de vue économique, seuls les feldspaths alcalins (potassiques et sodiques) sont recherchés pour l'industrie, à la condition qu'ils se présentent sous forme de cristaux d'assez grandes dimensions. Ainsi de nombreuses roches feldspathiques ne peuvent être utilisées comme source de feldspaths à cause de la petitesse des grains difficilement séparables économiquement. Cependant, l'épuisement des gisements de pegmatites exploitables conduit à s'intéresser aux autres roches riches en feldspaths, auxquelles on ne songeait guère auparavant.

Les principales espèces de feldspaths sont :

- l'orthose et le microcline (potassique)
- l'anorthose (sodique)
- les plagioclases constitués d'une série isomorphe allant de l'albite (pôle sodique) à l'anorthite (pôle calcique).

Commercialement les feldspaths sodiques doivent contenir au moins 7 % de  $\text{Na}_2\text{O}$ , et les feldspaths potassiques un minimum de 10 % de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Ces minéraux entrent dans la composition de très nombreuses roches éruptives, volcaniques ou métamorphiques et sont particulièrement concentrés dans les pegmatites, les aplites, les granites leucocrates, les syénites néphéliniques. Ces dernières sont très recherchées car elles sont presque uniquement constituées de feldspaths potassiques et sodiques et de néphéline (feldspathoïde sodique).

### 5.2 - Usages industriels et spécifications :

Les deux domaines d'emploi essentiels des feldspaths sont les industries du verre et de la céramique, qui à peu près également se partagent 98 % de l'utilisation des feldspaths.

- En verrerie, le feldspath est un apport d'alumine. Préférence est donnée au feldspath sodique plus riche en alumine que le feldspath potassique. En général, les syénites néphéliniques sont plus utilisées que les feldspaths car leur teneur en alcalins est supérieure. Couramment, les spécifications admises sont :  $\text{Al}_2\text{O}_3 > 23 \%$  ; alcalins  $> 14 \%$  ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,1 \%$ .

En ce qui concerne les impuretés colorantes,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  est toléré à différents seuils selon le verre fabriqué ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 0,1 \%$  pour le verre blanc,  $\leq 0,3\%$  pour le verre demi-blanc et  $\leq 1 \%$  pour les verres colorés). Quelques points de  $\text{CaO}$  sont tolérés. La granularité doit être  $< 1 \text{ mm}$ .

- En céramique, les feldspaths ont un rôle de fondant et entrent dans les pâtes céramiques à raison de 0 à 10 % dans les faïences, 5 à 25 % dans les grès communs et sanitaires, 20 à 30 % dans les grès fins, le vitreous et les porcelaines dures. Les feldspaths potassiques sont les plus utilisés, notamment pour l'émaillage des métaux car leur fusion est moins brutale, se

faisant sur un plus large palier de températures. Leur granularité doit être comprise entre 75 et 100 µm et leur teneur en fer inférieure à 0,1 %.

- Enfin une faible quantité de feldspaths est utilisée en France comme charge inerte dans la fabrication des caoutchoucs et peintures.

- Lorsqu'un abrasif un peu plus doux que la silice est nécessaire, les feldspaths en poudre peuvent être utilisés à condition d'être exempts de quartz.

### 5.3 - Production mondiale et situation de la France :

La France se situe actuellement au 5ème rang mondial des producteurs de feldspaths, au 4ème rang des producteurs européens lesquels fournissent plus des 2/3 de la production mondiale.

TABLEAU 8 : Production mondiale de feldspaths (1 000 t)

Feldspaths seuls	1973	1976	1981*	1982
USA	718	671	603	?
République Fédérale d'Allemagne	326	301	381	?
Italie	190	183	336	?
URSS	270	280	318	?
France	220	188	200	173
Brésil	74	110	127	?
Espagne	65	90	109	?
Norvège**	225	45	73	?

Source : Minerals Year  
book 1981

Source :  
Annuaire  
de stat.  
indus. 1983

\* Estimation

\*\* Syénite néphélinique exclue - en 1976 la production de syénite néphélinique s'élevait à : 217 000 t, en 1978 à 232 000 t. Les statistiques plus récentes ne sont pas disponibles.

Bilan économique global pour la France (Tableau 9)

La France est exportatrice en ce qui concerne les feldspaths (exportations : 3 à 6 fois les importations), le principal client étant l'union économique belgo-luxembourgeoise. En ce qui concerne la syénite (néphéline et leucite) la France importe essentiellement de Norvège la totalité de sa consommation qui est croissante.

Depuis 1976, la France est passée à une situation globalement importatrice en raison des importations croissantes de syénite néphélinique. En 1981, le déficit global était de 2,4 millions de francs, contre 0,3 en 1976. L'année 1978 a vu une situation bénéficiaire (+ 0,4 millions de francs).

Prix

- Prix moyen à l'exportation en 1981 en France  
Feldspath : 349 F/t
  
- Prix moyen à l'importation en 1981 en France  
Feldspath : 272 F/t  
Syénite néphélinique : 388 F/t
  
- Prix octobre 1983 : (Industrial minerals)  
Qualité céramique, poudre, 200 mesh, en sacs, dépôt : £ 90 - £ 95  
Sable 2 - 3 mm : qualité verrerie/céramique : C.I.F. : £ 40 - £ 45

TABLEAU 9 : BILAN STATISTIQUE POUR LA FRANCE

	QUANTITE (1 000 t)						VALEUR (1 000 F)					
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1976	1977	1978	1979	1980	1981
<b>Production :</b>												
Feldspath et pegmatite (1)	201,7						13 089					
Feldspath (2)	188	192										
Phonolite (sables pour verrerie et céramique)	38,7											
<b>Importations (3)</b>												
Feldspath	10,0	17,3	17,0	17,8	17,9	16,8	2 043	3 795	3 439	3 897	4 521	4 568
Leucite, néphéline, syénite néphélinique	31,8	36,5	36,8	46,9	50,5	47,8	6 908	9 052	9 707	12 973	16 078	18 533
<b>Exportations (3)</b>												
Feldspath	37,6	43,6	52,5	51,7	56,9	58,6	8 400	11 928	13 330	15 185	17 105	20 470
Leucite, néphéline, syénite néphélinique	0,5	0,4	0,4	1,2	0,1	0,08	232	306	302	279	184	218
<b>Consommation apparente</b>												
Feldspath	160,4	165,7										
Phonolite	38,7											
Leucite, néphéline, syénite néphélinique	31,3	36,1										
<b>TOTAL (4)</b>	<b>230,4</b>											
<b>Balance commerciale</b> (export - import)												
Feldspath	+ 27,6	+ 26,3	+ 35,5	+ 33,9	+ 39,0	+ 41,8	+ 6 357	+ 8 133	+ 9 891	+11 288	+12 584	+15 902
Leucite, néphéline, syénite néphélinique	- 31,3	- 36,1	- 36,4	- 45,7	- 50,4	- 47,7	- 6 676	- 8 746	- 9 405	-12 694	-15 894	-18 315
<b>TOTAL (4)</b>	<b>- 3,7</b>	<b>- 9,8</b>	<b>- 0,9</b>	<b>- 11,8</b>	<b>- 11,4</b>	<b>- 5,5</b>	<b>- 319</b>	<b>- 613</b>	<b>+ 486</b>	<b>- 1 406</b>	<b>- 3 310</b>	<b>- 2 413</b>

Sources : (1) Statistiques de l'Industrie minière  
(2) Confédération générale de la Céramique

(3) Statistiques des douanes  
(4) Total : feldspath + leucite + néphéline + syénite néphélinique

#### 5.4 - Gitologie :

On distingue deux grands types de gisements riches en feldspaths :

- primaires, constitués par des roches en place,
- secondaires, formés par des dépôts détritiques provenant de la décomposition de roches feldspathiques diverses.

- Dans les gîtes primaires le feldspath est le constituant dominant et parfois unique des pegmatites, souvent composées de cristaux géants (décimétriques). Elles forment des filons, des amas ou de petits massifs, à la périphérie des massifs granitiques, en position interne ou externe par rapport à eux.

Les pegmatites sont de deux types :

- . des pegmatites simples composées presque uniquement de microcline et de quartz et constituant des filons très souvent associés à des aplites ;
- . des pegmatites complexes contenant, en plus du microcline et du quartz, de l'albite et de nombreux autres minéraux : micas (biotite, muscovite, lèpidolite), spodumène, tourmaline et autres espèces pneumatolytiques. Ces pegmatites peuvent constituer des amas atteignant plusieurs kilomètres de long et plusieurs centaines de mètres de large.

Ces pegmatites ont pendant longtemps été la source principale de feldspath, car les minéraux de grande taille permettent un tri à la main. L'exploitation du feldspath y est souvent associée à celles de minéraux particuliers : béryl, lèpidolite, etc...

Les feldspaths peuvent également être extraits de diverses roches éruptives lorsque les minéraux ferro-magnésiens en sont absents :

- . Leucogranites alcalins généralement potassiques, composés de quartz, microcline, albite ;
- . Aplites leucogranites à grain très fin, composés de quartz, microcline, oligoclase, à tendance calcoalcaline ;
- . Les roches microlitiques riches en feldspaths et feldspathoïdes peuvent constituer une source intéressante de matériaux feldspathiques (lorsque la teneur en oxyde de fer est peu importante ou lorsqu'elle ne présente pas d'inconvénient). C'est le cas de rhyolites riches en feldspaths (Sarre : région de Birkenfeld) et de phonolites (Haute Loire, Eifel : Mine de Brenk).

Pour les syénites néphéliniques, bien qu'assez largement répandues, elles ne sont exploitées que dans quelques pays (Canada, Norvège, URSS, USA). Les gisements sont en général de petites dimensions, habituellement quelques kilomètres carrés à quelques dizaines de kilomètres carrés. Pour avoir un intérêt économique, il est nécessaire que la syénite néphélinique renferme une proportion de néphéline au minimum de l'ordre de 20 % avec une proportion de ferromagnésiens faible et facile à éliminer.

- Les gîtes secondaires sont constitués par des sables alluviaux ou de plage, contenant une fraction suffisante de feldspath pour être exploités. Ils résultent du remaniement de roches feldspathiques démantelées par l'érosion ou l'altération (granite arénisé, arkose) et ont été déposés après un faible transport. Ces sables peuvent comporter une fraction kaolinique plus ou moins importante.

### 5.5 - Gisements français :

#### - Les exploitations :

En France, les feldspaths proviennent presque en totalité de l'exploitation des pegmatites, à l'exception d'une carrière située dans la partie arénisée d'un massif de granite leucocrate à muscovite en Saône-et-Loire, active depuis 1980, et d'une exploitation de phonolite en Haute-Loire.

Les principaux gisements productifs sont situés dans la moitié sud de la France, selon le tableau suivant :

TABLEAU 10 : GISEMENTS FRANCAIS DE FELDSPATHS

	1972	1976
Pyrénées (Pyrénées orientales - Aude - Ariège Pyrénées atlantiques).....	73,4 %	80,5 %
Massif Central (Aveyron - Creuse - Haute Vienne - Cantal - Puy de Dôme - Lozère - Ardèche).....	19,9 %	13,6 %
Drôme.....	6,7 %	5,9 %

Source : Statistiques de l'Industrie minière

De très nombreuses petites exploitations ont vu le jour dans le Limousin, le Sud du Massif Central, dans les Maures et surtout dans les Pyrénées ; actuellement une douzaine seulement de carrières demeurent en activité. Ce sont les exploitations suivantes :

- Denain - Anzin - Minéraux : (D.A.M.)
  - . à Saint-Chely d'Apcher (Lozère) : feldspath sodique pour verrerie et feldspath potassique (13 000 tonnes/an)
- Société Industrielle des Pyrénées Orientales (D.A.M. : majoritaire + Ets Baux)
  - . à Saint-Paul de Fenouillet (P.O.) 25 000 t/an - Feldspath sodique
  - . à Brouilla (P.O.) 6 000 t/an - feldspath potassique
- Société des feldspaths du Midi (filiale à 75 % D.A.M.)
  - . à Salvezines (Aude) - 2 carrières 45 000 t/an - feldspath sodique
  - . à Lansac (P.O.)

- Ets Baux :
  - . à Saint-Paul de Fenouillet (P.O.)
- Villeroy et Boch :
  - . à Montebras (Creuse) 25 000 t/an
- Compagnie Française des feldspaths (Villeroy et Boch + Fertiladour)
  - . à Saint-Esteben - Pegmatite de Baygoura (massif précambien d'URSUYA) - Pyrénées Atlantiques - 5 000 t/an de feldspath potassique
- Ceratera (Union minière du Sud-Ouest)
  - . à Argelès sur Mer : feldspath potassique
- Ets Jacques Fayol :
  - . Larnage (Drôme) - Sables kaoliniques et feldspathiques (orthose)
  - . à Duevas et Erôme (Drôme) - 5 000 t de feldspath potassique
- Samin :
  - . Roche-en-Régnier (Haute-Loire) : carrière de phonolite
- Mokta :
  - . Etang-sur-Arroux depuis 1980 - carrière d'arène granitique fournissant des feldspaths à 0,10 - 0,25 %  $Fe_2O_3$
- Possibilités de gisements :

Les pages suivantes rassemblent quelques données sur des gîtes non exploités de nos jours mais présentant peut-être un certain intérêt pour l'avenir.

Des recherches ont été menées en Corse dans les formations susceptibles de renfermer des pegmatites ainsi que dans des syénites.

#### Bibliographie Générale :

BERTON Y., 1979 - Mémento substances utiles - Feldspaths et feldspathoïdes - Rapport B.R.G.M., 79 SGN 162 MTX.

Minerals Yearbook - Vol. I - U.S. Department of the Interior - 1981.

Materials and technology - Vol II - Non metallic minerals and rocks - LONGMAN Group LTD - 1971.

Annuaire 1983 de statistique Industrielle.

Raw Materials for the glass industry - Industrial Minerals Survey - 1977.

Statistiques du Commerce extérieur de la France - 1979 - 1980 - 1981.

SUD EST

LA TOURRE (Var)

1 - Situation géographique :

Gisement situé sur la commune de La Garde-Freinet à environ 15 km au Nord-Ouest de St-Tropez.

Feuille à 1/50 000 : St-Tropez.

2 - Gisement :

Ancienne carrière souterraine exploitée temporairement pour les feldspaths disséminés dans une pegmatite. Aucune autre donnée.

3 - Bibliographie :

Dossier BSS : 1047.5 X.4003.

CORSE

CARGESE

Vers 1930, un essai d'exploitation de feldspath a été tenté sur un filon pegmatitique de 1,50 m de puissance situé près du village de Cargèse.

Seulement une dizaine de tonnes aurait été extraite à cette époque.

Un autre filon de pegmatite à gros cristaux de feldspaths, au lieu-dit "Pointe de Cargèse", a été étudié en 1929. Ne fondant pas très blanc, ce filon est demeuré inexploité car de qualité médiocre pour la céramique.

Bibliographie :

SAINFELD P., 1960 - La prospection générale de la Corse - Rapport préliminaire B.R.G.M. - A 1603.

MARMANO

Au sud de Ghisoni un essaim de filons d'albitites permienes est observé.

La roche très compacte et massive, de couleur blanc neige n'est pas altérée, ne comporte pas de ferromagnésiens et le quartz y est rare. Elle est composée de plus de 90 % d'albite très limpide.

Ce massif est, dans l'état actuel des recherches, la cible la plus favorable à une exploitation de feldspaths.

Cependant, il n'est pas exclu que certains granites riches en phénocristaux de feldspaths présentent un certain intérêt. Les recherches ultérieures le préciseront.

Bibliographie :

ROSSI PH., 1979 - Prospection de feldspaths en Corse - Etat des recherches. Rapport B.R.G.M. 79 SGN 788 CSC.

MASSIF CENTRAL SUD

NORD AVEYRONNAIS

Une vingtaine de petites exploitations artisanales de feldspaths se sont échelonnées sur environ 300 km<sup>2</sup> dans une zone granitique à amas lenticulaires de pegmatites de dimensions modestes, permettant annuellement la "récolte" de 3 400 t de feldspaths potassiques.

Ainsi, environ 40 000 t de feldspaths potassiques de bonne qualité ont été extraites jusque vers 1973. Les produits étaient traités à Espalion, puis à St-Chély d'Apcher. Petit à petit les exploitations ont cessé à cause probablement du coût du transport et de l'éparpillement des sites.

Actuellement, une seule exploitation subsiste à St-Chély d'Apcher (Lozère) qui extrait annuellement 13 000 t de feldspath sodique pour verrerie et de feldspath potassique.

Bibliographie :

Industrie Céramique - n° 649 - 1972 - pp. 186 - 187

Industrie Céramique - n° 577 - 1965 - pp. 620 - 623

Génie Civil - 15 Août 1958 - pp. 333 - 337

MASSIF ARMORICAIN

AN - NIVIT (22)

1 - Situation géographique :

Gisement situé à 22 km au Nord-Ouest de Pontivy et à 3 km au Sud - Sud-Ouest de Plélauf (fig. 12).

Feuille à 1/50 000 : Pontivy.

2 - Cadre géologique :

Massif granitique de Rostrenen très arénisé par endroits sur 8 - 10 m d'épaisseur avec présence de nombreux feldspaths géants.

3 - Minéralisation :

Le feldspath est un microcline dont les cristaux font souvent plus de 4 cm de longueur, mais présentant sur leurs faces et dans les fissures des biotites.

Dans les zones du massif où la biotite disparaît pour faire place à de la muscovite, le granite perd malheureusement son caractère porphyroïde.

4 - Travaux :

- Plusieurs prospections du massif ont été réalisées par le B.R.G.M. en 1961 montrant l'intérêt plus particulier de trois zones autour de Glomel, de Rostrenen et de Lescouet-Gouarec (An-Nivit étant situé au Nord-Est).

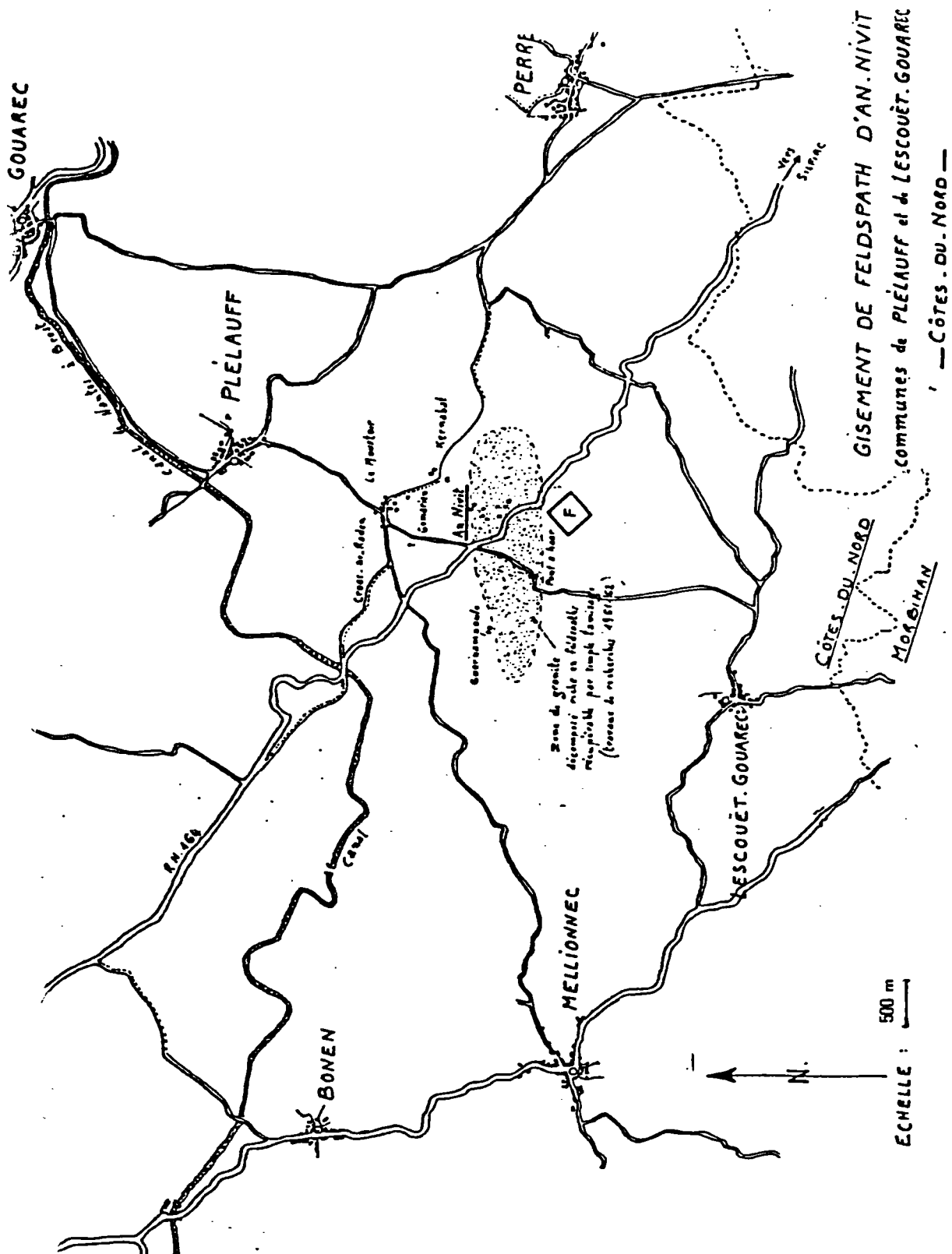
- Des essais de cuisson, des analyses chimiques et des essais de valorisation ont été entrepris par la S.F.C. et le B.R.G.M.

On a trouvé que la maille de libération de la biotite se situait entre 0,5 et 0,125 mm. Par ailleurs, il fut vérifié que les teneurs moyennes en soude et en potasse étaient satisfaisantes et ne subissaient pas de fluctuations trop importantes.

Des essais de valorisation comparatifs (flottation et séparation magnétique) ont montré de meilleurs résultats avec le produit séparé magnétiquement.

- Une prospection plus détaillée, par sismique réfraction en 1962, a permis de cuber le gisement. Deux zones centrées sur An-Nivit et sur Kerbrien totalisent environ 1 500 000 m<sup>3</sup> d'arène granitique, pouvant cependant être réduits par la présence de boules de granite sain parfois abondantes (non décelées par la sismique).

Figure 12 : situation du gisement d'An-Nivit



- Des essais réalisés au B.R.G.M. ont montré que la maille optimum de récupération des feldspaths était 8 mm. Cela conduit à un taux de récupération encore acceptable de 10 % de feldspaths par rapport au tout venant. Cependant, la présence de fragments d'aplite totalement inacceptable pour un essai industriel a obligé à cerner avec plus de précisions un nouveau secteur géographique ; mais un tamisage a été nécessaire avant l'essai industriel pour éliminer la plus grande partie des fragments d'aplite.
  
- Une estimation des réserves a donné les résultats suivants :
  - . à vue (bloc de la carrière) : 300.000 m<sup>3</sup> à 440 kg/m<sup>3</sup> représentant 120.000t de feldspath marchand
  - . très probable : 840.000 m<sup>3</sup> à 400 kg/m<sup>3</sup>
  - . probable : 1.600.000 m<sup>3</sup> à teneur encore indéterminée
  - . possibles : plusieurs millions de mètres-cubes.

La mise à la vue des réserves probables pourra être réalisée très rapidement. Elle exige, en particulier, que l'on trouve une solution simple au problème de l'élimination des impuretés (fragments résiduels de granite et aplice). Cette solution paraît facile à trouver.

#### Bibliographie :

GUIGUES J., MELOUX J., 1963 - Le gisement de feldspath d'An-Nivit (22).  
Rapport B.R.G.M. - DRMM 63 A 9.

#### AUTRES INDICES

De nombreux autres filons de pegmatites sont observables. Notons dans les Côtes-du-Nord, à St-Jacut de la Mer un site recouvert à marée haute présentant des cristaux géants de microcline pouvant mesurer jusqu'à 70 cm de longueur et 40 cm de largeur. Des pegmatites comparables sont visibles à l'ouest de l'entrée de l'île des Hébihens.

Le Morbihan également montre dans des leucogranites des faciès pegmatitiques avec feldspaths potassiques très abondants, notamment près de Lorient (Kerroc'h) dans les rochers littoraux, à la Corderie près de Questembert, à Treac'h Salus en bordure de mer (près de Quiberon).

#### Bibliographie :

PIERROT R., CHAURIS L., LAFORET CL., 1973 - Inventaire minéralogique de la France, Côtes-du-Nord. BRGM.

PIERROT R., CHAURIS L., LAFORET CL., PILLARD F., 1980 - Inventaire minéralogique de la France, Morbihan. BRGM.

