

**BUREAU DE RECHERCHES  
GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL**

**Département minéralogie,  
géochimie, analyses**

**B.P. 6009 - 45060 Orléans Cedex**

**Tél.: (38) 63.80.01**

# **ANNEXE III**

## **MINÉRALOGIE DES PYRÉNÉES CENTRALES**

par

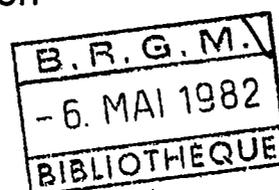
**E. OUDIN**

avec la participation de J.F. SUREAU et H. AHMADZADEH

du rapport B.R.G.M. n° 81 SGN 767 GMX

**"LES MINÉRALISATIONS SULFURÉES DU PALÉOZOÏQUE  
DE BRETAGNE ET DES PYRÉNÉES"**

Responsable scientifique : G. POUIT



Mars 1982

Rapport du B.R.G.M.

**82 SGN 189 MGA**

Compte rendu de fin d'étude  
d'une recherche financée  
par la  
Délégation générale  
à la recherche scientifique et technique

*ACTION CONCERTÉE : Valorisation des ressources  
du sous-sol*

Décision d'aide n° 79.07.1310

## SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
<u>INTRODUCTION GENERALE</u>	1
<u>CHAPITRE I :</u>	
<u>MINERALOGIE du MINERALI (E. OUDIN)</u>	3
1. INTRODUCTION	5
2. LA PARAGENESE de l'ENSEMBLE des INDICES	5
3. COMPARAISON des PARAGENESES des MINERALISATIONS ENCAISSEES dans l'ORDOVICIEN et le DEVONIEN	6
3.1. Les minéraux fréquents	7
3.2. Les minéraux en traces	7
a) Les minéraux de nickel-cobalt	7
b) Les minéraux de germanium et gallium	9
c) Les minéraux d'étain	11
d) Les sulfosels de plomb	12
e) Les minéraux d'argent	12
f) Les minéraux de bismuth	12
g) Autres minéraux	12
4. REPARTITION SPATIALE des MINERAUX	13
4.1. Répartition spatiale de la pyrite et la pyrrhotite (magnétite)	13
4.2. Répartition spatiale des minéraux en traces	13

	<u>Pages</u>
<u>CHAPTIRE II :</u>	
<u>MINERALOGIE de la GANGUE : CHLORITES et CARBONATES</u> (J.F. SUREAU)	15
1. LES CHLORITES	17
2. LES CARBONATES	17
 <u>CHAPTIRE III :</u>	
<u>DATATION par ANALYSE ISOTOPIQUE du PLOMB d'une</u> <u>GALENE de l'INDICE du COL de la LAUZE (Cenomanien) :</u> <u>RESULTATS PRELIMINAIRES (H. AHMADZADEH)</u>	19
 <u>CHAPTIRE IV :</u>	
<u>CONCLUSIONS GENERALES</u>	23
 <u>REMERCIEMENTS</u>	27
 <u>BIBLIOGRAPHIE</u>	29

## LISTE DES FIGURES

- Figure 1 (1) et 1 (2) - Liste des indices étudiés, regroupés par secteur.
- Figure 2 - Origine de l'échantillonnage.
- Figure 3 (1) à 3 (3) - Paragenèse des secteurs.
- Figure 4 (1) à 4 (15) - Paragenèse des indices.
- Figure 5 - Minéraux prédominants et fréquents.
- Figure 6 - Minéraux fréquemment observés en traces dans l'ensemble des indices.
- Figure 7 - Minéraux très rarement observés en traces dans l'ensemble des indices.
- Figure 8 - Fréquence des minéraux et groupes de minéraux en traces des indices encaissés dans l'Ordovicien et le Dévonien.
- Figure 9 - Fréquence des différents minéraux de nickel-cobalt.
- Figure 10 - Les minéraux de nickel-cobalt (planche photo).
- Figure 11 - " " " " " " " "
- Figure 12 - Fréquence des différents minéraux de germanium et gallium.
- Figure 13 - Les minéraux de germanium et gallium (planche photo).
- Figure 14 - " " " " " " " "
- Figure 15 - " " " " " " " "
- Figure 16 - Analyses à la microsonde de quelques minéraux germano-gallifères.
- Figure 17 - Fréquence des différents minéraux d'étain.
- Figure 18 - Les minéraux d'étain (planche photo)
- Figure 19 - " " " " "
- Figure 20 - Les sulfosels de plomb et bismuth - L'or natif (planche photo).
- Figure 21 - Répartition spatiale de la pyrite.
- Figure 22 - Répartition spatiale de la pyrrhotite et la magnétite.
- Figure 23 - Répartition spatiale des minéraux de nickel-cobalt en traces.
- Figure 24 - Répartition spatiale de l'or.
- Figure 25 - Répartition spatiale des minéraux de germanium et gallium en traces.

- Figure 26 - Répartition spatiale des minéraux d'étain en traces.
- Figure 27 - Répartition spatiale des minéraux de bismuth en traces.
- Figure 28 - Composition des chlorites des gangues.
- Figure 29 - Analyses à la microsonde des carbonates des gangues.
- Figure 30 - Diagramme chlorite-carbonate.
- Figure 31 - Position du Pb de la galène du Col de la Louze (Ariège) par rapport à C.C.N. (Courbe de croissance normale) de Stacey et Kramer sur un diagramme  $\alpha$ ,  $\beta$ .

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'essentiel de cette étude a consisté en la détermination des paragenèses des minerais observés en sections polies. Une très grande attention a été portée à la détermination des minéraux en traces.

Les minéraux des gangues ont été déterminés dans quelques indices. Un essai de datation par le plomb de la galène a été effectué à Clermont-Ferrand.

Les principaux résultats obtenus ont été intégrés dans le rapport de synthèse (n° 81 SGN 767 GMX) de cette action concertée.

CHAPITRE I

MINÉRALOGIE DU MINÉRAI

E. OUDIN

## 1. INTRODUCTION

Les figures 1 (1) et 1 (2) rappellent la liste des indices étudiés regroupés par secteurs (en tenant compte de leur position stratigraphique) ; le type morphologique de la minéralisation, l'âge de son encaissant, ainsi que le nombre d'échantillons étudiés sont également indiqués. Cette étude représente une synthèse de toutes les observations portant sur environ 1 200 sections polies étudiées au B.R.G.M. au cours des dernières années. L'échantillonnage a une origine variée (*figure 2*). Un peu moins d'un tiers des échantillons étudiés l'ont été spécifiquement pour cette action concertée.

Cet échantillonnage a été relativement concentré dans le département des Hautes-Pyrénées. Les études poursuivies dans le cadre des Inventaires Minéralogiques (n° 8 et n° 11, à paraître) le complète harmonieusement car elles couvrent les départements de la Haute-Garonne et de l'Ariège.

## 2. LA PARAGENÈSE de l'ENSEMBLE des INDICES

Cette étude a porté sur des échantillons provenant de 157 indices à Zn (Pb) situés dans le paléozoïque de la zone axiale pyrénéenne et regroupés en tenant compte de leur position stratigraphique en 40 secteurs.

Les paragenèses rencontrées dans les secteurs et indices sont présentées dans les *figures 3 (1) à 3 (3) et 4 (1) à 4 (15)* qui mettent en évidence leur monotonie et leur homogénéité. La blende est l'espèce presque toujours prédominante. Galène, chalcopryrite pouvant être associées à de la magnétite, pyrite et éventuellement mispickel, peuvent être fréquents et plus rarement prédominants (*figure 5*). Les 78 autres espèces identifiées sont pratiquement toujours exprimées en traces. Les principaux groupes de minéraux en traces sont les suivants (par ordre de fréquence) (*figures 6 et 7*) : minéraux de nickel-cobalt, minéraux de germanium-gallium,

minéraux d'étain, sulfosels de plomb, minéraux d'argent. Les minéraux en traces permettent de caractériser la province étudiée.

La présence des minéraux de germanium-gallium très rarement observée dans les gisements en est un des caractères le plus original. D'une manière générale, on peut remarquer que l'on retrouve la même paragenèse dans des minéralisations de types morphologiques différents (filons et couches) mais que les minéraux en traces sont quand même plus fréquents dans les filons.

On tiendra compte dans cette étude comparée d'autres indices pyrénéens de la zone axiale dans lequel la blende est très accessoire ou absente mais qui présente des parentés évidentes avec les minéralisations en zinc. On citera pour mémoire, les indices de stibine-jamesonite de Poulbeau - Jurvielle (Hautes-Pyrénées) de meneghinite-boulangérite d'Argut-dessus (Haute-Garonne), de pyrrotite de Fos (Haute-Garonne), de nombreux indices à Cu - Ni de l'Ariège (Inazein, Les Atiels, etc...).

### 3. COMPARAISON des PARAGENESES des MINERALISATIONS ENCAISSEES dans l'ORDOVICIEN et le DEVONIEN

Environ la moitié des indices sont encaissés dans l'Ordovicien et l'autre moitié dans le Dévonien. Cette bonne répartition de l'échantillonnage permet de comparer leurs paragenèses sans oublier cependant que les minéralisations encaissées dans l'ordovicien forment le plus souvent des filons et celles encaissées dans le dévonien forment plutôt des couches et que l'on recoupera ainsi les distinctions faites à partir des types morphologiques.

La fréquence des minéraux dominants et des groupes de minéraux en traces des indices encaissés dans l'Ordovicien et le Dévonien est présentée dans la *figure 8*.

### 3.1. Les minéraux fréquents

Au niveau des minéraux fréquents, galène et chalcopryrite sont légèrement plus abondants à l'ordovicien. La pyrrhotite prédomine sur la pyrite à l'Ordovicien et peut s'accompagner de magnétite. Par contre au dévonien, c'est la pyrite qui prédomine. Les minéraux de baryum (non mentionnés dans les tableaux) deviennent plus fréquents voir abondants au Dévonien. Ils s'expriment sous forme de barytine et celsianite.

En ce qui concerne les minéraux en traces, ils sont dans l'ensemble deux fois plus abondants à l'Ordovicien avec deux exceptions significatives : les minéraux d'étain et les minéraux de bismuth. Les groupes de minéraux seront présentés par ordre de fréquence.

### 3.2. Les minéraux en traces

#### a) Les minéraux de nickel-cobalt

Ce sont les minéraux en traces les plus fréquents (présents dans 36 % des échantillons). Les minéraux de nickel-cobalt sont un peu plus abondants dans les indices encaissés dans l'Ordovicien (*figure 9*).

Les minéraux les plus fréquemment rencontrés sont les sulfo-arséniures. Il s'agit en général d'un terme de passage entre la cobaltite et la gersdorffite. Ces minéraux forment des cristaux automorphes souvent très fins (< 10 µm) disséminés dans la blende ou formant de très fins cha-pelets (*figures 10, a et b*). Les deux termes extrêmes cobaltite et gersdorffite peuvent former des intercroissances complexes ou zonaires (*figure 11, e*) et de légères différences de dureté et de pouvoir réflecteur sont alors détectables. Les sulfo-arséniures de nickel-cobalt contiennent parfois des plages résiduelles d'arséniures ou d'antimoniures de nickel-cobalt (breithauptite et nickeline parfois associés, et plus rarement de la skutterudite (*figure 10, d*) ou de la löllingite. De petites plages d'or natif sont souvent piégées au contact de l'inclusion résiduelle et des sulfo-arséniures (*figure 10, c*).

On remarquera que les arséniures et antimoniures de nickel-cobalt

sont des espèces rares dans les Pyrénées ; elles peuvent être également directement incluses dans la blende ou la galène et plus rarement dans la gangue (*figure 11, a*). La cobaltite se forme parfois autour de la pyrite (*figure 11, f*). Les sulfo-antimoniures sont moins abondants que les sulfo-arseniures et s'expriment préférentiellement dans la galène (*figure 10, e*) et très rarement dans la blende. Ces minéraux de nickel-cobalt sont présents largement en dehors de la province étudiée, cependant leur abondance peut-être considérée comme caractéristique de la province. Ils sont abondants dans d'autres types d'indices de cette zone, en particulier dans les indices à cuivre dominant, par exemple l'indice des Atiels dans l'Ariège, ou la bravoïte associée à du cuivre gris a un faciès particulier : elle est nettement anisotrope et présente des mâcles en sablier (*figure 11, c et d*). On peut citer aussi l'indice de Coum Arty (district d'Aulus dans l'Ariège) où la linneïte est incluse dans la chalcopyrite, ou encore l'indice des Gorges de Luz (Hautes-Pyrénées) où la pyrrhotite contient de la pentlandite et de l'argentopentlandite (Ag, Fe, Ni, Co)<sub>9</sub> S<sub>8</sub>. L'argentopentlandite (*figure 10, f*) est un minéral rare décrit dans certains gisements canadiens, russes etinois et que nous avons retrouvé assez fréquemment dans les Pyrénées, mais aussi récemment dans le gisement de Funta Raminosa en Sardaigne. On retrouve également la gersdorffite dans l'indice de meneghinite-boulangérite d'Argut-dessus qui peut correspondre à une remobilisation d'une partie de la minéralisation à Zn (Pb) ou à une venue plus tardive. La présence de l'ullmannite et de la bravoïte dans la minéralisation en plomb du Col de la Lauze encaissée dans le Cenomanien pourrait indiquer qu'il s'agit d'une remobilisation d'une minéralisation paléozoïque sous-jacente. Ceci est en bon accord avec une détermination préliminaire de l'âge du Pb de la galène hôte (*voir page 19*).

Ces indices à Ni - Co dominants sont par ailleurs connus dans les Pyrénées (Sarrancolin, Gistaing). Les minéraux de nickel-cobalt peuvent devenir très localement abondants dans les minéralisations à zinc dominant de la province étudiée. On note par exemple de très belles plages de cobaltite passant à l'alloclasite et incluses dans la cosalite (*figure 11, b*) dans un indice du Val de Bitet (Pyrénées-Atlantiques).

b) Les minéraux de germanium et gallium

Germanium et gallium sont des éléments assez fréquemment détectés dans les gisements de zinc où ils sont présents dans le réseau de la blende. Ces deux éléments sont cependant absents de la blende des gisements pyrénéens ; par contre on les retrouve exprimés sous forme de minéraux propres de natures variées : oxydes, sulfures, silicates.

Cette expression minéralogique est tout a fait caractéristique de cette province dont aucun équivalent n'a été pour l'instant signalé. Les minéraux de germanium et gallium forment de très fines inclusions dans la blende.

Ils n'ont jamais été identifiés dans la gangue immédiate ou dans l'encaissant. Le germanium et le gallium ont été dosés par analyses spectrographiques dans des échantillons de blende non purifiée de ses inclusions. La distribution hétérogène et la rareté de ces minéraux expliquent qu'il n'a souvent pas été détecté alors que leur présence était mise en évidence dans les sections polies du même échantillon. Les teneurs maxima en germanium et gallium sont d'environ 170 ppm (Saube, Carboire dans l'Ariège et Arre dans les Pyrénées Atlantiques).

Les minéraux de germanium et gallium sont deux fois plus fréquents à l'Ordovicien (*figure 12*) où ils s'expriment essentiellement sous forme d'oxyde (brunogéierite,  $\text{Ge Fe}_2 \text{O}_4$ ) qu'au Dévonien, où leur expression minéralogique est plus diversifiée ; on remarque en particulier la relative abondance de silicates germano-gallifères. Lorsque cette étude a débuté, une seule phase germanifère (la brunogéierite) (*figure 13, a et b*) était connue dans les Pyrénées et avait été mise en évidence par P. PICOT dans deux indices seulement (Pal de Raze et Pal Bidac dans la Haute-Garonne). A l'issue de cette étude, ces minéraux sont connus dans 44 indices différents et plus d'une dizaine de variétés ou de phases nouvelles ont été identifiées dont deux ont été homologuées par l'I.M.A. en 1980 comme espèces nouvelles. Il s'agit de l'argutite ( $\text{Ge O}_2$ ) (*figure 13, c, d, e et f*) et de la carboirite ( $\text{Fe Al}_2 \text{Ge O}_5 (\text{OH}_2)$ ) (*figure 14, a, b, c et d*) (JOHAN et al., en préparation). On distingue trois types d'oxydes :

le plus fréquent, la brunogeyerite forme de très fines inclusions automorphes dépassant rarement 10  $\mu\text{m}$  dans la blende (taille maximum observée 25  $\mu\text{m}$ ). Le minéral a un pouvoir réflecteur très légèrement inférieur à celui de la blende. Il est isotrope et présente généralement des réflexions internes (blanche où jaune).

L'argutite, beaucoup plus rare n'est connue que dans 14 indices. Elle forme également de très fines plages (maximum 25  $\mu\text{m}$ ) dans la blende. Les cristaux sont généralement automorphes avec parfois un développement prismatique allongé pouvant lui donner un aspect fibreux. Ses caractéristiques optiques sont en tous points semblables à celles de la cassitérite à laquelle on la trouve parfois associé. La localité type de ce minéral est Argut où il a été observé pour la première fois.

La magnétite à gallium (germanium) (*figure 18, b*) a été observée dans un petit nombre d'indices (Nerbiou, Maccasau la Prade, Bûlard, Bularic, Col de la Neige). Elle ne se distingue pas d'une magnétite normale en lumière réfléchie, mais elle a été repérée au microscope grâce à son association avec la brunogeyerite qui s'y trouve en inclusions très fines. Elle contient environ 3 % de  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  et 0,3 % de  $\text{GeO}_2$ . Elle forme de petites plages (50  $\mu\text{m}$  maximum), souvent globulaires, dans la blende. Une autre génération de magnétite non gallo-germanifère, automorphe et de plus grande taille est généralement présente dans les mêmes échantillons.

La briartite (équivalent stannifère de la stannite) forme de petites plages incluses dans la blende ; elles sont rarement fréquentes comme au Pic de Bassias (Hautes-Pyrénées) (*figure 15, f*).

Les silicates de germanium et gallium ont été étudiés à l'état synthétique mais rarement identifiés dans la nature. Une dizaine de phases ont été rencontrées dans les Pyrénées dont la carboirite (déjà citée) équivalent germanifère du chloritoïde  $\text{Fe Al}_2\text{Si O}_5(\text{OH})_2$  de symétrie triclinique. Ce minéral a été rencontré pour la première fois à Carboire où il forme d'assez grandes plages (150  $\mu\text{m}$  généralement associé à du quartz germanifère et inclus dans la blende. La carboirite est zonée ; les zones non visibles au microscope optique peuvent apparaître clairement

(dans les cas favorables) au M.E.B. (*figure 14, b*). Les analyses à la microsonde des minéraux germano-gallifères sont présentés dans la *figure 16*. Une solution existe entre les deux chloritoïdes. D'une manière générale dans les silicates, le germanium remplace le silicium et le gallium, l'aluminium. Dans le cas de la carboirite le remplacement de  $\text{Si}^{4+}$  par  $\text{Ge}^{4+}$  varie de 10 à 80 %. Les membres les plus germanifères de cette série contiennent une teneur assez importante en gallium (jusqu'à 4,2 %  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ). La carboirite a été rencontrée dans plusieurs indices différents (Carboire, Saube, Argut, Hospice de France, Source du Cul, Arre-Anglas, Bartèque).

La carboirite est parfois rencontrée de manière résiduelle dans un minéral de type stilpnomelane également germanifère (*figure 14, e et f*). L'étude détaillée des compositions et structures de ces phases germanifères est en cours actuellement ; on peut citer les autres variétés germanifères rencontrées (*figure 15*) : chlorites (*figure 14, e*), allanite, zoisite, quartz, grenat (?), sphène et également spinelle à Sn - Ga décrit par C. LAFORET.

### c) Les minéraux d'étain

Les minéraux d'étain sont présents dans 12 % des échantillons totaux. Ils sont pratiquement aussi abondants à l'Ordovicien qu'au Dévonien. Ils s'expriment essentiellement sous forme de cassitérite (*figure 17*) en fines inclusions automorphes ou subautomorphes dans les blendes (*figure 18, a ; figure 19, a*). La cassitérite est assez rarement mâclée (*figure 18, a*). La cassitérite en forme d'inclusion dans les blendes est considérée par PICOT (1978) comme classique et caractéristique dans certains gisements volcanosédimentaires (ex. Province de Huelva, Espagne). On remarque cependant que dans les Pyrénées, la cassitérite qui forme ordinairement des petits cristaux de 10  $\mu\text{m}$  deviennent nettement plus abondants (district d'Aulus) et/ou mieux développée (Val d'Aran, Crabioules) lorsque l'on se rapproche des granites. Par exemple, la cassitérite de Crabioules atteint la taille de 300  $\mu\text{m}$  (*figure 18, c*). C'est également à proximité des granites que la cassitérite s'exprime quelquefois dans la galène (*figure 18, e et f*) (Val d'Aran et Lauqueille) ou même plus rarement encore dans la chalcoppyrite (indice de Coum Arty, district d'Aulus dans l'Ariège).

Les autres minéraux d'étain sont beaucoup plus rares. La stannite forme de petites plages xénomorphes dans la blende ou forme un liseré au contact blende-chalcopryrite (*figure 19, c et e*). Plus rarement, on la rencontre dans la gangue associée très rarement à la stannoidite (*figure 19, d et f*).

#### d) Les sulfosels de plomb

En dehors de quelques indices déjà cités, où ces minéraux sont prédominants, les sulfosels de plomb, principalement boulangérite, meneghinite et bournonite forment de petites inclusions dans la galène (*figure 20, a, b et c*). Ils sont assez nettement plus fréquents dans l'ordovicien et sont présents dans 6,5 % des échantillons totaux. Jamesonite et semseyite (*figure 20 c*) ont été beaucoup plus rarement rencontrés.

#### e) Les minéraux d'argent

Ils sont rares (3,4 % des échantillons) et forment de petites inclusions dans la galène.

#### f) Les minéraux de bismuth

Ils sont très rares et pratiquement toujours observés dans la proximité d'un granite (Aulus, Val d'Aran, Val de Bitet). Ils s'expriment sous forme de bismuth natif et éventuellement bismuthinite, cosalite, kobellite, galeno-bismutite (*figure 20, d et e*) ou tellurobismutite (Gorge de Luz, Hautes-Pyrénées).

#### g) Autres minéraux

Parmi les minéraux signalés dans la *figure 7*, on peut remarquer : la gudmundite en inclusions alignées dans la galène aux Raspes (district d'Aulus) et parfois accompagnée ou dyscraze (Val de Burat) ; les tellurures d'or et d'argent (sylvanite, tessite, empressite) dans le Val d'Aran. On peut également remarquer la présence de gahnite (spinelle zincifère) pouvant se former dans des conditions de métamorphisme de contact (secteur du Lac Isaby, Val d'Aran). Un spinelle chromifère traduisant une influence basique (?) a été observé dans l'indice de Meyabat. Des traces d'or natif forment parfois de petites plages dans la blende (Seintein dans l'Ariège, *figure 20, f*).

#### 4. REPARTITION SPATIALE des MINERAUX

##### 4.1. Répartition spatiale de la pyrite-pyrrhotite et magnétite

La pyrite est prédominante sur la pyrrhotite aux extrémités Est et Ouest de la Province (*figure 21*). La pyrrhotite est prédominante sur la pyrite dans la zone centrale (*figure 22*). En outre, on constate qu'elle s'associe à la magnétite aux extrémités Est et Ouest de cette zone centrale.

##### 4.2. Répartition spatiale des minéraux en traces

La *figure 23* montre l'existence d'une zone appauvrie en minéraux de nickel et cobalt entre le secteur de Nerbiou et le secteur du Val d'Azet Lustou. La *figure 24* montre que les traces d'or dans la blende sont légèrement plus fréquentes dans le département de l'Ariège (zone Est). On retrouve donc au niveau des minéraux traces dans les gisements de zinc un ancien district aurifère bien connu. Il existe une liaison entre la répartition des minéraux en traces de nickel-cobalt et celle de l'or. En effet, l'or est complètement absent de la zone appauvrie en minéraux de nickel-cobalt ; d'autre part ses auréoles de distribution sont restreintes par rapport à celles du nickel-cobalt mais sont contenues dans celles-ci. Or et nickel-cobalt associés pourraient traduire l'influence des roches basiques sous-jacentes.

En ce qui concerne les minéraux traces de germanium et gallium, on remarque (*figure 25*) qu'ils disparaissent dans la zone Est de la province. Les oxydes (essentiellement brunogeyerite) sont les phases prédominantes dans la zone centrale à pyrrhotite. Les silicates à germanium et gallium deviendront plus fréquents dans les deux zones extrêmes à l'Est (Arre, Anglas etc...) et à l'Ouest (Saube, Carboire) où la pyrite prédomine.

Les *figures 26 et 27* mettent en évidence la liaison entre l'abondance des minéraux d'étain et de bismuth et la présence proche d'un gra-

nite. L'abondance de ces deux minéraux dans certains secteurs comme ceux de Liat et Bûlard pourraient traduire en dehors d'affleurement granitique l'existence d'un "point chaud" d'ailleurs suggéré par l'ensemble de la paragenèse (présence d'arséniure et antimoniure de nickel-cobalt, cubanite et chalcopyrrhotite).

Le rôle du granite dans l'apparition ou l'abondance de ces éléments n'est cependant pas clairement établie. Il pourrait s'agir d'une reconcentration d'éléments préexistants au cours de la recristallisation de la minéralisation pendant la mise en place des granites.

Une polarité par rapport au granite n'a pu être mise en évidence que dans un seul secteur : celui de Lys-caillaouas (C. BRAUX, 1980) où l'on observe la présence de stannofidite, stannite et cassitérite dans les indices situés contre le granite (Clot des Piches). Lorsque l'on s'éloigne du granite, la stannofidite disparaît, puis la stannite. Plus loin, les minéraux de germanium apparaissent d'abord sous forme d'oxydes puis de silicates. La cassitérite peut y être présente. L'interprétation de cette polarité est rendue plus complexe par le fait que les indices se situent dans des types morphologiques et des niveaux stratigraphiques différents.

La cassitérite finement incluse dans la blende se retrouve en dehors de la zone étudiée : tout à fait à l'Est dans le secteur d'Oms (Pyrénées Orientales) et à l'Ouest dans des indices situés au contact du granite de La Haya (Espagne).

CHAPITRE II

MINÉRALOGIE DE LA GANGUE :  
CHLORITES ET CARBONATES

J.F. SUREAU



Les gangues du minerai d'une quinzaine d'indices ont été étudiées en lame mince. Les principaux minéraux rencontrés sont : chlorites, carbonates, quartz, amphiboles, sericite et grenats. D'une manière générale chlorites et carbonates sont les minéraux les plus fréquemment rencontrés ; ils ont été analysés de manière systématique à la microsonde (105 analyses de carbonates et 140 analyses de chlorites).

## 1. LES CHLORITES

Les analyses de chlorites ont été reportées sur le diagramme de HEY (1954) représenté sur la *figure 5*. On remarque sur l'ensemble des indices étudiés une grande variation des compositions des chlorites du pôle magnésien (chlinochlore) au pôle ferrifère (ripidolite). Cependant, dans chaque indice considéré, les chlorites ont un champ de composition restreint et bien déterminé. D'autre part les indices encaissés dans l'Ordovicien qui sont en général de type filonien et donc plus franchement hydrothermaux ont des chlorites ferrifères.

L'indice de Chèze constitue une exception, mais il s'agit en fait dans ce cas d'un échantillon très particulier provenant d'une remobilisation de la minéralisation par des rhyolites tardives. Les indices situés dans le Dévonien ont des chlorites beaucoup plus magnésiennes.

## 2. LES CARBONATES

Le diagramme présenté *figure 6* indique la composition des carbonates des différents indices et montrent que l'on peut distinguer dans l'ensemble trois grands groupes de carbonates :

- Carbonates calciques,
- Carbonates magnésien-ferrifères,
- Carbonates ferrifères.

Contrairement aux chlorites, les carbonates d'un même indice ont des compositions plus variées. Ainsi on passe du pôle calcique au pôle ferrifère à Castet-Merdet où à Estaing.

En comparant les *figures 5 et 6* on peut constater que les carbonates très ferrifères sont souvent associés aux chlorites ferrifères.

La *figure 7* opposant les indices ferro-magnésiens des chlorites et des carbonates montre bien la présence dans le diagramme d'un champ commun chlorites ferrifères-carbonates ferrifères ce qui laisse supposer qu'il existe dans un même indice un équilibre entre ces deux minéraux. Cet état d'équilibre ne semble pas atteint dans le cas des indices de Chèze et d'Arrens.

CHAPITRE III

DATATION PAR ANALYSE ISOTOPIQUE DU PLOMB  
D'UNE GALÈNE DE L'INDICE DU COL DE LA LAUZE (CENOMANIEN)  
H. AHMADZADEH



Un seul échantillon de galène en provenance de l'indice du Col de la Lauze (Ariège) a été étudié :

	$^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$	
Col de la Lauze	$18,286 \pm 0,006$	$15,674 \pm 0,007$	$38,523 \pm 0,028$	Pb anormal de type Joplin

Cette étude avait pour but un essai de datation par la méthode au Pb. Cependant, une seule analyse est peu significative et insuffisante pour donner un âge, et nous avons considéré arbitrairement cette galène comme étant une galène à un seul stade d'évolution. L' "âge modèle" ainsi obtenu est de 347 M.a. (*figure 31*), or la minéralisation est encaissée dans le cénomaniens (100 M.a.). Il s'agit là de l'âge de la première venue du plomb (séparation du Pb de sa source), et non de l'âge de la galène (âge de mise en place du gisement), cette dernière ayant pu se former par la remobilisation du plomb pré-existant dans le contexte, sans être rajeunie.

Ce type de galène a été fréquemment observé dans le Massif Central français (gisements aurifères du Limousin, P. PICOT et H. AHMADZADEH).

Cet âge de la venue du plomb (environ 345 M.a.) est également connu dans le Massif Central français, dans le district de Pontgibaud (J.M. NEGRONI, H. AHMADZADEH) et La Bessette (P. PICOT, H. AHMADZADEH), ainsi que dans le Massif Armoricaïn français, dans le district de Huelgoat (E. MARCOUX) et Bellières (P. PICOT, H. AHMADZADEH).

L'hypothèse d'une époque métallogénique plombifère à l'échelle de la France aux environs de 345 M.a. (Tournaisien) serait possible.

Cette interprétation nécessite confirmation par d'autres analyses.

Nous avons essayé d'approcher l'origine de la minéralisation par le calcul du rapport ci-dessous. Il correspond au deuxième stade d'évolution du modèle STACEY et KRAMERS :

$$\alpha = \alpha_0 + \mu (e^{\lambda T} - e^{\lambda t})$$

$$\alpha = {}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb} \text{ au temps } t$$

$$\alpha_0 = {}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb} \text{ au temps } T \text{ (3 700 M.a.)}$$

$$\lambda = \text{constant de désintégration de } {}^{238}\text{U}$$

$$\mu = {}^{238}\text{U}/{}^{204}\text{Pb}$$

$$\mu = 9,909$$

hétérogénéité du manteau = 1,73 %.

Le rapport  $\mu$  est toujours inférieur à 8,74 dans le manteau et il varie dans la croûte de 8,92 (croûte intérieur) à 12,24 (croûte supérieur). L'origine du Pb de Col de la Lauze serait donc à rechercher dans la croûte inférieure à moyenne.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES ET RÉSUMÉ

L'étude minéralogique a porté essentiellement sur la détermination de la paragenèse du minerai et accessoirement sur quelques échantillons de gangues.

Un grand nombre d'indices (157) ont été échantillonnés (plus de 1 000 sections polies). Environ la moitié des indices sont situés dans l'Ordovicien et l'autre dans le Dévonien.

Ceci a permis de mettre en évidence l'homogénéité et la monotonie de la paragenèse rencontrée dans l'ensemble des indices.

La paragenèse principale est banale ; à blende prédominante fréquemment associée à pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, galène (et éventuellement magnétite et mispickel).

Les minéraux en traces sont très variés et leur présence, en particulier celles des minéraux de germanium et gallium et à un moindre degré ceux de nickel-cobalt, permet de caractériser la province étudiée.

Les minéraux en traces soulignent également la parenté existant entre des minéralisations de types morphologiques différents et encaissés dans des niveaux stratigraphiques différents (Ordovicien et Dévonien).

On constate d'une manière générale que les minéraux en traces sont deux fois plus fréquents à l'Ordovicien (à tendance plus filonienne) qu'au Dévonien (où les minéralisations se présentent plus volontiers en couches).

La pyrrhotite tend à prédominer sur la pyrite à l'Ordovicien et est mieux représentée dans la zone centrale de la province étudiée. Au

Dévonien la pyrite prédominera en deux zones Est et Ouest bordant la zone centrale à pyrrhotite prédominante.

Dans la zone centrale à pyrrhotite prédominante, le germanium s'exprime surtout sous forme d'oxydes (brunogéerite :  $\text{Ge Fe}_2 \text{O}_4$ ). Dans les zones à pyrite prédominante, les silicates à germanium deviendront nettement plus fréquents qu'ailleurs.

Deux espèces nouvelles ont pu être définies au cours de cette étude. Il s'agit de l'argutite ( $\text{Ge O}_2$ ) et la carboirite ( $\text{Fe}_2\text{Al}_2 \text{Si O}_5 (\text{OH})_2$ ) homologuées par l'I.M.A.. Une dizaine d'autres espèces silicatées germanifères ont été recensées.

Nous ne connaissons pas à l'heure actuelle de gisements équivalents contenant ces minéraux de germanium-gallium qui pourraient avoir été néoformés au cours du métamorphisme qui a affecté toute cette province. Ces deux éléments sont normalement présents dans le réseau de la blende. D'autres minéraux de la paragenèse ont sans doute également une origine métamorphique.

Les minéraux en traces de nickel-cobalt sont moins caractéristiques de la province car on les retrouve en dehors de cette zone, cependant leur abondance peut être considérée comme caractéristique. On peut signaler la présence d'un minéral rare : l'argentopentlandite  $(\text{Fe Ni})_8 \text{Ag S}_8$ .

L'existence d'une zone appauvrie en nickel-cobalt n'a pu être pour l'instant reliée à aucun phénomène géologique connu. On peut remarquer que la répartition spatiale de l'or en trace correspond avec une extension moindre à celle du nickel-cobalt. La présence de Au - Ni - Co pourrait traduire l'influence de roches basiques sous-jacentes.

Les minéraux en traces d'étain et de bismuth ont une répartition différentes des autres minéraux en traces. Ils deviennent plus fréquents et mieux exprimés (cas de l'étain) ou apparaissent seulement (cas du bismuth) à proximité des granites. La mise en place des granites hercyniens

a, soit remobiliser, soit recristalliser "in situ" les minéralisations. Il pourrait donc s'agir soit d'une reconcentration d'éléments déjà présents, soit d'un apport.

Les minéraux majeurs des gangues de la minéralisation sont : chlorites, carbonates, quartz, amphiboles, sericite et grenats. La composition des chlorites étudiées dans quelques indices est bien définie pour chaque indice. Les carbonates ont des compositions plus variables. Dans d'assez nombreux cas, on constatera au niveau d'un indice que ces deux minéraux sont en équilibre.

L'indice du Col de la Lauze encaissé dans des terrains cénomaniens contient de la galène dont le plomb a été daté (résultat préliminaire) du Dévonien supérieur. Ceci confirmerait qu'il s'agit bien d'une minéralisation d'âge dévonien remobilisée. La parenté de cette minéralisation avec les minéralisations paléozoïques sous-jacentes est d'ailleurs également évoquée par la présence de minéraux de nickel-cobalt.



## REMERCIEMENTS

*Nous tenons à remercier tous ceux (cités dans la figure 2) qui nous ont fourni les échantillons utilisés dans cette étude en dehors de ceux que nous avons prélevés nous-mêmes dans le cadre de cette action concertée.*

*Nous remercions également P. PICOT et C. LAFÖRET qui ont étudié un grand nombre d'échantillons et dont nous avons intégrés les résultats dans cette étude.*

*Les analyses au M.E.B. qui ont été nombreuses et souvent décisives (en particulier dans le cas des minéraux de germanium et gallium) sont dues à P. JEANROT, C. VILBERT et D. LANDES).*

*Les analyses à la microsonde ont été faites par C. GILLES et R. GIRAUD.*

*Les analyses isotopiques du plomb ont été effectuées dans le laboratoire de géologie de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.*



## BIBLIOGRAPHIE

ANDRE J.P. (1979)

Le Paléozoïque de la vallée du Lys, zone axiale des Pyrénées de Haute-Garonne. Essai d'interprétation sédimentologique.

*Thèse de 3e cycle. Université Pierre et Marie Curie (Paris), Spécialité Géologie, mention sédimentologie.*

ANGOT B. (en préparation)

Les minéralisations de la couverture mésozoïque des Pyrénées ; bordure Nord-Arize.

*Université Pierre et Marie Curie (Paris).*

AYE F., BOULADON J., PICOT P., POUIT G. (1978)

Quelques exemples d'apports de la minéralogie à la connaissance et la recherche des gîtes minéraux.

*Bull. Minéral., 101, pp. 139-147.*

BESSION M. (1972)

Le gisement de plomb et de zinc de Pierrefitte.

*24th I.G.C., 1972, section 4.*

BOIS J.P. et al. (1972)

Carboire - un nouveau type de minéralisation stratiforme en zinc-plomb dans les Pyrénées Françaises.

*24th I.G.C., 1972, section 4.*

BRAUX C. (1980)

Etude géologique des hautes vallées d'Aston et du Louron (zone primaire axiale des pyrénées centrales). Les minéralisations Zn (Pb-Cu) et Mn.

*Thèse de 3e cycle, Université d'Orléans, Géologie et Minéralogie des ressources naturelles.*

CHAMBOLLE P. (1961)

Etude géologique et métallogénique du Val de Burat et de ses environs (Haute Garonne).

*Thèse de 3e cycle, Université de Paris, Faculté des Sciences, Laboratoire de Géologie Appliquée.*

COSTE B. (1972)

Etude géologique et géochimique de l'indice zincifère du Val de Bitet (Pyrénées Atlantiques).

*Thèse de 3e cycle, Université Paul Sabatier Toulouse (Sciences), Spécialité : cristallographie ; option minéralogie.*

DALLAS S. (1980)

Etude géologique et minéralogique des minéralisations zincifères du dévonien inférieur de la région du lac d'Isaby (Hautes Pyrénées).

*Thèse de 3e cycle, Université Paul Sabatier Toulouse (Sciences), Spécialité : cristallographie ; option minéralogie.*

BOUBEE de GRAMMONT X.

Etude géologique de district minier d'Aulus (Ariège).

*Thèse de 3e cycle, Université Paul Sabatier Toulouse, Laboratoire de minéralogie et cristallographie.*

FERT D. (1976)

Un aspect de la métallogénie du zinc et du plomb dans l'ordovicien des Pyrénées centrales : le district de Seintein (Ariège, Haute Garonne).

*Thèse de 3e cycle, Spécialité : géologie appliquée ; Mention : gisements minéraux, Université Pierre et Marie Curie (Paris).*

FOGLIERINI F., BEZIAT P., TOLLON F., CHABOD J.C. (1981)

Le gisement filonien de Noailhac-Saint-Salvy (Tarn) Zn (Ag, Ge, Pb, Cd).

26 C.G.I., *Gisements français, Fascicule E 6.*

GEIER B.H., OTTEMAN J. (1970)

New secondary tin-germanium and primary tungsten (molybdenum, vanadium) germanium minerals from the Tsumeb ore deposit.

*N. Jb. Miner. Abh.* 114, 1, pp. 89-107.

GEIER B.H., OTTEMAN J. (1970)

New primary vanadium, germanium, gallium and tin-minerals from the Pb - Zn - Cu deposit Tsumeb, South west Africa.

*Mineral Deposita*, 5, pp. 29-40.

GELDRON A. (1981)

Le germanium : données bibliographiques. Etude du cas de Saint-Salvy (tarn).

*DEA Géologie; Option : Géochimie et prospection des matières premières énergétiques et minérales (rapport inédit).*

GIRAUD R., PICOT P., de GRAMMONT X., TOLLON F. (1968)

Sur la présence de millerite dans la région de Gèdre (Hautes Pyrénées).

*Bull. Soc. Franç. Minéral. Cristall.*, 91, pp. 279-283.

GRIGORIEV V.M., MOMDSI G.S. (1963)

Conditions of germanium accumulation within deposits of different genetic types.

GUERIN P. (1979)

Les minéralisations zincifères de l'ordovicien de la région de Liat (Val d'Aran, Province de Lerida, Espagne).

*Thèse de 3e cycle. Université Pierre et Marie Curie (Paris) Géologie Appliquée, Gisements Minéraux.*

HALFON J, ROSIQUE A. (1973)

Comparaison des éléments "en traces" dans les blendes du filon et du stratiforme de Saint-Salvy (Tarn)

*Bulletin du B.R.G.M., 2e série, section II, n° 5.*

JOHAN Z., OUDIN E., PICOT P. (1980)

Germanium and gallium analogues of silicates in sphalerite from zinc deposits in French Pyrénées.

*Collected abstracts, IMA, 12th General Meeting, Orléans.*

KREMER M. (1961)

Etude géologique et métallogénique de la région de Saint-Beat (Haute Garonne)

*Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Laboratoire de Géologie Appliquée.*

LACOMME A. (1971)

Etude minéralogique des dépôts aurifères de l'Ariège au Salat.

*Thèse de 3e cycle. Université Paul Sabatier de Toulouse (Sciences).*

*Sécialité : Cristallographie ; Option Minéralogie.*

LEVY C., PROUHET J. (1960)

Geothermométrie du gisement plombo-zincifère de Sentain (France).

*IGC XXI session, Norden, part VI, Genetic problems of ores. Copenhagen.*

MOH G.H. (1975)

Tin containing Mineral systems.

*Chem. Erde Bd. 34, pp. 51-61.*

OTTEMAN J., NUBER B. (1972)

Brunogeierit, ein germanium-ferritspinell von Tsumeb.

*Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte,*

OUDIN E. (en préparation)

Paragenèse des indices de Zn (Pb) de la zone axiale pyrénéenne.

ÖZTUNALI Ö

The Ge - S - O system.

*N. Jahrbuch f. Mineralogie Abhandlungen, Bd. 126.*

PICOT P., PIERROT R. (1976)

Les minéraux en traces dans les minerais et leur association. Signification géologique et gîtologique de leur existence.

*Mém. H.S. Soc. Geol. France, n° 7, 241 p.*

PIERROT R., FORTUNE J.P., PICOT P., MONCHOUX P. (1978)

Inventaire minéralogique de la France n° 8 ; Haute Garonne, 131 p.

PIERROT R. et al. (1980)

Métallogénie régionale : utilisation des paragenèses minéralogiques et des minéraux traceurs.

*Rapport B.R.G.M. - 80 SGN 175 MGA.*

PIGETVIEUX (1981)

Etude géologique et métallogénique des Aspres (Pyrénées-Orientales).

*Thèse de 3e cycle. Faculté des Sciences et techniques de l'Université de Franche-Comté. Géologie Appliquée.*

POUIT G. (1979)

Les minéralisations polymétalliques du Paléozoïque volcano-sédimentaire des Pyrénées Centrales et de Bretagne.

*Compte-rendu d'Action Concertée. - D.G.R.S.T. n° 77.7-15-11.*

POUIT G., BOUQUET C., BOIS J.P. (1979)

Les principaux niveaux minéralisés (Zn, Pb, Cu, Ba) du Paléozoïque des Pyrénées Centrales : élément de synthèse.

*Bulletin du B.R.G.M. (2), II, 1.*

REYX J. (1973)

Relations entre tectonique, métamorphisme de contact et concentrations métalliques dans le secteur des anciennes mines d'Arre et Anglas (Hautes Pyrénées, Pyrénées Atlantiques).

*Thèse de 3e cycle. Université de Paris VI, Géologie Appliquée, Gisements minéraux.*

STRUNZ H. Von, SÖHGE G., GEIER B.H. (1958)

Stottit, ein neues germanium mineral, mit seine paragenese in Jsumeb.  
*Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte*, pp. 85-96.

TOURENQ C. (1960)

Etude géologique et métallogénique de la terminaison nord orientale du Massif de l'Arize.

*Thèse de 3e cycle. Option : Métallogénie. Faculté des Sciences de l'Université de Paris.*

VERNHET Y. (1981)

Les minéralisations zincifères de l'Ordovicien et du Dévonien du Val d'Orle (district de Seintein, Ariège) et de la région de Fourcaye (Val d'Aran, Espagne).

*Thèse de 3e cycle. Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), Géologie Appliquée. Gisements minéraux.*

VLASOV K.A. ed. (1968)

Geochemistry and mineralogy of rare elements and genetic types of their deposits.

*Vol. III. Genetic types of rare element deposits.*

WAHBI Y., PICOT P., TOLLON F. (1973)

Sur la minéralisation cobalto-nickelifère de Beyride-Jamet près de Sarroncolin (Hautes-Pyrénées).

*Bull. Soc. Fr. Minéral. Cristallogr.*, 96, pp. 231-232.

WARDANI S.A. (1957)

On the geochemistry of germanium.

*Geochemica et cosmochimica Acta*, Vol. 13, pp. 5-19.

WEBER J.N. ed. (1973)

Geochemistry of germanium.

*Dowden Hutchinson ROSS.*



F I G U R E S

NOM du SECTEUR	NOM des INDICES (n° sur la carte)	Age	Type de minéralisation	Nombre de S.P.
1 - VAL de BITET	Galerie gazier - Contact calcaire (1)	Dévonien	Skarn	10
2 - BARTEQUES	Bartèques (2)	Dévonien	Filon	4
3 - NERAS	Néras (4) ; Plaa de Batch ;	Dévonien	Couches	8
4 - ARRE	Arre (6); Hourquette - Cabane Hourquette - Anglas - Uzious (5) ; Col de la Neige (8)	Dévonien	Filons et couches	30
5 - ARRENS	Les pourgues - Peyrardoune - Agaus - Esplaous (9) ; Col de la Saucède (10) ; Suberlie (11) ; Habouret (12)	Dévonien	Couche plissée	30
6 - ESTAING	Estaing (16) ; Ecole d'Estaing (14) ; Castet-Merdet (15) ; Hourques (17) ; La Curadère (18) ; Banciole - Bergouey - Bacheron (19)	Ordovicien	Filons	35
7 - PIERREFITTE	Couledoux - Garraoulère -- Couyeoux (21) - Soulom (23)	Ordovicien	Couches et filons	16
8 - CHEZE	Meyabat (27) ; Heches - Trappes (28) ; Chèze - école (29)	Ordovicien	Couches et filons	45
9 - NERBIOU	Boo Silhen (35) ; Nerbiou (31) ; Macassau - La Prade (40)	Devonien	Couches	31
10 - ISABY	Seasquet (41) ; Estébère (43) ; Pene Lounque (44) ; Bareilles (46)	Dévonien	Couches	21
11 - OURDEGON	Pene Taillade (47) ; Pene det Pouri (48) ; Pic Ourdegon (49) ; Bassias-Ourdegon (50) ; Lac Bleu (51) ; Aouda (53) ; Aoube (54) ; Cabane Arizas (57)	Devonien	Couches	28
12 - BARROUDE	Mont des Aiguillets - Canet de la Sède (63) ; Falaise Barroude (64) ; Bassia de Tours (65) ; Hourquette des Aiguillettes (67)	Devonien	Couches	10
13 - LA GELA	Deversoir Barroude (68) ; La Gela (69)	Ordovicien	Filons et stockwerk	4
14 - PONT de BADET	Pont de Badet (71) ; Séoube Couscouilla (72)	Dévonien	Couches	2
15 - PIC de BASSIAS	Vallée de Lustou (73) ; Sarrouyes (74) ; Pic de Bassias (75) ; Source du Cul (76) ; Pouy Ardoun (80) ; Techous (82)	Devonien	Couches	35
16 - AZET - LUSTOU	Forêt superbagnères (85) ; Galerie des Chèvres (83) ; Val d'Azet- Lustou (84) ; Val d'Esquierry (89) ; Rocher souféré (91)	Dévonien	Couches	8
17 - LYS-CAILLAOUAS	Montagne des Pichardières (87) ; Espingo (88) ; Arrouges (92) ; Hounts secs (93) ; Clot des Piches (96) ; Crabioules (95)	Ordovicien	Couches	33
18 - HOSPICE de FRANCE	Cascade du Parisien (101) ; Hospice de France (103, 107) ; Venasque (111)	Ordovicien	Couches	24
19 - BAGNERES de LUCHON	Montauban - Barcugnas - Cazaril	Ordovicien	Filons	20
20 - ARTIGUE	Moulin d'Herrère (112) ; Artigue (113)	Ordovicien	Couches	18

FIGURE 1 (1)

LISTE des INDICES ETUDIÉS, REGROUPÉS par SECTEUR

NOM du SECTEUR	NOM des INDICES (n° sur la carte)	Age	Type de minéralisation	Nombre de S.P.
21 - VAL de BURAT	Peyne Nere (116) ; Luscou (117) ; Bailestan ; Arlos ; Hournadech ; Contraire ; Marot ; Mail Caperan ; Arraus ; Les Picades ; Reades ; Maratines ; Pignades	Ordovicien	Couches, filons	31
22 - ARGUT	Tucau de Castera - Rimbatz (119) ; Plan d'Argut (118) ; Pic des Plumières (122)	Ordovicien	Couches	108
23 - VAL d'ARAN	Artigua ; Victoria ; Solitaria ; Margarita ; Muestras Pertenecientes	Ordovicien		59
24 - PAL de RAZE	Pal de Raze(124) ; Pal Bidao (123)	Ordovicien	Couches, filons	31
25 - ROUECH	Rouech (129) ; La Sapinière (125) ; Coun Ségudère (126) ; Cap de Gauch (127) ; Barguerasses (128)	Ordovicien	Couches	21
26 - ULS	Uls (130) ; Crabère (131)	Ordovicien	Couches	6
27 - BENTAILLOU	Rouge ; Narbonne ; Ste Amélie ; St Jean ; Galerie 1 550 m ; Espeletta (132)	Ordovicien	Couches, filons	27
28 - LIAT	Liat ; Preciosa Pepita ; Reparadora ; Lac Palomero ; Pla del Tur ; La Estrella	Ordovicien		45
29 - BULARD	Mail de Būlard (136) ; Artignan Sud (135) ; Bularic ; Grauilles	Ordovicien	Couches, filons	38
30 - ORLE	Vallée d'Orle (139) ; Bois d'Uget (140) ; Darnaca	Dévonien		15
31 - SAUBE	Bonabé ; Route de Salau (143) ; Hoque Rabè (144) ; Saubé (145)	Dévonien		19
32 - CARBOIRE	Carboire (147)	Dévonien		45
33 - AULUS	Les Rases - Palistre (152) ; Les Sassettes - Escanarades (153) ; La Freychillièrre - Artigous - Ars (151)	Dévonien		54
34 - CASTEL-MINIER	Castel Minier - Lauqueille (155) ; Route d'Agneserre ; Pouech	Dévonien		89
35 - LES ARGENTIERES	Les Argentières (156) ; Laquorre	Dévonien		31
36 - LES ABERES	Les Abères ; La Bedole ; Boates	Ordovicien		10
37 - ENCOURTIECH	Encourtiech ; Bales ; Fagnou ; La Pelade	Dévonien		11
38 - MONTCOUSTAND	Montcoustand ; St Magnet ; Montels ; Alzen	Dévonien	Filon	38
39 - TAICHOUGNES		Dévonien		17
40 - CADEILLOU		Dévonien	Couches	13

FIGURE 1 (2)

LISTE des INDICES ETUDIÉS, REGROUPÉS par SECTEUR

L'échantillonnage principal a été réalisé pour :

- Action concertée D.G.R.S.T. n° 79-7-1310.
- Action concertée D.G.R.S.T. n° 78-7-2355 pro-parte pour les Inventaires minéralogiques de la France (Haute-Garonne, Ariège).
- Les études ponctuelles B.R.G.M. (échantillons prélevés par la division sud-ouest C. BOUQUET et par G. POUIT, J. BOULADON etc...).

Un échantillonnage complémentaire provient de :

- Collection de l'Ecole des Mines de Paris..
- Faculté des sciences de l'Université de Paris VI, laboratoire de géologie appliquée : thèse de 3e cycle dirigée par les Professeurs P. ROUTHIER et J. GLACON et par C. DERRE (district de Salau).
  - . Secteur de Bentaillou (D. FERT).
  - . Secteur de Bûlard (Y. BERNHET).
  - . Secteur de Liat (P. GUERIN).
  - . Secteur des Atiels (B. ANGOT).
- Faculté des sciences de l'Université d'Orléans, laboratoire de géologie et minéralogie des ressources naturelles. La thèse de 3e cycle de C. BRAUX sur le secteur de Loudenvielle (Bassias, Azet-Lustou, Lys-Caillaouas) a été dirigée par J.C. TOURET.
- Faculté des sciences de l'Université Paul Sabatier de Toulouse, laboratoire de minéralogie et cristallographie. Thèse de 3e cycle sous la direction du Professeur J.P. FORTUNE.
  - . Secteur du Val de Bitet (B. COSTE).
  - . Secteur d'Isaby (S. DALLAS).
  - . Secteur du Nerbiou (R. CASTELBOU).
- Une partie des échantillons d'Arrens nous ont été confiés par B. ESCANDE.

En dehors de la région considérée, nous avons également eu accès à quelques échantillons provenant du secteur d'Oms (Pyrénées-Orientales) prélevés par A. AUTRAN (B.R.G.M.) et G. PIGETVIEUX (Faculté des sciences et des techniques de l'Université de Franche-Comté). Des échantillons provenant du Massif de La Haya (Espagne) à l'Ouest de la zone étudiée nous ont été confiés par F. TOLLON.

## FIGURE 2

### ORIGINE de l'ECHANTILLONNAGE

NOM de l'INDICE MINERAUX																	
	Val de Bitet	Bartèques	Neras	Arre	Arrens	Estaing	Pierre- fitte	Cheze	Nerbiou	Isaby	Ourdegon	Barroude	La Gela	Pont de Badet	Pic de Bassias	Azet - Lustou	Lys - Caillaouas
Nombre de S.P.	10	4	8	30	30	35	16	45	31	21	28	10	4	2	35	8	33
Blende	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Galène	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Sulfosels de Pb					X	X						X			X		
Chalcopyrite	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cuivre gris		X			X	X	X	X	X			X					
Pyrite	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pyrrhotite	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Magnetite	X			X	X	X	X	X	X	X	X						
Mispickel	X	X	X	X		X	X	X	X		X			X	X		X
Löllingite								X									
Minéraux d'Ag				X	X	X	X		X								
Minéraux de Bi	X			X													
Electrum	X			X													
Nickeline				X				X	X								X
Breithauptite						X	X	X									
Cobaltite	X	X	X			X	X	X		X							
Gersdorffite	X	X	X	X		X	X	X	X								X
Ullmannite				X	X	X	X	X	X		X	X					
Pentlandite	X					X		X			X						
Argentopentlandite	X					X	X	X			X						
Bravoïte	X					X		X									
Linneite	X																
Millerite								X									
Argutite			X	X					X						X	X	
Brunogeierite		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Magnetite Ga - Ge									X								
Briartite				X	X							X			X		
Silicates Ge - Ga		X	X	X				X				X			X		
Cassiterite	X	X	X	X		X	X	X	X				X		X	X	X
Stannite		X		X											X		X
Stannoïdite																	X
(hydr)-oxydes Fe	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
Oxydes Ti	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Graphite	X			X		X	X	X	X	X	X		X			X	

FIGURE 3 (1)

PARAGENESE des "SECTEURS"

MINÉRAUX	NOM de l'INDICE																	
	Hospice de France	Bagnères de Luchon	Artigue	Val de Burat	Argut	Val d'Aran	Pal de Raze	Rouech	Uls	Bentailou	Liat	Bulard	Orle	Saubé	Carboire	Aulus	Castel - Minier	
Nombre de S.P.	24	20	18	31	108	59	31	21	6	27	45	38	15	19	45	54	89	
Blende	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Galène	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Sulfosels de Pb	X			X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
Chalcopyrite	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Cuivre gris	X		X	X	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X	
Pyrite	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Pyrrhotite	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Magnetite		X		X	X			X		X	X	X						
Mispickel	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X			X	X	X	
Löllingite		X	X			X						X						
Minéraux d'Ag		X				X				X	X	X				X		
Minéraux de Bi						X					X	X				X		
Electrum			X						X	X	X	X				X		
Nickeline						X				X							X	
Breithauptite			X								X	X						
Cobaltite	X	X	X		X	X	X	X			X	X		X	X			
Gersdorffite	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Ullmannite	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
Pentlandite			X			X				X	X	X	X	X		X		
Argentopentlandite			X					X						X	X	X	X	
Bravoïte			X										X			X		
Linneite																X		
Millerite							X									X		
Argutite	X				X		X	X						X				
Brunogeierite	X			X	X	X	X	X		X	X	X		X	X			
Magnetite Ga - Ge												X						
Briartite					X		X	X				X						
Silicates Ge - Ga					X									X	X			
Cassiterite		X			X	X					X	X		X	X	X	X	
Stannite		X									X			X				
Stannodite																		
(hydr)-oxydes Fe	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Oxydes Ti	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Graphite		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

FIGURE 3 (2)

PARAGENESE des "SECTEURS"

NOM de l'INDICE MINÉRAUX		Les Argentières	Les Abères	Encourtièch	Mont-coustand	Taichou-gnes	Cadeillou													
Nombre de S.P.		31	10	11	38	17	13													
Ni Co	Blende	X	X	X	X	X	X													
	Galène	X	X	X	X	X	X													
	Sulfosels de Pb	X	X		X		X													
	Chalcopyrite	X	X	X	X	X	X													
	Cuivre gris	X	X	X	X		X													
	Pyrite	X	X	X	X	X	X													
	Pyrrhotite	X	X	X	X	X	X													
	Magnetite				X	X														
	Mispickel	X	X	X	X															
	Löllingite																			
	Minéraux d'Ag		X		X															
	Minéraux de Bi																			
Electrum		X																		
Ni Co	Nickeline		X																	
	Breithauptite																			
	Cobaltite				X															
	Gersdorffite	X	X	X	X		X													
	Ullmannite	X	X	X	X															
	Pentlandite		X																	
	Argentopentlandite		X																	
	Bravoïte			X																
	Linneïte																			
Ge - Ga	Millerite			X	X															
	Argutite																			
	Brunogeierite																			
	Magnetite Ga - Ge																			
	Briartite																			
Sn	Silicates Ge - Ga																			
	Cassiterite	X																		
	Stannite																			
	Stannoïdite																			
	(hydr)-oxydes Fe	X	X		X		X													
	Oxydes Ti	X	X		X		X													
	Graphite	X			X		X													

FIGURE 3 (3)

PARAGENESE des "SECTEURS"

Département :

Pyrénées-Atlantiques

NOM de l'INDICE MINÉRAUX	Secteur 1 VAL de BITET		Sect. 2 BAR-TEQUES	Secteur 3 NERAS			Secteur 4 ARRE						
	Galerie Gazier	Calcaire contact	Bartèques	Néras	Plaa de Batch	Gourette	Uziou	Anglas	Cabane Hourquette	Hourquette	Arre inférieur	Arre supérieur	Col de la Heige
Nombre de S.P.	6	4	4	6	1	1	7	5	1	2	10	4	1
Blende	PT	PT	P	P	P	P	P	P	F	P	P	R	P
Galène	T	R	T	RT	R	T	T	T	A	T	FT		
Sulfosels de Pb													
Chalcopryrite	R	T	R	FT	R	RF	T	RT	R	RT	T		T
Cuivre gris			T				T						
Pyrite	T	F	FT	T	RT	F		T	R	RT	T	RF	F
Pyrrhotite	R	R		T	T				T	T		FT	
Magnetite		R						T				T	F
Mispickel	T		R	T								R	
Löllingite													
Minéraux d'Ag											T		
Minéraux de Bi	T											T	
Electrum	T											T	
Nickeline											T		
Breithauptite													
Cobaltite	R		T	T	T								
Gersdorffite	T		T	T			T	T		T	T		
Ullmannite											T		
Pentlandite	T												
Argentopentlandite	T												
Bravoïte	T												
Linneite	T												
Millerite													
Argutite						T	T	T			T		
Brunogeierite			T	T			T	T			T		T
Magnetite Ga - Ge													
Briartite											T		
Silicates Ge - Ga			T	T		T	T	T			T		
Cassiterite	T	T	T	T		T	T	T					
Stannite			T					T		T			
Stannofidite													
(hydr)-oxydes Fe		T			R	R					T		
Oxydes Ti	T		T		T			T	T			T	
Graphite	T							T	T	R			

\*\* Minéraux également observés :

Secteur 1 :

Galerie Gazier - Bismuth natif, galenobismutite, cosalite, alloclasite, marcasite.

Secteur 3 :

Néras - Mackinawite.

Secteur 4 :

Uziou et Hourquette : Mackinawite.

Arre inférieur : Pearceite.

Arre supérieur : Cosalite, marcasite.

FIGURE 4 (1)

PARAGENESES des INDICES

Département :

Hautes-  
Pyrénées

Secteur 5  
ARRENS

Secteur 6  
ESTAING

NOM de l'INDICE MINÉRAUX	Secteur 5 ARRENS							Secteur 6 ESTAING							
	Les Pourques	Peyrardoune	Agas	Esplaus	Col de la Saucède	Suberlie	Labouret	Ecole d'Estaing	Castet-Merdet	Estaing	Hourques	La Curadère	Banciole	Bergouey	Bacheron
Nombre de S.P.	1	7	4	12	2	2	2	5	3	11	1	1	6	5	3
Blende		RF	R	P	P	P	P	P	P	PR	R	F	R	R	T
Galène		T	R	F	T	RF	PF	R	P		T		P	P	F
Sulfosels de Pb				T		T								T	
Chalcopryrite	AF	T	T	T	T	T	T	T		RT	T	F	RT	R	R
Cuivre gris		T		T		T				T			T	T	
Pyrite	F	F	F	PF	F		FT	T	T	R	R	F		R	
Pyrrhotite				R				R	T	RF	P	P	R	R	F
Magnetite										R	P		R		F
Mispickel				T			T					T	T		
Löllingite															
Minéraux d'Ag													T	T	T
Minéraux de Bi															
Electrum															
Nickeline															
Breithauptite										T			T		T
Cobaltite								T	T	T					
Gersdorffite									T	T			T	T	
Ullmannite				T					T				T	T	
Pentlandite								T	T				T		
Argentopentlandite													T		
Bravoïte									T						
Linneite															
Millerite															
Ge - Ga															
Argutite															
Brunogeierite				T			T	T	T	T					
Magnetite Ga - Ge															
Briartite				T			T								
Silicates Ge - Ga															
Sn															
Cassiterite										T					
Stannite															
Stannodite															
(hydr)-oxydes Fe	RF	T	T		T		T	T		T		R	T	T	T
Oxydes Ti		T	T	T	T			RF	T	T		F	RF	RF	F
Graphite								T							T

\* Minéraux également observés :

Secteur 5 :

Esplaus et Suberlie : Boulangerite.

Secteur 6 :

Ecole d'Estaing - Marcasite.

Castet-Merdet et Estaing - Mackinawite.

Banciole - Cubanite, pyrargyrite, hematite.

Bergouey - Boulangerite, polybasite, mackinawite, cubanite.

Bacheron - Argentite, polybasite.

FIGURE 4 (2)

PARAGENÈSES des INDICES

Département :

Hautes-Pyrénées

		Secteur 7 PIERREFITTE				Secteur 8 CHEZE				Secteur 9 NERBIOU			
NOM de l'INDICE MINÉRAUX	Conladoux**	Garraoulère	Couyeoux	Soulom**		Meyabat	Heches	Trappes**	Chèze-école		Boo Stthen	Nerbiou**	Marcassau-La Prade
	Nombre de S.P.	6	2	1	7		11	4	25	5		1	14
Blende	PT	PR	P	P		P	PR	P	PR		P	P	P
Galène	RF	F	R	F		RF		RF	RT		T	F	RF
Sulfosels de Pb													
Chalcopyrite	RF	T		T		RT	RF	RF	T			RT	T
Cuivre gris		T				T		T				T	T
Pyrite	T		T			T	R	F	R		T	R	T
Pyrrhotite	F	P	R	R		PF	PR	PR	F			F	RF
Magnetite		F		T				R				R	T
Mispickel	T					T		T				T	T
Löllingite						T							
Minéraux d'Ag				T								T	
Minéraux de Bi													
Electrum													
Nickeline								T				T	
Breithauptite	T					T							
Cobaltite	T						T						
Gersdorffite	T	R		T		T	T	T	T			T	
Ullmannite	T							T				T	
Pentlandite						T	T	T					
Argentopentlandite	T							T					
Bravoïte						T							
Linneite													
Millerite								T					
Argutite													T
Brunogeierite	T	T	T	T			T	T				T	T
Magnetite Ga - Ge	T											T	T
Briartite													
Silicates Ge - Ga								T					
Cassiterite	T						T	T				T	
Stannite													
Stannofidite													
(hydr)-oxydes Fe				T		T		T	T		T	R	R
Oxydes Ti			T	T		F	R	R	T			T	T
Graphite				T		T	T					T	T

\*\* Minéraux également observés :

Secteur 7 :

Couleçoux - Mackinawite.

Soulom - Argent natif.

Secteur 8 :

Trappes - Marcasite et hematite.

Secteur 9 :

Nerbiou - Proustite et marcasite.

Marcassau La Prade - Mackinawite.

FIGURE 4 (3)

PARAGENESES des INDICES

Département :

Hautes-  
Pyrénées

		Secteur 10 ISABY					Secteur 11 OURDEGON									
NOM de l'INDICE MINÉRAUX	Seasquet	Estébère	Pene Lounque	Barailles		Pene Taillade	Pene det Pouri::	Pic Ourdegon	Bassias- Ourdegon	Lac Bleu	Aouda::	Aoube	Cabane Arizas::			
	1	7	9	4		3	4	9	1	1	4	3	4			
Nombre de S.P.	1	7	9	4		3	4	9	1	1	4	3	4			
Biende	P	PT	PR	P		F	P	P	P		P	P	PR			
Galène	F	R	R	RF		R		RF	T		RF	P				
Sulfosels de Pb																
Chalcopyrite		T	RT	T		T	T	T					T			
Cuivre gris																
Pyrite		T	T			T	T	T		F						
Pyrrhotite	R	R	R	R		T	RF	R	F	P		RT	T			
Magnetite				T		T							R			
Mispickel								T					T			
Löllingite																
Minéraux d'Ag																
Minéraux de Bi																
Electrum																
Nickeline																
Breithauptite																
Cobaltite			T													
Gersdorffite																
Ullmannite										T						
Pentlandite													T			
Argentopentlandite													T			
Bravoïte																
Linneite																
Millerite																
Argutite																
Brunogeierite			T					T								
Magnetite Ga - Ge																
Briartite																
Silicates Ge - Ga																
Cassiterite																
Stannite																
Stannofidite																
(hydr)-oxydes Fe		T	RT	T		T	T	T	R		T		T			
Oxydes Ti	R	T	T			T	T	T	R		T	T	T			
Graphite	T	T	T	T		T	T	T	T		T	T	T			

\*\*Minéraux également observés :

Secteur 11 :

Pene det Pouri - Mackinawite.

Aouda - Gudmundite

Cabane Arizas : Molybdénite.

FIGURE 4 (4)

PARAGENESES des INDICES

Département :

Hautes-Pyrénées

		Secteur 12 BARROUDE				Secteur 13 LA GELA				Secteur 14 PONT de BADET				
NOM de l'INDICE MINÉRAUX	Mont des Aiguillettes	Falaise Barroude	Basias de Tours	Hourquette - Aiguillettes			Déversoir Barroude	La Gela			Pont de Badet	Séoube Couscouilla		
Nombre de S.P.	3	1	5	1			1	3			1	1		
Blende	PT	P	P	P			P	T			P			
Galène	T		RT	T			T	RT						
Sulfosels de Pb	T		T											
Chalcopyrite	T	T	T					RT				R		
Cuivre gris			T											
Pyrite	R	T		T			T	R			T	R		
Pyrrhotite	FR		RT								R	P		
Magnetite														
Mispickel												T		
Löllingite														
Minéraux d'Ag														
Minéraux de Bi														
Electrum														
Ni Co	Nickeline													
	Breithauptite													
	Cobaltite													
	Gersdorffite													
	Ullmannite			T										
	Pentlandite													
	Argentopentlandite													
	Bravoïte													
	Linneite													
	Millerite													
Ge - Ga	Argutite													
	Brunogeierite													
	Magnetite Ga - Ge													
	Briartite			T										
	Silicates Ge - Ga			T										
Sn	Cassiterite						T							
	Stannite													
	Stannofidite													
(hydr)-oxydes Fe	T						RF							
Oxydes Ti	T	T	T	T			T	T			T			
Graphite								T						

\*\*Minéraux également observés :

Secteur 12 :

Mont des Aiguillettes - Boulangerite  
Falaise Barroude - Meneghinite.

Secteur 13 :

La Gela - Hematite.

FIGURE 4 (5)

PARAGENESES des INDICES

Département :

Hautes-Pyrénées

		Secteur 15 PIC de BASSIAS							Secteur 16 AZET - LUSTOU						
MINÉRAUX	NOM de l'INDICE	Vallée du LUSTOU	Sarrouyes	Pic de Bassias	Source du Cul	Pouy Ardouin	Techous::				Galerie des chèvres	Val d'Azet-Lustou	Forêt de Superbagnères	Val d'Esquierry	Rocher soufre
	Nombre de S.P.		4	7	3	1	2	18				2	1	2	1
	Blende	RT	P	P	P	PF	P				FP	P	RF	F	
	Galène		T	T		T	T				PF				
	Sulfosels de Pb						T								
	Chalcopyrite	R	T	T			T				R		RT		T
	Cuivre gris														
	Pyrite	R	RF	R		F	RT				F	R	T		F
	Pyrrhotite	P	T	T		T	R				F	F	P		P
	Magnetite														
	Mispickel	T													
	Löllingite														
	Minéraux d'Ag														
	Minéraux de Bi														
	Electrum														
Ni Co	Nickeline														
	Breithauptite														
	Cobaltite														
	Gersdorffite														
	Ullmannite														
	Pentlandite														
	Argentopentlandite														
	Bravoïte														
	Linneïte														
	Millerite														
Ge - Ga	Argutite				T	T									
	Brunogeierite													T	
	Magnetite Ga - Ge														
	Briartite		T												
	Silicates Ge - Ga				T										
Sn	Cassiterite		T											T	
	Stannite		T												
	Stannofidite														
(hydr)-oxydes Fe		R	T				R			F	T	T		RF	
Oxydes Ti		F	T	T		T	T					F	T	R	
Graphite		T								F		TR		T	

\* Minéraux également observés :

Secteur 15 :

Techous - Boulangerite

FIGURE 4 (6)

PARAGENESES des INDICES

Département :

Haute-Garonne

NOM de l'INDICE MINÉRAUX	Secteur 17 LYS - CAILLAOUAS							Secteur 18 HOSPICE de FRANCE				Secteur 19 BAGNERES de LUCHON					
	Montagne des Pichardières	Espingou	Arrouges	Hauts secs	Clot des Piches	Crabioules		Cascade du Parisien	Hospice de France	Venasque			Montauban	Barcugnas	Cazari		
Nombre de S.P.	2	1	1	2	2	25		1	20	3			1	10	9		
Blende	P	P	P	P	PR				P	PR			P	PR	PR		
Galène	T	T						T	F	T			RF		T		
Sulfosels de Pb									T								
Chalcoppyrite	T	T		T	F				T					RT	PF		
Cuivre gris									T	T							
Pyrite			T		RF			P	TR	F				F	F		
Pyrrhotite					RT			R	T	T			RF	F	F		
Magnetite															T		
Mispickel					R				T	R				T	T		
Löllingite															T		
Minéraux d'Ag															T		
Minéraux de Bi																	
Electrum																	
Ni Co	Nickeline			T													
	Breithauptite																
	Cobaltite								T						T		
	Gersdorffite	T			T				R					T			
	Ullmannite								RT								
	Pentlandite																
	Argentopentlandite																
	Bravoïte																
	Linneite																
Ge - Ga	Millerite																
	Argutite								T								
	Brunogeierite								T								
	Magnetite Ga - Ge																
	Briartite																
Silicates Ge - Ga																	
Sn	Cassiterite	T	T	T	T								T	RT	T		
	Stannite	RT	T	T	T	R								T			
	Stannofidite	T				R											
(hydr)-oxydes Fe									T				T	T			
Oxydes Ti	T	T	T	T	T				T	T			T	T			
Graphite	T				T								T	T			

\*\*Minéraux également observés :

Secteur 17 :

Montagne des Pichardières : Bornite.

Secteur 18 :

Hospice de France : Bourmonite, boulangerite, skutterudite, henatite.

Secteur 19 :

Montauban - Spinelle à Ga - Sn (Ge).

Barcugnas - Argent natif, delafossite, marcasite.

FIGURE 4 (7)

PARAGENESES des INDICES

Département :

Haute-  
GaronneSecteur 20  
ARTIGUESecteur 21  
VAL de BURAT

NOM de l'INDICE MINÉRAUX	Moulin d'Herrère	Artigue		Arlos	Peune Nere	Luscou	Balestan	Hournadech	Contraire	Narot	Mail Caperan	Arraus	Les Picades	Reades	Maratines	Pignades
Nombre de S.P.	11	7		3	8	1	1	3	6	3	1	1	1	1	1	1
Blende	P	PT		PT	P	F	P	P	P	PT	P	P	P	P	P	P
Galène	R	R		RT	RT	R	T	R	F	T	R	F				T
Sulfosels de Pb					T				T			T				
Chalcopyrite	PF	F		T	T	R	RF		T	T	F			R	RF	T
Cuivre gris	T			T			RF	T	T			T				
Pyrite	T	T		FR	T	F	R	RF	T	F			T	F	PR	T
Pyrrhotite	PF	F		T	T	R	T	PF	T	PR	F	F	F	P	P	R
Magnetite											P					
Mispickel	R							T	T	T	T				T	
Löllingite	T	T														
Minéraux d'Ag																
Minéraux de Bi																
Electrum	T															
Nickeline																
Breithauptite		T														
Cobaltite	T	T														
Gersdorffite	T	T			T			T	T	T						
Ullmannite		T							T			T				
Pentlandite		T														
Argentopentlandite		T														
Bravoïte		T														
Linneite																
Millerite																
Argutite																
Brunogeierite				T	T				T			T		T		
Magnetite Ga - Ge																
Briartite																
Silicates Ge - Ga																
Cassiterite								T								
Stannite																
Stannofidite																
(hydr)-oxydes Fe	T			T	T			F	T	T	T		R	F	R	
Oxydes Ti	T	T		T	T				T							
Graphite	T	T			T		R		T							

\*\* Minéraux également observés :

Secteur 20 :

Moulin d'Herrère - Mackinawite, marcasite.Artigue - Mackinawite, digenite.

Secteur 21 :

Peune Nere - Boulangerite.Balestan - Mackinawite.Hournadech - Guàndite, dyscrasite.Contraire - Boulangerite, meneghinite, marcasite.Arraus - Meneghinite, dyscrasite.Maratines - Marcasite.

FIGURE 4 (8)

PARAGENESES des INDICES

Département :

Haute-Garonne

NOM de l'INDICE MINÉRAUX		Secteur 22 ARGUT						Secteur 23 VAL d'ARAN							
		Plan d'Arcut:	Rimba tz:	Plumières:				Artigu	Victoria:	Solitaria	Margarita:	Muestras Pertenecientes			
Nombre de S.P.		19	83	6				17	14	13	8	7			
Blende		P	P	P				P	P	P	P	P			
Galène		T	RT					FT	R	P	F	PR			
Sulfosels de Pb		T	T												
Chalcopyrite		RT	R					T	RF	T	RT	RT			
Cuivre gris		T	T												
Pyrite		T	R	T				R	T	RT		T			
Pyrrhotite		T	R					T	RF	P	F	R			
Magnetite			T												
Mispickel			T						T	RT	T				
Löllingite									T		T				
Minéraux d'Ag									T		T				
Minéraux de Bi									T						
Electrum															
Nickeline									T						
Breithauptite															
Cobaltite		T	T					T	R						
Gersdorffite		T	T	T				T	T		T				
Ullmannite		T	T												
Pentlandite									T						
Argentopentlandite															
Bravoïte															
Linneite															
Millerite															
Argutite		T	T	T											
Brunogeierite		T	T	T								T			
Magnetite Ga - Ge															
Briartite			T												
Silicates Ge - Ga		T	T												
Cassiterite		T	T						T	T	T				
Stannite								T							
Stannofidite															
(hydr)-oxydes Fe		T	T	T						T	T	T			
Oxydes Ti		T	T	T				R	T	F	R	F			
Graphite			T					T	T	R	F	F			

Minéraux également observés :

Secteur 22 :

Plan d'Arcut - Boulangerite, meneghinite.

Rimba tz - Boulangerite, meneghinite, argent natif, antimoine natif, mackinawite.

Plumières - Marcasite.

Secteur 23 :

Victoria - Mackinawite, stephanite, glaucodot, rammelsbergite, bismuth natif.

Margarita - Mackinawite, proustite.

Muestra Pertenecientes - Sylvanite, hessite, cupressite.

FIGURE 4 (9)

PARAGENESES des INDICES



Département :

Ariège

NOM de l'INDICE MINÉRAUX	Secteur 26 ULS				Secteur 27 BENTAILLOU				Secteur 28 LIAT (Espagne)					
	ULs:	Crabère:			Bentailou:				Liât:	Preciosa Pepita:	Reparadora:	Lac Palomero:	Pla del Tur:	La Estrella
Nombre de S.P.	5	1			27				13	15	3	4	7	3
Blende	PR	P			PR				X	X	X	X	X	X
Galène	PF	P			F				X	X	X	X	X	X
Sulfosels de Pb		T			T						X			
Chalcopyrite	R	F			R				X	X	X	X	X	X
Cuivre gris	T	R			T				X	X		X		
Pyrite	R				T				X	X	X		X	X
Pyrrhotite	FT	T			RF				X	X	X	X	X	X
Magnetite					T					X	X			
Mispickel	T				RT				X	X	X		X	
Löllingite														
Minéraux d'Ag					T				X					
Minéraux de Bi											X		X	
Electrum	T				T					X	X			
Nickeline					T									
Breithauptite									X					
Cobaltite									X		X	X		X
Gersdorffite	T				T					X				
Ullmannite	T	T			T				X	X				
Pentlandite					T				X					
Argentopentlandite														
Bravoïte														
Linneite														
Millerite														
Argutite														
Brunogeierite					T					X				
Magnetite Ga - Ge														
Briartite														
Silicates Ge - Ga														
Cassiterite									X			X		X
Stannite									X					
Stannoïdite														
(hydr)-oxydes Fe	T				T				X	X		X	X	X
Oxydes Ti	T	T			T				X	X		X	X	X
Graphite	T				T				X	X		X	X	X

:: Minéraux également observés :

Secteur 26 :

Uls - Tellure natif.

Crabère - Bourmonite, mackinawite.

Secteur 27 :

Bentailou - Bourmonite, Boulangerite, stephanite, suflorite nickelifère, mackinawite, marcasite.

Secteur 28 :

Liât - Chalcopyrrhotite, cubanite, mackinawite, pyrrargyrite, dyscrase, marcasite.

Preciosa Pepita - Cubanite, mackinawite, marcasite.

Reparadora - Bismuth natif, mackinawite, marcasite.

Lac Palomero - Mackinawite.

Pla del Tur - Bismuth natif, mackinawite, marcasite.

FIGURE 4 (11)

PARAGENESES des INDICES

NOM de l'INDICE MINÉRAUX	Secteur 29 BULARD					Secteur 30 ORLE					Secteur 31 SAUBE				
	Mait de Bulard::	Artignan	Bularic	Graulles::		Vallée d'Orle::	Bois d'Uget	Darnaca			Bonahic	Route de Salau::	Hoque Rabé::	Saubé::	
Nombre de S.P.	17	3	11	7		5	6	4			1	4	2	12	
Blende	P	P	P	P		PF	P	F			P	PF	P	P	
Galène	RF	T		RT		T	RT	RT			T	RF	F	F	
Sulfosels de Pb	RT													T	
Chalcopyrite			RT	RT		RT	T	T			T	R	RF	T	
Cuivre gris				T							T				
Pyrite	T		T	T		F	P	F				F	F	R	
Pyrrhotite	RF	T	F	RF		T	T	T				RF		T	
Magnetite	RF	T	F	T											
Mispickel	T	T	T	T											
Löllingite	T	T	T												
Minéraux d'Ag	T														
Minéraux de Bi	T														
Electrum	T														
Nickeline															
Breithauptite	T														
Cobaltite	T	T	T	T										T	
Gersdorffite	T	T	T			T						T		T	
Ullmannite				T										T	
Pentlandite	T					T		T						T	
Argentopentlandite														T	
Bravoïte						T		T							
Linneite															
Millerite															
Argutite														T	
Brunogeierite	T		T								T	T	T		
Magnetite Ga - Ge	T		T												
Briartite				T											
Silicates Ge - Ga												T		T	
Cassiterite	T	T												T	
Stannite														T	
Stannoïdite															
(hydr)-oxydes Fe	T		T				T							T	
Oxydes Ti	T	T	T	T		T		T			T	T		T	
Graphite	T		T			T	T				T	T		T	

\* Minéraux également observés :

Secteur 29 :Mait de Bulard - Proustite, mackinawite, cubanite.Graulles - Mackinawite.Secteur 30 :Vallée d'Orle - Mackinawite.Secteur 31 :Route de Salau - Mackinawite.Hoque Rabé - Mackinawite.Saubé - Boulangerite, meneghinite, mackinawite.

FIGURE 4 (12)

PARAGÉNESES des INDICES

Ariège

NOM de l'INDICE MINÉRAUX	Secteur 32 CARBOIRE			Secteur 33 AULUS						Secteur 34 CASTEL - MINIER				
	Carboire::			Les Raspes - Palistre::	Les Salettes::	Escanarades	La Freychillière::	Artigous	Ars		Lauquille::	Castel - Minier::	Pouech::	Route d'Ageserre::
nombre de S.P.	45			16	13	11	7	3	4		26	21	33	9
Eléase	P			P	P	P	RF	FP	P		PF	RF	P	F
Galène	F			T	F	T	T	T	RT			PR	RT	RT
Sulfosels de Pb	T			T								T		
Chalcopyrite	RT			T	RF	T	RT	T			RT	R	T	T
Cuivre gris	T			T	T	T					T	T	T	
Pyrite	T			RF	RF	T	R	P	P		F	R	R	F
Pyrrhotite	RF			T	T		PT	T	T		T	T	T	T
Magnetite														
Mispickel	T			RT			T				T	T	T	RT
Löllingite														
Minéraux d'Ag					T									
Minéraux de Bi														
Electrum				T										
Nickeline														T
Breithauptite														
Cobaltite	T													
Gersdorffite	T			T	T	T							T	T
Ullmannite	T			T							T		T	
Pentlandite				T										
Argentopentlandite	T			T									T	T
Bravoïte				T			T							
Linneite				T			T							
Millerite							T	T						
Argutite														
Brunogeierite	T													
Magnetite Ga - Ge														
Briartite														
Silicates Ge - Ga	T													
Cassiterite	T			T	T						T	T	T	
Stannite														
Stannoïdite														
(hydr)-oxydes Fe							T						T	T
Oxydes Ti	T			T	T	T	T	T			T	T	T	T
Graphite	T			T	T	T	T		T		T	T	T	T

:: Minéraux également observés :

Secteur 32 :

Carboire - Boulangerite, meneghinite, mackinawite.

Secteur 33 :

Les Raspes Palistre - Boulangerite, meneghinite, gudmundite, mackinawite.Les Salettes - Pyrargyrite, gudmundite, mackinawite, FIGURE 4 (13) cubanite.La Freychillière - Mackinawite

Secteur 34 :

Lauquille - Mackinawite, marcasite.Castel-Minier - Boulangerite, Meneghinite, bourmonite, marcasite.Pouech - Mackinawite, bornite, chalcocite.Route d'Ageserre - Mackinawite, skutterudite.

PARAGENESES des INDICES

NOM de l'INDICE MINÉRAUX		Secteur 35 LES ARGENTIERES				Secteur 36 LES ABÈRES				Secteur 37 ENCOURTIECH					
		Les Argentières:	Laquorre:			Les Abères:	La Bédole	Boates		Encourtiech	Bales	La Pe ladi:			
Nombre de S.P.		30	1			7	2	1			3	7	1		
Blende		PF	T			P	P	P			PF	PT	P		
Galène		RF	P			F	T	F			T	FT	T		
Sulfosels de Pb,		T	T			T									
Chalcopyrite		T				T	T				R	PF			
Cuivre gris		T	T			R					T				
Pyrite		RF				RF	RF	RF			RF	FR	T		
Pyrrhotite		T					T	T			T				
Magnetite															
Mispickel		T				T	T				T		T		
Löllingite															
Minéraux d'Ag						T									
Minéraux de Bi															
Electrum								T							
Nickeline								T							
Breithauptite															
Cobaltite															
Gersdorffite		T				T		T			T				
Ullmannite		T				T		T				T			
Pentlandite								T							
Argentopentlandite								T							
Bravoïte						T					T				
Linneite												T			
Millerite															
Argutite															
Brunogeierite															
Magnetite Ga - Ge															
Briartite															
Silicates Ge - Ga															
Cassiterite		T													
Stannite															
Stannoïdite															
(hydr)-oxydes Fe		T						T	T						
Oxydes Ti		T						T	T	T					
Graphite			T												

\*\*Minéraux également observés :

## Secteur 35 :

Les Argentières - Boulangerite, mackinawite.

Laquorre : Bourmonite, enargite.

## Secteur 36 :

Les Abères - Boulangerite, bourmonite, miargyrite, pyrargyrite, polybasite, pearceite, diaphorite, cubanite, marcasite, enargite.

FIGURE 4 (14)

PARAGENESES des INDICES

Ariège

NOM de l'INDICE MINÉRAUX		Secteur 38 MONTCOUSTAND				Secteur 39 TAICHOUNES				Secteur 40 CADEILLOU			
		Mont-coustand:	St Magnet	Montels:	Alzen:	Taichougnés:				Cadeillou:			
Nombre de S.P.		27	4	2	5	17				13			
Blende	Blende	PT	P	RT	PT	RT				PF			
	Galène	R	T	R	T	R				RF			
	Sulfosels de Pb	T		T	T					T			
	Chalcopyrite	R	T	R	T	T				T			
	Cuivre gris	T		RF	T					T			
	Pyrite	RF	T	T	T	RT				R			
	Pyrrhotite	T				T				T			
	Magnetite	RT				T							
	Mispickel	RT			T								
	Löllingite												
	Minéraux d'Ag	T		T									
	Minéraux de Bi												
Electrum													
Ni Co	Nickeline												
	Breithauptite												
	Cobaltite	T											
	Gersdorffite	T			T					T			
	Ullmannite	T		T									
	Pentlandite												
	Argentopentlandite												
	Bravoïte												
	Linneite												
Ge - Ga	Millerite			T									
	Argutite												
	Brunogeierite												
	Magnetite Ga - Ge												
	Briartite												
Sn	Silicates Ge - Ga												
	Cassiterite												
	Stannite												
	Stannoïdite												
	(hydr)-oxydes Fe	T								T			
	Oxydes Ti	T	T							T			
	Graphite	T								T			

∴ Minéraux également observés :

Secteur 38 :

Montcoustand - Boulangerite, bourmonite, proustite, tetraäymite, mackinawite, marcasite, hematite.

Montels - Bourmonite, argentite, marcasite, digenite.

Alzen - Boulangerite, bourmonite, marcasite, enargite. **FIGURE 4 (15)**

Secteur 39 :

Taichougnés - Mackinawite.

Secteur 40 :

Cadeillou - Boulangerite, meneghinite, bourmonite.

Groupe de minéraux	M I N E R A U X	Fréquence (%)
B	Minéral prédominant : Blende                      Zn S	100,00
P G C	Minéraux très fréquents : Galène                      Pb S Chalcopyrite              Cu Fe S <sub>2</sub> Pyrrhotite                  Fe <sub>1-x</sub> S Pyrite                        Fe S <sub>2</sub>	68,51 66,36 58,30 57,70

N.B. - Fréquence : nombre d'échantillons ou le minéral est présent  
(à distinguer de l'abondance).

FIGURE 5  
MINÉRAUX PREDOMINANTS et FREQUENTS

Groupe de minéraux	MINÉRAUX		Fréquence
Minéraux de nickel-cobalt	Breithauptite Nickeline Skutterudite Rammelsbergite	Ni Sb Ni As (Co, Ni) As <sub>3</sub> Ni As <sub>2</sub>	Antimoniures et Arseniures de Ni-Co  Sulfo-arseniures de Ni-Co  Sulfo-antimoniures de Ni-Co  Sulfures de Ni-Co
	Cobaltite Alloclasite Gersdorffite	Co As S Co As S Ni As S	
	Ullmannite	Ni Sb S	
	Pentlandite Argentopentlandite Linneïtes Bravoïte Millerite	(Fe Ni Co) <sub>9</sub> S <sub>8</sub> (Ag Fe Ni Co) <sub>9</sub> S <sub>8</sub> (Fe Ni Co) S <sub>2</sub> Ni S	
Minéraux de germanium - gallium	Argutite Brunogeierite Magnétite à gallium-germanium Briartite Silicates à germanium	Ge O <sub>2</sub> Ge Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> Cu <sub>2</sub> (Fe Zn) Ge S <sub>4</sub>	17,00
	Mispickel	Fe As S	14,66
Minéraux d'étain	Cassitérite Stannite Stannoïdite Spinnelle à Sn - Ga	Sn O <sub>2</sub> Cu <sub>2</sub> Fe Sn S <sub>4</sub> Cu <sub>5</sub> (Fe, Zn) <sub>2</sub> Sn S <sub>8</sub>	12,34
	Cuivre gris	Cu <sub>12</sub> Sb <sub>4</sub> S <sub>13</sub> Cu <sub>12</sub> As <sub>4</sub> S <sub>13</sub>	10,64
	Magnétite	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	8,31
Sulfosels de plomb	Boulangérite Jamesonite Meneghinite Bourbonite Semseyite	Pb <sub>5</sub> Sb <sub>4</sub> S <sub>11</sub> Pb <sub>4</sub> Fe Sb <sub>6</sub> S <sub>14</sub> Pb <sub>13</sub> Cu Sb <sub>7</sub> S <sub>24</sub> Cu Pb Sb S <sub>3</sub> Pb <sub>9</sub> Sb <sub>8</sub> S <sub>21</sub>	6,60
Minéraux d'argent	Argent natif Argentite Miarargyrite Polybasite Pearceite Pyrargyrite Proustite Dyscrasite Diaphorite Stephanite	Ag Ag <sub>2</sub> S As Sb S <sub>2</sub> Ag <sub>16</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>11</sub> Ag <sub>16</sub> As <sub>2</sub> S <sub>11</sub> Ag <sub>3</sub> Sb S <sub>3</sub> Ag <sub>3</sub> As S <sub>3</sub> Ag <sub>3</sub> Sb Pb <sub>2</sub> Ag <sub>3</sub> Sb <sub>3</sub> S <sub>8</sub> Ag <sub>5</sub> Sb S <sub>4</sub>	3,39

FIGURE 6

MINÉRAUX FREQUEMMENT OBSERVÉS en TRACES  
dans l'ENSEMBLE des INDICES

Groupe de minéraux	MINÉRAUX		Fréquence ( < 2 % )
Arseniures ou antimoniures de fer	Gudmundite Glaucodot Danaïte Löllingite	Fe Sb S (Co Fe) As S  Fe As <sub>2</sub>	
Métaux natifs	Au natif Te natif Cu natif Sb natif		
Minéraux de bismuth	Bi natif Bismuthinite Kobellite Cosalite Galenobismutite	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub> Pb <sub>5</sub> (Bi, Sb) <sub>8</sub> S <sub>17</sub> Pb <sub>2</sub> Bi <sub>2</sub> S <sub>5</sub> Pb Bi <sub>2</sub> S <sub>4</sub>	
Tellurures	Sylvanite Hessite Empressite Tellurobismutite Tetradymite	Au Ag Te <sub>4</sub> Ag <sub>2</sub> Te Ag Te Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> Bi <sub>2</sub> Te <sub>2</sub> S	
Minéraux de cuivre	Chalcopyrrhotite Bornite Chalcocite Digenite Idaïte Covellite Enargite Luzonite Chalcostibite Cuprite Tenorite Delafossite	Cu Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub> Cu <sub>5</sub> Fe S <sub>4</sub> Cu <sub>2</sub> S Cu <sub>9</sub> S <sub>5</sub> Cu <sub>5</sub> Fe S <sub>6</sub> Cu S Cu <sub>3</sub> As S <sub>4</sub> Cu <sub>3</sub> As S <sub>4</sub> Cu Sb S <sub>2</sub> Cu <sub>2</sub> O Cu O Cu Fe O <sub>2</sub>	
Oxydes et hydroxydes de fer	Hematite Lepidocrocite Goethite	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe O OH Fe O OH	
Minéraux de titane	Ilménite Rutile Sphène Graphite	Fe Ti O <sub>3</sub> Ti O <sub>2</sub> Ca Ti Si O <sub>5</sub> C	
Spinelles	Spinelle chromifère Gahnite (spinelle de zinc)		
	Molybdénite	Mo S <sub>2</sub>	

FIGURE 7

MINÉRAUX très RAREMENT OBSERVÉS en TRACES  
dans l'ENSEMBLE des INDICES

Groupes de minéraux	Fréquence		
	Ordovicien %	Dévonien %	Total (% dans l'ensemble des échantillons)
<u>Minéraux prédominants :</u>			
Blende	100,00	100,00	100,00
<u>Minéraux très fréquents :</u>			
Galène	70,36	66,48	68,51
Chalcopyrite	70,88	61,66	66,36
Pyrrhotite	71,40	44,40	58,30
Pyrite	46,62	69,62	57,70
<u>Minéraux accessoires ou en traces :</u>			
Minéraux de nickel-cobalt	50,60	21,10	36,31
Minéraux de Ge - Ga	22,70	10,90	17,00
Minéraux d'étain	11,26	13,50	12,34
Cuivre gris	9,35	12,03	10,64
Magnétite	12,85	4,25	8,31
Sulfosel de Pb	8,14	5,00	6,60
Minéraux d'Ag	4,30	2,40	3,39

FIGURE 8

FREQUENCE des MINERAUX et GROUPES de MINERAUX en TRACES  
des INDICES ENCAISSES dans l'ORDOVICIEN et le DEVONIEN

	% des espèces rencontrées		Fréquence (% dans l'ensemble des échantillons)
	Ordovicien	Dévonien	
Arseniures } Ni-Co Antimoniures }	4,10	1,75	1,25
Sulfoarseniures Ni-Co	84,58	64,90	28,71
Sulfoantimoniures Ni-Co	17,12	26,30	7,15
Sulfures Ni-Co	8,20	20,17	4,20
Fréquence des minéraux de nickel-cobalt	50,60	21,10	36,31

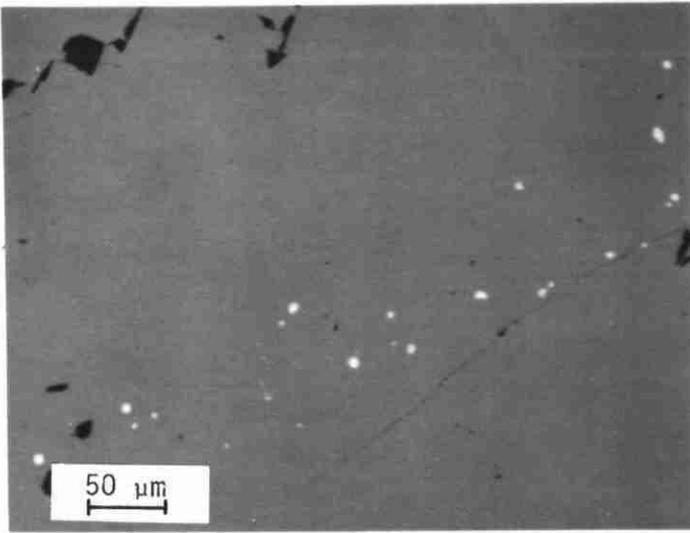
FIGURE 9

FREQUENCE des DIFFERENTS MINERAUX de NICKEL-COBALT

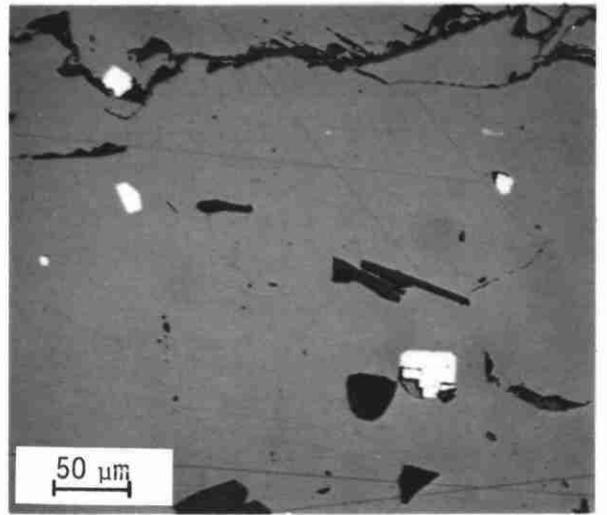
- a : Petits cristaux automorphes de cobaltite (blancs) inclus dans la blende : faciès typique. Indice de Victoria (Val d'Aran, Espagne).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- b : Cristaux de gersdorffite (blancs) inclus dans la blende. Faciès typique. Indice d'Argut (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- c : Petite plage d'électrum (blanc) au contact de la lollingite (L) et de la gersdorffite cobaltifère (G). L'ensemble est inclus dans la pyrrhotite. Indice d'Artigue (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- d : Skutterudite (au centre, plus claire) bordée de cobaltite. Indice de Bûlard (Ariège).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- e : Ullmannite (blanche, en relief marquée U) au contact de la gangue quartzéuse (gris sombre) de la blende (gris moyen) et de la galène (blanche, plus tendre que l'ullmannite). L'ullmannite contient de petites inclusions de galène et blende. Indice de l'Hospice de France (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- f : Argentopentlandite (gris moyen, clivage cubique dégagé par altération) incluse dans la chalcopyrrite (gris clair). La gangue apparaît noire à l'immersion. Indice de Massat (Ariège).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle et à l'immersion.*

FIGURE 10

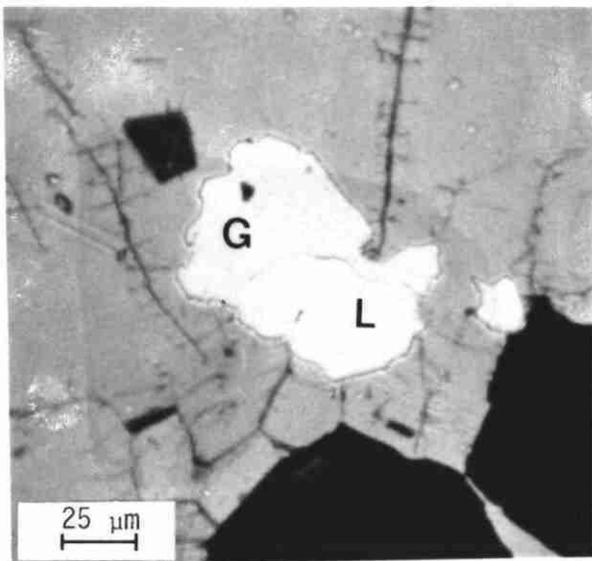
LES MINÉRAUX de NICKEL-COBALT



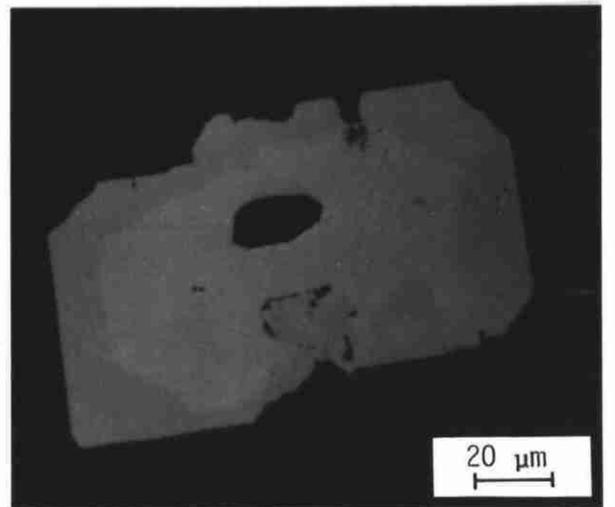
a



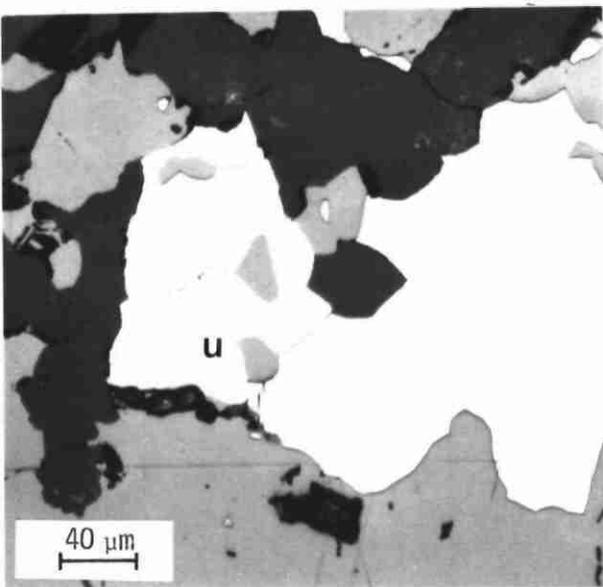
b



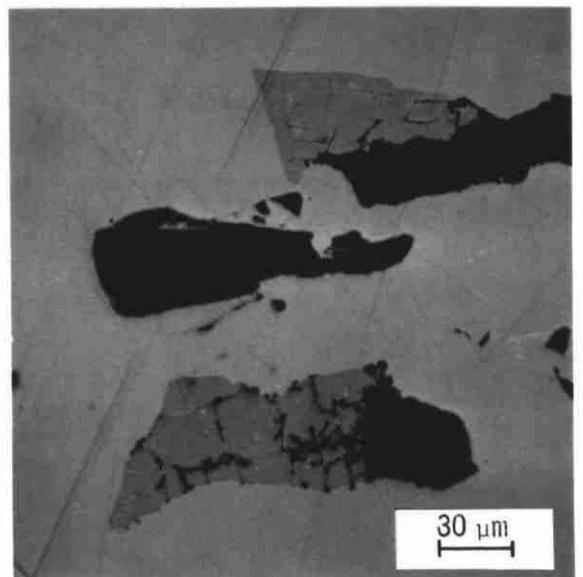
c



d



e

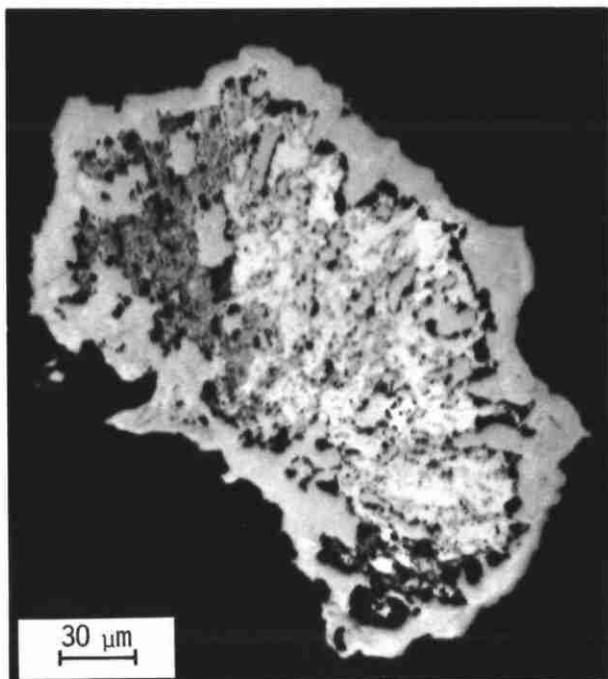


f

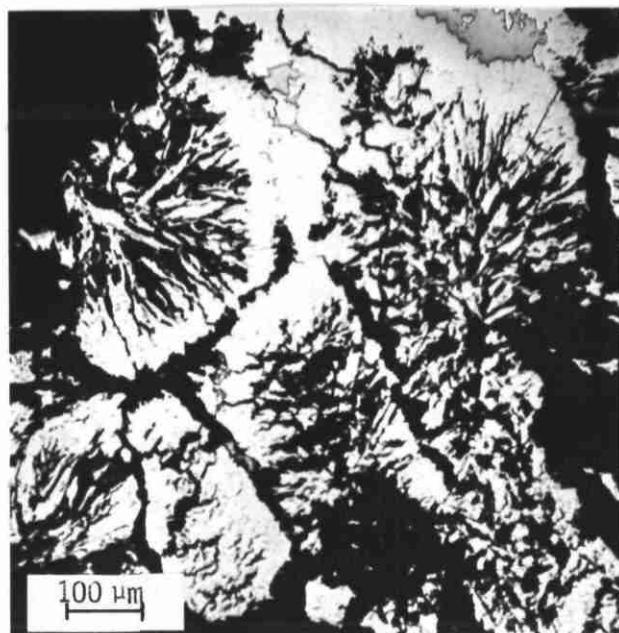
- a : Nickeline (au centre) incluse dans la skutterudite. Indice d'Agneserre (district d'Aulus, Ariège).  
*Photographié en section polie, lumière polarisée.*
- b : Sphérolites de cobaltite passant à l'allocalasite (non discernable ici) dans les zones externes des sphérolites. Indice du Val de Bitet (Pyrénées Atlantiques).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- c : Bravoïte dont la zonation est marquée par des dissolutions et un remplacement par le cuivre gris (gris moyen). Indice des Atiels (Ariège).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- d : Bravoïte présentant des mâcles en sablier inhabituelles dans ce minéral généralement isotrope. Indice des Atiels (Ariège).  
*Photographié en section polie, lumière polarisée.*
- e : Petits cristaux automorphes zonés, inclus dans du quartz. Zone centrale : gersdorffite ; zone intermédiaire très fine et légèrement plus dure et réfléchissante : cobaltite ; zone externe : gersdorffite nickelifère. Indice du Val de Bitet (Pyrénées Atlantiques).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- f : Pyrite (gris clair) incluse dans la cobaltite (presque blanche) Indice de Bartèques (Laruns, Pyrénées Atlantiques).  
*Photographié en section polie au M.E.B.*

FIGURE 11

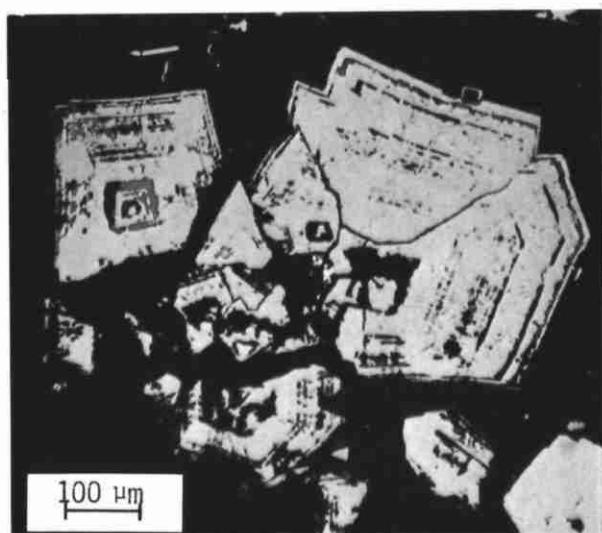
LES MINÉRAUX de NICKEL et COBALT



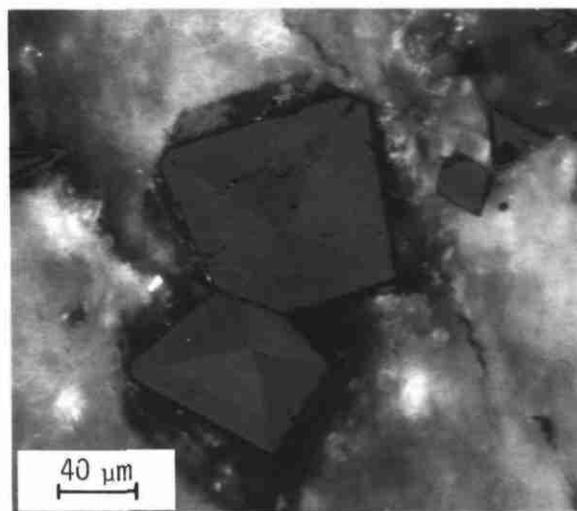
a



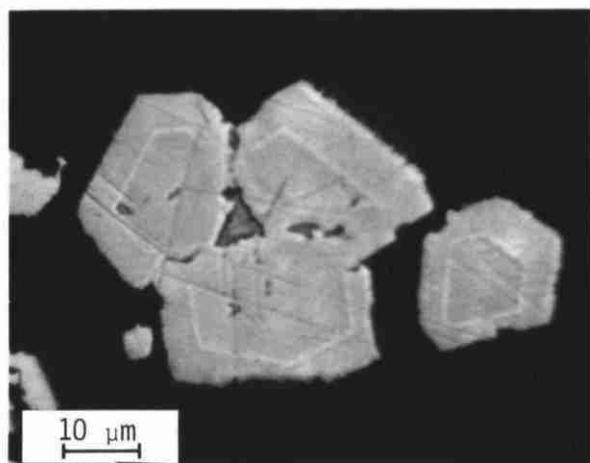
b



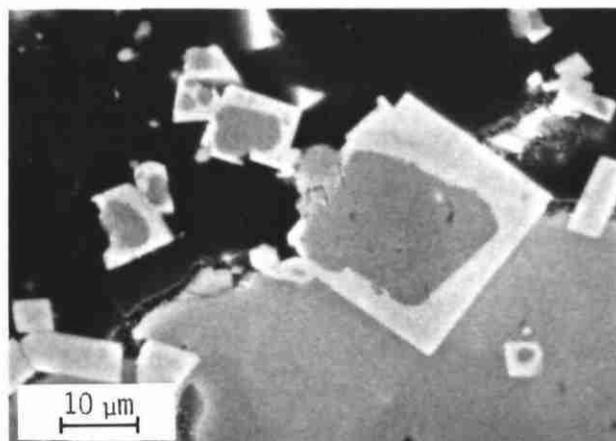
c



d



e



f

	% des espèces rencontrées		Fréquence (% dans l'ensemble des échantillons)
	Ordovicien	Dévonien	
Brunogéierite	92,36	57,62	13,86
Argutite	6,87	15,25	1,60
Magnétite à Ga - Ge	3,00	5,08	0,98
Briartite	7,63	10,16	1,43
Silicates Ge - Ga	6,10	45,76	4,74
Fréquence des minéraux de Ge - Ga	22,70	10,90	17,00

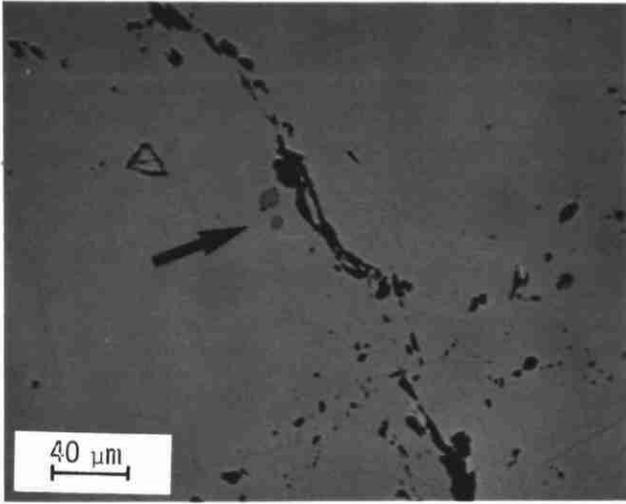
FIGURE 12

FREQUENCE des DIFFERENTES ESPECES GERMANO-GALLIFERES

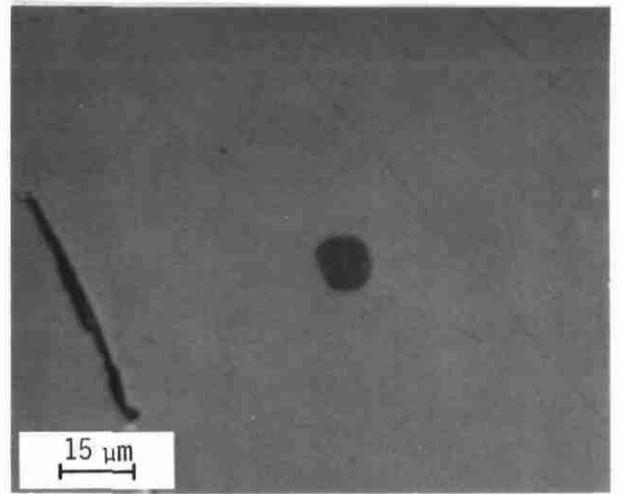
- a : Brunogéerite en petites inclusions automorphes (fléchées) incluses dans la blende. Indice de Soulom (Hautes-Pyrénées).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- b : Brunogéerite (gris moyen) automorphe en inclusion dans la blende (gris clair). Indice de Pal de Raze (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle à l'immersion.*
- c : Cassitérite (en relief, un peu plus sombre que la blende) avec le premier grain d'argutite observé (fléchée) accolé. Indice du Plan d'Argut (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- d : Cassitérite (blanche) avec argutite (fléchée) accolée. Indice du Plan d'Argut (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie au M.E.B., détail de la photo c.*
- e : Argutite (grain allongé, fléché) inclus dans la blende. Nouvel indice des Plumières, district d'Argut (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- f : Argutite. Nouvel indice des Plumières, district d'Argut (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie au M.E.B. (détail de la photo c).*

FIGURE 13

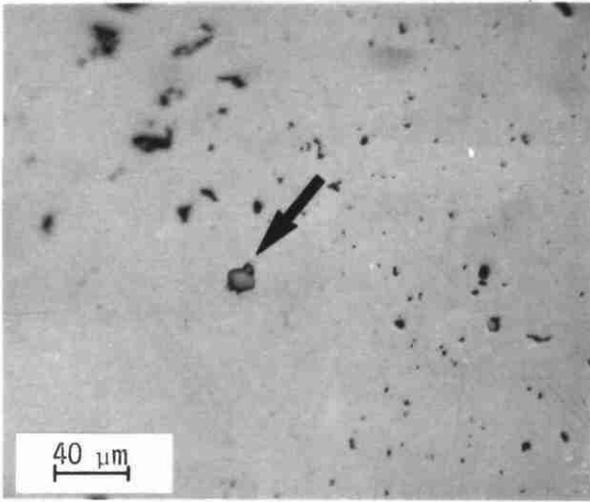
LES MINÉRAUX de GERMANIUM et GALLIUM



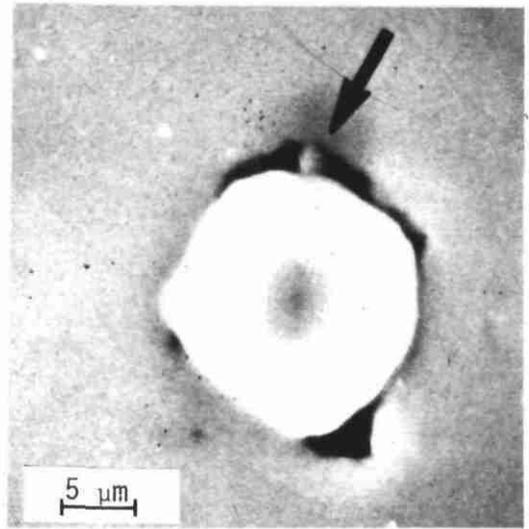
a



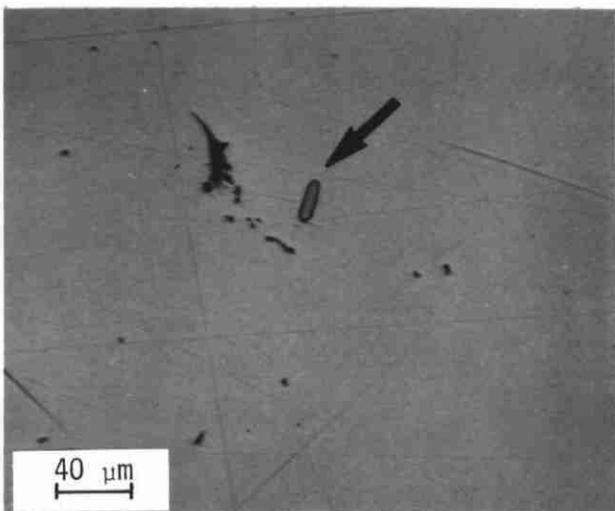
b



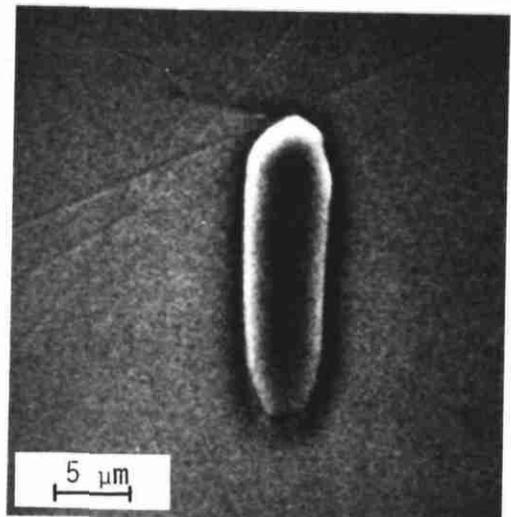
c



d



e



f

a : Carboirite (chloritoïde à germanium) inclus dans la blende. Indice de Saubé (Ariège).

*Photographié en section polie en lumière naturelle.*

b : Carboirite (détail de la photo a) inclus dans la blende.

*Photographié en section polie au M.E.B. Le minéral est zoné. Les zones claires correspondent à des zones riches en germanium.*

c, d : Carboirite en agrégats isolés extraits de la blende massive qui a été dissoute. Indice de Saubé (Ariège).

*Photographié au M.E.B.*

e : Carboirite (zone plus claire au centre) résiduelle dans un minéral de type stilpnomelane également germanifère. Une chlorite à germanium (fléchée) est également présente. L'ensemble est inclus dans la blende (gris clair). Indice d'Argut (Haute-Garonne).

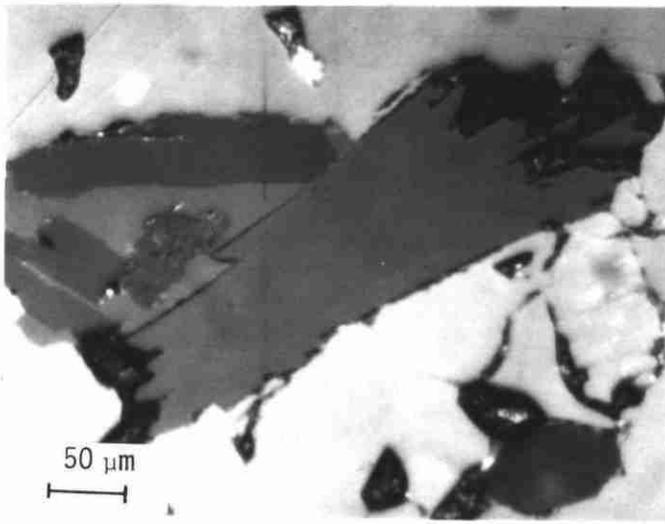
*Photographié en section polie en lumière naturelle.*

f : Stilpnomelane (?) à germanium (gris moyen) remplaçant la carboirite (plus sombre au centre). L'ensemble est inclus dans la blende massive (gris clair). Indices d'Anglas (Pyrénées-Atlantiques).

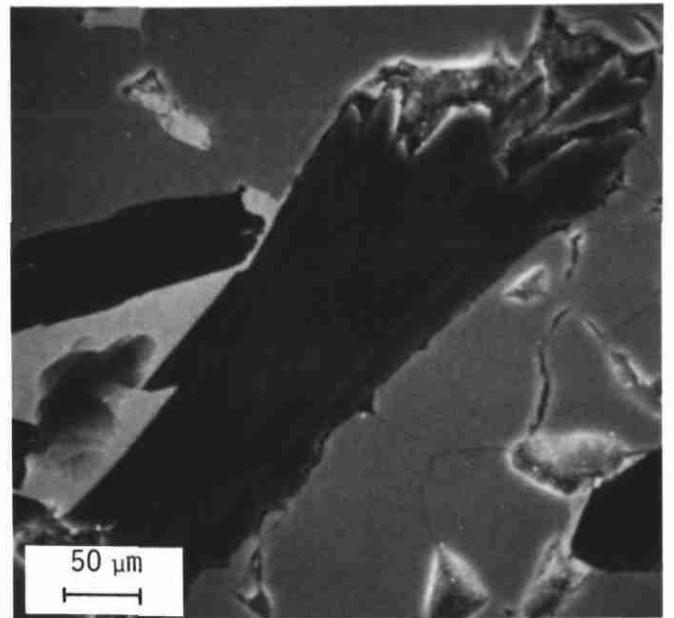
*Photographié en section polie au M.E.B.*

FIGURE 14

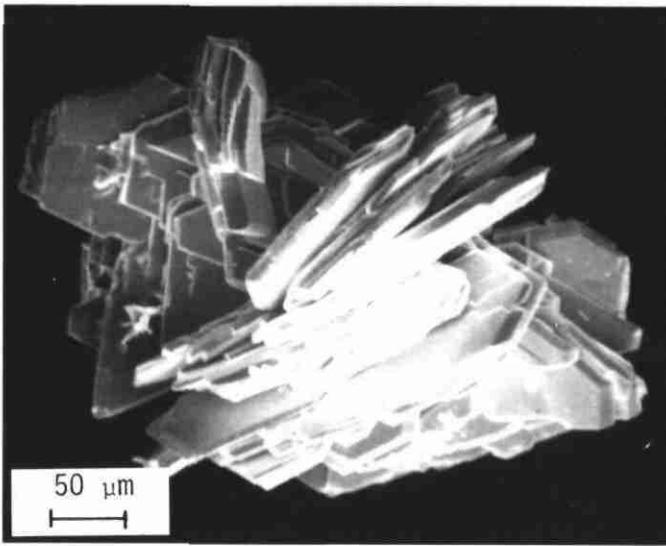
LES MINÉRAUX de GERMANIUM-GALLIUM



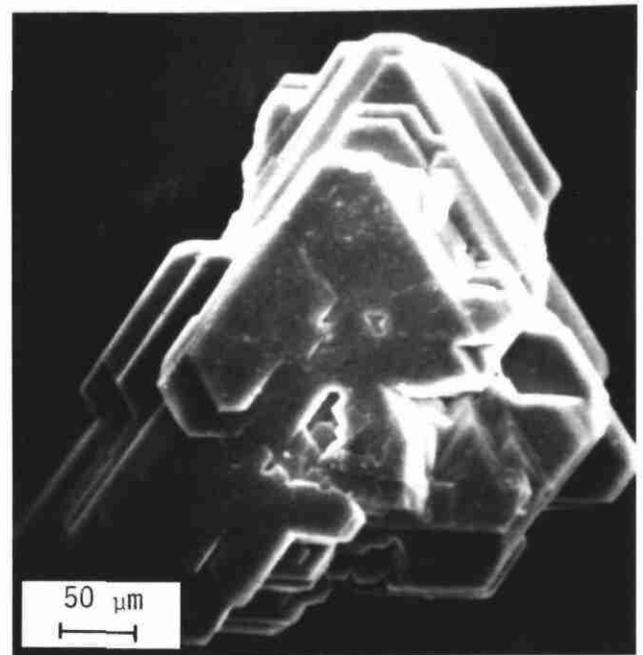
a



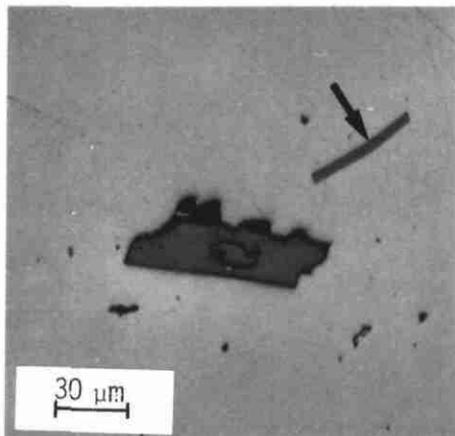
b



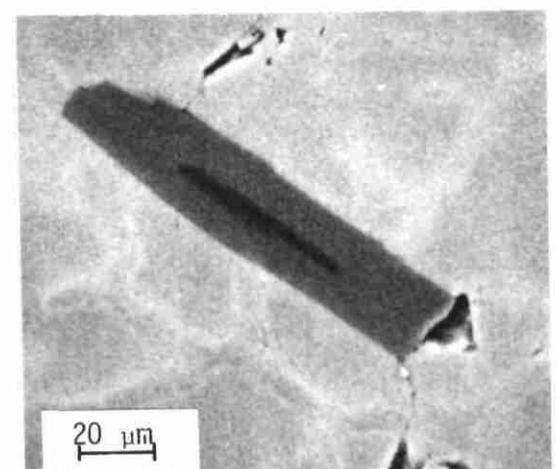
c



d



e

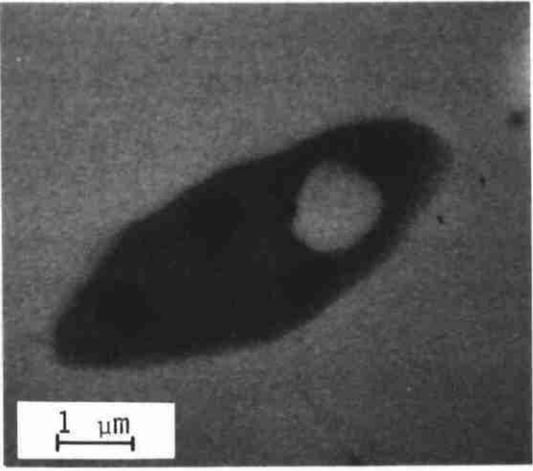


f

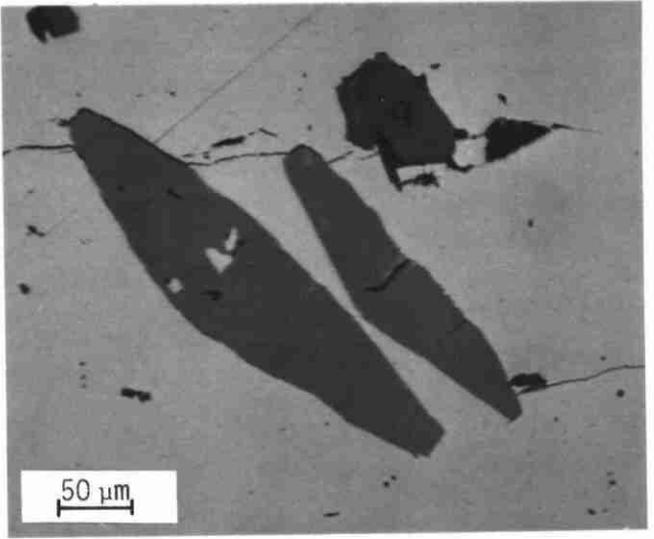
- a : Sphène à germanium inclus dans la blende et contenant une inclusion de blende. Indice d'Uziou (Pyrénées-Atlantiques).  
*Photographié au M.E.B. en section polie.*
- b : Zoisites à germanium incluses dans la blende. Un quartz à germanium (Q) est également présent. Anciennes mines d'Arre (Pyrénées-Atlantiques).  
*Photographié en section polie, en lumière naturelle.*
- c : Allanite à germanium incluse dans la blende et associée à du quartz germanifère (noir). Indice d'Uziou (Pyrénées-Atlantiques).  
*Photographié au M.E.B. en section polie.*
- d : Grenat (?) à germanium zoné inclus dans la blende. Indice des Neras (Pyrénées-Atlantiques).  
*Photographié au M.E.B. en section polie.*
- e : Spinelle à Sn - Ga (Ge) (fléché) inclus dans la blende. Indice de Montauban (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- f : Briartite (blanche) en inclusions subautomorphes dans la blende. Indice du Bassin de Nère (Hautes-Pyrénées).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle à l'immersion.*

FIGURE 15

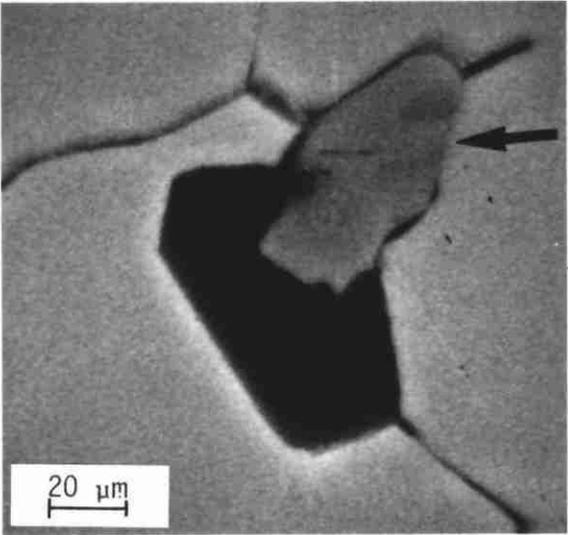
LES MINÉRAUX de GERMANIUM



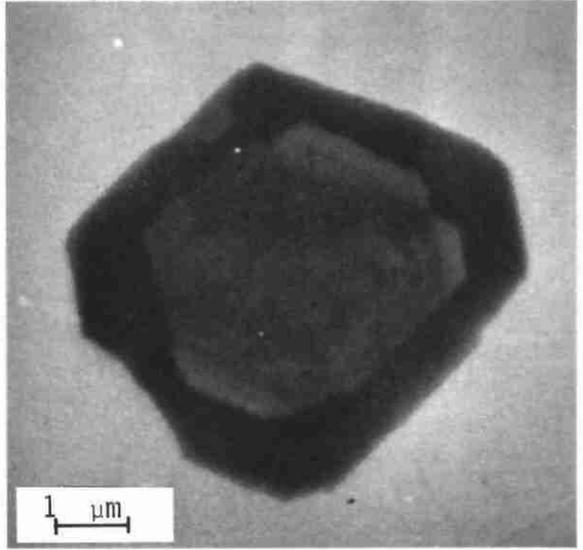
a



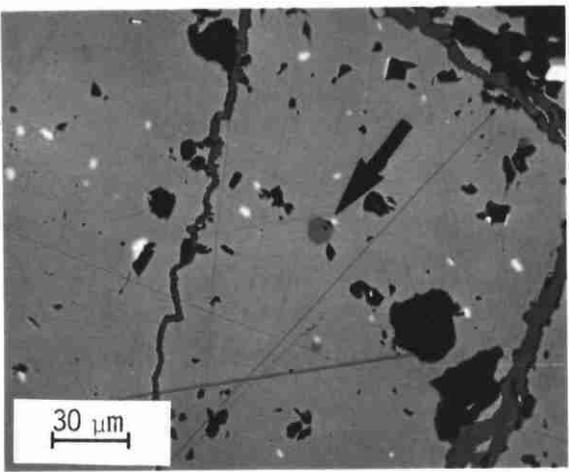
b



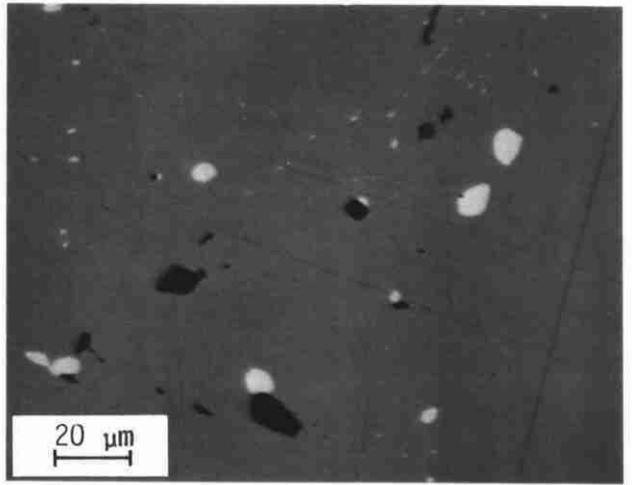
c



d



e



f

ANALYSES de BRUNOGEIERITE

- 1, 2 : Carboire (Ariège)  
3 : Estaing (Hautes-Pyrénées)  
4 : Couledoux (Hautes-Pyrénées)

	1	2	3	4
Ge O <sub>2</sub>	38,65	38,65	39,12	38,62
Fe 0	53,49	53,17	57,40	55,18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,84	5,24	-	0,68
Zn 0	2,88	2,60	1,78	3,08
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	0,14
Si O <sub>2</sub>	-	-	0,53	1,58
TOTAL	100,56	99,66	98,83	99,34

ANALYSE de l'ARGUTITE (Ge O<sub>2</sub>)

- 1 : Argut (Haute-Garonne)

	1
Ge O <sub>2</sub>	95,15
Fe 0	0,07
Zn 0	4,32
Mn 0	0,11
TOTAL	99,67

FIGURE 16 (1)

ANALYSES à la MICROSONDE (R. GIRAUD et C. GILLES)  
des MINERAUX GERMANO-GALLIFERES

ANALYSES de MAGNETITE à GALLIUM

1 : Estaing (Haute-Pyrénées)  
2 : Couledoux (Hautes-Pyrénées)

	1	2
Si O <sub>2</sub>	0,32	0,50
Ge O <sub>2</sub>	0,34	0,37
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,53	3,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	63,48	62,59
Fe O	29,59	29,11
Zn O	1,79	2,27
TOTAL	99,05	98,04

ANALYSES de QUARTZ à GERMANIUM

Arrens (Hautes-Pyrénées) et  
Carboire (Ariège)

Si O <sub>2</sub>	98,40	98,50	99,47	98,60
Ge O <sub>2</sub>	0,87	0,70	0,77	0,82
TOTAL	99,27	99,19	100,33	99,42

FIGURE 16 (2)

ANALYSES à 1a MICROSONDE (R. GIRAUD et C. GILLES)  
des MINERAUX GERMANO-GALLIFERES

ANALYSE de la CARBOIRITE Choritoïde à Germanium)

Carboire (Ariège)

Na <sub>2</sub> O	0,15	0,15	0,15
Fe O	20,54	20,53	20,78
Ge O <sub>2</sub>	30,06	29,93	26,83
Mg O	2,55	2,54	2,69
Zn O	0,26	0,26	-
Si O <sub>2</sub>	2,00	2,37	4,60
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,47	2,47	1,61
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,97	2,95	2,39
Mn O	0,10	0,10	0,31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,38	31,68	33,20
TOTAL	91,47	92,98	92,57

ANALYSES de CHLORITE à Ge et Ga

Trappes (Hautes-Pyrénées),  
Carboire (Ariège)

Si O <sub>2</sub>	20,71	19,89	21,00	18,51
Ti O <sub>2</sub>	-	0,06	-	-
Sn O <sub>2</sub>	-	-	-	-
Ge O <sub>2</sub>	4,35	2,94	2,72	1,49
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,69	22,33	10,34	9,27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,31	2,04	7,60	5,80
Fe O	33,05	35,24	33,90	42,60
Mg O	5,15	3,57	11,18	6,34
Mn O	0,41	0,19	0,47	0,30
Zn O	1,90	2,45	2,41	1,37
Ba O	0,31	0,11	-	0,47
Na <sub>2</sub> O	-	0,04	-	-
K <sub>2</sub> O	0,06	0,05	-	-
Cl	0,07	0,33	-	0,04
H <sub>2</sub> O	9,12	8,97	9,90	8,93
TOTAL	97,13	98,21	99,52	-

FIGURE 16 (3)

ANALYSES à la MICROSONDE (R. GIRAUD et C. GILLES)  
des MINERAUX GERMANO-GALLIFERES

ANALYSE d'ALLANITE à GERMANIUM

Carboire (Ariège)

Na <sub>2</sub> O	0,33
Ca O	11,08
Fe O	12,84
Ge O <sub>2</sub>	10,63
Mg O	0,39
Zn O	0,21
Si O <sub>2</sub>	24,09
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,86
Th O <sub>2</sub>	0,34
Ge O <sub>2</sub>	7,64
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,17
TOTAL	90,08

ANALYSE de ZOISITE (?) à GERMANIUM

Arre inférieur (Pyrénées-Atlantiques)

Na <sub>2</sub> O	0,07	0,02	0,02	0,05	0,07	0,04	0,02	0,00	0,01
Fe O	1,10	0,80	1,06	0,98	0,88	1,10	0,80	0,95	1,01
Ge O <sub>2</sub>	6,66	6,47	7,11	6,58	8,01	4,19	5,59	3,42	7,82
K <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn O	0,10	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,09	32,02	30,82	31,18	31,17	30,65	31,89	32,35	30,57
Ca O	22,40	23,09	22,82	22,76	22,47	22,43	22,77	22,99	22,35
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,44	0,53	0,69	0,73	0,50	0,52	0,43	0,45	0,58
Zn O	1,72	0,47	0,94	0,31	0,96	1,31	1,14	0,75	2,30
Si O <sub>2</sub>	33,53	34,27	33,58	34,02	32,90	35,81	34,98	35,84	33,38
Ti O <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,10
Cl	0,00	0,04	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Sn O	0,03	0,03	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
TOTAL	97,14	97,74	97,14	96,68	96,97	96,06	97,65	96,78	98,16

FIGURE 16 (4)

ANALYSES à la MICROSONDE (R. GIRAUD et C. GILLES)

des MINÉRAUX GERMANO-GALLIFÈRES

ANALYSE de SPHENE à GERMANIUM

Uziou (Pyrénées-Atlantiques)

Na <sub>2</sub> O	0,17	0,15	0,03	0,12
Fe O	0,00	0,23	0,35	0,21
Ge O <sub>2</sub>	19,08	19,50	19,29	8,86
K <sub>2</sub> O	0,01	0,03	0,03	0,04
Mg O	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn O	0,02	0,00	0,00	0,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,36	1,54	1,13	2,76
Ca O	25,21	24,22	25,04	22,53
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,01	0,06
Zn O	3,77	4,32	3,83	2,79
Si O <sub>2</sub>	16,89	16,62	15,97	20,66
Ti O <sub>2</sub>	32,91	31,95	32,75	42,51
Cl	0,01	0,00	0,01	0,00
Sn O	0,14	0,10	0,12	0,20
TOTAL	99,57	98,67	98,87	100,81

ANALYSE de STILPNOËLANE (?) à GERMANIUM

(ce minéral remplace parfois la carboirite)

Anglas (Pyrénées-Atlantiques)

Na <sub>2</sub> O	0,08	0,25	0,09	0,10	0,13
Fe O	27,29	27,49	22,62	26,99	28,05
Ge O <sub>2</sub>	40,15	37,85	28,84	40,29	40,39
K <sub>2</sub> O	2,46	2,37	0,07	2,09	2,25
Mg O	0,97	0,36	1,50	0,71	0,44
Mn O	0,00	0,20	0,00	0,13	0,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,68	12,86	30,45	12,23	12,28
Ca O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,51	0,40	1,85	0,55	0,97
Zn O	2,07	1,95	1,67	4,42	4,77
Si O <sub>2</sub>	3,09	4,76	5,32	3,78	3,29
Ti O <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
Cl	6,11	5,92	0,02	6,09	5,99
Sn O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	95,42	94,42	92,49	97,38	98,68

FIGURE 16 (5)

ANALYSES à la MICROSONDE (R. GIRAUD et C. GILLES)  
des MINÉRAUX GERMANO-GAILIFÈRES

## Les Neras (Pyrénées-Atlantiques)

Na <sub>2</sub> O	0,06	0,14	0,14	0,10	0,19	0,09	0,18	0,11
Fe O	3,47	3,23	3,27	3,72	3,18	3,27	5,13	2,99
Ge O <sub>2</sub>	31,40	31,47	31,43	46,09	46,45	45,91	40,51	28,53
K <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00
Mg O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn O	3,70	2,38	2,68	0,30	0,60	0,65	1,03	3,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,04	14,13	13,97	0,49	0,08	0,94	7,83	16,58
Ca O	25,38	26,26	26,43	25,42	25,21	24,85	26,84	26,19
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,50	10,10	9,45	25,58	26,11	24,63	11,94	4,97
Zn O	4,50	4,64	4,26	5,82	4,52	3,77	5,24	3,11
Si O <sub>2</sub>	14,52	13,50	13,38	1,95	1,69	6,64	7,17	15,28
Ti O <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Cl	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Sn O	0,29	0,08	0,00	0,72	0,87	0,78	0,93	0,00
TOTAL	106,91	105,94	105,03	110,20	108,90	111,59	106,81	101,00

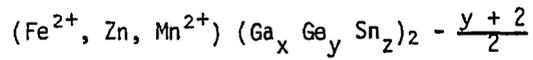
Na <sub>2</sub> O	0,18	0,07	0,01	0,15	0,12	0,23	0,07
Fe O	2,79	2,80	3,73	2,43	1,80	2,42	2,63
Ge O <sub>2</sub>	28,44	30,24	36,49	38,04	31,02	32,25	27,51
K <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
Mg O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn O	2,73	2,71	1,60	0,38	0,31	0,56	1,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,99	16,73	16,13	21,72	19,83	18,92	18,09
Ca O	27,42	27,74	28,42	29,68	30,67	30,48	29,74
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,43	4,38	5,93	1,55	1,10	1,73	3,31
Zn O	4,29	4,63	4,04	2,74	3,22	3,33	2,88
Si O <sub>2</sub>	16,52	15,36	11,57	14,08	14,36	13,01	16,42
Ti O <sub>2</sub>	0,44	0,31	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Sn O	0,08	0,09	0,24	0,10	0,03	0,02	0,30
TOTAL	104,30	105,07	108,21	110,87	102,46	102,95	102,51

FIGURE 16 (6)

ANALYSES à la MICROSONDE (R. GIRAUD et C. GILLES)  
des MINERAUX GERMANO-GALLIFERES

ANALYSE de SPINELLE à GERMANIUM

Montauban (Haute-Garonne) = formule calculée



Mn O	0,95	0,80	0,72	0,74	0,81	0,88	0,85
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	58,60	47,92	51,72	45,94	53,86	53,04	55,33
Ge O <sub>2</sub>	2,80	7,71	5,50	8,68	4,79	5,39	5,07
Zn O	5,15	3,87	3,87	3,93	3,87	4,40	4,46
Sn O <sub>2</sub>	13,78	14,71	14,58	14,63	14,09	13,72	13,12
Fe O	17,30	24,16	22,40	25,18	22,09	20,93	19,82
TOTAL	<u>98,59</u>	<u>99,16</u>	<u>98,79</u>	<u>99,10</u>	<u>99,52</u>	<u>98,35</u>	<u>98,63</u>

FIGURE 16 (7)

ANALYSES à la MICROSONDE (R. GIRAUD et C. GILLES)  
des MINERAUX GERMANO-GALLIFERES

	% des espèces rencontrées		Fréquence (% dans l'ensemble des échantillons)
	Ordovicien	Dévonien	
Cassitérite	64,50	100,00	10,78
Stannite	32,30	8,21	2,41
Stannofidite	4,60		0,26
Fréquence des minéraux d'étain	11,26	13,50	12,34

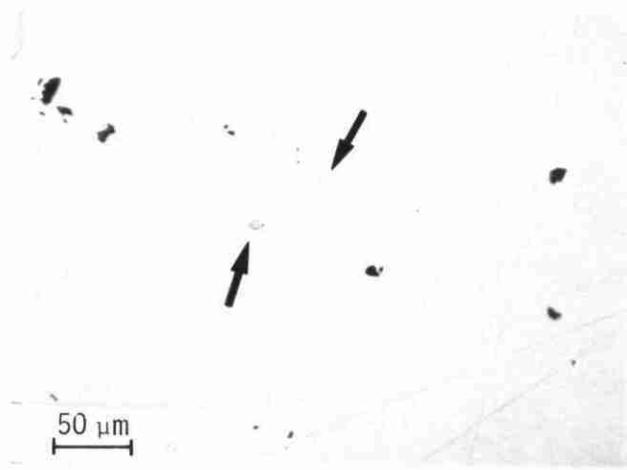
FIGURE 17

FREQUENCE des DIFFERENTES ESPECES STANNIFERES

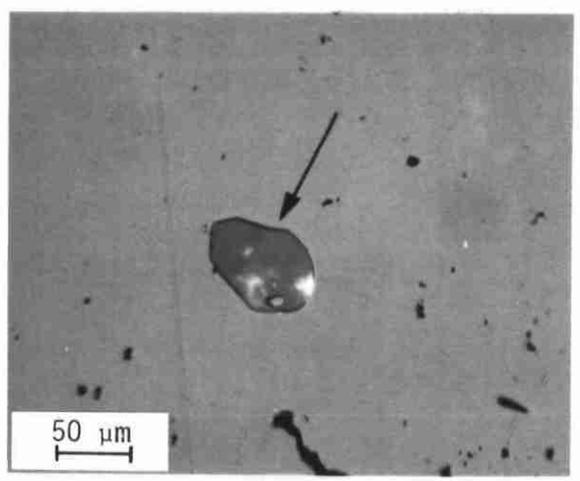
- a : Très fines inclusions de cassitérite (fléchées) dans la blende. Indice des Raspes, (district d'Aulus, Ariège).  
*Photographié en section polie, en lumière naturelle.*
- b : Cassitérite mâclée (plan de macle fléché) automorphe incluse dans la blende. Indice d'Argut (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, en lumière polarisée.*
- c : Cassitérite incluse dans la blende. Anciennes mines de Crabioules (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, en lumière naturelle.*
- d : Cassitérite en "boule" incluse dans la blende. En blanc : la chalcopyrite. Indice du Bûlard (Ariège).  
*Photographié en section polie, en lumière naturelle.*
- e : Cassitérite formant un cristal squelettique dans la galène. Des inclusions arrondies de blende (b) sont présentes également. Indice de Solitaria (Val d'Aran, Espagne).  
*Photographié en section polie, en lumière naturelle.*
- f : Cassitérite automorphe (fléchée) incluse dans la galène. Indice de Lauquille (district d'Aulus, Ariège).  
*Photographié en section polie, en lumière naturelle.*

FIGURE 18

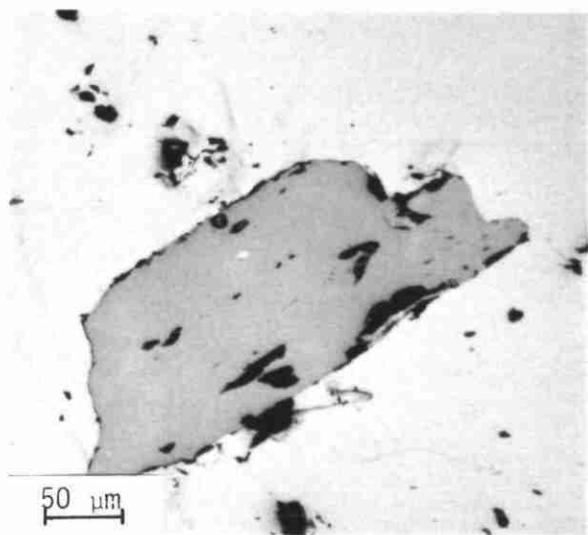
LES MINERAUX d'ETAIN



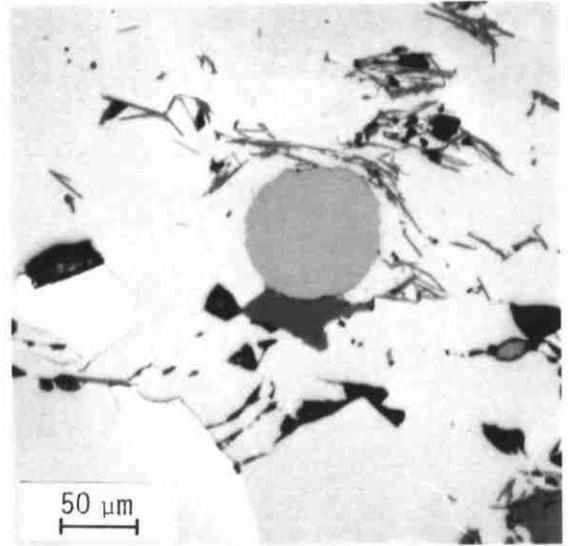
a



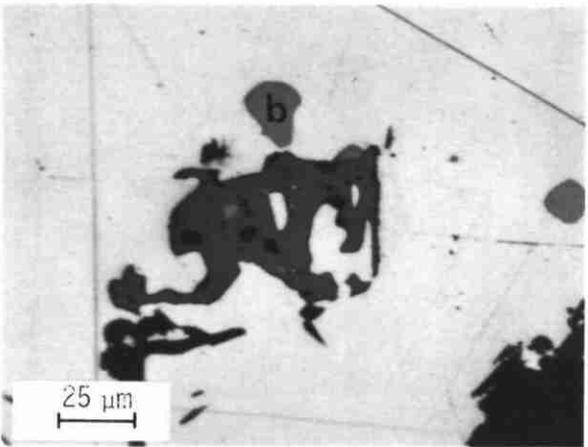
b



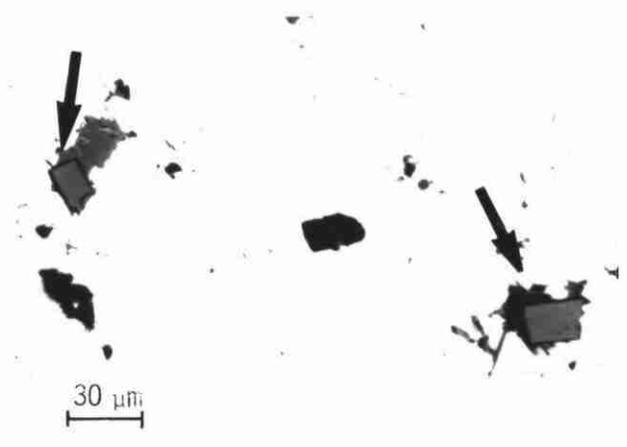
c



d



e

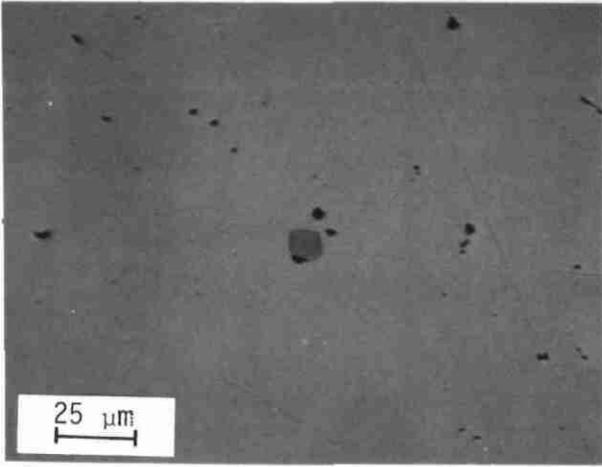


f

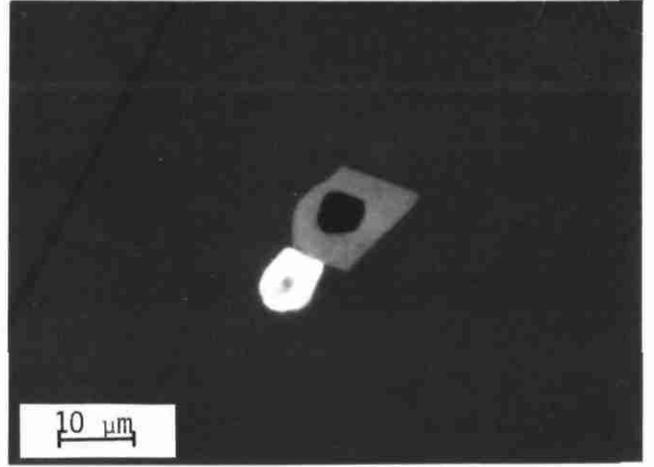
- a : Cassiterite automorphe dans la blende. Indice d'Argut (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle.*
- b : Cassitérite très claire apparaissant blanche a cause des réflexions internes, très abondantes et bien visibles à l'immersion. La cassitérite est accolée à de la magnétite (gris clair) gallifère contenant une inclusion de brunogéierite (noire). L'ensemble est inclus dans la blende. Indice du Nerbiou (Hautes-Pyrénées).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle à l'immersion.*
- c : Stannite (claire) en petites inclusions dans la blende (grise). Indice du Pic de Sarrouyes (Hautes-Pyrénées).  
*Photographié en section polie, lumière réfléchie.*
- d : Stannite automorphe (grise) associée à de la chalcopryrite (blanche) incluse dans du quartz. Anciennes mines de Crabioules (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, en lumière naturelle à l'immersion.*
- e : Stannite (gris moyen) en contact de la blende (gris sombre) et de la chalcopryrite (blanche). Anciennes mines de Crabioules (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, en lumière naturelle et à l'immersion.*
- f : Stannoïdite (gris sombre fléchée) associée à du cuivre gris (gris un peu plus clair) et incluse dans la chalcopryrite (blanche). Indice du Clot des Piches (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, en lumière naturelle et à l'immersion.*

FIGURE 19

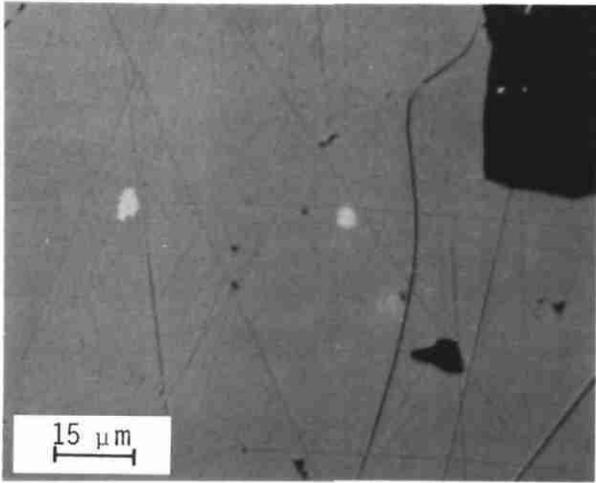
LES MINERAUX d' ETAIN



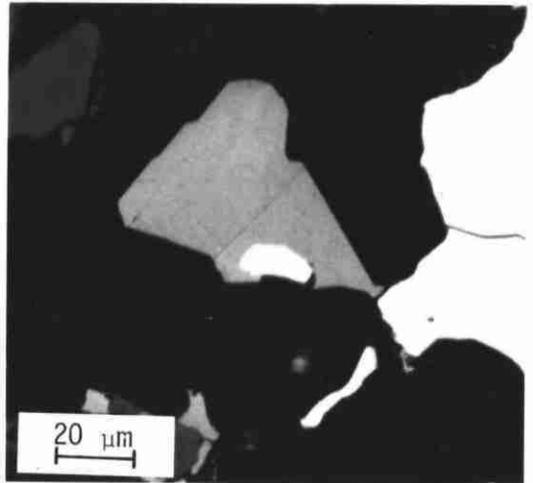
a



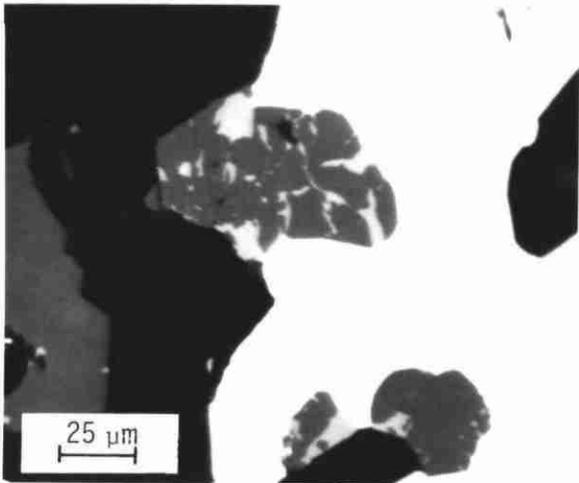
b



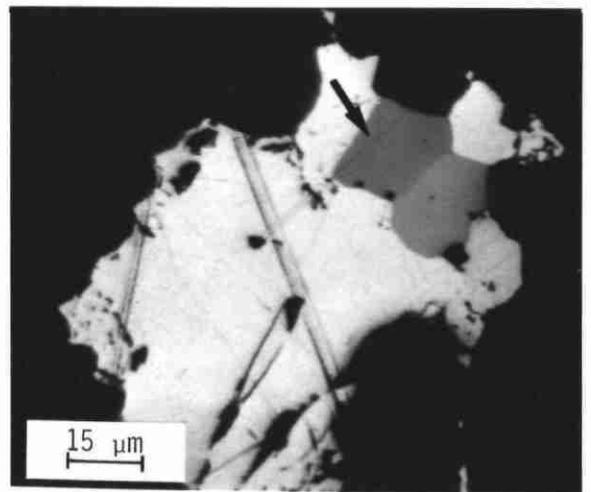
c



d



e

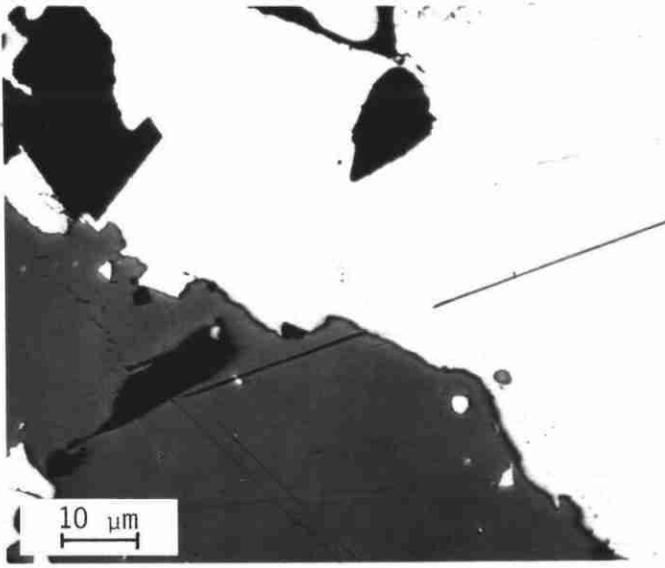


f

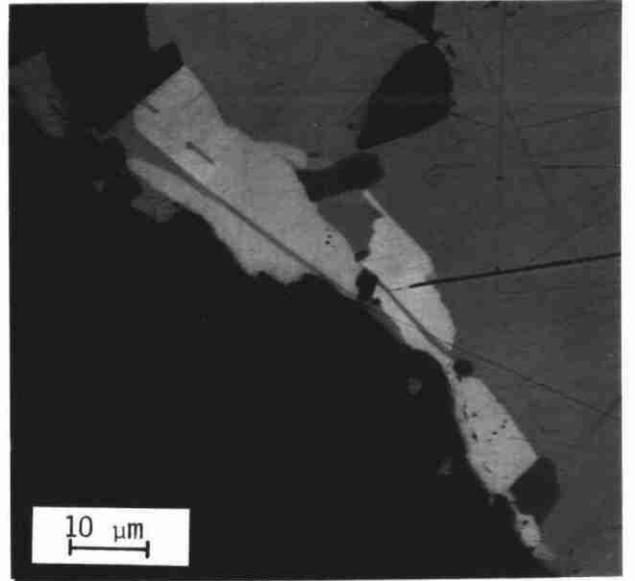
- a : Meneghinite (fléchée) très légèrement moins réfléchissante que la galène (blanche). La blende est gris sombre. Indice de Pal de Raze (Haute-Garonne).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle à l'immersion.*
- b : Meneghinite photographiée en "a" en lumière naturelle et ici en nichols croisés.  
*Photographié en section polie, lumière polarisée à l'immersion.*
- c : Petites plages de semseyite (blanche) incluse dans la galène (gris sombre). Indice de Abères (Ariège).  
*Photographié en section polie, lumière polarisée.*
- d : Cosalite (gris clair) en fibres contenant des petites plages de bismuth natif (blanc et tendre) et de petits cristaux automorphes de cobaltite (blanche, en relief). Indice du Val de Bitet (Pyrénées-Atlantiques).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle à l'immersion.*
- e : Cobaltite (blanche en relief) incluse dans des minéraux de bismuth galénobismutite (gris clair) et cosalite (blanche). Indice du Val de Bitet (Pyrénées-Atlantiques).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle à l'immersion.*
- f : Petite plage d'électrum (blanche) incluse dans la blende. Indice de Sainteïn (Ariège).  
*Photographié en section polie, lumière naturelle à l'immersion.*

FIGURE 20

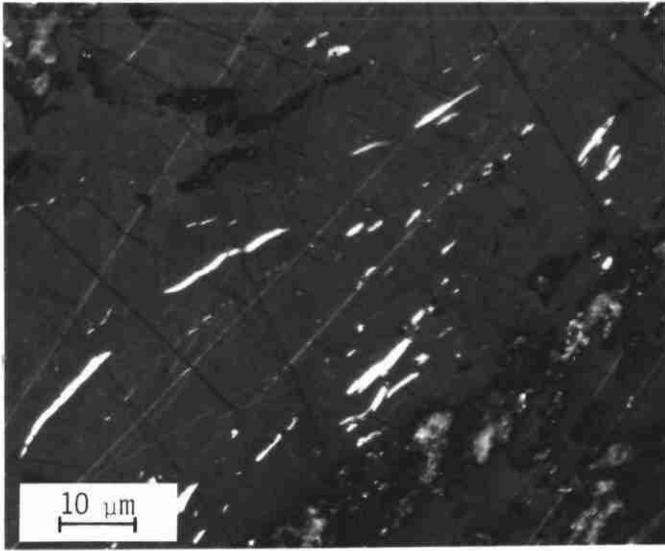
LES SULFOSELS de PLOMB et BISMUTH - L'OR NATIF



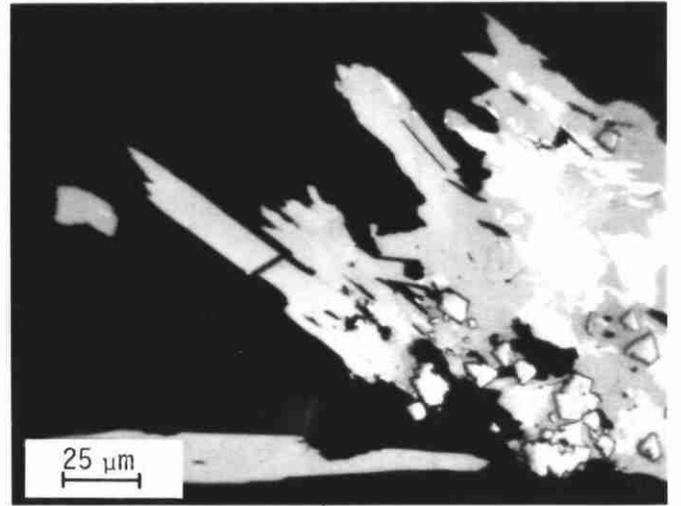
a



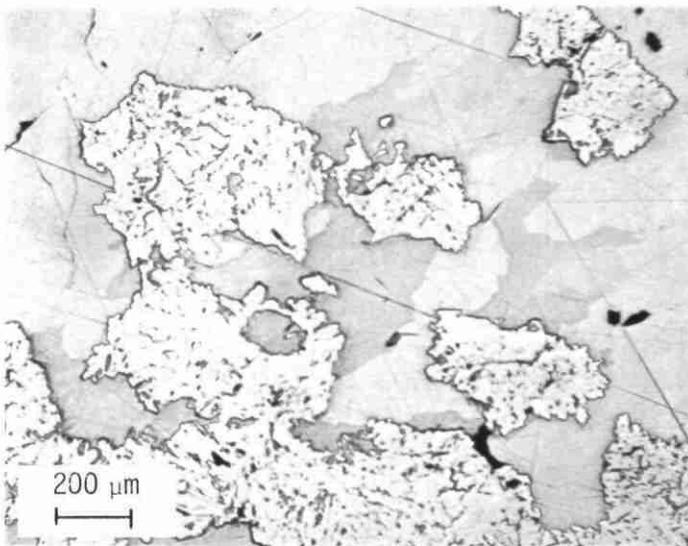
b



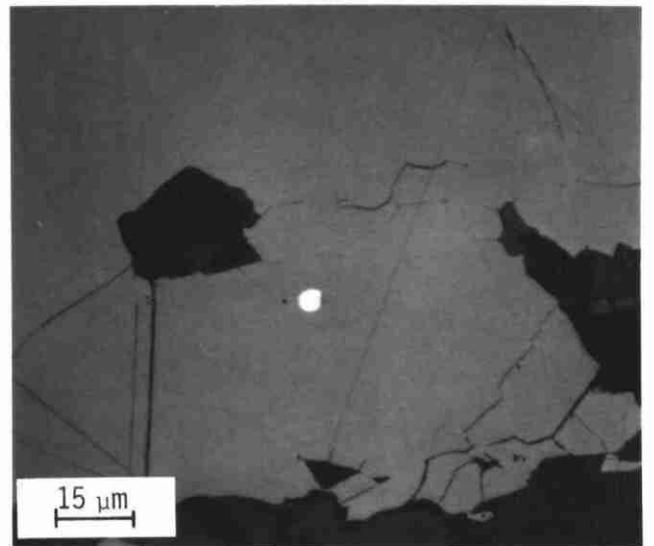
c



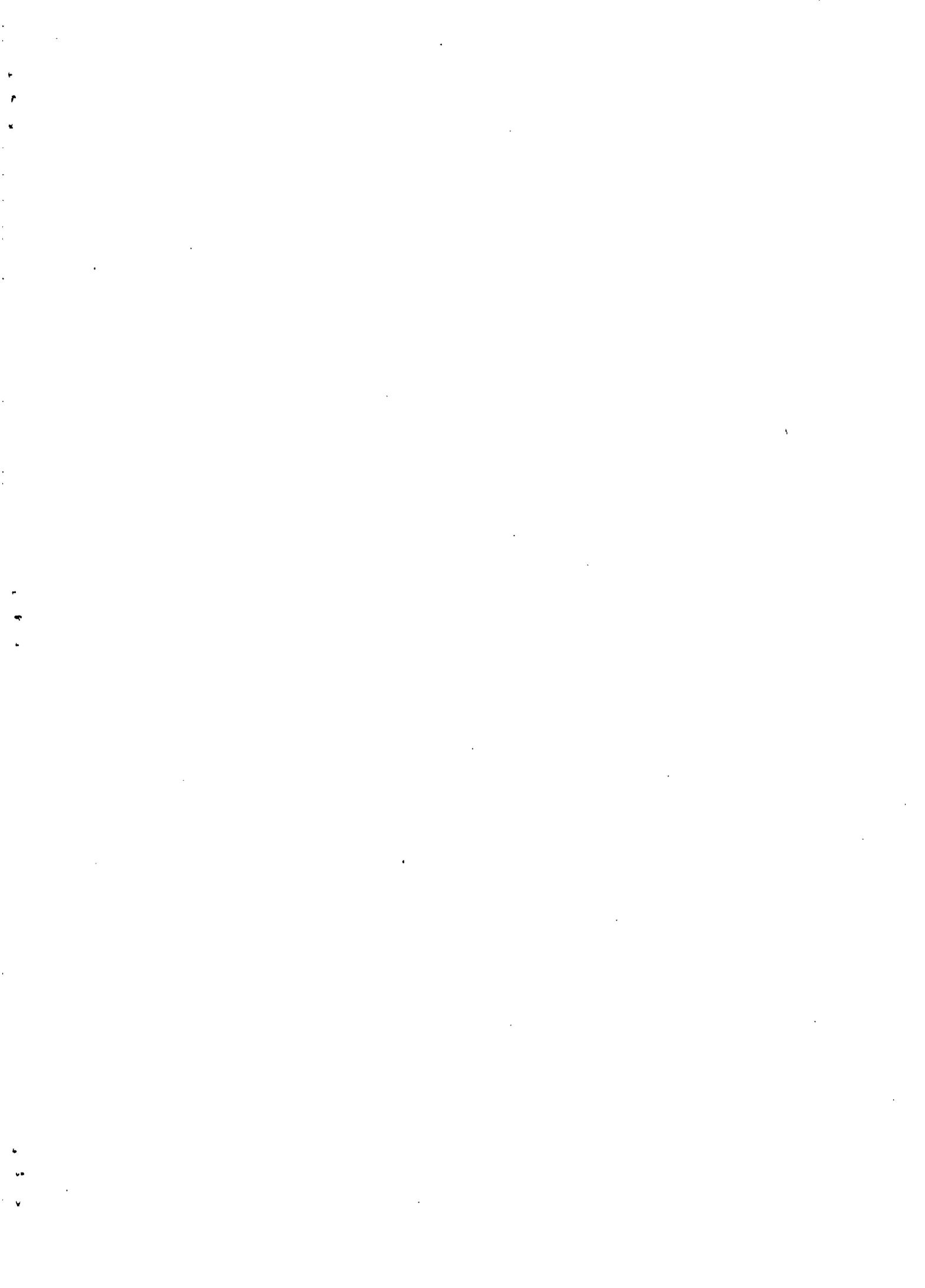
d



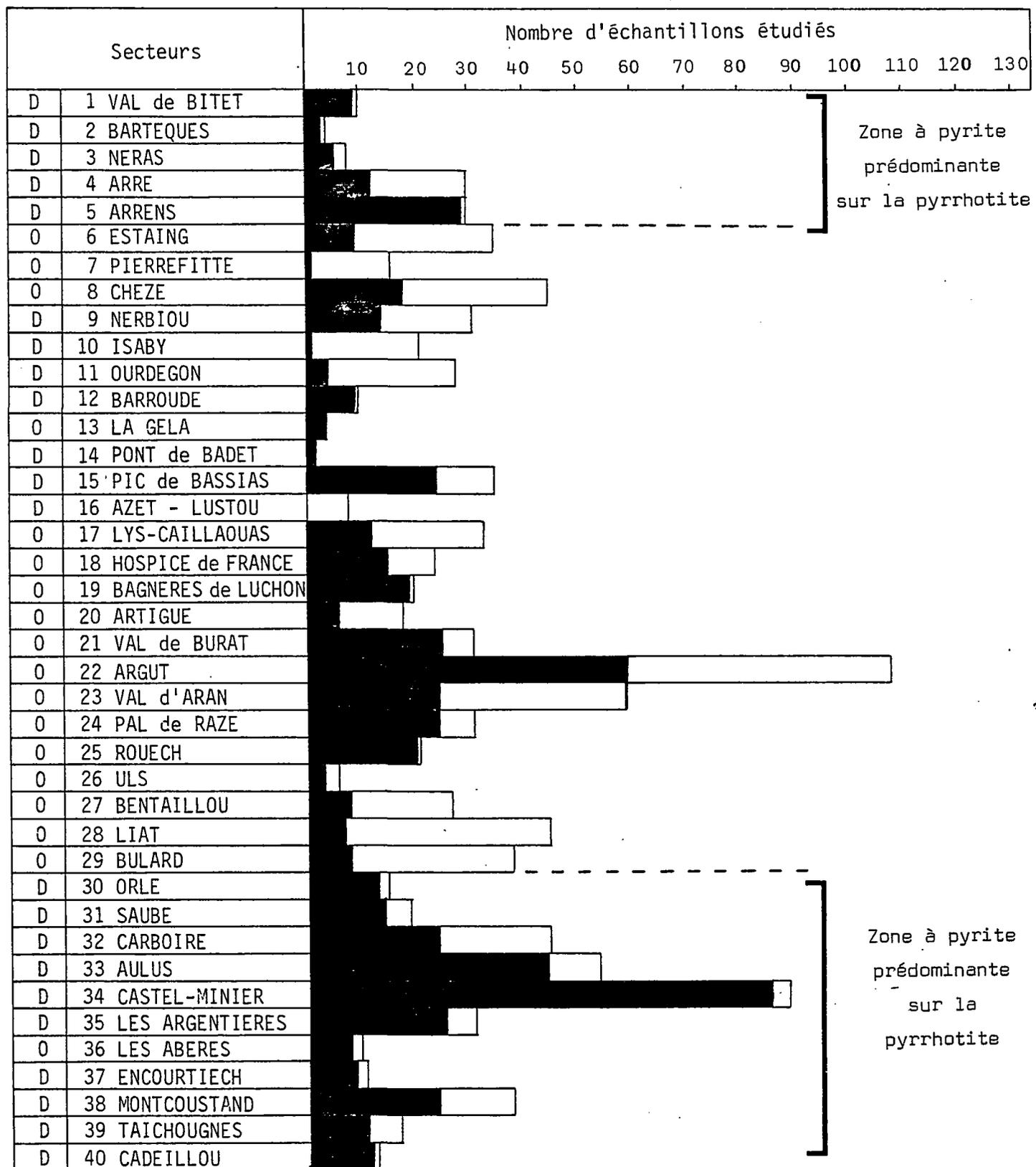
e



f



W



E

FIGURE 21

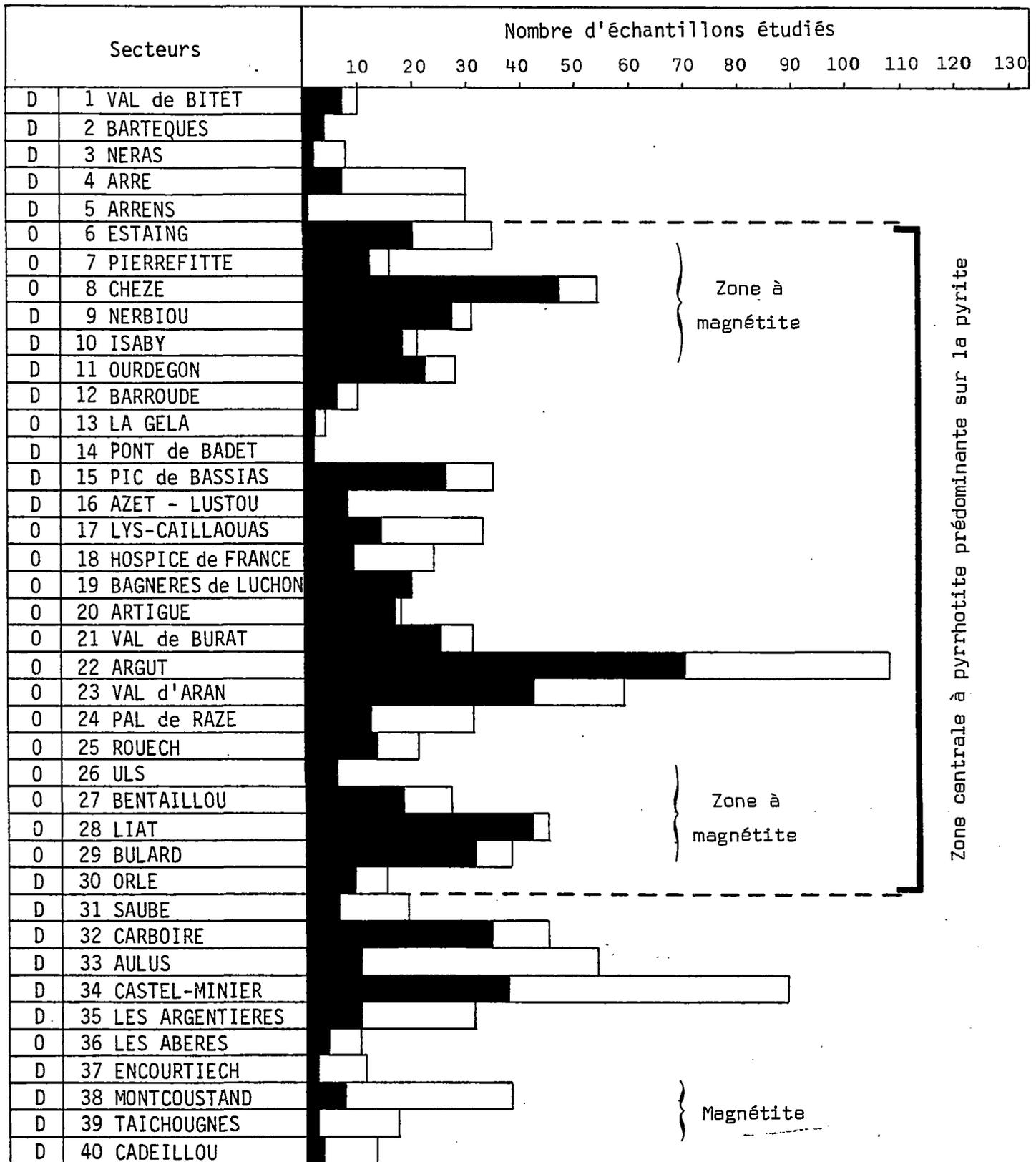
## REPARTITION de la PYRITE

O = Ordovicien

D = Dévonien

Nombre d'échantillons où  
la pyrite est présente

W



E

FIGURE 22

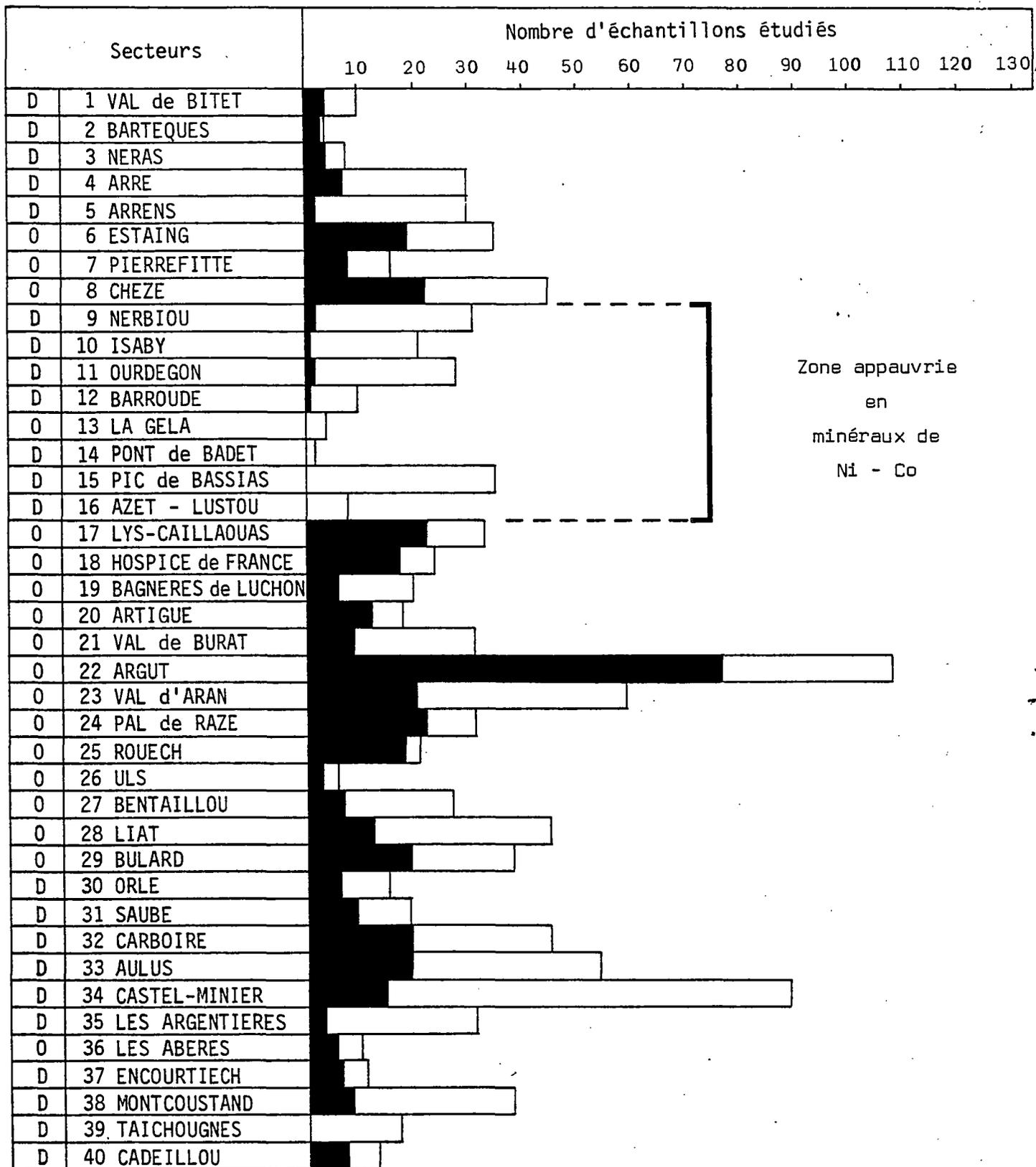
## REPARTITION de la PYRRHOTITE

O = Ordovicien

D = Dévonien

Nombre d'échantillons ou  
la pyrrhotite est présente

W



E

FIGURE 23

## REPARTITION des MINERAUX de NICKEL-COBALT

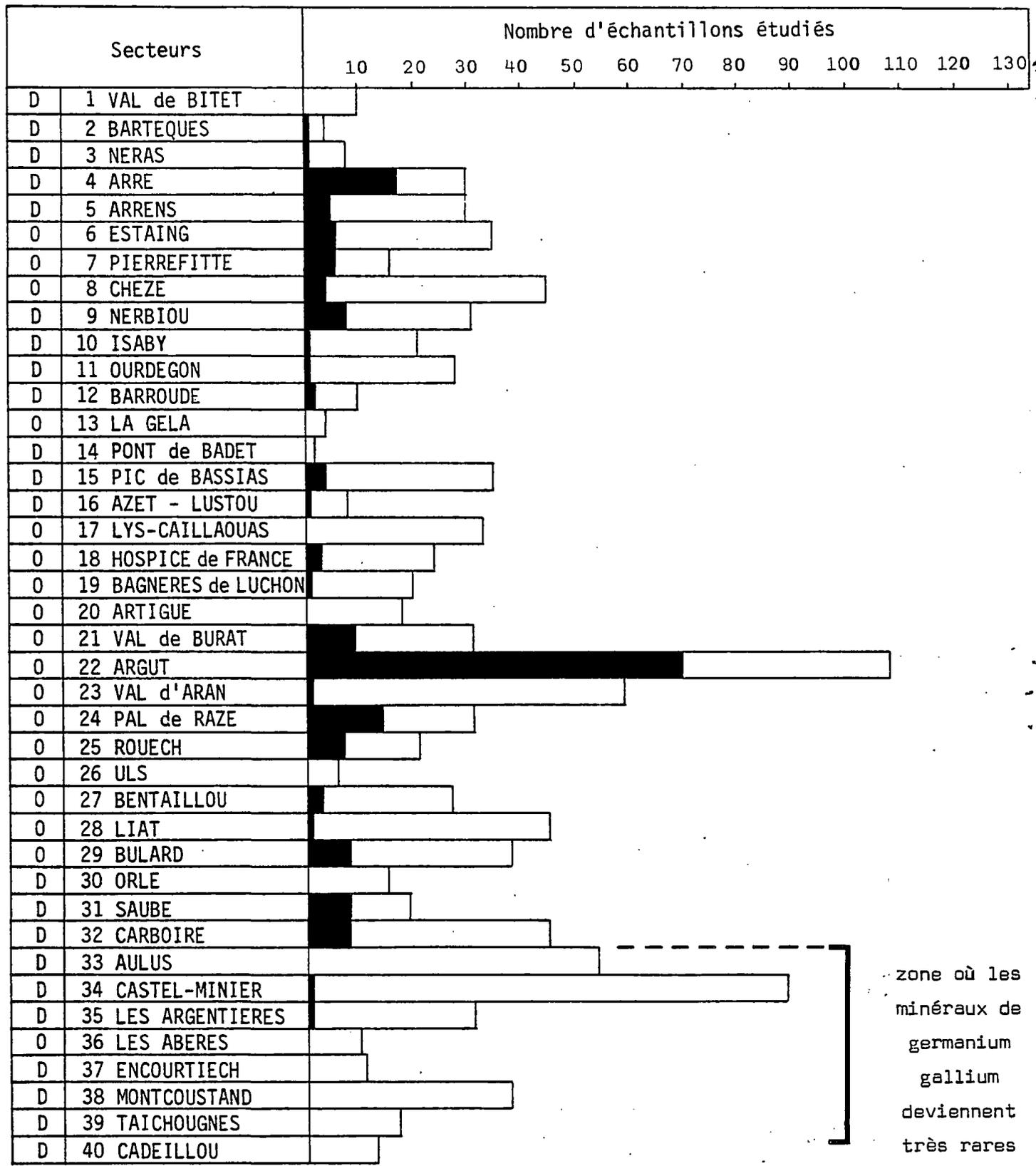
O = Ordovicien

D = Dévonien

■ Nombre d'échantillons où  
les minéraux de nickel-  
cobalt sont présents



W



zone où les minéraux de germanium gallium deviennent très rares

E

FIGURE 25

REPARTITION des MINERAUX de GERMANIUM-GALLIUM

O = Ordovicien

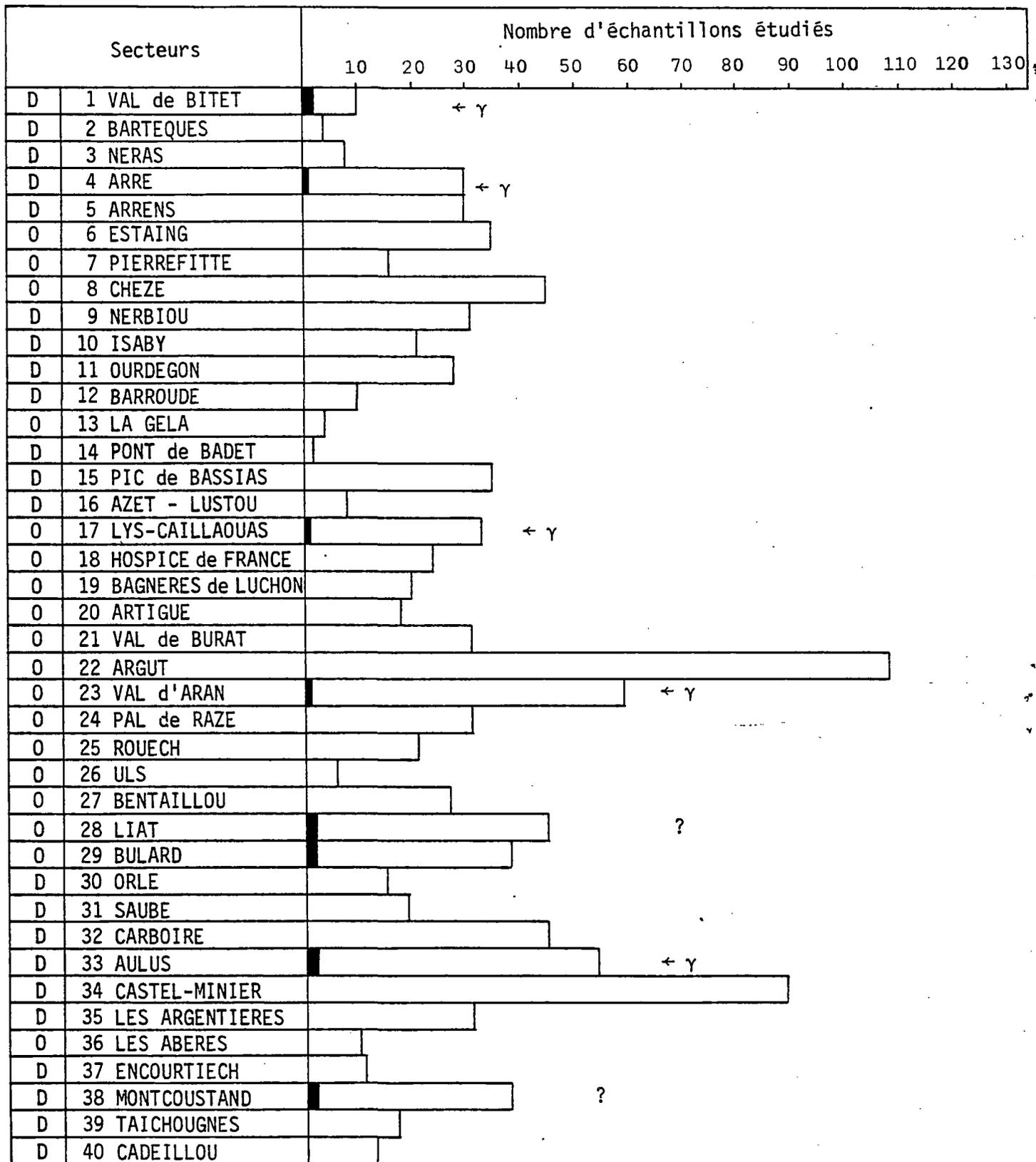
D = Dévonien



Nombre d'échantillons où le nombre de germanium-gallium sont présents



W



E

FIGURE 27

## REPARTITION des MINERAUX de BISMUTH

O = Ordovicien

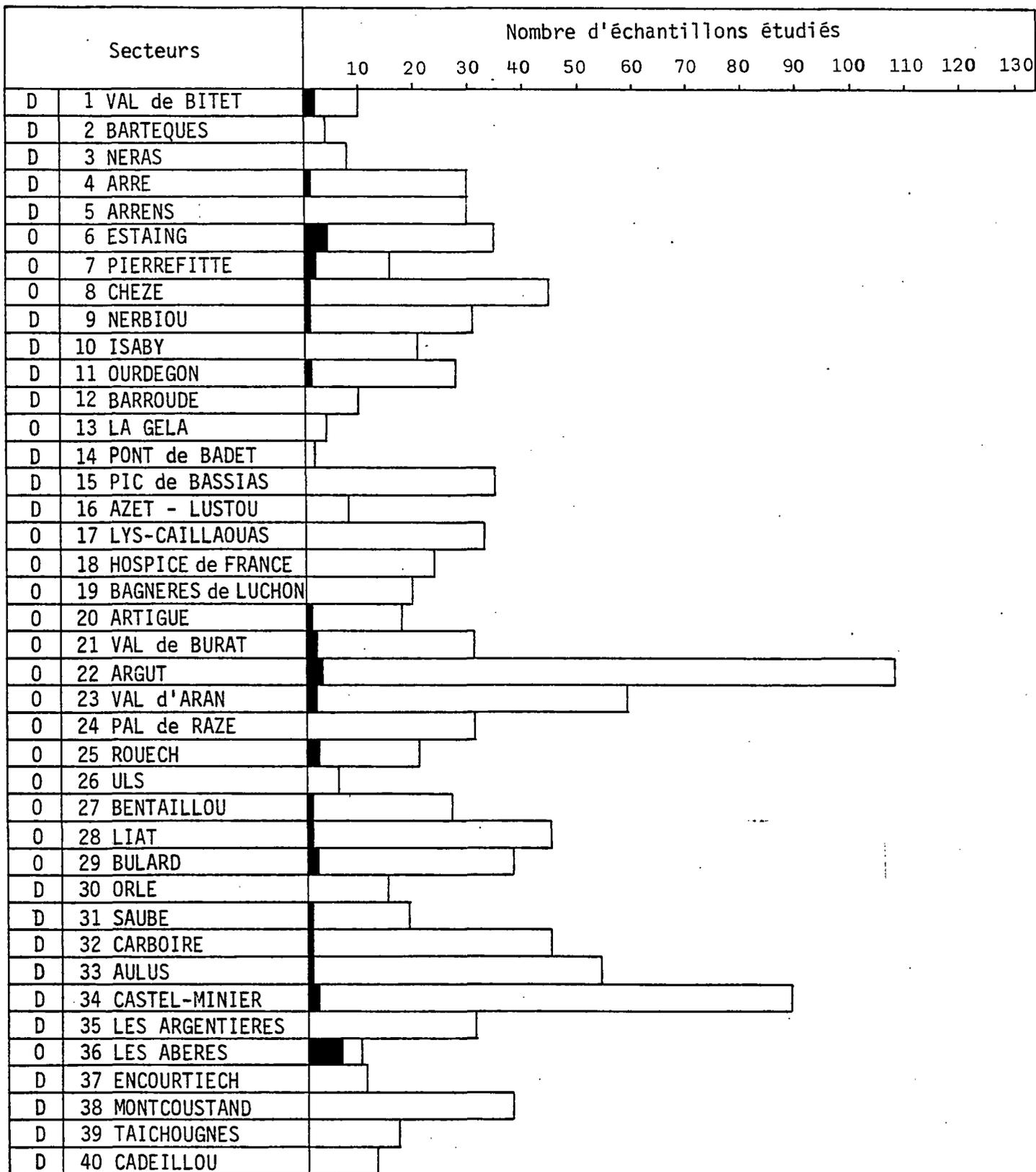
D = Dévonien



Nombre des échantillons où  
les minéraux de bismuth  
sont présents

 $\gamma$  = Granite

W



E

FIGURE 28

## REPARTITION des MINERAUX d'ARGENT

O = Ordovicien

D = Dévonien



Nombre des échantillons où l'argent est présent

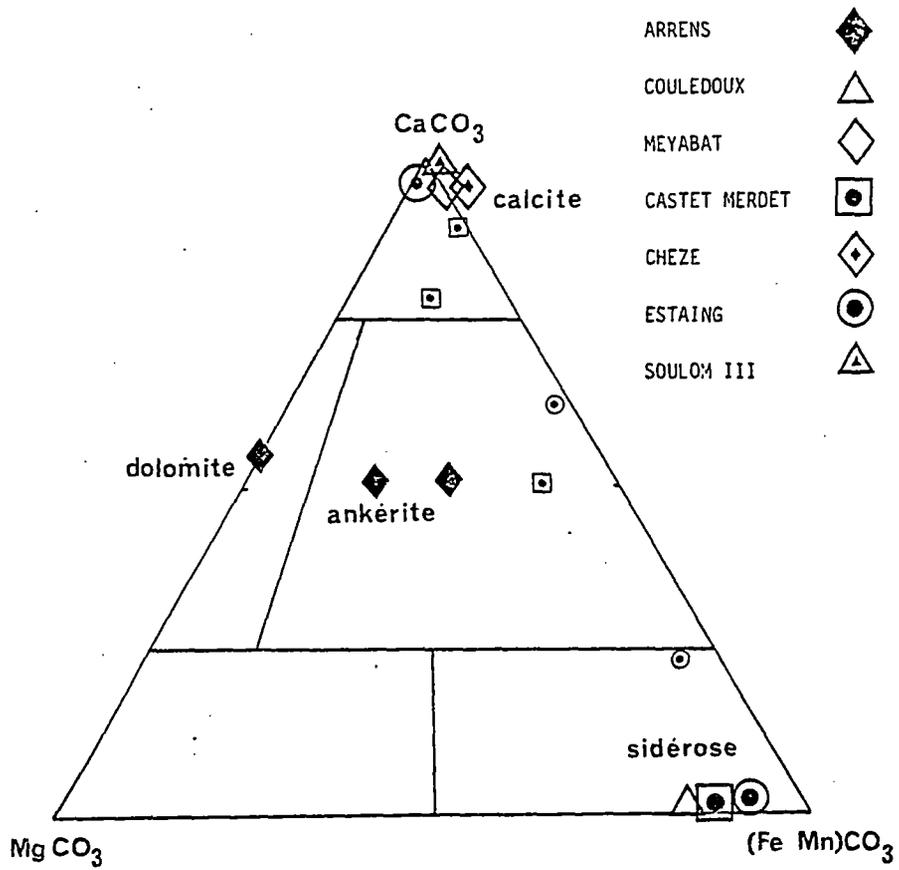


FIGURE 29  
 COMPOSITION des CARBONATES des GANGUES

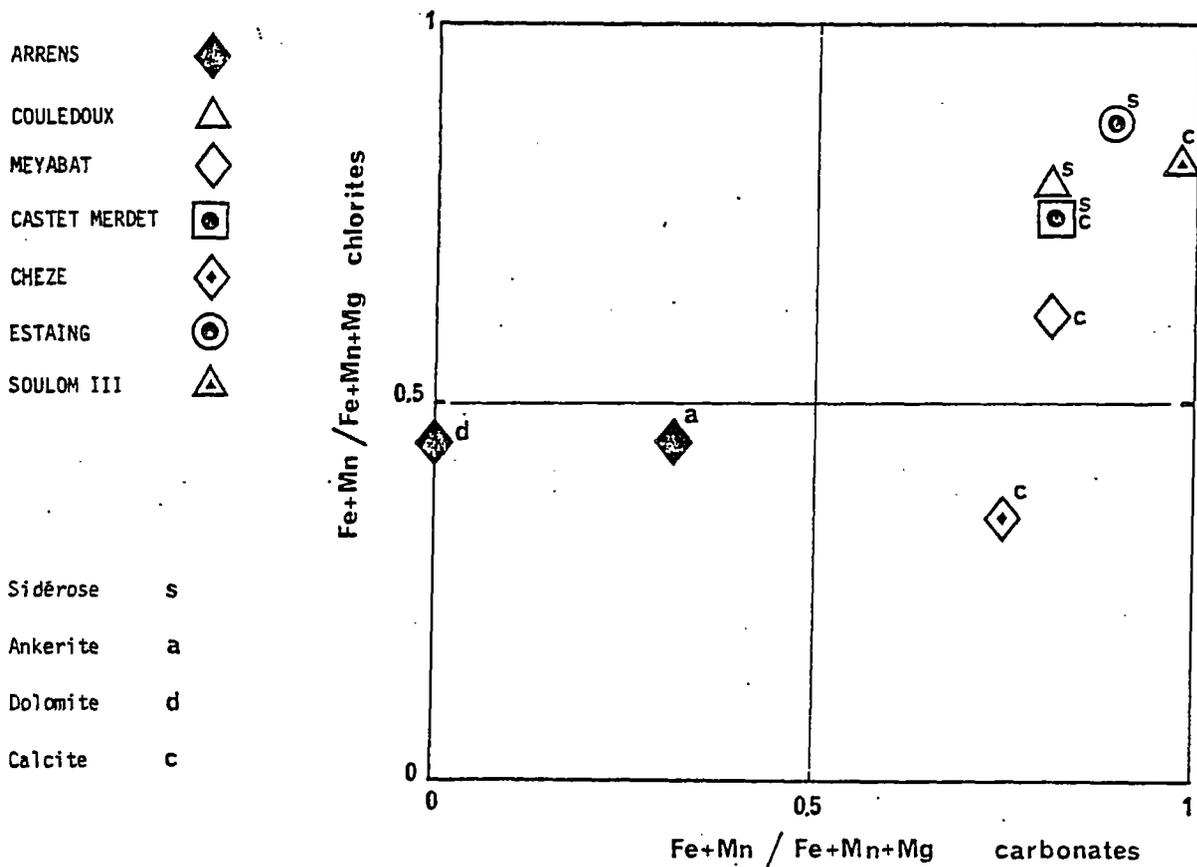


FIGURE 30  
 DIAGRAMME CHLORITE - CARBONATE

- POUY ARDOUN ●
- TECHOUS ■
- SARROUYES ▲
- ARRENS ◆
- NERBIOU ■
- BULARD ○
- ARGUT □
- COULEDOUX △
- MEYABAT ◇
- CASTET MERDET ◻
- CHEZE ◆
- ESTAING ⊙
- SOULOM III ▲
- ROUECH ◆

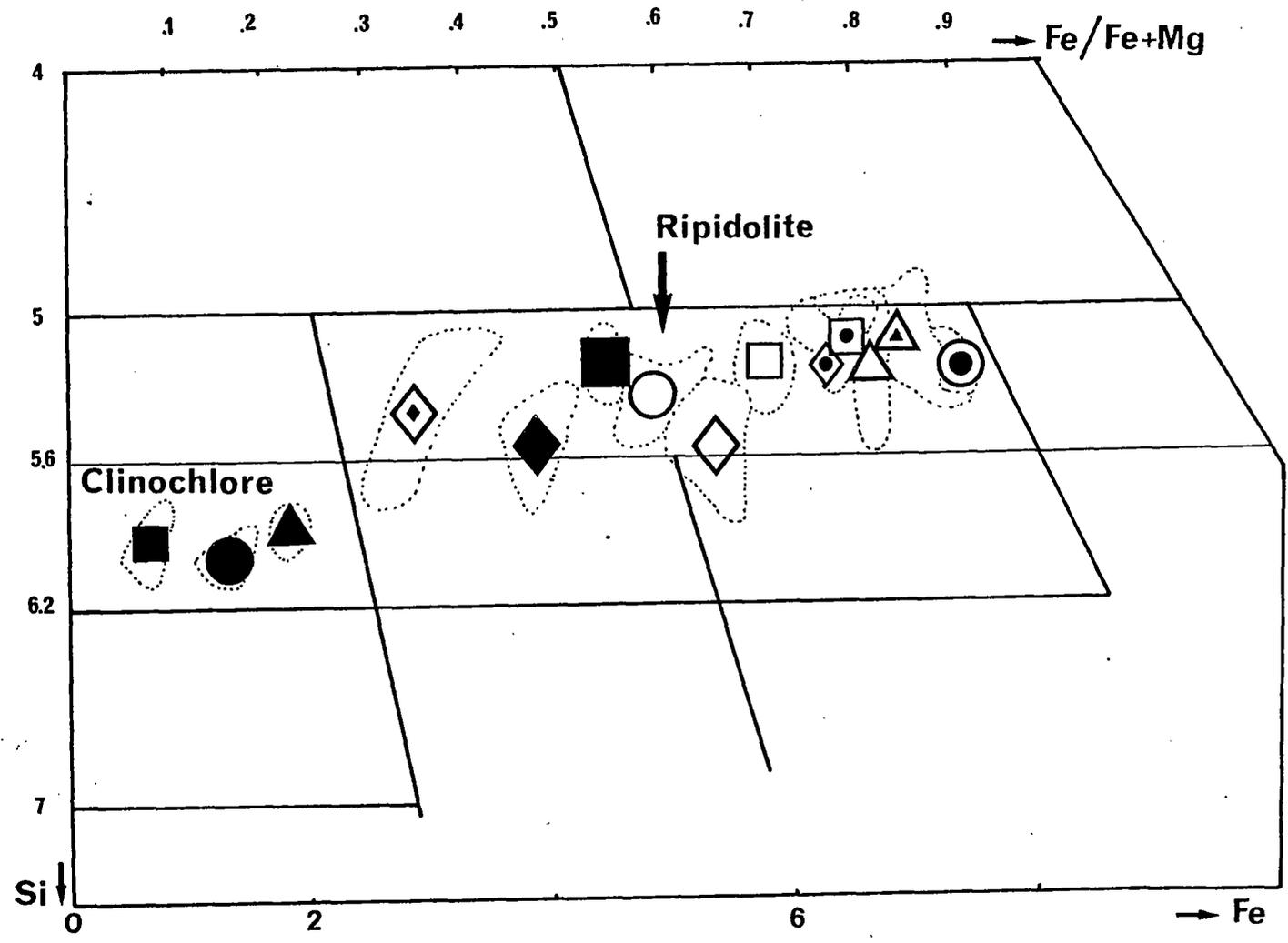


FIGURE 31

COMPOSITION des CHLORITES des GANGUES (d'après le diagramme de HEY, 1954)

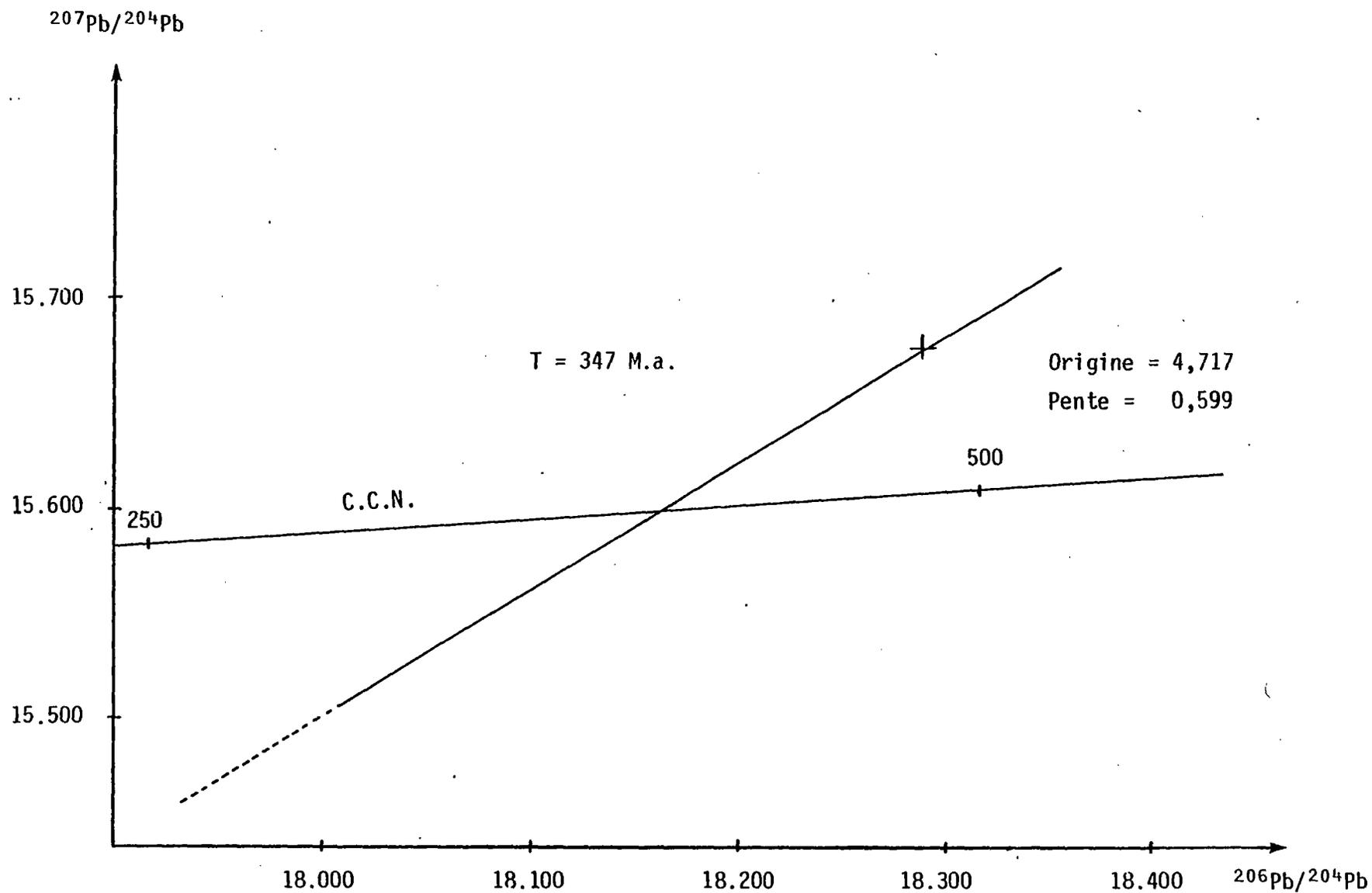


FIGURE 32

POSITION du Pb de la GALENE de COL de la LAUZE par RAPPORT à C.C.N. (Courbe de croissance normale)  
 de STACEY et KRAMER sur un DIAGRAMME  $\alpha, \beta$