

INDICE DE MINERALISATION SULFUREE (Fe, Zn, Pb, Cu, Ni, Co) LIEE AUX STRATES DU FRASNIEN (LIMITE F2/F3) DANS LE SONDAGE D'HEIBAART (LOENHOUT, PROVINCE D'ANVERS)

par L. DEJONGHE.

1. Description sommaire du sondage d'Heibaart.

Le sondage d'Heibaart 1-1 bis (commune de Loenhout), situé dans le nord de la Campine, est indexé au Service géologique de Belgique sous le n° 7E178. Il a été effectué pour le compte de Petrofina en 1962.

Le tableau I résume les observations lithologiques et stratigraphiques de Cornet (1976) auquel nous ferons de larges emprunts.

Tableau I : Lithologie et stratigraphie du sondage 7E178 (Heibaart), d'après Cornet (1976).

| Profondeur (mètres) | Lithologie | Age |
|---------------------|--|------------------|
| 0 à 1.052 | | Crétacé |
| 1.052 à 1.095 | Shale noir et grès quartzitique | Namurien |
| 1.095 à 1.141 | Shale plus ou moins silteux, extrêmement pyriteux (pendage 12-15°) | Namurien (E2) |
| 1.141 à 1.215 | Calcaire. Silicification irrégulière sous forme de quartz authigène | Viséen (V3a) |
| 1.215 à 1.459,5 | Calcarénite | Viséen (V2a-V2b) |
| 1.459,5 à 1.533 | Grès fin argilo-micacé, vert, rouge ou bigarré (pendage 15°) | Viséen (VI) |
| 1.533 à 1.594,6 | Schiste carbonaté, silto-micacé, très pyriteux à la base (pendage 12°) | Frasnien (F3) |
| 1.594,6 à 1.602 | Silicite dolomitique minéralisée en sulfures puis, calcaire subnoduleux | Frasnien (F2) |
| 1.602 à 1.610 | Schiste carbonaté plus ou moins silteux et micacé | Frasnien (F2) |
| 1.610 à 1.619 | Calcaire argileux et schiste calcaire | Frasnien (F2) |
| 1.619 à 1.624,8 | Dolomie calcaire, sableuse à la base, bréchique vers le sommet. Pyrite diffuse ou en amas, localement très abondante | Frasnien (F2) |
| 1.624,8 à 1.628 | Schiste localement silicifié et calcaire noduleux | Frasnien (F2) |
| 1.628 à 1.638,65 | Schiste noir, pyriteux (pendage : 45°) | Silurien |

2. Description macroscopique du niveau minéralisé

Le niveau minéralisé, décrit dans cette note, est situé entre 1.594,60 et 1.595,20 m.

La roche support de la minéralisation est de nature carbonato-siliceuse. Elle est gris sombre à noire, vacuolaire et fracturée. Des caractères de remaniement syn-sédimentaire sont localement bien marqués (présence d'intraclastes arrondis et anguleux, noirs et brunâtres). Les bioclastes (coquilles, crinoïdes, polypiers) sont rares et fantomatiques. Cette roche a été qualifiée de grès dolomitique par Cornet (1976). Etant donné que le quartz n'est pas de nature détritique, nous lui préférons le nom de silicite dolomitique ou dolomie siliceuse, poreuse (voir 3.1. et 3.8).

La zone minéralisée repose sur un calcaire gris, moyennement à finement grenu, peu bioclastique, subnoduleux et intraclastique. La matrice argileuse est riche en débris d'organismes récifaux, surtout dans les premiers mètres sous-jacents à la zone minéralisée. Ce calcaire est rapporté au Frasnien F2 terminal.

Au toit, apparaît un schiste très pyriteux renfermant de nombreux éléments calcaires. D'un point de vue sédimentologique, cette formation débute par un niveau à laminations bioturbées, lui-même surmonté par une passée riche en intraclastes, lambeaux flués, pelures et traînées argileuses. On note également la présence de niveaux bréchiques. Le reste de la séquence est assez homogène : il s'agit d'un schiste peu carbonaté, silto-micacé ; localement bioclastique, à laminations perturbées et interrompues, liées à une bioturbation intense où dominent les terriers horizontaux, ainsi qu'à pelures argileuses en abondance. L'âge de cette formation est Frasnien F3.

Le tableau II montre l'assemblage minéral de la zone considérée. Les minéraux ont été identifiés en épiscopie ou en diascopie. Toutes les lames minces ont été préalablement colorées à l'alizarine Red S.

Tableau II : Assemblage minéral du niveau minéralisé du sondage d'Heibaart. Les teneurs ont été estimées visuellement au microscope.

| Roche support | Teneur moyenne (%) | Teneur maximale (%) |
|-----------------------|--------------------|---------------------|
| - quartz | 40 | 75 |
| - dolomite | 40 | 70 |
| - sidérite | 5 | 30 |
| - calcite | 7 | 55 |
| - séricite | << 0,1 | - |
| - matières carbonées | 1 | 100 |
| - débris phosphatés | << 0,1 | - |
| Minéralisation | | |
| - pyrite-marcasite | 5 | 100 |
| - sphalérite | 1 | - |
| - galène | < 1 | - |
| - chalcopryrite | << 1 | - |
| - bravoïte | << 0,1 | - |

3. Description pétrographique de la roche support de la minéralisation

3.1. Quartz

Le quartz n'est identifiable qu'au microscope. Il est distribué de façon très hétérogène ;

fréquemment

- en microcristaux isolés ou faiblement concentrés ;
- en agrégats de composition monominérale aux contours informes ;

et beaucoup plus rarement

- en agrégats longiformes composant avec des carbonates et des opaques, une structure orientée de type litage lenticulaire, à l'échelle de la lame mince (fig. 1) ;
- en agrégats de composition monominérale pseudomorphosant des coquilles de fossiles, avec

éventuellement, remplissage de la cavité interne.

Parfois, on observe des boules quartzieuses, de section elliptique, au plus grand axe mesurant 150 à 450 μm (fig. 2), dont l'origine est problématique. Peut-être s'agit-il de fantômes de radiolaires ? ;
- en agrégats de composition monominérale, frangeant la périphérie de nodules sulfurés, là où un vide "mécanique" est apparu suite à un léger déplacement des nodules (lamelles perpendiculaires ou faiblement obliques aux parois).

Dans tous les cas, les agrégats sont formés de cristaux xénomorphes ou, plus rarement, subautomorphes, parfaitement engrenés les uns aux autres (la tendance à l'automorphie s'observe sur les cristaux de plus grande taille).

Le quartz ne se présente jamais sous forme de grains bien individualisés, aux contours anguleux ou plus ou moins émoussés, comme c'est le cas dans les roches détritiques.

Au point de vue taille, on distingue deux populations distinctes.

- a) des cristaux xénomorphes, équants, de 15 à 25 μm , passant parfois à des plages de quartz cryptogrenu ;
- b) des cristaux xénomorphes ou subautomorphes allongés (fig. 3) (L : 160 μm ; l : 60 - 100 μm), statistiquement disposés dans deux directions grossièrement orthogonales. Ils voisinent souvent avec des nodules sulfurés.

En outre, ces cristaux de plus grande taille que ceux de la première catégorie, renferment systématiquement dans leur partie centrale des petites inclusions de carbonates (inférieures à 5 μm). De plus, un composant diffus, translucide à opaque, brunâtre à noir, teintant en brun clair le quartz avoisinant (surtout en périphérie) ou le maculant de taches s'insinue entre les interstices des cristaux ou agrégats quartzieux de cette seconde catégorie. Il s'agit très probablement de matières carbonées.

Bref, certains caractères pétrographiques assignent à une partie du quartz une origine diagénétique (cas des cristaux allongés disposés dans deux directions grossièrement orthogonales, cas des cristaux les plus grands à tendance automorphe, cas des cristaux renfermant systématiquement dans leur partie centrale des petites inclusions de carbonates, cas de la pseudomorphose des fossiles).

3.2. Dolomite

La dolomite existe en cristaux subautomorphes ou en rhomboèdres de 20 μm à 100 μm (en moyenne : 60 μm). Ils sont parfois zonés (fig. 4). Les stades successifs de croissance sont bien visibles grâce aux variations de coloration qui caractérisent les différentes zones ou à la présence d'opacités (sulfures) concentrés dans certaines zones. Très fréquemment, ces rhomboèdres possèdent un noyau (40-100 μm) de marcasite xénomorphe (fig. 5).

3.3. Sidérite

La sidérite n'a été identifiée qu'au microscope, mais certaines observations permettent de soutenir sa présence. En effet, dans une des lames, tous les rhomboèdres carbonatés présentent une coloration jaunâtre très marquée qui s'intensifie le long des bords. En outre, ces rhomboèdres sont maculés de taches brunâtres. Quelque soit la section envisagée, les indices de ce minéral sont toujours supérieurs à ceux du quartz. Rappelons que, par contre, la calcite, la dolomite et la magnésite ont un petit indice inférieur à ceux du quartz.

3.4. *Calcite*

La calcite forme parfois le ciment de la roche (mosaïque de cristaux xénomorphes de 80-100 μm). On la rencontre aussi dans des lentilles et comme constituant de fantômes de tests de fossiles.

3.5. *Phyllites*

Très rares lamelles de séricite.

3.6. *Matières carbonées*

Les matières carbonées entrent dans la composition du ciment d'agrégats quartzeux ou, moins fréquemment, carbonatés. Quartz et carbonates sont légèrement teintés par les matières carbonées ou maculés de taches sombres de même nature. On observe parfois aussi que ces matières carbonées sont concentrées dans des figures linéaires circonvoluées (stylolithes ?).

3.7. *Débris phosphatés*

Extrêmement rares. Présence de quelques débris allongés (environ 300 μm) sans structure particulière.

3.8. *Nom de la roche*

Sur le plan pétrographique, un des traits les plus marquants est le caractère hétérogène de la roche support de la minéralisation. Par places, les carbonates dominent et parmi eux la dolomite. A d'autres endroits, c'est le quartz. Mais on trouve aussi tous les termes intermédiaires. Dans la classification de Tédorovich (1958) la roche correspond selon les cas à une silicite dolomitique ou à une dolomie siliceuse.

4. Description pétrographique de la minéralisation

4.1. *Marcasite*

Les sulfures de fer (pyrite et marcasite) sont macroscopiquement abondants et apparaissent en petits grains disséminés ou en nodules centimétriques, aux contours très irréguliers. Les vacuoles de la roche sont souvent tapissées par un enduit pelliculaire formé de cubes et octaèdres inframillimétriques de pyrite.

Par rapport à la pyrite, la marcasite est très abondante et se présente au microscope sous plusieurs habitus :

- en cristaux lamellaires (d moy. : 10-20 μm) ;
- en coffrets (carcasse de 10-20 μm de côté sur noyau carbonaté. Le contour extérieur est automorphe et l'intérieur, xénomorphe - fig. 6) ;
- en cristaux xénomorphes de taille variable ;
- en agrégats compacts à structure en mosaïque. Parfois, on y observe des reliques de structures zonaires et framboïdales.

La marcasite recristallise localement en pyrite.

4.2. *Pyrite*

Les habitus de la pyrite sont :

- des framboïdes (d : jusqu'à 10 μm), souvent isolés et parfois agglutinés. La structure framboïdale est souvent effacée par la recristallisation ;
- des petits cristaux automorphes ou subautomorphes.

4.3. *Bravoïte*

Excessivement rare et toujours associée à la pyrite, en fines bandes zonées ou en couronne de quelques μm d'épaisseur.

4.4. *Sphalérite*

Dans certaines zones d'une roche carbonatée gris foncé à noire, emballant des nodules carbonatés gris moyen à gris clair, on observe macroscopiquement une concentration remarquable de sphalérite sous la forme d'abondants cristaux millimétriques, équants, isolés ou partiellement jointifs. Ce sulfure est très nettement confiné aux zones très riches en matières carbonées. En épiscopie, ces cristaux de sphalérite présentent les caractéristiques suivantes (fig. 7 et 8) : cristaux subautomorphes (les faces cristallines sont irrégulières mais s'inscrivent parfaitement dans une figure géométrique), millimétriques, zonés (les réflexions internes sont plus foncées au centre qu'en périphérie), renfermant de très nombreuses inclusions : principalement, des carbonates, généralement au contour subcirculaire et parfois, rhomboédriques ; accessoirement de quartz (ce dernier, souvent en couronne autour des carbonates). Les autres inclusions sont très rares et consistent essentiellement en sulfures de fer : petits octaèdres de pyrite (5-10 μm) ; petites lamelles de marcasite ($\pm 15\mu\text{m}$), ces dernières, parfois greffées sur la pyrite ; enfin, pyrite plus ou moins recristallisée. Toutes ces inclusions n'ont pas de répartition particulière, sauf, parfois une tendance à être plus nombreuses au centre qu'en périphérie des cristaux.

En diascopie, on peut parfois reconnaître de la sphalérite qui semble avoir colmaté le coeur de géodes aux parois tapissées de cristaux de quartz.

4.5. *Chalcopyrite*

La chalcopyrite est localement très abondante. Elle apparaît en grains xénomorphes (parfois subautomorphes), de taille variable (souvent supérieur à 250 μm), renfermant systématiquement des inclusions de galène (xénomorphe), de pyrite (souvent automorphe, parfois framboïdale) et, plus rarement, de sphalérite. Ces grains sont en général isolés dans la roche sédimentaire mais s'associent aussi parfois à la pyrite, la marcasite et la galène dans des agrégats compacts. Dans quelques cas, la chalcopyrite cimente des fractures dans la marcasite.

4.6. *Galène*

De rares mouchetures de galène de taille variable (atteignant parfois quelques millimètres) ont été observées. Il s'agit de grains isolés, xénomorphes ou automorphes, bordés de façon discontinue par de la chalcopyrite sur une épaisseur de 10-20 μm .

5. Origine du quartz et des sulfures

L'origine du quartz mérite d'être discutée. Par l'examen de la forme des grains, on peut écarter d'office une origine détritique. Le problème reste de déterminer si on se trouve en présence d'une silicification épigénétique, diagénétique ou syngénétique.

origine épigénétique : aucun argument probant ne permet de confirmer ni d'infirmer l'origine épigénétique de la silice. Néanmoins, le peu d'ampleur du phénomène et sa non liaison à des fractures ne milite pas en

faveur d'une métasomatose des carbonates par du quartz.

origine syn-diagénétique : les observations pétrographiques montrent par contre qu'une grande partie du quartz affiche des caractères de cristallisation diagénétique (voir 3.1.). La silice a donc été introduite dans des boues, soit précocement, soit tardivement, et des phénomènes de cristallisation et de recristallisation ont pris cours pendant la phase de consolidation des sédiments.

Rappelons que l'origine des silicites marines a été discutée par Scheere et Laurent (1970, 1971). Elles résulteraient, selon ces auteurs, de l'accumulation d'organismes à tests siliceux sous l'influence de courants marins ascendants côtiers (upwelling). Cependant à Heibaart, sous le microscope, on n'observe pas (peut-être faudrait-il dire plus) de tests de radiolaires, spongiaires ou diatomées. Tout au plus remarque-t-on la présence, çà et là, de "boules" quartzueuses que l'on pourrait éventuellement considérer comme des fantômes de radiolaires. La source de la silice reste donc partiellement obscure.

Si nous attachons tant d'importance à l'origine du quartz, c'est parce que le gisement sédimentaire de Chaudfontaine (Graulich, 1967 ; Dejonghe, 1979) est également supporté par une silicite frasnienne. Les équivalents stratigraphiques stériles sont eux, dépourvus de quartz. Les silicites frasniennes ont donc une valeur métalotectique.

La marcasite et la dolomite présentent également des caractères de croissance diagénétique, les deux minéraux se "coffrant" mutuellement. Remarque identique en ce qui concerne la sphalérite étant donné sa tendance automorphe et les nombreuses inclusions qu'elle recèle.

Rappelons aussi la présence de pyrite framboïdale, dont le caractère syngénétique est admis par une majorité d'auteurs. Cette pyrite framboïdale est soit isolée dans la matrice, soit en inclusion dans la chalcopyrite (Dans ce dernier cas, il faut bien admettre pour les deux minéraux une origine commune).

Bref, si les caractères de croissance diagénétique sont ceux qui sont les mieux marqués dans la minéralisation de Heibaart, il existe néanmoins des structures suggérant un dépôt syngénétique. Ces deux modes de cristallisation ne sont d'ailleurs aucunement incompatibles.

6. Situation paléogéographique

Cornet (1976) interprète les conditions paléogéographiques du Frasnien d'Heibaart comme suit : "Le Frasnien F2 correspond à une accumulation d'amas allochtones de calcaire récifal et surtout de calcaire de back reef auxquels sont mélangés des fragments d'organismes constructeurs. La matrice autochtone semble indiquer un environnement de dépôt plus abrité (back reef distal), mais néanmoins proche des milieux de formation des calcaires (environnement périrécifal). Ceux-ci pouvaient d'ailleurs ne constituer que des îlots isolés dans les dépôts argileux, sous forme de "mud mounds" ou de biostromes peu étendus comparables à ceux que l'on connaît dans les mêmes niveaux de la bordure orientale du bassin de Dinant ou du massif de la Vesdre. Vers le sommet de la séquence (zone minéralisée), ces dépôts semblent avoir été amenés à très faible profondeur, peut-être à l'émersion dans un environnement confiné.." Se basant sur la présence de dépôt siliceux qu'il interprète comme étant d'origine détritique, Cornet conclut que le milieu était soumis à des apports continentaux. Nous nuancerons quelque peu cette interprétation en ce qui concerne l'origine des apports, la silice ayant éventuellement une autre origine.

"Le Frasnien F3 coïncide à une séquence transgressive évoluant vers des conditions marines abritées. Les premiers apports marins (brèche intraformationnelle de base) témoignent du développement d'une plate-forme carbonatée vers le large. Après cette première accumulation, la subsidence semble s'accroître jusqu'à amener le bassin abrité en zone infralittorale inférieure. Ces conditions se maintiennent par la suite, avec une sédimentation régulière et peu rapide, comme en témoigne l'intense activité organique. Vers le sommet, le niveau d'énergie semble remonter un peu, mis en évidence par des traces de courant mieux marquées et des venues détritiques".

En résumé, la minéralisation se situe en milieu de back reef, sans que la liaison aux récifs (ou aux mud-mounds) puisse être précisée d'avantage.

7. Conclusion

Par l'âge (Frasnien, limite F2-F3), la nature de la paragenèse (marcasite, pyrite, sphalérite, galène, chalcopryrite, bravoïte), le caractère de la roche support (silicite dolomitique ou dolomie siliceuse) et la position paléogéographique (back reef) la minéralisation de Heibaart s'apparente à celle de Chaudfontaine. Les caractères plus spécifiques à Chaudfontaine sont la présence de barite (qui peut s'expliquer paléogéographiquement par le voisinage de dépôts évaporitiques, en l'occurrence, des anhydrites dans le Frasnien du sondage de Soumagne) et la liaison très étroite à un biostrome.

8. Références

- CORNET, P. (1976)*. Heibaart 1 et 1 bis. Etude sédimentologiques des carottes. Rapport IRSIA non publié du centre de recherche Labofina. 14 p.
- DEJONGHE, L. (1979)*. Discovery of a sedimentary Ba (Fe, Zn, Pb) ore body of Frasnian age at Chaudfontaine, Province of Liège, Belgium. *Mineral. Deposita*, 14, 15-20, Berlin.
- GRAULICH, J.M. (1967)*. Sondages pour l'étude hydrologique des eaux chaudes de Chaudfontaine. Service géol. de Belgique, Prof. Paper 1967-11, 20.p, Bruxelles.
- SCHEERE, J. et LAURENT, E. (1970)*. Silicites litées de Blaton (Belgique) et de l'Inzecca (Corse). Comparaisons et considérations. *Bull. Soc. belge Géol. Pal. Hydr.*, 79, 225-246, Bruxelles.
- LAURENT, E. et SCHEERE, J. (1971)*. Les silicites : évolution de la silice. *Bull. Soc. belge Géol. Pal. Hydr.*, 80, 145-158, Bruxelles.
- TEODOROVICH, G.I. (1958)*. Classification des roches silicato- carbonato- argileuses. *Ann. serv. inf. géol. BRGGM*, 33, 6-11.

Remerciements

Je remercie le Professeur Mennig (Labofina) qui m'a autorisé à prélever des échantillons dans la zone minéralisée du sondage d'Heibaart.

PLANCHE I

Figure 1 : Sondage 7E178, profondeur 1.594,60 m.

Diascopie, 1 nicol, 40 X.

Structure de type litage lenticulaire. Les microlits sont constitués de quartz. Celui-ci est plus ou moins opacifié par des matières carbonées. Les microlits contournent des carbonates, souvent automorphes et parfois à nucléus de sulfures (marcasite principalement).

Figure 2 : Sondage 7E178, profondeur 1.594,40 m.

Diascopie, nicols croisés, 40 X.

Boule quartzeuse (radiolaire ?) dans une matrice silicito-dolomitique.

Figure 3 : Sondage 7E178, profondeur 1.594,60 m.

Diascopie, 1 nicol, 385 X.

Silicite formée de cristaux subautomorphes de quartz à tendance allongée. Les cristaux renferment de nombreuses inclusions de carbonates, de taille inférieure à 5 μm . Un composant diffus, translucide à opaque, brunâtre à noir, teintant en brun clair le quartz avoisinant, surtout en périphérie ou le maculant de taches, s'insinue entre les interstices des cristaux ou agrégats quartzeux. Il s'agit très probablement de matières carbonées.

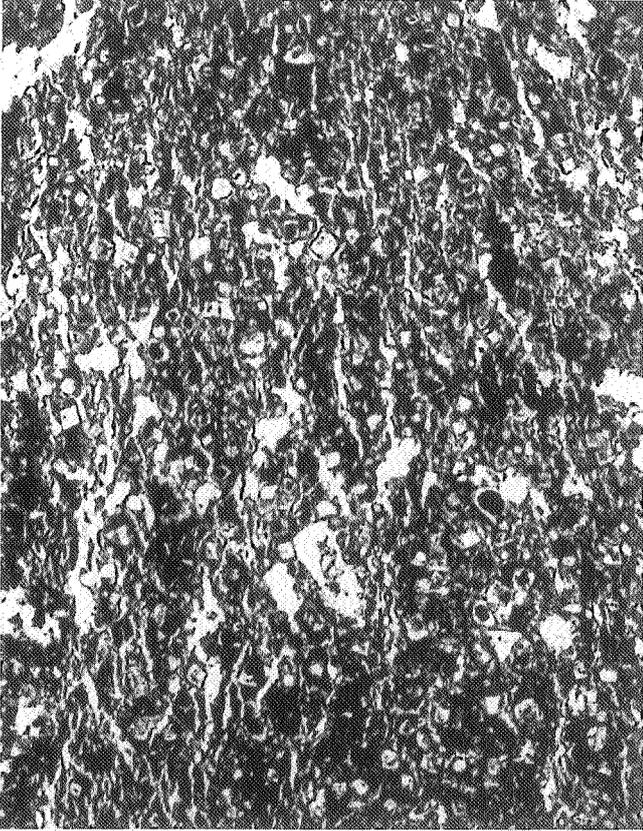
Figure 4 : Sondage 7E178, profondeur 1.594,80 m.

Diascopie, 1 nicol, 385 X.

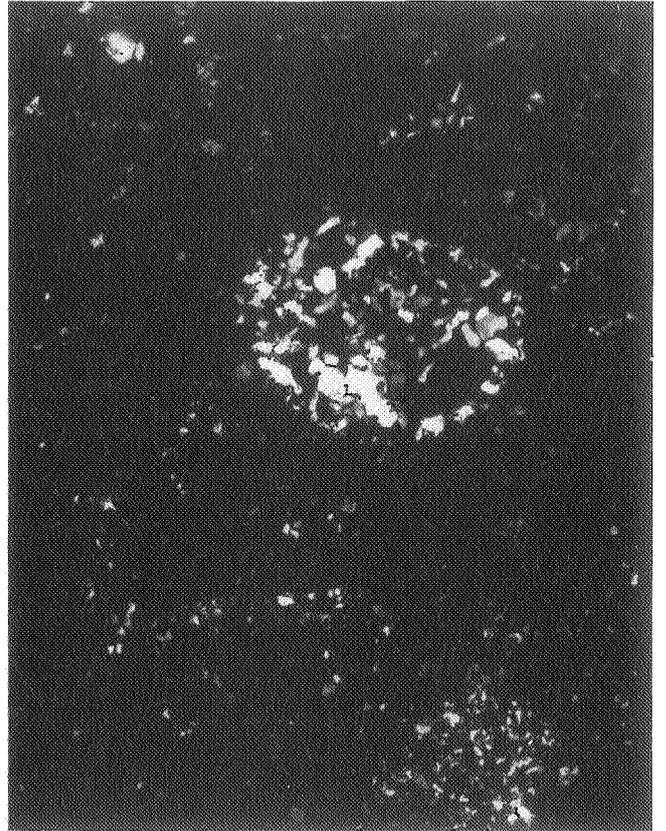
Dolomie siliciteuse, teintée en noir par des matières carbonées.

La dolomite se distingue des agrégats quartzeux par ses formes rhomboédriques. Au centre de la photo, on peut voir un de ces cristaux dolomite, zoné, avec sulfures concentrés dans une des zones de croissance.

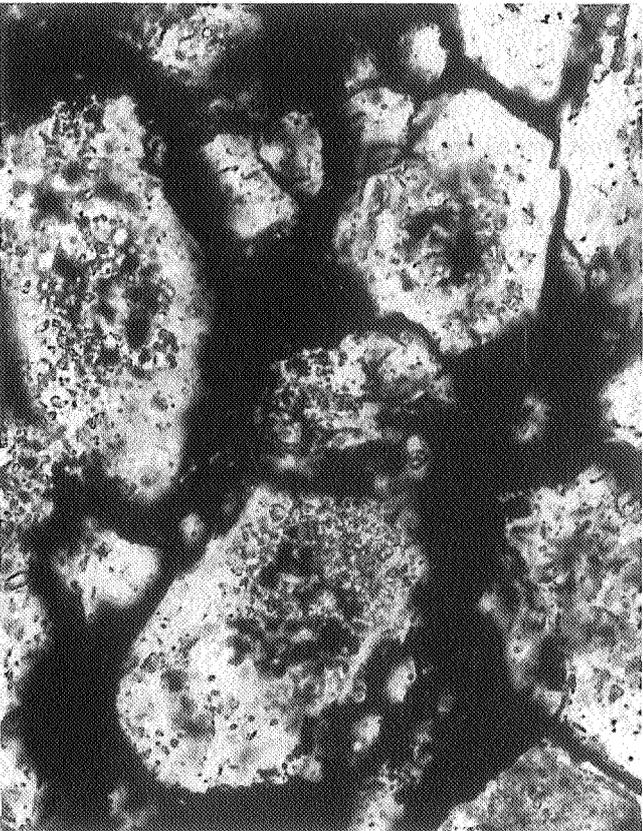
PLANCHE I



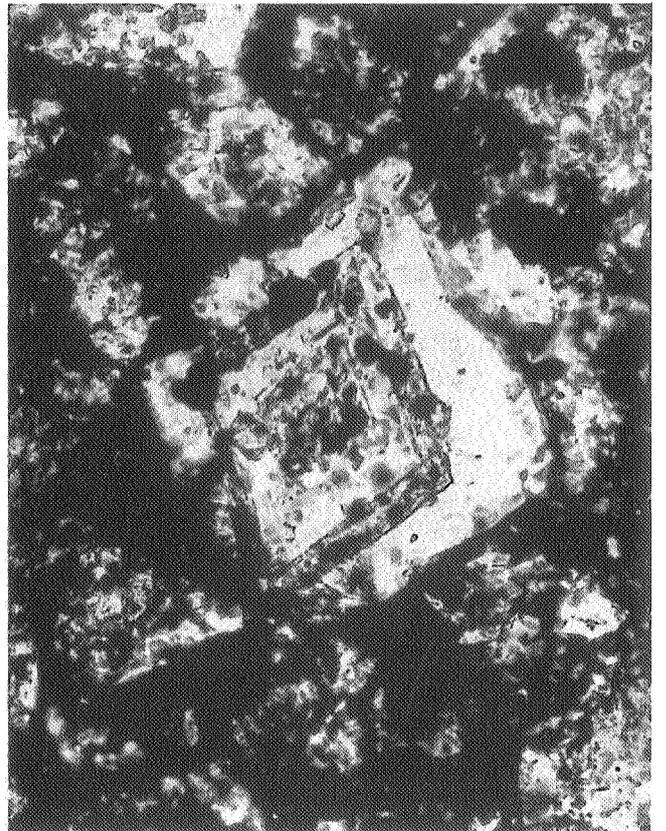
1



2



3



4

PLANCHE II

Figure 5 : Sondage 7E178, profondeur 1.594,60 m.

Diascopie, 1 nicol, 155 X.

Dolomie siliciteuse. Les cristaux de dolomite (clair) possèdent en outre un noyau de marcasite xénomorphe (noir). Matrice quartzeuse teintée par des matières carbonées.

Figure 6 : Sondage 7E178, profondeur 1.594,60 m.

Episcopie, 1 nicol, 240 X.

Marcasite en agrégats à structure en mosaïque et en coffrets (carcasse à contour extérieur automorphe sur noyau carbonaté).

Figure 7 : Sondage 7E178, profondeur 1.594,80 m.

Episcopie, 1 nicol, 60 X.

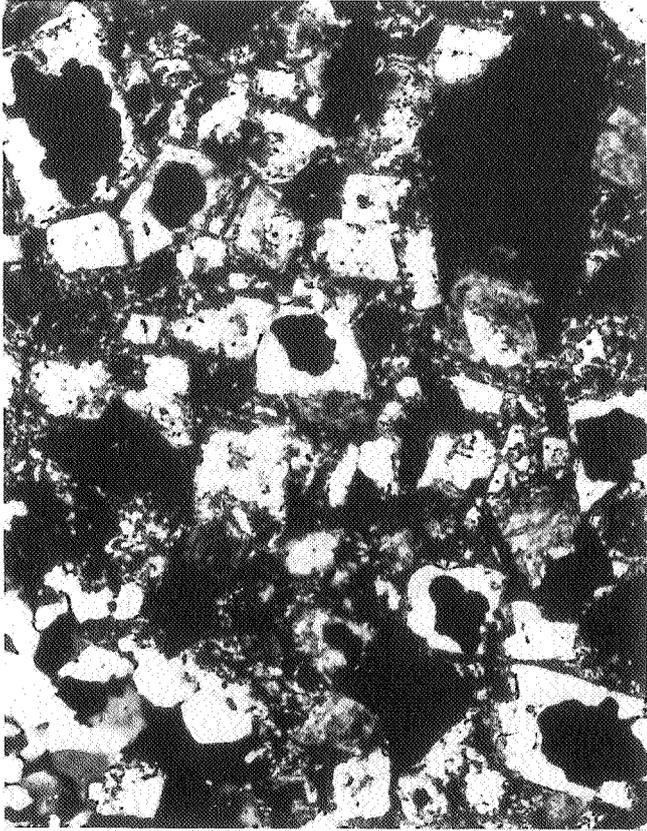
Cristaux subautomorphes de sphalérite. Abondantes inclusions de quartz (noir) et de carbonates (plus petites, gris).

Figure 8 : Sondage 7E178, profondeur 1.594,80 m.

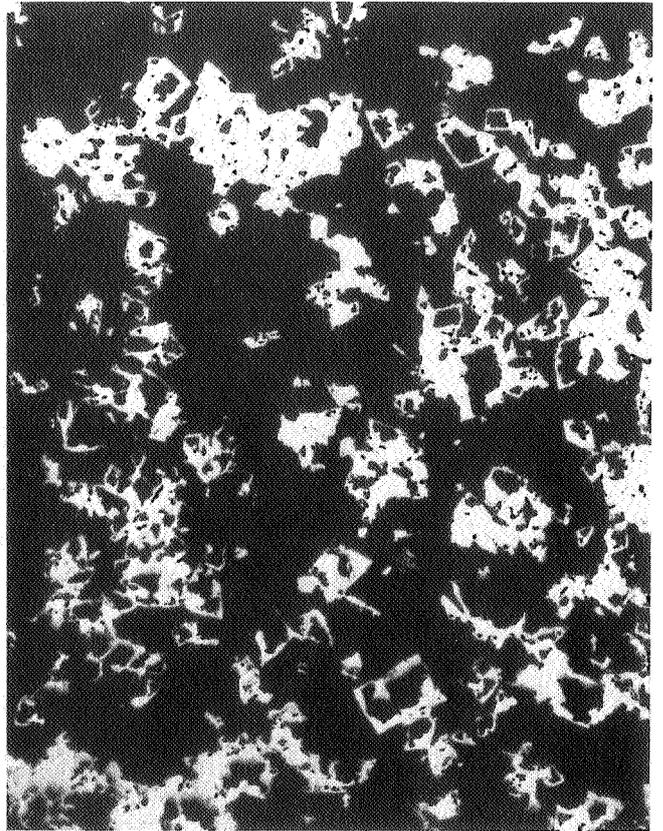
Episcopie, 1 nicol, 125 X.

Cristal subautomorphe de sphalérite à inclusions de carbonate (gris) et de quartz (noir). Sur cette photo, se marquent bien les tendances suivantes : quartz entourant les carbonates, contours subcirculaires des carbonates et position centrale des inclusions.

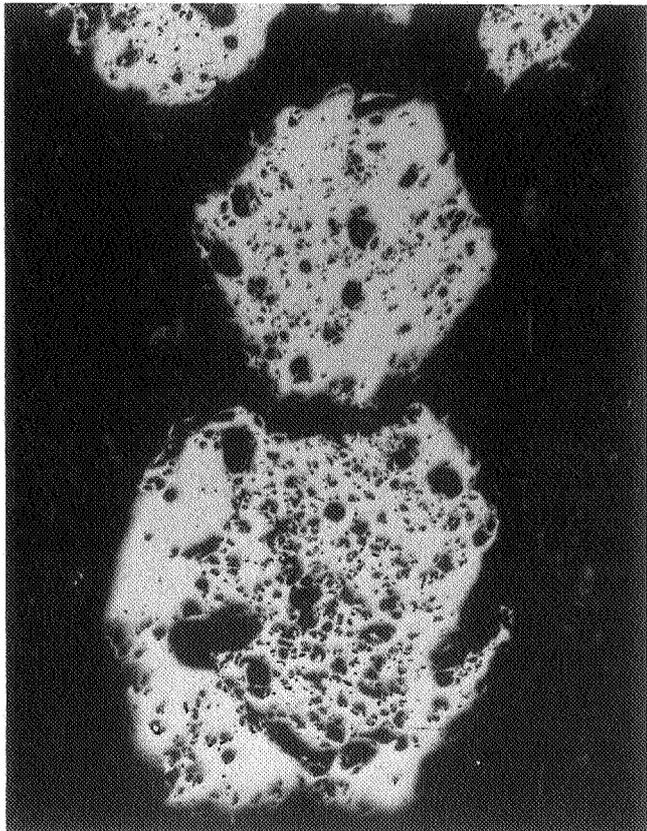
PLANCHE II



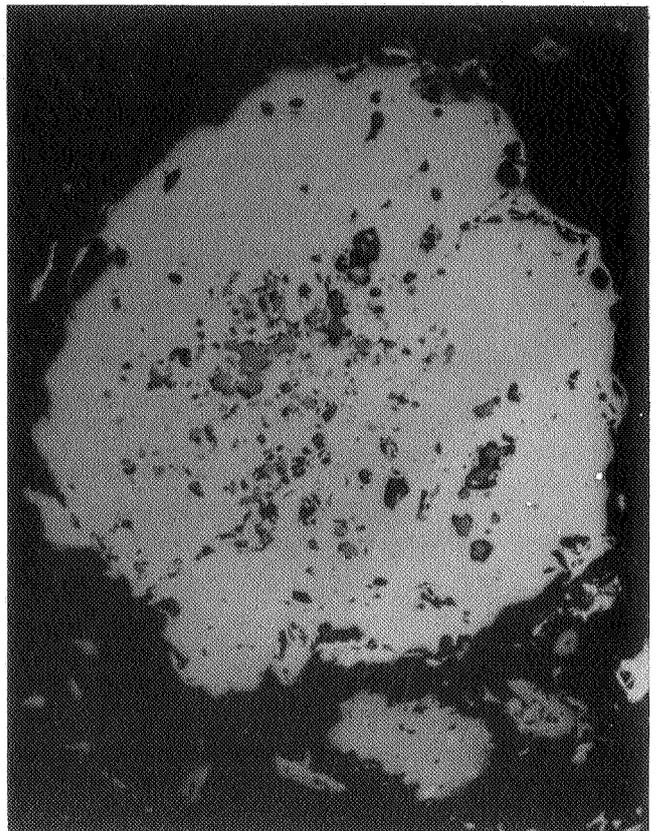
5



6



7



8

Ciments d'Obourg s.a.

Ciments Portland à la pouzzolane PPz30

Ciments Portland P 40, P 50.

Ciments de haut fourneau HL 30, HK 40.

Concassés calcaires secs et lavés de tous calibres.

Sables spéciaux pour constructions.

Sables de concassage et fillers pour routes.

Mélanges spéciaux pour fondations de routes (graves laitier
(graves chlorure

Chaux hydraulique artificielle.

Administration centrale et direction générale

7048 OBOURG