



HAL
open science

Contribution à l'étude géologique et métallogénique des minéralisations plombozincifères du Diois et des Baronnies (domaine de la fosse vocontienne)

Henri Rouvier

► **To cite this version:**

Henri Rouvier. Contribution à l'étude géologique et métallogénique des minéralisations plombozincifères du Diois et des Baronnies (domaine de la fosse vocontienne). Géologie appliquée. Université de Paris, 1960. Français. NNT: . tel-00808369

HAL Id: tel-00808369

<https://theses.hal.science/tel-00808369>

Submitted on 5 Apr 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

30 C J. 1960 (79¹) - 4^o

FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE PARIS

CONTRIBUTION A L'ETUDE GEOLOGIQUE ET
METALLOGENIQUE

DES MINERALISATIONS PLOMBO-ZINCIFERES

DU DIOIS ET DES BARONNIES

(domaine de la fosse vocontienne)

par Henri ROUVIER

T E X T E



28-11-1960

J. 1960 (79¹) - 4^o

THESE
présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE PARIS
Pour obtenir le titre de Docteur 3ème Cycle

SPECIALITE : Métallogénie

par Henri ROUVIER

1ère THESE : CONTRIBUTION A L'ETUDE GEOLOGIQUE ET
METALLOGENIQUE DES MINERALISATIONS PLOMBO-ZINCIFERES DU
DIOID ET DES BARONNIES.

(domaine de la fosse vocontienne).

Soutenue le

devant la Commission d'Examen.



MM. L. BARRABE)	Président
P. ROUTHIER)	
J. ORCEL)	Examineurs.

En premier lieu, je tiens à exprimer toute ma gratitude :

AUX MEMBRES DU JURY :

Monsieur L.BARRABE, Professeur à la Sorbonne, Directeur du Laboratoire de Géologie structurale et de Géologie Appliquée, qui a bien voulu m'accepter d'abord comme élève, puis comme assistant.

Monsieur J.ORCEL, Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle, qui, après m'avoir initié à l'étude et à l'interprétation des microstructures des minerais dans le cadre du certificat de 3ème cycle de Métallogénie, m'a aidé et conseillé au Laboratoire.

Monsieur P.ROUTHIER, Professeur à la Sorbonne, qui a guidé mes tout premiers pas sur le terrain, en Corse, et qui m'a confié le sujet de cette thèse. Depuis, la dette à son égard n'a cessé de croître, tant il m'a prodigué d'enseignements, de conseils, d'encouragements pour la réalisation de ce travail.

Je dois également remercier :

A LA FACULTE DES SCIENCES DE LYON :

Monsieur J.FLANDRIN, Professeur, qui m'a ouvert les portes de son laboratoire pour faciliter mes recherches bibliographiques et qui, en outre, m'a fait bénéficier de sa parfaite connaissance géologique du Diois et des Baronnies.

AU LABORATOIRE DE GEOLOGIE APPLIQUEE :

Monsieur J.NICOLAS, Maître de Conférences, à qui je dois certaines déterminations de minéraux aux Rayons X.

Monsieur G.DEICHA, Maître de Recherches au C.N.R.S., pour les conseils qu'il m'a prodigués dans l'interprétation des textures et des structures des minerais sulfurés d'Orpierre. Je lui dois, en outre, des études d'inclusions fluides des minéraux des gangues et, grâce à la décrépitoscopie, certaines précisions sur les températures de dépôt.

Monsieur A.OVTRACHT, Chef de Travaux Pratiques, pour ses nombreux et amicaux conseils.

AU MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE :

Mademoiselle S.CAILLÈRE, Sous-Directeur du Laboratoire de Minéralogie, qui a bien voulu me faire effectuer et interpréter des analyses thermiques différentielles sur certains de mes matériaux.

Monsieur J.SORNAY, pour ses précises déterminations d'Ammonites.

Enfin, à LA COMPAGNIE ROYALE ASTURIENNE DES MINES :

Monsieur JUILLET, Directeur des Dépendances d'Afrique du Nord, pour l'aide matérielle que j'ai reçue, et pour les nombreux et fructueux contacts dont j'ai bénéficié dans le cadre de l'Inspection Minière Métropolitaine.

Monsieur BALCON, Chef du Service géologique, pour ses multiples et précieux conseils.

Monsieur GREGOIRE, Directeur de la Mine de Touissit.

Monsieur LANDEL, Ingénieur Géologue, qui pendant mon séjour au Maroc m'a fait toucher du doigt les nombreux et délicats problèmes du géologue de Mine.

Je remercie très vivement tous les membres du personnel du Laboratoire de Géologie structurale et Géologie appliquée, et plus particulièrement :

Madame J.FRANCES, qui assumé la mise en pages de ce travail et en a hâté l'achèvement matériel par son aide et ses conseils.

Monsieur P.POTIRON, à qui je dois la partie photographique du tome des illustrations.

Je dois une mention toute particulière à mon ami Michel MOULLADE, stagiaire de Recherches au C.N.R.S., qui, dans le même

temps préparait une thèse dans les Baronnies. Son amitié et notre collaboration resteront pour moi des souvenirs précieux.

Que tous mes camarades du Certificat de Métallogénie (année 1957-58) Mademoiselle PAVILLON et Messieurs BROUDER, CONTRI, JACOB, MARATOS, RABINOVITCH, RISLER, ROGER et TOURENQ soient assurés de mon amitié.

I N T R O D U C T I O N

Lorsqu'on évoque dans certains villages de la Drôme et des Hautes-Alpes le problème de l'émigration des populations rurales, le rappel des temps prospères où les exploitations minières de Plomb et de Zinc donnaient une relative importance à ces communes, revient invariablement.

C'est l'étude de ces minéralisations, localisées dans le Jurassique supérieur de la "fosse vocontienne", que nous avons entreprise.

Très peu connues, elles n'ont pratiquement fait l'objet d'aucune étude géologique, certaines n'ayant guère été mentionnées que par Scipion GRAS (1853), CAILLAUX (1875), V. PAQUIER, dans sa thèse (1900), enfin DE LAUNAY (1913). Le problème de leur génèse a été simplement évoqué lors des discussions dont fit l'objet la "formation de Suzette" (1921-1923).

L'éparpillement sur deux feuilles géologiques au 80.000e des secteurs miniers étudiés ne nous a pas permis de les réunir par un levé géologique continu, et nous nous sommes donc bornés à cartographier les structures minéralisées. Cette étude s'est déplacée à partir de la concession de Menglon, à proximité de Châtillon-en-Diois, dont les travaux sont aujourd'hui inaccessibles, à la recherche de gîtes déjà connus, autrefois exploités, où les conditions d'observation auraient été plus favorables. C'est ainsi que, successivement, les concessions de Brette, des Prés, la mine de Charens, la concession du Suillet, les mines de Sigottier et la Pierre ont été étudiées. Enfin, des visites à une série d'indices et de gisements localisés à proximité de diapir de Trias, dans les régions de Propiac et de Condorcet, nous ont permis de nous faire une idée plus générale des minéralisations plombo-zincifères du Diois et des Baronnies.

Le problème qui se pose au géologue voulant étudier ces minéralisations est d'abord d'ordre matériel : accès aux entrées des galeries et visite de celles-ci. Seuls les travaux du Quartier de Bellericq (concession du Suillet), jouissant d'une situation privilégiée, sont encore en état et permettent en particulier d'observer des minéralisations primaires. Dans les autres gisements, l'oxydation a été importante et les sulfures ne doivent être conservés parfaitement qu'au voisinage du niveau hydrostatique. C'est, en effet, dans les zones basses des gîtes qu'ils ont été touchés par des travers-bancs qui, dans le début de leur tracé, ont traversé quelques centaines de mètres de marnes et marnocalcaires. Aucun de ces travaux n'est actuellement accessible. Par contre, la visite des parties hautes des gisements dans les formations calcaires du Jurassique supérieur, où le phénomène d'oxydation a pris une très grande importance, n'a été qu'exceptionnellement possible et le plus souvent partiellement.

Aujourd'hui, il est souvent très difficile d'arriver aux galeries dont l'entrée est d'ailleurs couramment obstruée par des éboulements. Elles sont, en effet, situées très haut dans les falaises rauraciennes et tithoniques et les Anciens y accédaient par des échelles et des mains-courantes. Les quelques galeries où nous avons pu pénétrer sont, en général, éloignées du coeur du gîte, et de plus, la saleté des parements a gêné considérablement l'observation. Leur nettoyage au marteau est rendu impossible par les dangers d'éboulements déjà fréquents sur le parcours des galeries.

Dans la majorité des cas, nous avons dû nous contenter d'utiliser, dans la mesure où ils existaient, les plans et les coupes des dossiers du Service des Mines, parfois incomplets, souvent arrêtés en cours d'exploitation, pour reconstituer la forme des corps minéralisés à l'aide d'un réseau complexe de galeries qui ne peut se concevoir que par l'abattage très sélectif des Anciens. A ces difficultés, vient s'ajouter le problème de l'échantillonnage, qui

en dépend étroitement. Seules les haldes de ces vieilles mines permettent de se faire une idée incomplète et généralement fausse de leurs minéralisations, car elles peuvent représenter : les produits de fin d'exploitation, les restes des parties riches du gîte évacuées du carreau, "limonites", smithsonites de mauvaise qualité, enfin des produits extraits en recherche qui ne donnent pas l'inventaire complet des minéralisations du gisement.

La localisation de ces gisements dans les calcaires du Jurassique supérieur, dans une région où le socle, d'après les données de Géophysique (Méthode sismique-réflexion) et les résultats obtenus par les sondages de pétrole, doit se situer aux environs de 6.000 m, nous avait incité à rechercher un contrôle stratigraphique et paléogéographique à ces minéralisations. L'étude de ces gisements a montré que le contrôle structural était mieux fondé sur les faits d'observation, enlevant ainsi une hypothèse positive optimiste à la recherche ou à la reprise éventuelle de ces gisements.

Les gisements du Diois et des Baronnies, à blende, galène pyrite, quelquefois marcasite, et gangue calcitique sont filoniens avec parfois tendance à l'interstratification dans des zones fracturées. Ces filons se sont installés dans des cassures pelliculaires le long d'accidents importants, affectant profondément la couverture et peut-être même le socle. L'extension de ces minéralisations va du Dogger au Jurassique supérieur, suivant les régions, avec cependant certains niveaux plus réceptifs. Ainsi, le calcaire du Jurassique supérieur semble comporter une concentration de sulfures. Toutefois, l'essentiel des minéralisations que l'on y rencontre est constitué de produits d'oxydation, et c'est à ce dernier phénomène que l'on doit rapporter la plus grosse part de cette concentration.

Certains de ces gisements sont en relation spatiale avec le Trias, et il est difficile, lorsqu'on envisage le problème de leur genèse, de les dissocier de ceux qui en sont très éloignés.

En fait, la sécrétion latérale peut rendre compte de toutes les minéralisations plombo-zincifères du Diois et des Baronnies, les formations du Jurassique supérieur contenant des microteneurs notables en Zn et en Pb. Cependant, s'il y a eu vraisemblablement intervention d'eaux salées issues du Trias, pour faciliter les remises en mouvement de minéralisations dispersées, dans les régions de Laragne, Propiac et Condorcet, cette intervention, quoique fort douteuse, n'est pas à exclure dans le Diois.

Les différents chapitres de cette étude envisageront successivement :

- la stratigraphie
- les monographies des concessions et secteurs miniers
- l'oxydation des gisements "en série calcaire"
- les gisements en relation spatiale avec le Trias
- le contrôle des minéralisations
- les problèmes que posent leur genèse et leur âge
- enfin, les conclusions.

I. - STRATIGRAPHIE

Nous allons considérer dans les pages suivantes les formations communes aux différents secteurs étudiés : de l'Oxfordien supérieur, au Valanginien inférieur. Les caractères lithologiques et stratigraphiques des autres formations n'intervenant qu'exceptionnellement seront donnés dans l'étude monographique des périmètres miniers.

Dans les régions étudiées, seules affleurent largement et souvent en continuité les séries calcaires et marnocalcaires du Jurassique supérieur et quelquefois du Crétacé inférieur. En effet, les assises marneuses sous-jacentes du Jurassique supérieur, situées généralement dans les combes anticlinales, sont en partie recouvertes d'alluvions et de formations de pente qui empêchent ou gênent leur observation directe. Il en est de même des niveaux marneux du Crétacé inférieur dans les combes monoclinales des structures. Toutefois, ces formations marneuses apparaissent souvent dans un lacis de ravinements qui permettent de donner sinon des coupes continues, du moins les caractères lithologiques d'ensemble.

La série stratigraphique peut se schématiser ainsi :

Après la sédimentation marneuse dite des "Terres noires" de l'Oxfordien, un régime plus calcaire apparaît dans l'Argovien avec encore quelques récurrences marneuses. Les calcaires rauraciens marquent le début de la prédominance des calcaires sur les marnes qui se poursuit dans le Sud jusqu'aux calcaires tithoniques et berriasiens. Dans le Nord, ces dernières assises sont séparées du Rauracien par un régime d'alternances correspondant au Séquanien - Kiméridgien inférieur. D'autres alternances séparent, au sommet du Berriasien, le faciès calcaire du Tithonique de celui franchement marneux du Valanginien.

Certains caractères permettent de différencier, en l'absence de macrofaune et d'environnement lithologique suffisant, les différents calcaires de la série. La patine jaune ocre des calcaires marneux de l'Argovien, le net éclaircissement des calcaires, observable sur cassure fraîche. en montant dans la série, de l'Argovien gris foncé au Berriasien crème clair, par l'intermédiaire du Rauracien Séquanien Kimmeridgien inférieur gris bleuté. Ces critères, bien que valables à grande échelle, doivent être utilisés dans le détail avec la plus grande prudence. En effet, très souvent, apparaissent des éclaircissements locaux dans la couleur de la cassure des calcaires, dus généralement à l'action des agents atmosphériques, particulièrement le gel. Heureusement, le cas d'affleurements isolés dans des positions tectoniques embarrassantes est rare et, en général, la macrofaune est assez abondante.

Elle est essentiellement constituée d'Ammonites très irrégulièrement réparties dans les formations avec, toutefois, deux niveaux fossilifères assez constants, l'un est au sommet de la falaise rauracienne correspondant à la base du Séquanien, l'autre généralement à la base du Valanginien; ce dernier niveau comprenant une faune pyriteuse très abondante peut toutefois apparaître plus haut que la base du Valanginien.

La microfaune de ces formations, encore mal étudiée, ne donne pas beaucoup de précision pour leur datation.

Leur quasi-absence dans l'Argovien, le Rauracien, le Séquanien, amène les micropaléontologistes des Sociétés de pétrole à les grouper en Lusitanien.

L'apparition de Calpionnelles dans le Tithonique s'accompagne quelquefois de Crinoïdes pélagiques (Sacocoma) fréquents au passage Kimmeridgien Portlandien (1).

Excepté certaines associations de Calpionnelles spécifiques du Berriasien, ce dernier et le Valanginien sont pauvres en microorganismes.

(1) Cours de Micropaléontologie de M. le Professeur J. CUVILLIER

Nous allons envisager successivement les formations communes aux différents secteurs qui vont de l'Oxfordien supérieur au Valanginien inférieur.

OXFORDIEN SUPERIEUR

Dans ce complexe de marnes noires riches en sulfure de fer et en matières organiques, les différenciations lithologiques sont rares. Seuls quelques bancs plus calcaires, quelquefois gréseux, interrompent la monotonie des marnes souvent feuilletées. Au sommet, un niveau que l'on dénomme habituellement "couches rouges supérieures" retient toutefois l'attention : ce sont des calcaires marneux à patine rousse à rouge brique, souvent à cassure cristalline, se disposant en alignement interstratifié de miches, formant souvent de petits bancs facilement repérables sur le terrain. Ces couches rouges font déjà partie stratigraphiquement de l'Argovien, bien que le faciès de marnes noires se poursuive encore sur quelques dizaines de mètres suivant les lieux.

ARGOVIEN

L'Argovien, souvent recouvert de formations de pente, affleure largement sur les flancs des anticlinaux à la faveur de ravinements d'accès très difficile; ces conditions d'observation défavorables interdisent souvent le levé lithologique détaillé. Cette formation marno-calcaire correspond paléontologiquement à la zone Ochetoceras canaliculatum et Peltoceras transversarium (Haug).

De puissance variable (150 m à 450 m) suivant les différents secteurs considérés, il a un faciès assez constant, caractérisé par des calcaires marneux souvent fortement pyriteux à patine jaune ocre à cassure gris bleuté foncé, par des marnes calcaires schisteuses ayant les mêmes caractères, et par des marnes grises à noires. Assez généralement, à la base et au sommet, se développent les calcaires marneux et les marnes calcaires schisteuses avec, cependant, quelques

réurrences de marnes grises subordonnées. Elles prennent de l'importance dans le terme moyen avec toutefois de petites intercalations de calcaires marneux. Les limites stratigraphiques sont décalées vers le bas par rapport aux limites lithologiques adoptées pour le Levé géologique. En effet, l'Argovien débute aux couches rouges et se termine à une trentaine de mètres en-dessous de la falaise calcaire rauracienne : lithologiquement, on admet que l'apparition des bancs de calcaires marneux au-dessus du faciès des terres noires marque le début de l'Argovien et que sa limite supérieure est à la base de la falaise calcaire rauracienne.

RAURACIEN

Stratigraphiquement il est constitué par deux termes :

- quelques dizaines de mètres de marnes et de calcaires marneux en alternance de faciès argovien où, généralement, les calcaires marneux deviennent prédominants et où nous avons trouvé dans la région de Beaurières : Taramelliceras cf. karrer NEUM. in FONT. (Rauracien Kimmeridgien inférieur).

- un banc de calcaires faiblement marneux alternant souvent, à la base et au sommet, avec des lits de marnes.

Alors que dans les deux tiers inférieurs de la falaise, existe une faune rauracienne avec Orthosphinctes (=Biplice) Tiziani Opper (Rauracien), dans le tiers supérieur, la faune est séquanienne. Ces différentes attributions sont dues aux diplômes d'Etudes supérieures dirigés par Monsieur J. FLANDRIN, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon. Jusqu'alors, le banc calcaire était attribué au Séquanien et le Rauracien était tout entier inclus dans les marnocalcaires à faciès argovien (feuille au 80.000e de Die, 1ère édition; Le Buis, 1ère et 2ème édition).

Dorénavant, lorsque nous parlerons du Rauracien, il s'agira de la falaise calcaire dans sa totalité. La lithologie de ce repère intéressant pour la cartographie lui fait jouer un rôle important

dans la morphologie. Il est constitué de calcaires à cassure gris bleuté à crème, en bancs de 50 cm à 1 m, sur une épaisseur de 10 à 45 m suivant les secteurs considérés. En section mince, il affecte une structure lithoïde, quelquefois grumelleuse, avec des Radiolaires et des Algues (Globochaetae).

SEQUANIEN et KIMMERIDGIEN INFÉRIEUR

Cet ensemble forme un replat entre les falaises rauraciennes et tithoniques, plus ou moins important et accusé, en fonction de sa puissance de 20 à 100 m et de sa lithologie.

Il est constitué, généralement, d'alternances de calcaires marneux et de marnes qui, lorsqu'elles deviennent plus calcaires, se réduisent en épaisseur et se délitent en plaquettes. Les faciès à dominante marneuse et calcaire se développent respectivement à la base et au sommet de la formation. Dans ce cas, apparaissent souvent de petits bancs calcaires à surfaces de stratification mamelonnées qui annoncent le faciès de base du Tithonique. Le faciès à dominante calcaire peut envahir toute la formation et, dans ce cas, les falaises rauraciennes et tithoniques s'individualisent mal.

Généralement, la macrofaune est abondante, surtout à la base, et l'on a pu y relever :

- Ataxioceras cf. lothari OPPEL (Séquanien) : Régions de Châtillon-en-Diois - Beaurières).
- Ataxioceras cf. inconditum FONT. (Séquanien) : Régions de Châtillon-en-Diois - Beaurières).
- Ataxioceras cf. discobolum FONT. (Séquanien) : Régions de St-Nazaire-le-Désert.
- Ataxioceras sp. (Séquanien Kimmeridgien inférieur) : Régions de Châtillon-en-Diois - Sigottier - La Pierre.
- Katroliceras cf. lacertosum FONT. (Séquanien) : Région de Beaurières.
- Phylloceras cf. mediterraneum NEUM. (Séquanien Kimmeridgien) : région de Beaurières.

En section mince, la structure est lithoïde, quelquefois grumeleuse, avec quelques Radiolaires, des spicules et des Algues filamenteuses.

KIMMERIDGIEN SUPERIEUR - PORTLANDIEN = TITHONIQUE

Cette assise calcaire joue le rôle majeur dans la morphologie en formant généralement l'ossature du relief.

De la base au sommet, il est généralement constitué par différents niveaux qui peuvent varier de puissance et même disparaître dans certains cas, ce sont :

- de petits bancs calcaires qui forment la base de la falaise, en retrait par rapport aux formations massives qui les surplombent.

- deux ou trois barres calcaires séparés par de petits bancs calcaires.

- des bancs de calcaires crèmes.

- La puissance globale de l'ensemble peut varier suivant les régions de 25 à 50 mètres.

- La faune est rare et difficilement prélevable, vue la lithologie de la formation. Nous y avons cependant trouvé, à la base de la première barre calcaire : Sublithacoceras cf. coesposus SCHNEID.

(Tithonique inférieur) Mine du Chouët, région de Beaurières.

- Le caractère lithologique majeur du Tithonique est l'apparition, à différents niveaux, des célèbres "pseudobrèches" du Diois et des Baronnies. Elles sont subordonnées dans les petits bancs de base à surfaces de stratification mamelonnées, mais sont, en général, largement dominantes dans le terme moyen où elles constituent l'essentiel des gros bancs du Tithonique.

- Elles se poursuivent dans les calcaires crèmes du sommet dans le Berriasien calcaire. Nous les avons dénommées "conglomérats à ciment et éléments calcaires", car ces derniers sont tantôt arrondis, tantôt anguleux, et quelquefois passent insensiblement au ciment.

Ces différents caractères voisinent à l'échelle du banc ou affectent le même élément. Leur dimension varie de la dizaine de centimètres à la fraction de millimètre. Ils constituent alors, avec le même ciment, des microconglomérats souvent riches en débris d'organismes avec, quelquefois, à la base des barres tithoniques, de rares oolithes et des niveaux silicifiés. (fig.37 - niveau 8).

Ces conglomérats sont souvent classés, le dernier terme de ce classement étant représenté par des microconglomérats qui apparaissent au sommet. En fait, tous les intermédiaires dans les dimensions des éléments ne sont pas représentés, et il semble qu'il y ait une discontinuité au niveau de la dimension des éléments des microconglomérats : d'ailleurs, souvent, entre les gros éléments de la base des bancs, sont observables des passées microconglomératiques dans un ciment calcaire à pâte fine quelquefois grumeleuse.

Ces positions que nous venons d'envisager, à différentes hauteurs d'un banc, sont loin d'être générales. En effet, les microconglomérats apparaissent surtout dans des situations où ils ne peuvent être interprétés comme des produits terminaux de classement. Généralement, les assises conglomératiques reposent, par l'intermédiaire d'un petit banc calcaire à pâte fine non grumeleuse, sur les niveaux microconglomératiques qui apparaissent comme des symptômes précurseurs auxquels a succédé une période de calme pendant la sédimentation; elle est soulignée par la présence d'un dépôt fin non affecté par le phénomène ayant engendré la perturbation du banc sus-jacent. Il est donc difficile, dans ce cas, de parler d'écroulement sous-marin, mais plutôt de l'écoulement d'une vase encore incomplètement consolidée.

BERRIASIEN

Il affleure largement en pente structurale sur les flancs des synclinaux.

Deux termes peuvent y être distingués :

- l'un, calcaire, à la base,
- l'autre, marnocalcaire et marneux, au sommet.

- Le Berriasien de base est constitué par des calcaires en général crèmes, quelquefois avec des passées grisâtres, à pâte fine, à taches vermiculées bleuâtres ou lilas, sonnante sous le pas dans les éboulis. La patine des bancs plus ou moins épais va du jaune clair au blanc.

Les conglomérats et les microconglomérats à ciment et éléments calcaires se poursuivent avec une fréquence plus grande que dans le Tithonique, la puissance de chaque unité étant cependant plus réduite. A la base, toutefois, peuvent exister un ou deux bancs massifs analogues à ceux du Tithonique qui ne s'en différencient que par la teinte plus claire à la cassure et par la composante marneuse plus importante dans les interbancs. L'apparition des marnes dans ces niveaux est à l'origine d'assises conglomératiques qui diffèrent de celles du Tithonique. Elles sont fréquentes au milieu et au sommet du Berriasien. Les éléments calcaires arrondis sont noyés dans un ciment plus marneux, restant ainsi en relief à l'affleurement.

Génétiquement, tous ces conglomérats ne peuvent être dissociés et les différents aspects qu'ils présentent sont, sans nul doute, fonction du sédiment originel, boue calcaire pour ceux que l'on trouve dans le Tithonique et à la base du Berriasien, boue avec composante marneuse plus importante pour les conglomérats du milieu et du sommet du Berriasien calcaire : ces derniers pourraient provenir d'alternances marnocalcaires qui auraient été perturbées avant la fin de la consolidation du sédiment.

- Le Berriasien du sommet est constitué de calcaires marneux ayant les mêmes caractères que les calcaires de base, de marnes à patine jaune quelquefois schisteuses, et de rares passées détritiques rousses. L'importance de ces deux termes, dont l'un peut être franchement subordonné, varie suivant les régions, la puissance glo-

bale de l'ensemble variant elle-même de 50 m à près de 200 m.

La limite inférieure du Berriasien n'est pas nette car la faune n'est abondante que dans le terme supérieur. Stratigraphiquement, il semble que le passage se fasse dans le faciès calcaire crème dont une partie peut être attribuée au Tithonique. Pour la cartographie, nous avons utilisé l'apparition des calcaires franchement crèmes comme limite lithologique. Au sommet, à l'approche du Valanginien, les marnes prennent de l'importance, mais souvent une récurrence plus calcaire apparaît au passage.

La faune recueillie est constituée de :

- Berriasella boissieri PICTET (Berriasien) : Région de Châtillon-en-Diois, Beaurières, Sigottier, La Pierre, Orpierre.
- Berriasella cf. boissieri PICTET (Berriasien) : Région de Saint-Nazaire-le-Désert, Orpierre.
- Néolissoceras grasianum d'ORB. (Tithonique, Hauterivien) : Région d'Orpierre
- Spiticeras mojsvari UHL. (Berriasien) : Région de Beaurières.

VALANGINIEN INFÉRIEUR

Les niveaux marneux prennent de l'importance au sommet du Berriasien, deviennent prédominants dans le Valanginien dans lequel s'intercalent, à différentes hauteurs, de petits bancs calcaires marneux à patine jaune, à cassure grise, ainsi que de petites passées détritiques rousses. La faune pyriteuse y est abondante et on peut la trouver à tous les niveaux, mais particulièrement à la base; lorsqu'elle existe, elle est utilisée comme limite cartographique.

La faune recueillie est constituée de :

- Kilianella roubaudi d'ORB. (Valanginien inférieur) : Région de Châtillon-en-Diois, St-Nazaire-le-Désert.
- Kilianella cf. bochianensis SAYN (Valanginien inférieur) : Région de Châtillon-en-Diois.

- Kilianella cf. ischnotera SAYN (Valanginien inférieur) : Région de Châtillon-en-Diois.
- Kilianella cf. pertansiens SAYN (Valanginien inférieur) : Région de St-Nazaire-le-Désert.
- Neocomites neocomiensis var. subquadrata SAYN (Valanginien inférieur) : Région de Beaurières.
- Thurmanniceras cf. thurmanni PICTET (Valanginien, Hauterivien) : Région de Beaurières.
- Olcostephanus sayni KIL. (Valanginien, Hauterivien) : Région de Sigottier, La Pierre, Orpierre.
- Protetragonites quadrisulcatus d'ORB. (Valanginien, Hauterivien inférieur) : Région de Châtillon-en-Diois.
- Protetragonites juilleti d'ORB. (Valanginien) : Région de Châtillon-en-Diois.
- Phylloceras semisulcatum d'ORB. (Valanginien) : Région de Châtillon-en-Diois, St-Nazaire-le-Désert, Beaurières.
- Phylloceras thetys d'ORB. (Valanginien) : Région de Châtillon-en-Diois, St-Nazaire-le-Désert, Beaurières.
- Phylloceras serum OPPEL (Valanginien) : --- idem ---
- Neolissoceras grasi d'ORB. (Valanginien) : --- idem ---
- Neolissoceras grasianum d'ORB. (Valanginien) : -- idem --

QUATERNAIRE

Par suite de l'inversion du relief, les alluvions se développent particulièrement dans les coeurs anticlinaux occupés par les "Terres Noires" où les rivières ont tracé leur cours.

Une ou deux terrasses apparaissent sur le flanc des vallées, leurs cotes respectives étant de 10 à 15 m et de 90 à 100 m environ au-dessus du cours actuel des rivières. Elles sont constituées de galets où les différentes formations de la région sont représentées, liées par un ciment argileux. Couramment, alors qu'en amont d'irrégularités du substratum ou de cluses les cours d'eau alluvionnent, en

aval ils coulent à même la roche. Aux alluvions de la haute terrasse, se raccordent souvent des produits fins de lévigation des assises marneuses des flancs des structures.

Les formations de pentes sont fréquentes et l'on peut y distinguer :

- Des brèches de pentes anciennes, bien consolidées, souvent reprises par le ravinement.

- Des éboulis vifs qui se développent sur tous les versants et particulièrement à l'aplomb des barres de calcaire tithonique.

II. -- MONOGRAPHIES DES CONCESSIONS

ET

SECTEURS MINIERS

- A. -- Concession du Suillet
- B. -- Concession de Menglon
- C. -- Concession de Brette
- D. -- Concession des Prés et Mine de Charens
- E. -- Mines de La Piarre et Sigottier

A. - CONCESSION DU SUILLET

La vallée du Céans, affluent du Buech, longe au Sud la concession du Suillet, le cours du torrent lui servant de limite méridionale (carte de localisation des secteurs). La majeure partie de la concession est donc représentée par le massif calcaire qui, au Nord-Est du village d'Orpierre, culmine à 1324 m au Pic du Suillet. Son rebord méridional domine de sa falaise abrupte de Tithonique la vallée du Céans qui s'encaisse à Orpierre par une retombée des formations calcaires du Jurassique supérieur et les traverse en cluse. Le quartier le plus important de la mine d'Orpierre se situe immédiatement au Nord du village dans le cirque du Bellericq dominé par la pointe avancée du rocher du Quiquillon.

RAPPEL STRATIGRAPHIQUE et CARACTERES LOCAUX DE LA SERIE

Les formations intervenant dans l'édification des structures du secteur vont du milieu de l'Oxfordien à la base du Gargasien (Aptien supérieur). La route de Villebois permet de relever une coupe continue du Rauracien au Gargasien (fig. 1).

L'Oxfordien présente son faciès type de "terres noires". Dans l'Oxfordien moyen apparaît un niveau d'une dizaine de mètres de puissance où, dans les marnes légèrement gréseuses, s'intercalent des calcaires marneux à patine jaunâtre à rougeâtre, s'y disposant en lits souvent discontinus. Ce sont les couches rouges inférieures. Elles se différencient des couches rouges supérieures par la patine des calcaires et leur cassure moins cristalline; ce dernier niveau est aussi présent dans la région d'Orpierre où les marnocalcaires argoviens qui le surmontent ont une puissance réduite de 130 m à 160 m. Le Rauracien, lui aussi peu développé, se soude généralement aux formations du Séquanien-Kimmeridgien inférieur à dominante calcaire. Cet ensemble englobe souvent le Tithonique et une partie du

Berriasien formant une seule et même falaise. Aux côtes de St Michel, au Sud du secteur, après une interruption due à la tectonique, le Rauracien réapparaît plus puissant de 20 à 30 m. avec une dominante marneuse dans le Séquanien-Kimméridgien inférieur. Le Tithonique, essentiellement calcaire, est surmonté par un Berriasien dont le faciès calcaire que l'on trouve généralement à la base englobe la presque totalité de l'étage. Le faciès marno-calcaire se réduit à une dizaine de mètres de sédiments, sur lesquels apparaît le niveau à Ammonites pyriteuses du Valanginien. Il marque le début de la sédimentation terrigène qui se poursuit sur 80 m environ. Le début de l'Hauterivien est marqué par l'apparition d'un régime à alternances qui n'est interrompu que par une récurrence marneuse, à la base, et une falaise de calcaires riches en débris d'organismes, au sommet. Les alternances du Barrémien, quelquefois silicifiées, comprennent dans leur partie supérieure des bancs contournés qui, au Sallet, au même niveau, correspondent à une assise comprenant des bancs lenticulaires quelquefois grésoides et conglomératiques qui évoque^{nt} une brèche de glissement sous-marin. Le Bédoulien, venant au-dessus, sur une dizaine de mètres est constitué de bancs de calcaires à cassure cristalline, à passées riches en débris avec des niveaux silicifiés. Les marnes bleues gargasiennes qui apparaissent brutalement au-dessus de cette falaise comprennent au passage de petits bancs gréseux glauconieux.

TECTONIQUE

A l'extrémité SO. de l'axe de la structure majeure de l'anticlinorium de Laragne (carte de localisation des secteurs), le périmètre minéralisé se caractérise par la fréquence des accidents tectoniques qui l'affectent. Ainsi, il s'oppose au monoclinal sud de la structure précitée dont la crête continue domine l'anticlinal d'Orpierre-Chevalet et au flanc sud du synclinal de St-Cyrice.

Il peut se schématiser ainsi (fig. 2) : de direction NE-SO, les formations du Jurassique supérieur calcaire soulignées par des failles longitudinales (fig.3) avec, dans leur prolongement, au Sud, les quartiers de Paturle et de St-Michel compartimentés en blocs affaissés et surélevés (fig.4), limitent, au Nord, le flanc méridional du synclinal de St Cyrice. aux formations faiblement pentées, au Sud, le coeur marneux de l'anticlinal d'Orpierre-Chevalet.

Des accidents transversaux sensiblement N.NO-S.SE, recoupent l'ensemble. Ils sont particulièrement visibles à l'affleurement dans le Crétacé inférieur. Au nombre de quatre, leurs lèvres orientales sont décalées à l'horizontale de quelques dizaines de mètres vers le Sud. Compte-tenu du pendage, un simple jeu vertical pourrait produire un tel effet; c'est ce qui est observable dans le cirque du Bellericq où un miroir subvertical (70° SE) dans le Tithonique montre que la composante horizontale est très faible et que ces fractures, peu importantes, sont directes. Elles n'affectent ainsi que très peu le flanc méridional du synclinal de St-Cyrice dont l'axe a une direction NE-SO.

L'architecture de ce monoclinal se complique au contact de la direction d'accidents longitudinaux NE-SO, à l'éponte nord desquels, s'embranchent des fractures avec recristallisation et remplissage de calcite. (Bellericq, Beaume-Rousse, Les Turcs). Des replis longitudinaux, du Bellericq au Suillet, se développent suivant la direction d'accidents NE-SO. Ils se manifestent sur les flancs abrupts du Suillet, sur des affleurements de Tithonique-Berriasien en partie recouverts d'éboulis ($x = 869$, $y = 231$). Leur état de morcellement, la présence de brèche consolidée à blocs quelquefois de grandes dimensions, leur position géométrique qui leur fait interrompre l'accident longeant au Nord les falaises calcaires du Jurassique supérieur, enfin l'existence d'un replat observable couramment sur les "paquets glissés", feraient plutôt admettre cette seconde interprétation. Une observation suggère toutefois que ce repli a eu une origine tectonique. Au Nord du "synclinal de Beaume-Rousse"

existe une zone déprimée où affleurent des marnes valanginiennes. Elles sont limitées au NO, par un accident très plat plongeant vers le SE, et aux Turcs, par une fracture contenant un filon de calcite ayant des caractères analogues à ceux précédemment décrits (fig.2, coupe 1).

Toutes ces observations portent à croire que le "synclinal de Beaume-Rousse", abaissé entre deux failles, a glissé sur les marno-calcaires argoviens (fig.2, coupe 2).

Les formations de pente se développent sur tout ce versant et empêchent l'observation d'une faille importante SO-NE dans les terres noires. Elle a été figurée schématiquement sur la carte géologique par un tireté qui a pour but de souligner une zone de dislocation majeure que le recouvrement empêche de localiser exactement à l'affleurement. Il est possible d'en observer les symptômes au Nord Est, en dehors du secteur cartographié, où l'Oxfordien supérieur est en contact avec le Callovien (Communication orale, RICHE : Chef de secteur, Bassin Rhodanien - COPEFA), immédiatement au NE et au SO d'Orpierre, où l'Argovien est en contact avec l'Oxfordien supérieur (fig.3). Le rejet de cet accident direct, à l'extrémité NE du secteur, est de l'ordre de 700 à 800 m. et n'est plus que de 50 à 100 m. à proximité d'Orpierre. Géométriquement au-dessus de l'accident des "Terres Noires", les calcaires du Jurassique supérieur ont une puissance anormalement forte qui s'explique par la présence de deux fractures longitudinales, sensiblement parallèles, rejoignant au village d'Orpierre, sous un angle très faible (10 à 15°), le grand accident des "Terres Noires" (fig.6). Dans leur prolongement, se situent une bande de terrain d'une trentaine de mètres de longueur au Sud du Grand-Puy où affleure du Valanginien au niveau du Tithonique et, en dehors du secteur cartographié, l'accident de Ste-Colombe (carte de localisation des secteurs). Enfin, immédiatement au Sud d'Orpierre, prend naissance un accident de direction N-S, s'incurvant vers le SE où il isole un témoin subhorizontal de la

voûte anticlinale, le St-Michel. Le village d'Orpierre est donc situé à un noeud de fractures où recristallisations et filons de calcite se multiplient. Ainsi, sur la rive droite du Céans, un bloc de Tithonique dominant le village est entièrement marmorisé et, de nos jours, exploité pour la fabrication des "granités" (fig.4). Ce bloc correspond à la pointe avancée du rocher du Quiquillon sur la rive gauche du torrent. Les filons de calcite du Doigt, du Belle-ricq, de Beaume-Rousse, des Turcs, se disposent en arêtes de poisson sur la direction d'accidents SO-NE.

Cet agencement nous amène à penser qu'ils se sont installés dans des fractures d'extension. Cette hypothèse est confirmée par l'analyse du réseau de fractures (fig. 5) qui montre que la direction de l'accident des "Terres Noires" correspond sensiblement à une des directions de shearing-stress maximum, et que les deux cassures longitudinales qui le rejoignent sous un faible angle peuvent être également considérées comme des "shears".

Enfin, si de l'observation des affleurements ressort la postériorité de la direction d'accidents N-NO - S-SE à celle NE-SO, le diagramme montre que certains accidents de la première direction peuvent résulter d'un même Normal-Stress maximum. Cette deuxième direction de shears, subordonnée, serait apparue postérieurement avec une composante horizontale faible.

Cette analyse dégage le contrôle structural de ces filons de calcite et des minéralisations plombozincifères qui leur sont associées. Ils se localisent dans des fractures d'extension de l'accident des "Terres Noires".

Avant de replacer dans le cadre régional les observations tectoniques faites dans le secteur étudié, il convient de souligner l'importance du réseau d'accidents SO-NE qui peut se suivre, sur une dizaine de kilomètres au moins, des abords de Ste-Colombe au SO, au-delà du secteur cartographié.

- ANTICLINORIUM DE LARAGNE (Carte de localisation des secteurs)

L'étude détaillée de ce complexe de marnes et de marnocalcaires a été menée à bien par le Bureau de Recherche des Pétroles (M. ORGEVAL et M. ZIMMERMAN, 1957). Des niveaux repérés dans le Bajocien moyen, au sommet du Bajocien et du Bathonien, ont permis la cartographie de l'ensemble. Elle a mis en évidence un bombement anticlinal dans le Dogger dont les lignes directrices suivent sensiblement celles des calcaires du Jurassique supérieur. Certains auteurs avaient déjà suggéré une participation des horizons antecallovien à la structure (J. GOGUEL, 1947). Une disharmonie était toutefois à craindre entre les termes du Dogger et du Lias. La géophysique semblait avoir démontré la participation de la série liasique et celle du socle à cet anticlinal.

Un sondage de la COPEFA a montré que ces résultats étaient erronés, et qu'il existait effectivement des disharmonies très importantes dans les assises sous-jacentes, prenant même valeur d'écaillés, le miroir pris primitivement pour le socle correspondant vraisemblablement au Lias/^{calcaire} (Communication orale, RICHE : Chef de Secteur Bassin Rhodanien). La Sismique a cependant mis en évidence trois directions d'accidents importants que l'on retrouve à l'affleurement sensiblement EO, N.NO - S.SE, NE.SO.

Malgré la disharmonie, ces cassures semblent affecter, sinon totalement, du moins partiellement la couverture, et peut-être même, compte tenu de leur continuité et de leur direction, refléter des dislocations du socle. D'ailleurs, transversalement à l'anticlinorium de Laragne, des pointements de Trias diapiriques jalonnent un réseau d'accidents N.NO-S.SE, décalant vers le Sud la partie orientale de l'axe majeur de la structure, ce qui montre bien que certains de ces accidents au moins affectent l'ensemble de la couverture. Quel enseignement peut-on en tirer pour une meilleure compréhension des structures minéralisées d'Orpierre ? Sensiblement dans l'axe de

l'anticlinal du Chevalet-Orpierre, existe l'un des accidents de la direction NE-SO dont le rejet s'accroît vers le NE. Comme nous l'avons mentionné dans la tectonique d'Orpierre, le même phénomène est observable pour l'accident des "Terres Noires". Cette dislocation qui affecte la couverture, peut être aussi mise en relation avec une autre structure profonde, talus dans ce qui pourrait être le Lias, fortement penté, vraisemblablement cassé, et s'allongeant suivant la même direction.

Les structures minéralisées d'Orpierre, le long de l'accident des Terres Noires, peuvent être mises ainsi en relation avec des cassures inscrites profondément dans la couverture.

METALLOGENIE

A) HISTORIQUE

En 1875, les Sieurs Roux de Frayssinet, banquier, et Thomas Payen, ingénieur, tous les deux de Marseille, entreprirent une série de recherches sur les quartiers de Beaume-Rousse et du Bellericq où affleuraient des indices de "calamine". Jusqu'en 1877, le gîte ne fut pas exploré à grande profondeur, mais à partir de cette date, les travaux conduits avec activité démontrèrent sa concessibilité. Elle fut accordée en 1879 et prit le nom de concession du Suillet. Dès lors, l'exploitation du gisement périclita. Les dépenses s'élevèrent très rapidement et rien ou presque rien ne fut récupéré; seules quelques tonnes de minerai furent vendues à la Société de la Vieille Montagne. En 1895, la Compagnie d'Escombrera-Bleyberg fit l'acquisition de la concession. Jusqu'en 1900, les travaux se bornèrent au Bellericq et aux Quatre-Heures, puis en 1903, s'étendirent à Beaume-Rousse et aux Turcs. Cependant, les résultats des travaux exécutés étaient loin d'être en rapport avec les sommes considérables dépensées. Découragée, la Compagnie abandonna les travaux en

1907 et offrit à la Société de la Vieille-Montagne de reprendre l'affaire; celle-ci déclina l'offre en raison des aléas trop importants. De 1895 à 1907, le tonnage récupéré ne fut que de 2.480 tonnes de minerais divers. Ce n'est qu'en 1914 que la Compagnie d'Escombœra-Bleyberg fut absorbée par la Société Pennaroya qui vendit le foncier à un particulier en 1924 et renouvela la concession en 1930.

B) MINERALISATIONS

Les différents quartiers de la concession du Suillet, Bellericq, Quatre-Heures, Beaume-Rousse, les Turcs, comportent, à quelques nuances près, les mêmes minéralisations sulfurées et oxydées. Nous allons les envisager globalement, en réservant l'analyse des textures et structures des minerais hypogènes pour une annexe que nous joignons à la fin de cette étude.

Les minéralisations hypogènes de la concession du Suillet sont essentiellement constituées de blende plus ou moins ferrifère du type shalenblende, de galène, de pyrite et marcasite, les proportions de ces minéraux variant dans les différents types de minéralisation, mais les sulfures de zinc étant généralement dominants. Sur le carreau de la mine du Bellericq, sont stockés quelques tonnes de minerais triés et des produits de moins bonne qualité. Les gangues, avec de faibles minéralisations, jonchent les verses des différentes galeries. Les échantillons que l'on peut recueillir au Bellericq sont donc assez représentatifs de la minéralisation.

Deux shalenblendes y apparaissent couramment. Elles diffèrent par leurs caractères macroscopiques et microscopiques et leur association minérale. Ce sont: - une blende miel à brun clair; avec galène généralement subordonnée, dans une gangue de calcite - une blende brun foncé, quelquefois à éclat franchement résineux qui peut devenir prédominante dans certaines plages des échantillons, avec pyrite

abondante, marcasite quelquefois et galène. Des échantillons pris dans les produits triés ont donné à l'analyse chimique :

Minerais avec	Pb total	Pb oxydé	Pb sulfuré	Zn total	Zn oxydé	Zn sulfuré	CaO	MgO
Blende miel:	3,45	0,35	3,10	32,20	0,45	31,75	24,58	0,58
Blende brune	7,85	0,40	7,45	38,90	0,60	38,30	15,25	0,29
Blende résineuse	4,30	0,50	3,80	39,85	0,80	39,05	15,53	0,14

Si l'on peut observer la réplique du premier type de minéralisation dans la galerie MN (fig.9) au sein du filon en place, au contact des calcaires du Jurassique supérieur, le second n'a pu être situé que grâce aux rapports miniers qui signalent cette blende brune à 250 m. de l'entrée de la galerie Ste-Barbe (fig.9). Nous n'avons pu observer que le vide correspondant au minerai enlevé avec peut-être quelques traces aux parements de la galerie, car les dangers d'éboulement accrus par les venues d'eau empêchent de pousser les investigations. Ce type de minéralisation est, toutefois, géométriquement localisable dans le filon, à l'intersection de celui-ci et des marno-calcaires et calcaires de l'Argovien et du Rauracien.

Cette blende brun foncé est présente aux Quatre Heures; mais dans ce quartier apparaît, surtout dans les échantillons de verses, la blende résineuse avec la même association minérale.

La galène apparaît subordonnée dans les deux types de minéralisations que nous venons d'envisager. Exceptionnellement dans le premier, elle peut, dans certaines plages, devenir volumétriquement aussi importante sinon prédominante sur le sulfure de zinc. Dans ce dernier cas, elle se présente souvent en rubans au sein de la calcite.

La galène est présente, en outre, dans des veinules de calcite de l'ordre du millimètre, dans les calcaires marneux argoviens broyés au contact de la cassure ou en mouches au sein de ceux-ci. Les analyses chimiques donnent une idée de la teneur de ces minerais.

	Pb total	Pb oxydé	Pb sulfuré	Zn total	Zn oxydé	Zn sulfuré	CaO	MgO
minerai à ruban de galène	28,90	1,70	27,20	9,50	0,20	9,30	27,80	0,58
galène dans calcaire argovien marneux	4,85	1,40	3,45	0,75	0,55	0,20	18,65	6,19

Enfin, aux Turcs la galène constitue l'essentiel du minerai avec des blendes jaune miel à brun clair.

Des dosages spectrographiques des éléments en traces dans les différentes blendes, faits au B.R.G.M. ont donné les résultats suivants :

nd = non décalé : x = raie ultime faible : x = x p.p.m.
 p = présence : xx = raie d'intensité moyenne : > x = > x.p.p.m.

Eléments en traces	Ge	Ga	In	Cd	Ag	Sb	Sn	Co	Ti
Blende miel	600	4	nd	p	p	nd	nd	nd	nd
Blende brune	> 500	4	nd	x	x	nd	nd	nd	nd
Blende résineuse	> 500	4	nd	x	xx	nd	nd	nd	nd

Remarque : Les teneurs en Ge sont très supérieures à celles dosées couramment

Peut-on tirer un enseignement de cette teneur en Ge élevée ?

Goldschmidt considère que les schalenblendes à teneur en Ge élevée sont issues de solutions aqueuses et déposées à basse température. Les blendes des filons hydrothermaux auraient des teneurs de 5 à 50 ppm et pourraient exceptionnellement aller jusqu'à 100 ppm, alors que les blendes de basse température auraient des teneurs de 50 à 3000 p.p.m.

Les minéralisations d'Orpierre se placeraient donc sans ambiguïté dans cette catégorie.

Nous allons voir que ce fait est confirmé par les essais de décrépitoscopie effectués par M. G. DEICHA, Maître de Recherches au C.N.R.S., sur les échantillons de galène et de calcite du Bellericq. En effet, des dégagements gazeux à 100°, abondants pour la galène et plus faibles pour la calcite, ont montré que la température de dépôt était inférieure ou au plus égale à 100°.

Les minéralisations oxydées dominent à Beaume-Rousse et sont fréquentes dans la partie supérieure des chantiers de la mine du Bellericq, dans les verses des Quatre-Heures et des Turcs.

Elles consistent en smithsonite concrétionnée, fortement chargée en limonite; cette dernière se développe, en outre, sur tous les affleurements minéralisés de la concession. Enfin, dans les différentes galeries accessibles du Bellericq, les parements sont tapissés de placages concrétionnés d'hydrozincite d'un blanc de neige.

Les minéralisations de la concession du Suillet se caractérisent par la parfaite conservation des minéralisations hypogènes dans certains quartiers, particulièrement au Bellericq où l'on peut encore trouver des sulfures à l'affleurement.

Ces phénomènes nous permettent de noter le fin engrènement des minéralisations et de la gangue uniquement calcitique qui, en général, est largement dominante sur les sulfures parmi lesquels prédo-

minent souvent les schalenblendes. Ces dernières semblent avoir une teneur en Fe plus élevée, lorsque le filon qui les contient est encaissé dans des assises marneuses et marnocalcaires avec, de plus, l'apparition de pyrite et marcasite. Enfin, ces minéralisations ont pris naissance à basse température, à partir de solutions aqueuses.

C) GEOLOGIE MINIERE

- Sur la rive gauche du ruisseau du Bellericq, à proximité d'Orpierre (fig.6), un filon de calcite de direction N 10°E s'est installé dans une fracture remontant son compartiment ouest. Dans sa partie affleurante, il limite à l'Est les marnocalcaires argoviens recouverts par les verses de la mine, des calcaires du Jurassique supérieur. Avant de disparaître vers l'aval sous les formations de pente pour rejoindre vraisemblablement à Orpierre l'accident des "Terres" Noires", il affleure encore dans l'Argovien, puis au contact Argovien-Rauracien, au travers même du lit du ruisseau aux pieds des anciennes exploitations. A leur sommet, la base du Jurassique supérieure de l'éponte est, primitivement au niveau de Portlandien de l'éponte ouest, a été abaissée par une fracture de la direction N.NO-S.SE. Elle coince des marnocalcaires argoviens au quartier St-Julien entre son miroir et le filon. Il s'y trouve donc interrompu et décalé vers l'Est où sa trace est, avec une direction N.15° à 20° E, repérable à l'affleurement sur la falaise calcaire (fig.7.8.9). Sur toute la longueur du filon, les bancs calcaires du Rauracien au Berriasien sont recristallisés sur 2 à 3 cm à son contact en une calcite rose à blanche, en grands cristaux à faces courbes. Ce phénomène est très intense au quartier St-Julien, à l'intersection de la fracture postérieure et du filon. De 1 m à 1 m,50 de puissance dans les zones où il a pu être observé, il passe insensiblement aux bancs recristallisés, et il est souvent difficile de

1. Les directions seront comptées, dorénavant, à partir du N dans le sens géométrique.

savoir avec certitude où se situe la transition. Par contre, le passage des bancs recristallisés aux bancs calcaires est assez brutal, ces derniers étant uniquement sillonnés de filonnets de calcite. Le filon qui présente dans son plan des miroirs de friction à stries pentées à 65° environ vers le Sud, contient encore des résidus marneux de la recristallisation qui peuvent être imputés aux marnocalcaires argoviens broyés au contact de la cassure. C'est dans ce filon de calcite qu'existaient les minéralisations en schalenblendes-galène précédemment décrites. Seules les parties riches, très irrégulièrement réparties, firent l'objet d'exploitation qui débuta à ciel ouvert sur les zones oxydées du quartier St-Julien, cote 810, (fig.12) à l'intersection du filon et de la cassure. Les amas de smithsonite qu'elle contenait furent vite épuisés et le filon fut attaqué sur la rive gauche du ruisseau du Bellericq, à différentes hauteurs, par des galeries en allongement dans la cassure, dont les principales sont :

- A la base, la galerie MN (fig.10) à la cote 760 qui longe à son éponte orientale, le filon qui n'est observable que par recoupes.
- 20 m au-dessus, la galerie intermédiaire (cote 780) (fig.11) qui a suivi un remplissage "calaminaire" sur 60 m s'intensifiant à l'aplomb des anciens chantiers de St Julien.
- Enfin, au niveau inférieur à la cote 750, la galerie Ste-Barbe (fig.10) a suivi un réseau de petites fractures sensiblement parallèles au filon à 10 à 15 m à l'Est de celui-ci. Après avoir traversé une zone broyée correspondant à la fracture postérieure de St-Julien, elle a mis en évidence la minéralisation avec blende brune, galène, pyrite, marcasite, à 250 m de l'entrée. La forme du corps minéralisé était filonienne et aurait été suivie sur 40 m. environ et reconnue sur 11 m en profondeur.

L'observation des affleurements étant complétée par l'étude des chantiers, le gisement peut se schématiser ainsi :

- un filon de calcite avec blende, galène, a été recoupé par une cassure ayant permis des "épanchements calaminaires".

C'est aussi l'existence de smithsonite à l'affleurement dans le quartier des-Quatre Heures (fig.13) qui incita les anciens exploitants à explorer le Quiquillon en profondeur; ces travaux sont aujourd'hui inaccessibles.

La galerie des Quatre-Heures, 160°, poursuivie sur un peu plus de 300 m., amena la découverte, par deux recoupes vers l'Ouest, à 90 m. de l'entrée, d'un amas de smithsonite avec traces de sulfure, et, à 300 m d'un filon de calcite avec blende et galène de 6 m de puissance. Ils étaient situés respectivement dans le plan de deux cassures à faible rejet, parallèles aux deux accidents de la direction N.NO-S.SE, longitudinaux à la falaise, et eux-mêmes faiblement minéralisés.

Sous les falaises du Suillet, le lithonique taché de limonite recélait des amas de smithsonite. La situation de ces épanchements à l'aplomb du filon de calcite de Beaume-Rousse, semble signifier qu'il existait dans la gangue carbonatée des sulfures, de nos jours totalement lessivés. En effet, il ne sont observables, ni dans les travaux, ni à l'affleurement.

Enfin, dans la zone très fracturée des Turcs, une minéralisation sulfurée à dominante plombeuse a été mise en évidence par des travaux aujourd'hui éboulés.

Les minéralisations des différents quartiers de la concession du Suillet présentent donc de grandes analogies : filons de calcite, avec blende et galène, disposés obliquement sur une direction d'accident. Dans le détail, ce dispositif s'avère plus compliqué, car de nombreuses cassures secondaires affectent le gîte, et la calcite peut apparaître non seulement dans la direction du filon, mais aussi en partie par mobilisation de CO_2Ca à partir de celui-ci, dans la direction de fractures postérieures. C'est ce dernier phénomène qui gêna, semble-t-il, les anciens exploitants qui suivaient la calcite pour trouver le minerai.

B. - CONCESSION DE MENGLON

Les falaises urgenciennes de la Montagne de Glandasse, témoin du rebord méridional du Vercors, dominant au Nord, Châtillon-en-Diois. C'est immédiatement au Sud de ce village, sur la rive gauche du Bès, affluent de la Drôme, qu'est située l'ancienne mine de Menglon ou de Piémard sur les flancs de la montagne du même nom (carte de localisation des secteurs).

RAPPEL STRATIGRAPHIQUE et CARACTERES LOCAUX DE LA SERIE

Seule la coupe des Tonçons (fig.14) permet de relever la lithologie de détail du Rauracien au Tithonique.

L'Oxfordien supérieur n'affleure que sur la rive gauche du Bès et aux pieds de Serre-Marcel et Bouleron. Il supporte, par l'intermédiaire des couches rouges, un Argovien puissant, de 300 à 400 m. Le Rauracien et le Séquanien-Kimmeridgien inférieur ont aussi un développement important qui s'oppose à celui, relativement faible, du Tithonique et du Berriasien.

Bien qu'ayant un faciès calcaire constant, le Tithonique présente dans le détail des variations lithologiques. Ainsi, de puissance réduite, 25 m. environ, dans les quartiers de Serre-Marcel et Bouleron, au Sud du secteur, un seul banc massif de 10 m environ s'y développe, sur lequel reposent directement les marnocalcaires berriasiens. Par contre, ailleurs, plus puissant, de 40 à 50 m, particulièrement à Piémard, s'intercalent, entre le banc massif précédemment cité et ces marnocalcaires, des assises de conglomérats à ciment et éléments calcaires, prenant au sommet la teinte crème du Berriasien. De 50 à 60 m de puissance, il peut donc débuter normalement par un faciès calcaire, soit être constitué essentiellement du faciès marnocalcaire que l'on rencontre généralement dans son terme supérieur.

Le Valanginien inférieur qui affleure dans le synclinal de Serre Marcel et Bouleron et sur le flanc N.E. de Piémard ne présente pas de caractères particuliers.

TECTONIQUE

La concession de Menglon, à l'extrémité méridionale de l'anticlinorium de Dié (carte de situation des secteurs), jouit d'une tectonique relativement simple. On peut y distinguer deux structures à axes NO. à N.NO (fig.15) :

- le synclinal de Serre-Marcel et Bouleron,
- l'anticlinal faillé de Serre-Bagna.

Leurs flancs/^{sont} affectés d'accidents souvent décrochants dont l'un particulièrement, dans l'axe de la rivière Le Bès, semble avoir joué un rôle important dans la géologie régionale.

Le synclinal de Serre-Marcel et Bouleron, pli très accusé puisque les horizons inférieurs marneux y participent, se complique tectoniquement dans sa partie méridionale. Assez évasé au Nord avec un axe 120° s'incurvant au 140° , il se pince au Sud, avec un axe 120° , donc légèrement oblique sur le précédent, entre deux replis anticlinaux : l'un, à Clachaud (850,5 - 265,5), dessiné par le Tithonique, l'autre, à la Combe-Reymond (850 - 265), fortement accusé dans le Rauracien (fig.16), s'amortit dans les couches marneuses susjacentes du Séquanien - Kimmeridgien inférieur. Deux accidents transversaux décalent leur terminaison péri-anticlinale vers l'O.NO. Ils rejoignent vraisemblablement la faille de Mian dans le plan axial de l'anticlinal de Serre-Bagna qui remonte le flanc est de cette structure (fig. 15, coupe 4). Cette faille semble s'amortir vers le NO où apparaissent, à Piémard des décrochements dans le Jurassique supérieur calcaire du flanc de l'anticlinal dont l'axe butte contre l'accident majeur qui le décale vers l'O.SO.

Dans les quartiers de Piémard et de La Chapelle, ces fractures ont deux directions privilégiées : 60° et 10 à 40° (fig.17).

Les décrochements de direction 60° décalent leurs lèvres Nord vers l'O.SO; deux de ces décrochements, importants, sont à retenir :

- dans l'axe du Bès (fig. 17 - 1)

- sur le versant méridional de Piémard (fig. 17 - 4) où les stries sur les miroirs de friction montrent que la composante du déplacement est horizontale. Ce dernier accident décale les couches de Piémard de celles du col de Mard, de 500 m environ et les mettent ainsi au contact de l'Argovien très plissé et fracturé. Parallèlement à ce décrochement, a pris naissance, à proximité du sommet de Piémard, une cassure d'un rejet de l'ordre de quelques mètres (fig. 17 - 3) peu ou pas visible à l'affleurement, mais parfaitement repérable sur la coupe naturelle offerte par la falaise; sur photo aérienne, elle se traduit par une dépression allongée suivant la cassure recouverte de végétation dont on ne peut savoir si elle correspond à une subsidence de mine ou d'oxydation; cette cassure contenait la colonne de smithsonite autrefois exploitée.

Les accidents de direction 10 à 40° ont de faibles rejets. L'un d'entre eux (fig. 17 - 5) limite la zone plissée argovienne, des formations du flanc de l'anticlinal de Serre-Bagna, au S.E. du Col de Mard. Sur le versant de Piémard, dominant le Bès, existe un accident de direction 20° (fig. 17 - 2) au contact Argovien-Rauracien. Il contenait dans son plan des amas de smithsonite dans un filon de calcite, visibles à l'affleurement et particulièrement repérables sur le versant des Payats.

Ce dispositif ordonné de fractures, la présence de filon de calcite, nous ont engagé à étudier le réseau qu'elles formaient (fig. 17.). Les directions des fractures d'extension et de cisaillement sont respectivement de 20° à 25° , la lère étant dominante,

et de 60°.

Ces deux directions se sont avérées minéralisées, avec toutefois une nette prédominance pour un accident de la direction de cisaillement sans rejet notable.

Les minéralisations sont donc liées à des caractères structuraux bien définis que nous allons replacer dans le contexte régional.

- ANTICLINORIUM DE DIE (Carte de localisation des secteurs)

Comme l'indique l'étude du Bureau de Recherches de Pétrole (M. ORGEVAL et M. ZIMMERMANN, 1957), l'anticlinorium de Die se compose de quatre rides anticlinales nettes, de direction NO-SE, s'incurvant vers l'Est dans leur partie méridionale.

De même qu'à Laragne, elles ont été mises en évidence dans un complexe marneux, grâce à des études de lithologie fine qui ont permis en particulier de déceler une boutonnière anticlinale de Dogger, affleurant grâce à un bombement transversal. Une étude géophysique (méthode sismique réflexion) de la région a mis en évidence des dysharmonies importantes dans les termes sous-jacents. Ces résultats concordent avec le sondage de l'anticlinal de l'Aurel qui n'a atteint, à 2.800 m, que le Lias supérieur. Une puissante série sédimentaire sépare donc le socle des minéralisations du Jurassique supérieur. Toutefois, nous allons voir qu'elles se situent à proximité d'une cassure importante qui n'est autre que l'accident du Bès, cartographié à Châtillon-en-Diois, décalant vers l'O.SO les terminaisons péri-anticlinales des structures; cet accident a de fortes chances d'atteindre le socle. En effet, l'observation de la carte du Bureau de recherches des Pétroles montre une inflexion brusque des axes des structures, marqués en tireté interprétatif sur le cours du Bès où les alluvions en empêchent l'observation. L'existence à Châtillon-en-Diois d'un décalage des formations du Jurassique supérieur dans le même sens, de part et d'autre du Bès, semble indiquer l'existence, sous le lit de la rivière, d'une faille importante : cette

interprétation est confirmée par l'étude tectonique régionale qui a prouvé que le compartiment nord, sur la rive droite du Bès, était poussé vers l'O.SO. L'architecture des structures le prouve dans la région de Die et St Roman où, en opposition avec ce que l'on a pu observer dans le compartiment sud, les anticlinaux sont généralement assymétriques, à flancs 0 raides avec souvent des failles axiales, et les synclinaux pincés. L'accident de Bès limiterait donc les deux compartiments et les contrôles structuraux des minéralisations, dégagés lors de l'étude tectonique du secteur de Piémard, s'y trouveraient liés.

Peut-on penser que l'accident majeur est une dislocation ancienne ayant joué au cours des différentes phases tectoniques ? Le fait que, dans sa direction, se situe une zone de changement de faciès, urgonien calcaire à débris passant à des marnocalcaires, le suggère. Toutefois, ces phénomènes en liaison avec ce dispositif n'ayant fait l'objet d'aucune étude détaillée, l'interprétation de cette coexistence de faits ne demeure qu'à l'état d'hypothèse.

L'élargissement du domaine que nous nous sommes proposés d'étudier montre que les cassures minéralisées de la concession de Menglon, à caractère pelliculaire, sont tout de même en relation avec un accident profond et vraisemblablement ancien.

METALLOGENIE

A) HISTORIQUE

La documentation dont nous disposons est faible en regard de l'importance qu'eut le gisement de Piémard, concession de Menglon, à la fin du siècle dernier et au début de ce siècle. En effet, près de 80.000 tonnes de minerai, constitué essentiellement de smithsonite,

furent extraites de la montagne de Piémard par la Compagnie Royale Asturienne des Mines.

De 1885 à 1888, quatre groupes de travaux attaquèrent les affleurements minéralisés. Les trois premiers, du Nord au Sud, suivant la fracture de Châtillon, tangentant le contact Argovien-Rauracien, épuisèrent la minéralisation pendant la période de recherches. Le quatrième, sur la fracture à faible rejet de Menglon parallèle au décrochement de Piémard, s'avéra le plus intéressant. Les travaux qui avaient démarré sur de vieux chantiers, où la galène avait été exploitée aux environs de 1800, furent poursuivis en profondeur.

Jusqu'en 1903 où l'exploitation s'arrêta, le gîte étant aux dires des rapports miniers épuisés, cette cassure fournit la presque totalité du minerai. Différents facteurs influèrent sur cet abandon. Les travaux étant arrivés au voisinage du niveau hydrostatique, les venues d'eau importantes et le manque d'aération gênaient les anciens exploitants. De plus, la smithsonite, qui semble avoir été seule exploitée, disparut au profit de la blende. Enfin, les efforts de la Société se portèrent sur la concession de Brette où des indices intéressants avaient été découverts.

B) MINÉRALISATIONS

Rares sont les échantillons que l'on peut prélever dans les haldes qui ne sont pas partiellement ou totalement oxydés. Seuls, quelques produits de fin d'exploitation provenant vraisemblablement du niveau inférieur de la mine, nous donnent une idée de ce que pouvait être la minéralisation hypogène des zones aujourd'hui oxydées.

1) La minéralisation hypogène est essentiellement constituée de blende, galène, pyrite, marcasite, le premier sulfure étant volumétriquement le plus important.

- La blende de la mine de Piémard est très fine et difficilement observable sur macroéchantillon car sa cassure gris rosé se confond souvent avec celle de la roche remplacée. Elle se présente finement disséminée et en minces veinules au sein d'un calcaire. Les sections minces et polies montrent des veinules de blende microcristalline grise, dans un réseau de fractures serrées, dans le calcaire partiellement recristallisé : la galène apparaît au coeur des veinules et s'en écarte peu, alors que la blende s'insinue dans les clivages de la calcite, ou existe dans certaines plages de la roche en fins vermicules de l'ordre du 1/100ème de millimètre (fig. 18). Dans certains échantillons, seule la galène est présente aux épontes des veinules où elle se développe automorphiquement. Par contre, la blende substitue entièrement le calcaire encaissant et envahit de nombreux cristaux de pyrite dont il ne subsiste qu'un semis d'ilôts, noyés dans les plages de sulfure de zinc.

Une faible oxydation affecte l'ensemble. En effet, les cristaux de pyrite sont généralement entourés d'un halo de limonite qui migre souvent dans toute la roche, suivant le réseau de fractures minéralisées en pyrite.

Les fortes teneurs en Zn, trouvées par analyse chimique, s'expliquent par les observations précédentes.

Zn total	: Zn sulfuré	: Zn oxydé	: CaO	: MgO
31,05	: 30,01	: 0,04	: 17,73	: 1,73

La blende peut aussi apparaître en petites concrétions au sein de la calcite qui cimentent un calcaire bréchifié et presque totalement recristallisé. Dans ces échantillons, les sections polies permettent de différencier Pyrite et marcasite, toutes deux très

abondantes, avec un agencement particulier couramment rencontré (fig.19). La marcasite se présente en sections prismatiques allongées suivant la trace du plan de macle et s'accrole, sensiblement suivant cette direction, sur les sections de cube de pyrite. Ce dispositif montre que la marcasite est postérieure à la pyrite. La marcasite existe, en outre, au sein de la roche, en petits cristaux automorphes finement enchevêtrés. Si la blende gris jaunâtre très clair apparaît souvent en veinules, recoupant pyrite et marcasite, et si elle se concrétionne en schalenblende autour des cristaux broyés de pyrite, indiquant ainsi une succession clairement définie, cette dernière s'inverse dans des plages voisines. En effet, quelques concrétions de schalenblende sont entourées d'un rubanement de pyrite. Toutefois, l'envahissement de la pyrite et de la marcasite par la blende est le trait largement dominant.

Enfin, la galène, subordonnée, recoupe après une fracturation, blende, pyrite, marcasite; elle s'insinue de plus dans la structure cataclastique des sulfures de fer et semble souvent se localiser préférentiellement sur ceux-ci. Une fracturation importante a succédé à la mise en place de ces minéralisations qui gêne considérablement l'interprétation des structures.

La galène, subordonnée dans les échantillons précédemment décrits, se présente à l'affleurement dans une cassure, au quartier de La Chapelle.

Elle apparaît dans les éléments calcitiques d'une brèche à ciment de smithsonite et de "limonite"; si elle subsiste encore, partiellement oxydée dans le ciment, elle est particulièrement fraîche au sein des éléments. Elle s'y présente, dans une calcite laiteuse broyée, en minces rubans qui sont très souvent interrompus par de petites fractures aux épontes desquelles s'implantent d'autres cristaux de galène; le tout est cicatrisé par de la calcite limpide (fig.20). Dans cette dernière, se présentent aussi des alignements de cristaux de galène, généralement isolés, et dont les faces cristal-

lines, quelquefois courbes, n'apparaissent que d'un seul et même côté (fig.21). Alors que la base du ruban de calcite limpide est rectiligne et s'appuie sur une plage de calcite laiteuse broyée, le sommet s'incurve en ogive à l'apex des formes cristallines de la galène. Cela nous amène à penser que la galène et la calcite limpide se sont développées contemporainement et postérieurement à la bréchification de la calcite laiteuse. Enfin, quelquefois, la galène envahit certains éléments de cette brèche. Cette succession de fracturations et de dépôts de sulfures indique que des mouvements se sont fait sentir pendant la concentration.

L'analyse chimique a donné pour ces échantillons :

Pb total	:	Pb oxydé	:	Pb sulfuré	:	Zn Total	:	Zn Sulfuré	:	Zn oxydé
17,30	:	6,50	:	10,80	:	0,80	:	0,45	:	0,35

Ag g/tonne < 1

Des essais de décrépitoscopie, effectués par M. G. DEICHA, Maître de Recherches au C.N.R.S., ont montré que la température du dépôt était inférieure ou au plus égale à 100°, la galène ayant donné à cette température un dégagement gazeux. L'absence du même phénomène sur la calcite s'explique par l'observation au microscope qui révèle que des petites bulles, à la limite du spectre visible, sont seules conservées.

2) Les minéralisations semi-oxydées et oxydées se composent : de smithsonite plus ou moins ferrifère à faciès variés, de cérusite et de produits limoniteux terreux.

Comme nous venons de le voir, la galène apparaît dans le ciment de la brèche du quartier de La Chapelle, constituée essentiellement

de produits oxydés. Les solutions sulfatées ont progressé dans cette brèche en digérant plus ou moins les éléments de calcite broyés (fig.21) et en respectant la galène enduite d'un produit terreux noirâtre que l'on peut observer en plaque mince. Cet oxydé de Pb, puisqu'il se colore en jaune au réactif "du Pb oxydé," est vraisemblablement de l'anglésite. Nous n'avons pu déterminer ce minéral avec certitude.

La ciment de la brèche est constitué essentiellement de rhomboèdres de carbonates, qui ont donné, au diagramme de poudre aux Rayons X, un très bon cliché de smithsonite (B.R.G.M.). Les plaques minces révèlent qu'il s'agit de carbonates zonés (fig.22). En effet, l'altération de ces carbonates leur permet d'exprimer leur fer sous forme de "limonite" qui est essentiellement constituée de goethite, comme le montrent les sections polies, et ainsi de souligner leur anisotropie chimique. Dans ces carbonates, les zones plus riches en fer alternent avec les zones limpides et le réactif du "zinc oxydé," malgré son manque de sélectivité, les colore inégalement. Ces différentes zones correspondent-elles à des intermédiaires entre les sidérites zincifères et les smithsonites ferrifères ? Nous ne pouvons le prouver car l'analyse chimique donnerait une composition globale. Il semble toutefois que, d'après le diagramme de Rayons X, la smithsonite représente la tendance dominante.

Ce faciès de smithsonite se retrouve dans les verses de Piémard qui nous permettent d'observer les intermédiaires entre les minéralisations hypogènes et oxydées. Les échantillons recueillis, à patine limoniteuse, ont une cassure gris bleuté et une structure finement cristalline. Les sections polies montrent l'existence de reliquats de veinules de blende, de pyrite et de galène. L'analyse chimique permet de mettre en évidence la smithsonite dont le pourcentage croît avec l'apparition dans les géodes ménagées au sein de petites fractures ouvertes, de rhomboèdres de carbonates ferrifères brun rouge et vraisemblablement zincifères.

	Zn total	Zn oxydé	Zn sulfuré	Résidu insoluble	CaO	Mg O
1	11,50	7,15	4,35	1,40	24,64	7,78
2	12,10	11,60	0,50	2,00	17,36	8,89

Ces résultats ne nous permettent pas d'attribuer d'une façon absolue à ces carbonates l'augmentation du pourcentage de Zn oxydé". En effet, bien que les deux échantillons aient été prélevés dans le même bloc, l'oxydation au sein même de la roche a, peut-être, été plus intense dans le deuxième échantillon. Toutefois, par analogie avec les smithsonites du quartier de La Chapelle qui présentent le même faciès, il est permis d'avancer avec une probabilité suffisante que ces carbonates sont zincifères.

De plus, le faciès de smithsonite du quartier de La Chapelle se développe dans les oxydés de Piémard. Ces carbonates constituent, en particulier, le ciment fortement limoniteux d'une brèche où les éléments sont, non seulement constitués par de la calcite, mais aussi par des fragments de roche encaissante. La galène est présente au sein du ciment qui contient, en outre, un fort pourcentage en Pb oxydé, vraisemblablement sous forme de cérusite. En effet, celle-ci s'exprime dans des géodes avec des formes cristallines, et les sections polies mettent en évidence les pseudomorphoses de galène. L'analyse chimique dans une zone fortement oxydée a donné :

Pb total	Pb oxydé	Zn total	Zn oxydé	Zn sulfuré	Résidu insoluble	CaO	Mg O
17,65	17,65	17,90	17,60	0,30	1,20	8,26	5,26

La minéralisation autrefois exploitée à Piémard, que l'on

retrouve exceptionnellement dans les verses de la mine, était constituée de smithsonite grise concrétionnée (fig.23), plus ou moins tachée de limonite. Cette dernière apparaît surtout sous forme de produits terreux, pulvérulents, de couleur ocre moutarde et brun rouge. Des analyses thermiques différentielles et thermopondérales, affectuées par Mlle CAILLERE, Sous-Directeur du Laboratoire de Minéralogie au Museum National d'Histoire Naturelle, complétées par une analyse chimique, ont donné les résultats suivants :

Analyse chimique :

: Pb	: Zn	: Zn	: Zn	: CaO	: MgO	: SiO ₂	: Al ₂ O ₃	: Fe ₂ O ₃	:
: oxydé	: total	: oxydé	: sulfuré						:
: 0,07	: 0,62	: 0,11	: 0,51	: traces	: 0,58	: 17,60	: 4,22	: 56,48	:

Analyse thermique différentielle et thermopondérale

Echantillon constitué de 10 % de kaolinite, 13 % de quartz, 62 % de goethite, 4 % d'eau hygroscopique, soit 89 %, des sulfures et d'oxydes de plomb et de zinc.

La smithsonite, très limoniteuse, apparaît aussi dans les verses de la galerie de Luzerand où une section polie a montré, en outre, l'existence dans des géodes, ménagés par un feutrage de goethite et de lepidocrocite, de plages de marcasite abondante. Ce sulfure de fer semble s'être développée postérieurement aux oxydés (fig.24). Cette succession pourrait avoir son origine dans un relèvement du niveau hydrostatique. Ce phénomène est-il accidentel et localisé uniquement dans le quartier de Luzerand, ou a-t-il affecté aussi la mine de Piémard ? Le fait que nous n'ayons pas rencontré dans les études en sections polies des minerais de tels symptômes n'exclut pas cette possibilité, car les échantillons que nous offrent les verses, quelque nombreux et variés, ne donnent certainement pas l'inventaire complet des minéralisations.

Cette étude permet de retenir les caractères généraux des minéralisations de la concession de Menglon. Ce sont :

- l'extrême finesse des blendes et leur indifférente localisation dans les calcaires et dans les fractures, alors que la galène se présente plutôt dans ces dernières;
- l'abondance de pyrite et de marcasite;
- la gangue essentiellement calcitique;
- enfin, l'abondance de minéralisation oxydée avec, toutefois, pour les oxydés de Zn, deux faciès de smithsonite, l'un riche en fer à rhomboèdres exprimés plus ou moins largement cristallisés, l'autre concrétionné qui peut devenir assez pauvre en fer.

C) GEOLOGIE MINIERE

Les différentes galeries de la mine de Piémard étant éboulées, nous ne connaissons les caractères de la colonne minéralisée que par les documents miniers. Toutefois, l'observation de la fracture de Châtillon-en-Diois, minéralisée en "oxydés", compense en partie cette lacune, car elle permet de suivre à l'affleurement les calcaires rauraciens inaccessibles sur la falaise de Piémard. Par contre, l'association minérale hypogène n'est nulle part visible et les indices de galène du quartier de La Chapelle sont les seuls symptômes de sulfures en place que nous connaissions dans le périmètre étudié.

La fracture de Châtillon (fig. 17-2), de direction variable, affecte tantôt les calcaires rauraciens ou les marnocalcaires argoviens, tantôt leur contact. Sur toute la longueur, se sont développés des produits de chapeau d'oxydation, ayant assez peu migré latéralement. A l'affleurement, il existe encore des blocs de smithsonite très limoniteuse en remplacement dans un filon de calcite qui s'est installé dans la cassure. Toutefois, prédominent les produits terreux limoniteux qui s'insinuent dans les surfaces de stratification

des calcaires rauraciens disloqués et dans des lentilles de glissement qui jalonnent la cassure dans les marnocalcaires argoviens. S'il ne subsiste plus de trace de blende, de rares mouches de galène très altérée apparaissent encore dans des verses, à proximité des anciens chantiers.

Au quartier de La Chapelle, une petite cassure très irrégulièrement minéralisée affecte l'Argovien supérieur, à proximité de l'accident du Bès. Elle contient un filon de calcite broyé, partiellement ou totalement remplacé par la smithsonite ferrifère que nous avons décrite précédemment. La galène y apparaît dans les résidus calcitiques et la limonite prend naissance à partir d'une petite cassure transverse interrompant le filon.

La coupe de la mine de Piémard (fig. 25-26) montre le développement important du phénomène "calaminaire" à l'intersection du Rauracien et de la fracture de Menglon (fig. 17-3). La minéralisation s'en éloigne peu latéralement comme le prouve le tracé des galeries. Ces dernières ne semblent pas avoir rencontré dans l'Argovien, ni le Séquanien-Kimmeridgien inférieur, des symptômes appréciables, justifiant un développement des chantiers. Cette hypothèse est confirmée par la visite de la galerie géométriquement la plus élevée des travaux miniers qui ne révèle dans les marnocalcaires séquanien que des traces de minéralisation.

La colonne minéralisée plonge sensiblement suivant le pendage du Rauracien en diminuant d'importance vers l'aval où le travers-banc de base, après avoir traversé 1500 m de marnes et marnocalcaires, la recoupe. Ce dernier, poursuivi au-delà de cette minéralisation, a mis en évidence un amas isolé. Existe-t-il une faille remontant le banc rauracien, ou s'agit-il d'un corps de smithsonite accidentellement isolé ? Le fait que nous n'ayons pas retrouvé de traces d'accident à l'affleurement ne suffit pas pour éliminer la première hypothèse. Toutefois, la disparition de la minéralisation oxydée doit plutôt être mise en relation avec le voisinage du niveau hydrostati-

que. Outre cet affaiblissement de puissance, la colonne présente une opposition entre la régularité de son toit et l'aspect dentelé de son mur. Cette irrégularité est due, vraisemblablement, à la présence d'apophyses minéralisées, s'amenuisant et disparaissant rapidement vers l'aval. Ce dispositif indique vraisemblablement des épanchements de smithsonite dans les surfaces de stratification des calcaires aux épontes de la cassure.

L'intense oxydation qui a affecté le gîte n'a tout de même pas complètement effacé son allure filonienne originelle. Le corps minéralisé primaire de Piémard devait avoir de grandes analogies avec le filon de calcite du Bellericq à Orpierre. A Piémard, les sulfures ont dû se développer plus particulièrement dans le Rauracien sans toutefois que leur présence dans les marnocalcaires argoviens soit exclue comme le prouvent les indices du quartier de La Chapelle. Ainsi, le contrôle étroit de la minéralisation par le banc rauracien serait dû, pour la plus grosse part, au phénomène d'oxydation. La cassure de Menglon recélant un filon de calcite au niveau du banc compétent rauracien aurait servi de drain aux solutions sulfatées. Les formations marneuses et marnocalcaires sous-jacentes dans lesquelles la cassure s'atténue, ont joué le rôle d'écran dans leur percolation. Elles ont, de plus, été captées de préférence par la calcite du filon que par les bancs de calcaire marneux encaissant, comme l'indique l'observation de la cassure de Châtillon. Ce n'est vraisemblablement, que lorsque ceux-ci étaient très disloqués ou contenaient de la blende aux épontes de la cassure, qu'ils ont été remplacés.

Cette réactivité de la gangue du filon explique donc l'allure filonienne conservée du gîte et la concentration des oxydés suivant le pendage du Rauracien.

C. - CONCESSION DE BRETTE

La concession de Brette (carte de localisation des secteurs) s'étend à la bordure occidentale du Diois, dans la région dite du Désert. Le seul village relativement important est celui de St-Nazaire-le-Désert, au Sud de la concession de Brette, du nom d'une commune à proximité des anciennes exploitations, les mines de Raux et de Brette.

- RAPPEL STRATIGRAPHIQUE et CARACTERES LOCAUX DE LA SERIE

Les formations affleurant dans le périmètre étudié vont de l'Oxfordien supérieur probable à l'Hauterivien inférieur. En effet, les marnes du coeur de l'anticlinal de Brette ont un faciès oxfordien accusé sans toutefois que nous ayons trouvé de faune qui puisse confirmer ou infirmer cette attribution. Argovien, Rauracien et Séquanien-Kimmeridgien inférieur ne présentent pas de caractères particuliers, sinon pour les deux derniers termes une dominante calcaire qui s'accuse dans le Tithonique. A la base de celui-ci, des slumpings affectent de petits bancs sous les barres calcaires (coupe du Pas du Gour, fig.27) qui sont surmontées par les deux faciès du Berriasien, calcaire et marnocalcaire. Les marnes et les calcaires marneux du Valanginien ont de 200 à 230 m de puissance, avec au sommet apparition de calcaires marneux gris bleuté en bancs plus ou moins épais, alternant avec des marnes grises. C'est le début de l'Hauterivien qui comporte, en outre, des calcaires cristallins roux, quelquefois détritiques.

TECTONIQUE

La structure anticlinale de Brette est un dôme qui s'allonge suivant une direction E-O sur les deux tiers de la longueur de son

axe, pour ne s'incurver vers le N-O qu'à son extrémité occidentale. Il est situé dans la concavité ménagée par une ligne d'accidents qui, par l'intermédiaire du pli couché de la Montagne d'Angèle, de la Montagne d'Oule Est-Ouest, devient Nord-Sud suivant le chevauchement de Couspeau (carte de localisation des secteurs).

L'anticlinal de Brette jouit d'une architecture relativement simple. Très ouvert à l'Est où il laisse affleurer en son coeur des marnes noires vraisemblablement de l'Oxfordien supérieur (fig.28, coupe 4), il se pince à l'Ouest en se coffrant entre ses deux flancs resserrés qui tendent à se déverser vers le Nord (fig.28, coupe 1). La voûte anticlinale, conservée par l'érosion et affectée d'un plongement d'axe important, y est décalée vers le Sud-Ouest entre deux décrochements parallèles. La terminaison péri-anticlinale orientale est faiblement accusée et uniquement soulignée par le replis E-O de la Servelle qui accident la voûte subhorizontale et dénote un faible déplacement de celle-ci vers le Sud. Ce déplacement s'est fait le long de l'accident du Pas de Viage qui limite le flanc fortement penté et abaissé du Cuchet.

Au front de poussée, sur le flanc sud de l'anticlinal, apparaissent de nombreuses cassures ayant deux directions privilégiées (fig. 28, coupe 5, et fig.29). Elles délimitent des compartiments qui, à l'affleurement, apparaissent avancés et reculés (Pas du Goure, Mine de Brette) et qu'un simple jeu vertical des failles peut expliquer. Il n'est toutefois pas exclu, comme le montrent les cannelures des miroirs de friction de certaines cassures, que le jeu ait comporté une composante horizontale. Seul, l'accident de la mine de Brette qui comportait dans son plan des amas de smithsonite a été exploité, les autres cassures ne révélant pas d'indices à l'affleurement.

Le flanc nord de la mine de Raux, très fracturé, comporte un filon de calcite parfaitement repérable sur la falaise calcaire rauracienne, elle-même affectée de petits replis. Le dernier fait dénote une obliquité de la contrainte sur l'axe de l'anticlinal, souligné

par un accident inverse qui relève le compartiment de la Mine de Raux sur une portion du flanc anticlinal horizontal, au Sud du Col de l'Esquite. La proximité et la direction de l'accident de "Pradelle, vieille-Brette" expliquent ces phénomènes. En effet, le jeu essentiellement vertical de cet accident comporte une composante horizontale qui a provoqué l'emboutissement du banc rauracien à la Vieille Brette et sur le versant de la Mine de Raux.

L'étude du réseau des fractures (fig.29) confirme ce fait. En effet, si l'on prend le plan de Normal-Stress-maximum suivant la direction de la fracture minéralisée de Brette, le filon de calcite de Raux lui étant sensiblement parallèle, l'accident "Pradelle, vieille-Brette" apparaît comme une cassure de compression légèrement oblique sur le Normal-Stress minimum; le jeu horizontal indiqué sur le schéma peut ainsi être envisagé. Les fractures du flanc sud de l'anticlinal doivent être considérés comme des tensions ayant pu jouer dans le sens vertical essentiellement, alors que la direction majeure de cisaillement apparaîtrait à l'extrémité occidentale de l'anticlinal, suivant les cassures de Reichas.

Dans le secteur, l'absence d'études géophysiques ne permet pas d'indiquer l'intensité qu'il faut attribuer aux différentes fractures. La carte de localisation des secteurs indique cependant que le secteur minéralisé de Brette se situe sur le prolongement du réseau d'accidents Propiac-Condorcet, sans toutefois, à notre connaissance, que cette continuité ait pu encore être démontrée par un levé géologique.

METALLOGENIE

A) HISTORIQUE

A la fin du siècle dernier, la Compagnie Royale Asturienne des Mines entreprit des travaux de recherches dans la région de St-Nazaire-le-Désert. Ils démontrèrent la rentabilité du gîte de Raux et obtinrent suffisamment de résultats sur des indices au Sud du hameau de Brette pour envisager la poursuite des travaux. Lors de la demande en concession, en 1900, le gîte avait fourni 800 tonnes de calamine à 30 % de Zn et 100 tonnes de blende avec galène à 40 % de Zn. L'exploitation se poursuivit de 1903 à 1911 où elle s'arrêta, faute de minerai.

B) MINERALISATIONS

Les minéralisations hypogènes de Raux ne sont pas, de nos jours, observables dans les échantillons que l'on peut prélever dans les travaux. Pourtant, comme nous l'avons vu précédemment, les rapports miniers mentionnent qu'un tonnage assez important de blende et de galène a été extrait des chantiers. Ces produits devaient être partiellement oxydés, si l'on en juge par les traces de minerai que l'on retrouve dans les galeries et par les blocs qui jonchent le lit du torrent.

Ce minerai a une remarquable homogénéité dans son faciès et est constitué de smithsonites généralement microcristallines qui se développent irrégulièrement dans les verses de Piémard et qui, à Raux, sont largement dominantes (fig.30). Seules, les études aux rayons X effectuées par Monsieur NICOLAS, Maître de Conférences au Laboratoire de Géologie Appliquée de la Faculté des Sciences, complétées par des analyses chimiques, ont permis de déterminer ces carbonates.

Ils ont une cassure gris bleuté, cristalline, qui prend par

place une teinte limoniteuse, se développant particulièrement à partir de la surface des échantillons sur quelques centimètres. Ce même phénomène est observable sur des minéralisations en place, entre le coeur et l'écorce qui les enrobent, au contact des épontes. Le passage des plages gris bleuté aux plages limoniteuses se fait graduellement comme l'indique la section mince. Dans les petits rhomboèdres finement engrenés, plus ou moins bien formés, limpides, évoquant certaines dolomies, apparaît un coeur limoniteux qui, en section polie, est souligné par des filets de goethite.

Les rayons X ont donné les résultats suivants :

- Les échantillons gris bleuté et limoniteux sont constitués essentiellement par de la smithsonite avec de la plombojarosite plus nette sur le premier échantillon que sur le second. La présence de ce minéral a été confirmée par une analyse chimique qualitative.

- Spectrochimie

1) échantillon gris bleuté 2) échantillon "limoniteux"

Fe	} présence ou nette	:	"					
Zn				} présence	:			
Pb	} faible présence ou présence	:	"					
Si				} présence	:	"		
Al	} présence	:	"					
Mn				} traces ou faible présence	:	"		
Cd	} présence	:	"					
Mg				} présence	:	"		
B	} présence	:						
Ca			} présence				"	
Ti								} présence
Na				} difficile à déceler en présence de Zn	:	"		
Non décelés : ZrV.Be.Bi.Cr.:		:						
Co.Ca.Ge.Hf.Hg.In.Ba.Pt.Mo.:			:					
Sb. W.							:	
				:				

Analyse chimique quantitative

	Pb total	Pb oxydé	Pb sulfuré	Zn total	Zn oxydé	Zn sulfuré
1)	1,70	0,50	1,20	33,35	32,20	1,15
2)	1,70	1,05	0,65	35,10	34,20	0,90

	CaO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Ag g/t	Cd
1)	1,23	0,50	15,30	1,99	1,80	1,88	<1	0,02
2)	0,53	0,58	3,14	16,16	2,20	2,18	<1	0,02

La répartition du Fe⁺⁺ et Fe⁺⁺⁺ dans ces deux échantillons montre que la limonite semble avoir pris naissance à partir de la smithsonite ferrifère. Ce résultat était suggéré par l'observation macroscopique et surtout microscopique.

Les sections polies révèlent l'existence de résidus de galène et plus rarement de blende (fig.31) dans cette smithsonite. Des cristaux de cérusite, souvent maclés en groupement réticulé (fig.32) apparaissent au sein du minerai. Les formes cristallines de cette cérusite ont été décrites par Lacroix. Dans les fractures de cette smithsonite, apparaissent des cristaux zonés, ayant de grandes analogies avec ceux observés au quartier de La Chapelle (concession de Menglon).

Certains échantillons sont bréchifiés et autour des éléments se développent des cristaux de galène, le ciment étant constitué de calcite^{et de} smithsonite plus ou moins cristalline (fig.33). Cette succession pourrait avoir son explication dans un mouvement positif du niveau hydrostatique avec une remise en mouvement de galène, suivi d'un mouvement négatif ayant permis un second dépôt d'oxydés. Cette

étude montre que les smithsonites microcristallines de la concession de Brette, particulièrement développées à la mine de Raux, ont pris naissance dans la zone de semi-oxydation vraisemblablement pas loin du niveau hydrostatique. En effet, certaines d'entre elles contiennent encore des traces de blende, et, si l'on en croit les rapports miniers, cette dernière constituait souvent la base du minerai dans les corps exploités.

A la mine de Brette, les produits limoniteux terreux et les smithsonites concrétionnées limoniteuses, déjà décrites à Piémard (concession de Menglon) constituent l'essentiel de la minéralisation.

C) GEOLOGIE MINIERE

A la mine de Raux, l'exploitation s'est développée à partir de cinq indices minéralisés oxydés, affleurant dans le Rauracien qui forme comme à Piémard une falaise escarpée.

La forme généralement stratoïde des corps minéralisés, décrite par les documents miniers, est loin d'être la règle générale; c'est ce que révèle un examen attentif des affleurements et des travaux miniers. Certes, il existe encore de nos jours des traces de minéralisations interstratifiées avec résidus de galène et de blende, mais ces symptômes sont toujours reliables à des cassures affectant le banc rauracien, cassures elle-mêmes minéralisées en semi-oxydé. Nous avons mentionné dans le chapitre tectonique l'allure très tourmentée de ce banc calcaire où les replis et la fracturation ont fait naître des recristallisations de calcite. La visite des travaux miniers permet de relier ces phénomènes à la minéralisation.

Actuellement, seuls les premier, second et troisième groupes de travaux sont accessibles (fig.36).

-- Dans le premier groupe de travaux, la minéralisation a été

suivie par un avancement étroit et incliné sensiblement suivant le pendage des couches, à l'éponte d'une cassure sur laquelle les travaux avaient commencé. Dans cette galerie, apparaissent par place des excavations dont les parements conservent encore des traces de minéralisation, englobant ou passant latéralement à de la calcite, souvent tachée de limonite. Tous les intermédiaires entre un banc calcaire sillonné de filonnets de calcite et un banc entièrement recristallisé sont observables sur le trajet de la galerie qui révèle, en outre, la présence de minéralisations interstratifiées, englobant des résidus calcitiques (fig.35). Les surfaces de stratification dans ce cas comportent des traces de friction qui dénotent un déplacement relatif d'un banc sur un autre.

- Alors que dans le troisième groupe de travaux, la minéralisation peu importante consiste en lentilles dans le plan d'une fracture, dans le deuxième groupe (fig.36) apparaît un corps stratiforme qui peut être mis en relation avec une cassure minéralisée. Cette légère fracture, sensiblement verticale sur le front de la falaise, s'incurve vers l'Est, dans les plans de stratification des calcaires rauraciens très redressés. Alors que la minéralisation est réduite à quelques centimètres dans la partie supérieure de la cassure, elle atteint 1 m,50 dans les bancs calcaires et affecte à ce niveau l'allure d'un amas interstratifié.

La minéralisation semble donc s'intensifier dans le Rauracien, et si, comme à Piémard, il n'est fait aucune allusion dans les rapports miniers/à des traces de minéralisations dans l'Argovien, il se peut que celui-ci ait été faiblement minéralisé à l'intersection des cassures. En effet, l'une d'entre elles dans le travers-banc N 1, dans les marnocalcaires argoviens, a montré des traces de galène. Le travers-banc N 2 de base, au niveau 651, tracé sur 260 m au stérile dans l'Argovien aux dires des rapports miniers, à l'aplomb du premier groupe de travaux, est aujourd'hui éboulé et ne peut permettre de vérifier si de tels symptômes sont courants dans les marnocalcaires.

Quelle soit dans les fractures ou entre, et dans les bancs rauraciens, la minéralisation comporte des traces de galène essentiellement et de blende. La présence de cette dernière impliquerait que ces produits oxydés ont pris naissance quasiment in-situ à partir de ces sulfures.

Comment expliquer l'existence de semi-oxydés dans une série calcaire à 250 m du niveau actuel des cours d'eau ? Existait-il un niveau hydrostatique local, accidentel, ayant subi peut-être une légère remontée ? Un autre facteur a dû intervenir, à Raux, pour conserver une zone de semi-oxydation largement développée dans le sens vertical : c'est vraisemblablement l'absence d'une fracture importante, minéralisée dans son plan et ayant servi de drain aux eaux météoriques. Nous retrouvons de telles conditions au petit gîte de Brette qui présente les mêmes caractères que le gîte de Piémard (concession de Menglon).

C'est dans une fracture amenant le Rauracien au contact du Tithonique qu'un remplissage "calaminaire" fortement "limoniteux", irrégulièrement réparti dans un filon de calcite, a été suivi sur quelques dizaines de mètres par deux galeries aujourd'hui éboulées. La minéralisation ne consistait qu'en produits profondément oxydés qui se poursuivaient au moment de l'arrêt des travaux. Il semble, aux dires des gens du pays, que les anciens exploitants abandonnèrent ces indices intéressants pour concentrer leurs efforts sur le gîte de Raux.

D. - CONCESSION DES PRÉS ET MINE DE CHARENS

La concession des Prés se situe au Sud de Beaurières (carte de localisation des secteurs), dans le Haut-Diois, à la limite des départements des Hautes-Alpes et de la Drôme; cette rivière s'encaisse en gorges à quelques kilomètres en aval de sa source, dans le Jurassique supérieur calcaire, à proximité des anciennes exploitations de la mine du Chouët ou des Prés. Après avoir traversé du S E. au N.O. la concession des Prés, elle longe, au Nord la falaise tithonique où se tenait la mine de Charens.

RAPPEL STRATIGRAPHIQUE et CARACTERES LOCAUX DE LA SERIE

Le Jurassique supérieur calcaire et le Berriasien, entaillés par le Drôme se prêtent aux coupes détaillées, particulièrement le long de la route de Charens et du vieux chemin du Chouët (fig.37 et 38). De plus, le long du contact anormal qui limite le secteur au Nord, existent des affleurements d'Hauterivien, Barremo-Bédoulien et Gargasien du synclinal des Lesches-en-Diois.

L'Oxfordien supérieur est peu développé dans les anticlinaux; il est observable au Sud de Beaurières, et au Sud de Charens en affleurements isolés au contact du flanc déversé de l'anticlinal de Bois Mol.

Les alternances marnocalcaires de l'Argovien prennent une grande importance dans la région, puisqu'elles s'étagent sur 450 m environ sur les pentes du Gros Fayards avec, vraisemblablement, une diminution d'épaisseur vers l'Ouest, sur les flancs du Bois de Fays. Il faut y noter une persistance de lits marneux schisteux dans le Rauracien qui ne s'individualise plus dans la topographie. Ce phénomène n'est plus observable ailleurs dans le secteur. Au Pont de Charens; les bancs de calcaire rauracien sont épais et bien stratifiés

avec, toutefois, une tendance à devenir lenticulaires. Les contournements de couches sont fréquents dans le Rauracien.

L'originalité du Séquanien-Kimmeridgien inférieur consiste au développement des petits bancs calcaires à surfaces de stratification mamelonnées dans le terme supérieur, avec au passage au Tithonique, un premier niveau conglomératique à ciment et éléments calcaires. Ce dernier n'est d'ailleurs pas constant dans l'ensemble du secteur.

Le Tithonique et le Berriasien inférieur calcaire marquent le paroxysme de ces manifestations sédimentologiques. Le Berriasien supérieur marneux et marnocalcaire représente un long épisode de sédimentation terrigène qui se poursuit sur 140 mètres avec intercalations de calcaire marneux au sommet. Les derniers trente mètres doivent être attribués au Valanginien, puisqu'ils ont donné, au Sud de Charens, Protetragonites quadrisulcatum d'ORB. Ainsi, le niveau à Ammonites pyriteuses du Valanginien apparaît ici plus élevé dans la série que l'on ne le trouve couramment.

Le début de l'Hauterivien est marqué par des bancs de calcaires détritiques roux, suivis d'une récurrence marneuse surmontée d'une puissante assise, environ 500 m., d'alternances de calcaires marneux et de marnes. Dans le Barremo-Bédoulien, les passées marneuses deviennent subordonnées et les calcaires sont souvent organogènes avec des niveaux silicifiés. Le Gargasien (Aptien supérieur) est marqué par la reprise de la sédimentation marneuse.

TECTONIQUE

La région de Beaurières, Le Chouët, Charens, se situe dans une zone de changements de directions de plissements EO à NO-SE. Elles y sont représentées respectivement, au Nord, par l'anticlinal du Gros Fayards en bordure du synclinal de Lesches-en-Diois, au Sud, par le synclinal de Charens, à l'extrémité Nord-Ouest du synclinal de Val-

drôme (carte de localisation des secteurs). Le repli anticlinal de la mine du Chouët avec un axe perpendiculaire aux deux précédentes structures les limite entre elles. Enfin, l'anticlinal du Bois Mol, NO-SE, voit sa terminaison péri-anticlinale orientale s'incurver vers l'Est.

Les anticlinaux du Gros Fayards et du Bois Mol (fig.39) ont dans leur architecture des caractères communs que nous allons dégager : ces structures, déversées vers le Nord et le Nord-Est, à flancs inverses très étirés, souvent entièrement laminés, sont faillés axialement. En effet, leurs flancs normaux, intacts, puissants puisqu'ils laissent affleurer à leur base, les marnes noires oxfordiennes, chevauchent leurs flancs inverses localement. Les caractères propres à ces deux structures, fonction de leur environnement tectonique, respectivement synclinaux de Lesches-en-Diois et de Valdrôme, Synclinal de St-Dizier-en-Diois, nous amènent à les envisager successivement.

L'anticlinal du Gros Fayards, très ouvert à l'Est, se resserre vers l'Ouest.

Le flanc déversé est irrégulièrement laminé et chevauchant, avec, toutefois, une accentuation vers l'Est. Il se couche au cuchet de la Sourde (854-258) où une langue de terrains jurassiques, de l'Argovien au Tithonique, légèrement écaillés, reposent sur les formations crétacées du synclinal de Lesches-en-Diois. Ce contact anormal passe latéralement en direction de Beaurières à un accident rectiligne important puisque l'Argovien y butte contre le Barrémien. En dehors du secteur cartographié au NE de Beaurières, le roc de Coulobre (Carte de localisation des secteurs) est aussi un lambeau de flanc inverse reposant en contact anormal sur le Barremo-Aptien du synclinal de Lesches-en-Diois. La portion rectiligne de l'accident, au voisinage de Beaurières, géométriquement plus basse que les deux lames de terrains jurassiques, indique la tendance qu'a la racine du

du contact anormal de se rapprocher de la verticale à sa base. L'axe de l'anticlinal du Gros Fayards est affecté d'un fort plongement vers l'Ouest qui a son minimum au grand Chatier (850,5-256,5) dans l'axe du synclinal de Charens. Dans ce quartier où les deux directions de plissements interfèrent, apparaît un champ de fractures transversales que l'on doit aussi relier à la terminaison Nord-Ouest de l'anticlinal de Bois-Mol. En effet, ce dernier se raccorde aux structures précédentes par l'intermédiaire d'un bloc de tithonique (850,5 - 255) chevauché par le flanc normal et chevauchant le synclinal de Charens. Les deux cassures minéralisées de la mine de Charens, à un niveau où l'axe de l'anticlinal du Gros Fayards plonge vigoureusement, rappellent les fractures de tension observables dans les terminaisons péri-anticlinales où un horizon compétent puissant, ici le Tithonique, a des difficultés à plier sans casser.

L'anticlinal du Bois Mol a une forme curieusement trapézoïdale; il est constitué essentiellement par son flanc normal, chevauchant le flanc déversé et laminé sur presque toute sa longueur. Le seul lambeau relativement important est situé à proximité de Charens (852-253). L'horizontalité du flanc normal, au NO, au Bannestier, contraste avec sa pente, au SO, à la Montagne de Tarsimoure où une faille l'interrompt, le faisant dominer par la "tranche" de synclinal de St-Dizier-en-Diois. Cet accident s'amortit dans une flexure qui a tendance à se déverser vers le SO. Ainsi, l'anticlinal, dans sa zone centrale, présente des déversements sur ses deux flancs vers deux zones déprimées, les synclinaux de St-Dizier et de Charens (fig.39, coupe 2). Ce dernier est, en effet, géométriquement bien en-dessous du coeur oxfordien de l'anticlinal de Bois Mol. C'est un synclinal à fond plat, avec brusque relèvement du flanc nord suivant une ligne passant sensiblement du Regard au Pont de Charens (857-255; 854,5-255) où elle suit la vallée de la Drôme, avec amortissement vers la mine de Charens. Le flanc sud se relève

au contact du flanc déversé de l'anticlinal de Bois-Mol. A l'Est, cet anticlinal présente une terminaison péri-anticlinale à plongement d'axe important, avec bourrage de marnocalcaires argoviens entre deux flancs verticaux. Ils sont interrompus par une faille de direction (N 30°) dont les effets, s'ils ne sont pas d'une grande intensité, sont tout de même d'une continuité remarquable puisqu'ils se suivent sur plus de 3 Km, sensiblement le long de l'axe de l'anticlinal de la mine du Chouët que nous allons, à présent, envisager.

L'anticlinal de la Mine du Chouët (fig.40) est un repli assez accusé dans sa partie méridionale, s'atténuant du col de St-Pierre (855,5-253,5) où il est très pincé, au Bois de Fays où il n'en subsiste à l'affleurement qu'une flexure dans le Berriasien. A l'Est, du hameau du Chouët, la structure est disymétrique et tend à se déjeter vers l'Ouest (fig.42) alors que sur la rive gauche de la Drôme, elle se déverse dans un sens opposé (fig.43). Il existait donc, dans l'axe de la rivière, une zone fracturée ou étirée au niveau du Tithonique qui a favorisé sa traversée en cluse.

La structure, parfaitement symétrique au col de St-Pierre, se bloque sous un angle très faible sur l'accident qui interrompt l'anticlinal de Bois-Mol. En remontant vers le Nord, il laisse à l'Est la vôte anticlinale avant de tangenter, par le jeu de déversement en sens opposé, l'axe de la structure à la mine du Chouët où il est minéralisé. A ce niveau, le repli a sa charnière cassée par une fracture qui s'atténue très rapidement vers le Nord. Un bloc de Tithonique dont la fracturation a favorisé les épanchements "calaminaires" est limité, à l'Est et à l'Ouest, par ces deux accidents que l'on peut penser pelliculaires; ils n'affectent que faiblement les marnocalcaires argoviens sous-jacents comme le montre la coupe des gorges de la Drôme qui permet, en outre, d'observer des dysharmonies tectoniques dans l'Argovien, sur la rive gauche, et des contournements de couches dans le Rauracien, fréquents sur la rive droite.

Dans l'interprétation de ces contournements, il est difficile de faire la part du slumping et de la dysharmonie tectonique.

Dans une hypothèse uniquement tectonique, nous devrions observer une multiplication de ces replis dans la partie ayant subi la plus grande contraction latérale, c'est-à-dire sur la rive gauche de la Drôme où la structure anticlinale est accentuée. Nous observons l'inverse à l'affleurement. De plus, dans des zones non tectonisées, de part et d'autre de la Drôme, le banc rauracien est affecté de contournements analogues. Cela nous amène à penser que le slumping a joué un rôle important dans la formation de ces contournements.

Ne seraient-ils pas liés à des manifestations tectoniques précoces ? Les conglomérats à ciment et éléments calcaires seraient un autre aspect de ces phénomènes, dénotant l'instabilité du fond au moment du dépôt.

Le pointage systématique de ces contournements dans le cadre régional et la cartographie de la répartition de ces conglomérats montreraient s'ils occupent des emplacements privilégiés par rapport aux structures.

Sur le secteur étudié, nous ne disposons que de peu d'observations permettant d'étayer une telle hypothèse. Il semble toutefois que les contournements dont les axes sont sensiblement parallèles à celui de l'anticlinal du Gros Fayards se localisent à l'aplomb du relèvement brusque du flanc Nord du synclinal de Charens. Ils sont particulièrement bien observables dans les gorges de la Drôme; au niveau de la structure du Chouët qui les reprend dans un plan de plissement différent.

Si l'on relie la genèse de ces contournements à l'ébauche de l'anticlinal du Gros Fayards, il est logique de les trouver le long des flancs de cette structure. On peut y remarquer, en outre, dans les gorges de la Drôme, un Rauracien à bancs épais, présentant des renflements et des amenuisements qui contraste avec celui, à puissance

réduite et intercalations marneuses, du Bois de Fays.

Si de telles variations sont peu importantes, plus notable est la différence de puissance, déjà signalée (Goguel, 1953), entre les calcaires du Jurassique supérieur de la route de Charens et ceux du flanc déversé de l'anticlinal du Gros Fayards. Ce phénomène est aussi observable entre les mêmes formations des flancs normaux et déversés de l'anticlinal de Bois Mol. Dans les deux cas, l'étirement et le laminage tectonique ont joué un rôle majeur puisque les couches y sont très fracturées et sillonnées de calcite. Toutefois, cette réduction de puissance n'existait-elle pas en partie avant l'accentuation des deux structures ? Nous sommes dans l'impossibilité de le démontrer.

Cependant, sur les deux flancs déversés, aux Tours (851,7-257) et immédiatement au Sud de Charens (fig.39, coupe 2), un conglomérat du Berriasien, à éléments calcaires et ciment marneux, se trouve normalement au contact des bancs tithoniques; sur la coupe de Charens (fig.37), ce niveau est séparé de ces dernières assises par une cinquantaine de mètres de calcaires crèmes à intercalations de conglomérats à éléments et ciment calcaires, donc n'ayant pas les mêmes caractères lithologiques. Est-on en présence d'une variation de faciès et de puissance ? L'état de fracturation des affleurements et leur faible répartition latérale ne nous permettent pas de conclure. Pourtant ces observations, si elles ne démontrent pas pleinement l'hypothèse d'une amorce précoce de structure, suggèrent néanmoins que des études pourraient être entreprises avec des chances de succès sur ces problèmes de sédimentologie et de micro-tectoniques.

METALLOGENIE

A) HISTORIQUE

En 1889, la Société Austro-Belge entreprit des travaux dans le ravin du Chouët sur cinq affleurements minéralisés qui mirent en évidence d'importants travaux antérieurs. L'exploitation du gîte eut lieu de 1892 à 1895. Le tonnage extrait de ces chantiers fut de 6.000 tonnes de "calamines plombeuses" qui, après calcination, donnèrent des produits à 39 Unités Zn. Dans le périmètre de la concession, au Col de St-Pierre, d'autres recherches furent effectuées sur une minéralisation peu importante, abandonnées peu après.

Nous n'avons pu savoir si les travaux découverts en 1929 par la Société des Mines de Charens dont la disparition n'a laissé aucune trace, à notre connaissance, dataient de la fin du siècle dernier.

B) MINERALISATIONS

Les minerais des Prés que l'on peut prélever dans les déblais, à proximité des anciennes exploitations, ont subi une très intense fracturation. La brèche qui en résulte est constituée d'éléments de tailles variables mais ne dépassant pas quelques centimètres, noyés dans un ciment formé d'une bouillie de fragments de minerai (fig.42). Comme dans les secteurs précédemment étudiés, les produits franchement oxydés, limoniteux, sont fréquents aux Prés.

Les minéraux de la brèche sont : galène, pyrite, smithsonite ferrifère plus ou moins largement cristallisée et cérusite.

Une analyse chimique de ce minerai a donné les résultats suivants :

Pb	Pb	Pb	Zn	Zn	Zn	Résidu:	CaO	MgO	Ag.gr/:
total	oxydé	sulfuré	total	oxydé	sulfuré	insolu:	ble		tonnes
24,40	15,85	8,55	22,40	21,10	1,30	2,60	1,26	0,61	< 1

Subordonnée dans le ciment, la galène peut devenir prédominante dans les éléments. Elle s'y développe généralement en rubans qui s'interrompent au contact du ciment ou, quelquefois, enrobent ces éléments en remplaçant les cristaux de carbonate qui les constituent. Des essais microchimiques confirmés par des diagrammes de rayons X, effectués au B.R.G.M., ont montré que ces carbonates donnaient les raies de la smithsonite. Ces diagrammes ont révélé, en outre, l'existence de traces de blende dans ces plages oxydées. En sections minces, les carbonates affectent des formes rhomboédriques et présentent les caractères des smithsonites microcristallines, déjà décrites dans les précédentes monographies. Nous y avons, en particulier, souligné leur anisotropie chimique qui se manifeste par des zones plus ou moins ferrifères. Ce dernier fait explique vraisemblablement les structures de remplacement couramment rencontrées en sections polies. (fig.44).

La galène envahit zone par zone la smithsonite; deux d'entr'elles semblent particulièrement réceptives : l'une presque marginale, l'autre sensiblement médiane (fig.45). Ces remplacements se développent particulièrement au contact des plages largement développées de galène et l'on peut suivre sur section polie, l'envahissement du minéral hôte par le minéral remplaçant. Ce phénomène n'est d'ailleurs pas localisé uniquement au voisinage des rubans de galène, il se manifeste au sein des éléments où la première zone remplacée d'un cristal est la zone médiane (fig.46).

Enfin, une smithsonite, plus largement cristalline, enrobe les éléments de la brèche et la galène, et se développe inégalement dans les fractures du ciment.

De ces observations, nous pouvons tenter de reconstituer l'enchaînement des phénomènes.

Peu postérieurement au début de l'oxydation d'une minéralisation constituée de pyrite, blende, galène, qui a donné des smithsonites

microcristallines et de la cérusite, mais où subsistaient des résidus de sulfure de plomb, a dû s'effectuer une remontée du niveau hydrostatique, accompagnée, localement dans le gisement, d'une fracturation. Là, se placent la remise en mouvement du sulfure de plomb et le dépôt de galène. Dans les zones peu bréchifiées, cette dernière se développe dans les fractures des produits semi-oxydés et là où le phénomène a été plus intense, enrobe les éléments de la brèche en remplaçant sélectivement certaines zones de cristaux de smithsonite. Une très importante fracturation a affecté ultérieurement le minerai qui s'est alors trouvé formé d'éléments isolés dans de petits fragments de smithsonite microcristalline, cérusite, galène, ménageant vraisemblablement des vides. Le niveau hydrostatique s'étant abaissé, l'oxydation s'est, par la suite, développée plus particulièrement dans le ciment où la circulation des solutions était plus aisée. Elle entraîna ainsi des dépôts de smithsonite autour et dans les fractures des éléments ainsi que dans le ciment, ou, simplement, des remises en mouvement de carbonates déjà déposés, les deux phénomènes ayant dû d'ailleurs coexister.

A la mine de Charens, les minéralisations sont profondément oxydées; quelques échantillons présentent des rubannements d'hydrozincite à aspect crayeux. La galène s'y manifeste faiblement au sein d'une cérusite grise massive, à cassure conchoïdale. La très nette séparation des oxydés de Pb et de Zn observée dans les échantillons, nous amène à penser que le gîte a fait l'objet d'un lessivage différentiel d'oxydation, le plomb étant conservé sensiblement in-situ, tandis que le zinc migrerait dans les formations sous-jacentes.

C) GEOLOGIE MINIERE

A la mine du Chouët ou des Prés, peu d'éléments d'observation permettent de se faire une idée de ce que pouvait être le gîte, avant

son exploitation, les travaux étant éboulés.

Le secteur minéralisé se localise, le long de l'accident qui se poursuit au col de St-Pierre au Bois de Fays, plus particulièrement sur la rive gauche du ravin du Chouët où il met en contact le Kimméridgien supérieur, au Sud, et le Berriasien, au Nord. A l'éponte jurassique de cet accident, s'allonge une bande de terrains fortement fracturée de 10 à 15 m. de large sur 150 m. de long à l'affleurement. C'est dans cette zone broyée que la minéralisation s'est concentrée (fig.47).

Il n'en subsiste à l'affleurement que des traces, constituées essentiellement de placages de smithsonite sans valeur et de produits terreux limoniteux qui s'insinuent dans le réseau serré de fractures longeant l'accident majeur et dans les surfaces de stratification des calcaires, souvent largement recristallisés en calcite.

Quelle était donc l'allure des corps minéralisés de la mine du Chouët ?

La visite des seuls travaux encore accessibles, en dehors de la zone intensément minéralisée (galerie AB. fig.47) et au col de St-Pierre, nous permet d'interpréter les plans et coupes des documents miniers et d'avancer que la minéralisation était liée originellement aux fractures.

La coupe de la galerie AB (fig.47) montre que la minéralisation consiste en amas irréguliers dans le calcaire kimméridgien, s'appuyant sur le plan de failles et communiquant souvent entre eux. Le même dispositif est visible dans la galerie du col de St-Pierre où l'accident recoupe le pincement péri-anticlinal de la structure. Dans les deux cas, la minéralisation comporte des cannelures au contact du miroir de l'accident qui a donc rejoué après sa mise en place. En fait, le jeu de cet accident est complexe, car les miroirs à l'affleurement offrent deux systèmes de cannelures, l'un à composante horizontale majeure, l'autre à composante verticale majeure,

qui se recourent indifféremment; ce jeu ou ces rejeux successifs expliquent la bréchification plus ou moins intense des échantillons prélevés dans les verses.

Comme nous l'avons déjà mentionné, ces minéralisations sont semi-oxydées et la forme qu'elles épousent actuellement doit correspondre sensiblement à celle des corps primaires, malgré cette bréchification postérieure.

Les plans et coupes de la mine mettent en évidence l'allongement de la minéralisation suivant le réseau d'accidents. Au niveau du TB₃ et TB₄ le corps minéralisé a une tendance à l'horizontalité vraisemblablement due à l'oxydation, si on en juge par les produits qui y furent extraits, qui coïncide d'ailleurs, à l'affleurement, avec le maximum d'intensité de la fracturation. Il n'est pas exclu qu'en dehors des limites du minerai exploité par les Anciens, donc à une teneur suffisante pour l'époque, existent d'autres symptômes délibérément délaissés pour leur mauvaise qualité.

Vers le Nord où la fracturation s'atténue, l'allure filonienne réapparaît et même dans la zone centrale où des migrations latérales d'oxydation ont dû intervenir, ce dernier phénomène n'a pas été suffisamment intense pour effacer la forme des corps minéralisés primaires.

Comme au gisement de Raux (concession de Brette) l'absence de cassure importante minéralisée exclusivement dans son plan doit intervenir pour expliquer le retard de l'oxydation.

A la mine de Charens, la minéralisation la plus importante était localisée dans le Kimméridgien inférieur - Tithonique, à l'intersection d'une petite cassure sensiblement parallèle à l'accident majeur, lui-même minéralisé dans le Rauracien. Elle consistait en un amas, "l'église" des anciens mineurs de Charens, essentiellement constitué de minerais oxydés. Seule sa partie supérieure est observable, grâce à une galerie dans le Tithonique parfaitement conservée. De gros

blocs de limonite terreuse existent encore aux parements ainsi que des smithsonites de médiocre qualité. Comme à Menglon et à Brette, les solutions sulfatées ont dû migrer préférentiellement dans les cassures, ce qui explique la localisation des oxydés.

E. - MINES DE LA PIARRE et de SIGOTTIER

La vallée de La Pierre (carte de localisation des secteurs), transverse à celle des deux Buechs, est un cul de sac dominé par les falaises tithoniques. Les mines de La Pierre, au Nord du village du même nom, dominant les gorges du Gros Morel et sont particulièrement difficiles d'accès. Les différents chantiers de la mine de Sigottier s'échelonnent sur l'arête calcaire qui longe, au Sud, la vallée de La Pierre.

RAPPEL STRATIGRAPHIQUE et CARACTERES LOCAUX DE LA SERIE

Peu de variations apparaissent dans les faciès des étages précédemment décrits dans les autres régions. L'Oxfordien a toujours son faciès type de marnes noires avec des "couches rouges" au passage à l'Argovien qui est toujours aussi puissant, de 300 à 400 m. Rauracien, Séquanien-Kimméridgien inférieur, bien qu'ils jouissent des mêmes caractères lithologiques, affectent une très nette diminution d'épaisseur puisqu'ils se développent sur une quarantaine de mètres. Des slumpings perturbent les bancs de calcaire alternant avec des marnes au passage au Tithonique qui ne présente pas de caractères particuliers, sinon des indices de classement dans des conglomérats à ciment et éléments calcaires, des gorges du Gros Morel (fig.48). Le banc qui les recèle a l'apparence d'un véritable lit de graviers roulés. Berriasien et Valanginien ayant respectivement 50 et 100 m. sont surmontés par 10 à 20 m. de gros bancs de calcaires détritiques roux à silex, n'affleurant dans le secteur étudié que sur le flanc de Sigottier. Ils marquent la base de l'Haute-rivien qui, avec ses alternances de calcaires et de marnes, supporte le Barremo-Bédoulien plus calcaire et le Gargasien franchement marneux.

TECTONIQUE

L'anticlinal de La Pierre (fig.49) est un pli sensiblement EO, transverse à la direction générale de l'anticlinorium d'Aspremont qu'il limite au Sud. Le flanc nord, faiblement penté, s'oppose au flanc sud, à Tithonique vertical dans sa partie orientale. Récelant respectivement les minéralisations de La Pierre et Sigotier, nous allons les envisager successivement :

Sur le flanc nord de l'anticlinal de La Pierre, symétriquement par rapport à une zone déprimée, au niveau des gorges du Gros Morel, s'élèvent de part et d'autre, les formations du Jurassique supérieur. Alors que sur la rive gauche du torrent d'Aiguebelle, ce relèvement se fait par l'intermédiaire de fractures directes, sur sa rive droite, sur une cassure verticale abaissant sa lèvre est, s'embranchent des cassures inverses qui ont provoqué l'empilement de blocs de calcaires tithoniques (fig.51). Le front de la falaise montre l'agencement de ces réseaux de fractures (fig.51) dont il ne subsiste, vers le Nord, qu'un accident inverse comme l'indique le levé géologique. La zone déprimée et cassée des gorges du Gros Morel s'interrompt sur un petit accident NO-SE dont la réplique, à une échelle plus petite, peut être observée dans le Rauracien-Séquanien-Kimméridgien inférieur. Les calcaires rauraciens sont en contact avec marnocalcaires séquanien par une surface de friction verticale qui s'incurve pour devenir horizontale dans les plans de stratification de base des marnocalcaires. Ainsi, ce phénomène interrompant la zone fracturée des gorges sur lesquelles s'étaient développées les Mines de La Pierre, doit être rapproché plus à un glissement banc sur banc qu'à une faille franche.

Le long du flanc méridional la subhorizontalité des calcaires rauraciens contraste avec la verticalité des calcaires tithoniques (fig.52) qui présentent, en outre, des surfaces de friction dans

les plans de stratification. L'explication de ce phénomène est fournie par l'examen des affleurements du Bois de l'Adroit. Décalé vers le Sud par un décrochement, le Tithonique y est peu penté et représente un lambeau de la voûte anticlinale qui s'infléchit brutalement à la verticale vers le Sud. Le flanc vertical de Sigottier est donc la retombée correspondante de la voûte qui y est aujourd'hui enlevée par l'érosion. La coupe de la cluse de Sigottier confirme ce fait car elle permet d'observer le Rauracien pendant normalement sous le Tithonique, à un niveau géométriquement en-dessous du précédent.

L'anticlinal de La Pierre présentait donc un coffrage sur son flanc sud (fig.53) et il n'est ainsi pas étonnant d'observer à ce niveau des surfaces de friction dans le Tithonique, et quelquefois des dysharmonies avec les assises sous-jacentes.

Sur les deux flancs de la structure, les accidents que nous venons d'étudier ont des caractères de tectonique pelliculaires et il est difficile de les mettre en relation avec des cassures importantes.

Deux possibilités apparaissent cependant, lorsqu'on replace les structures minéralisées dans le cadre régional :

- la position de la zone fracturée de la mine de La Pierre, dans l'axe du réseau d'accidents importants limitant le Diois du Beau-chêne (carte de localisation des secteurs).
- la proximité de la faille qui affecte les formations marneuses du coeur de l'anticlinal. Pour cette dernière, si la continuité vers l'Est, notée sur la carte de localisation des secteurs, est des plus hypothétiques car elle ne peut être déduite, ni de l'observation des affleurements masqués par les formations de pente, ni d'une quelconque perturbation dans l'architecture de l'anticlinal, vers l'O, elle est nette dans la terminaison orientale de l'anticlinorium d'Aspremont. La faille s'y incurve vers le SO, parallèlement aux grands

accidents qui limitent au Sud cette structure. Ils sont situés, d'après les données de Sismique, sensiblement au-dessus d'une cassure importante qui présente les mêmes caractères que celle que nous avons évoquée pour l'anilinorium de Laragne. Si nous pouvons ainsi établir le voisinage d'accidents profonds, leur connection avec les cassures minéralisées est loin d'être évidente.

METALLOGENIE

A) HISTORIQUE

Les mines de Sigottier, de La Pierre et de l'Epine furent exploitées de 1891 à 1896, par la Société de la Vieille Montagne. Il s'agissait d'ailleurs, non d'une concession, mais d'un permis de recherches sur un secteur riche en indices minéralisés où subsistaient encore des traces de travaux antérieurs à 1891. Jusqu'en 1893, ces différents gisements semblaient assez rentables, sans toutefois permettre une appréciation définitive pour l'avenir. Les efforts ne semblent pas s'être portés sur le gisement de La Pierre qui demandait des dépenses importantes pour la remise en état d'anciens travaux, mais plutôt sur le gisement de Sigottier. L'abandon de ce dernier fut motivé par l'appauvrissement du gîte en profondeur, la production n'ayant pas dépassé 4.450 tonnes de "calamine".

En 1926, la Société de la Vieille Montagne s'intéressa à une reprise éventuelle du gisement de Sigottier, mais les travaux menés de 1933 à 1939 n'aboutirent à rien.

En 1951, d'une nouvelle visite à ce gisement, se dégagait l'impossibilité d'avancer un tonnage même approximatif et il fut jugé inutile de reprendre l'exploitation en raison de l'irrégularité du gîte.

B) MINERALISATIONS

Si les minerais de La Piarre ne diffèrent pas, par la nature de leurs minéraux, de ceux précédemment décrits dans l'étude des autres secteurs, ils présentent des particularités structurales originales.

Macroscopiquement, des veinules de galène sont discernables au sein d'une gangue "noirâtre" qui donne une réaction positive aux réactifs du "Pb oxydé et du Zn oxydé". Ces résultats sont confirmés par l'examen des échantillons en section mince où le fond du minerai apparaît être constitué de cérusite et de smithsonite microcristalline. La galène, bien conservée, ne se dispose qu'aux épontes de nombreuses petites fractures qui sillonnent les carbonates et les découpent en une mosaïque à maille plus ou moins lâche (fig.53). Ce dispositif n'est d'ailleurs pas général pour toutes les fractures. Quelquefois, à leurs épontes, directement entre deux éléments de "gangue", apparaissent de petits rhomboèdres miel à brun de smithsonite, pouvant aussi tapisser des géodes au sein du minerai (fig.55). Cette smithsonite peut d'ailleurs se développer sur la galène dans les fractures ou les géodes où elle apparaît (fig.54). Assez généralement, les vides ménagés par ces rubans de smithsonite sont colmatés par de la cérusite blanche hyaline. Il ne semble pas qu'il ait existé une bréchification amenant un déplacement relatif des différents éléments de cette mosaïque qui apparaissent jointifs de part et d'autre des fractures. Les minéralisations de La Piarre ont de très grandes analogies avec celles de la mine du Chouët et n'en diffèrent que par l'absence de bréchification.

Nous avons vu dans les précédentes descriptions monographiques que certaines observations ont suggéré un relèvement puis un abaissement du niveau hydrostatique.

A La Piarre, ce phénomène doit être invoqué pour expliquer la succession des minéraux, smithsonite microcristalline et cérusite,

galène, smithsonite en rhomboèdres, cérusite blanche.

Aux mines de Sigottier, la minéralisation est essentiellement constituée de produits profondément oxydés. La limonite terreuse, très abondante, teinte souvent la smithsonite concrétionnée; cette coloration s'atténue et tend vers le blanc sur certains échantillons. Couramment, existent, au sein des concrétionnements, des résidus calcitiques incomplètement remplacés et quelquefois des traces de fracturation. L'originalité des minéralisations de Sigottier consiste en l'abondance de l'hydrozincite concrétionnée, crayeuse ou terreuse, qui enveloppe souvent des fragments de calcaires crèmes ou même des smithsonites concrétionnées. Elle représente les produits terminaux de l'oxydation de ces gisements plombo-zincifères "en série calcaire".

C) GEOLOGIE MINIERE

La Pierre : Nous ne disposons que d'une documentation très imprécise sur les exploitations de La Pierre. S'il n'y avait pas les verses de la mine et une entrée de galerie éboulée, rien ne pourrait trahir la présence de minerai à l'affleurement, si ce n'est de faibles traces de limonite dans les cassures.

La coupe schématique du gisement que nous proposons est des plus hypothétique (fig.56). Elle a été conçue grâce aux rapports miniers qui mentionnent sa position approximative et son allure interstratifiée. Ces renseignements nous amènent à lier cette concentration à la cassure plate qui tangente la base du Tithonique, par analogie avec ce qui est observable au gîte de Raux (concession de Brette).

En effet, il est vraisemblable que les formations minéralisées que nous ne pouvons déterminer, calcaires du Rauracien ou du Séquanien-Kimméridgien, ou peut-être des deux, aient subi d'importants

jeux, bancs sur bancs, et une fracturation ayant favorisé la concentration métallifère. Elle se manifeste, sur 50 m de long et 25 m de large, avec une puissance pouvant atteindre 4 m, à l'extrémité d'une galerie d'une centaine de mètres, ayant suivi à son parement gauche des oxydés, vraisemblablement dans une cassure d'un rejet de quelques mètres observable à l'affleurement.

Si le gisement, par les caractères de sa minéralisation, présente des analogies avec le gisement du Chouët (concession des Prés), par sa forme, il semble se rapprocher de certains quartiers de la mine de Raux (concession de Brette).

Sigottier : Les différents chantiers du gisement de Sigottier se situent sur le versant sud de l'anticlinal de La Pierre. Ils ont permis l'exploitation d'épanchements "calaminaires" dans les surfaces de stratification et les diaclases des calcaires tithoniques et berriasiens, et dans leurs cassures. Le premier phénomène est dominant aux chantiers du Plateau et aux Mouraines, le second au Jallet (fig. 57).

Les chantiers du Plateau sont les seuls travaux qui permettent l'observation des restes d'affleurements minéralisés. Les bancs massifs de calcaires tithoniques apparaissent par place partiellement remplacés par des smithsonites très limoniteuses en corps en forme de lentilles dont les grands axes plongent, soit à la verticale, soit suivant le pendage des couches (fig. 58). Dans ce dernier cas, elles se développent de préférence à partir des surfaces de stratification, elles-mêmes soulignées par des traces limoniteuses. D'après les rapports miniers, ce phénomène s'est répété en profondeur avec un enchevêtrement en tous sens des colonnes minéralisées que reflète le tracé hélicoïdal des puits et des galeries. Par contre, les minerais qui sont actuellement sur le carreau de la mine, constitués essentiellement de smithsonite peu ferrifère et d'hydrozincite n'apparaissent pas

à l'affleurement, sont des produits de fin d'exploitation, provenant vraisemblablement du niveau inférieur du gisement.

Ainsi, suivant le même dispositif d'épanchement, la minéralisation devrait comporter une zonation dans le sens vertical.

Ces observations sont renforcées par les résultats des autres chantiers à extension verticale faible qui n'ont rencontré que des produits oxydés fortement chargés en fer, et rarement des traces de galène. Nous tenons ces renseignements des rapports miniers, puisqu'il nous a été impossible de retrouver les autres travaux qui s'étaient développés sur l'arête tithonique :

- dans les gorges de Bourans, à 200 m à l'Est des chantiers du Plateau où une galerie aurait reconnu des produits, semble-t-il, semi-oxydés,
- à Mouraines où la minéralisation oxydée semblait substituer, non seulement les calcaires tithoniques, mais aussi les marnocalcaires du Séquanien -Kimméridgien inférieur.

Cette minéralisation fortement limoniteuse apparaît, en outre, dans les déblais de la galerie du Jallet qui a exploité des lentilles de smithsonite dans une cassure directe affectant le Tithonique subhorizontal du Bois de l'Adroit. Ainsi, la smithsonite peu ferrifère et l'hydrozincite ne semblent guère avoir été reconnues qu'au Chantier du Plateau où l'exploitation du gisement a été poursuivie en profondeur.

L'explication de ce phénomène est fournie par le contexte géologique du gisement. Depuis que la smithsonite de Sigottier est connue, il semble que le problème de sa genèse ait intrigué les exploitants. La quasi-absence de sulfure leur a même fait admettre un gisement "calaminaire" à l'origine. Pourtant la galène existe dans les minerais dont certains se rapprochent des semi-oxydés de La Pierre. L'hypothèse d'une minéralisation sulfurée dans la voûte anticlinale, aujourd'hui enlevée par l'érosion, postérieurement émise, semble,

toutefois, devoir être retenue. Elle n'exclut pas l'existence de petites fractures minéralisées, à l'origine, en sulfures dans les cassures du Tithonique, mais explique le tonnage métal précipité sous forme d'oxydés qui ne peut cependant leur être imputés. La minéralisation primaire à l'origine des oxydés de Sigottier, pouvait être encaissée dans des fractures associées à l'accident qui affecte le coeur de l'anticlinal. Dans cette hypothèse, les solutions sulfatées auraient pu migrer dans le Tithonique de la voûte jusqu'au flanc sud vertical. à l'aplomb de son coffrage, à la faveur de l'horizon imperméable sous-jacent, en déposant, vraisemblablement, des oxydés aujourd'hui enlevés par l'érosion. L'intense fracturation à ce niveau aurait favorisé les remplacements dans les calcaires tithoniques. La smithsonite et l'hydrozincite du fond des chantiers du Plateau correspondraient aux derniers produits de remplacement des calcaires par les solutions sulfatées ayant déposé leur fer sous forme d'hydroxyde dans les parties hautes.

L'Epine. Au Nord du village de l'Epine, à 5 Kms à vol d'oiseau du gisement de Sigottier, des amas de smithsonite ont été exploités à proximité de deux accidents affectant une structure anticlinale de direction E.O. Très compliquée dans le détail, elle se poursuit de la Montagne d'Oule aux environs de Serres (carte de localisation des secteurs). La géologie de ces gisements n'a pas été étudiée, mais des échantillons prélevés dans les déblais ont montré, en section polie, de petites plages blendeuses enrobant des formes squelettiques de galène qui rappellent les structures rencontrées couramment dans les minéralisations d'Orpierre (fig.59).

III. - OXYDATION DES GISEMENTS "EN SERIE CALCAIRE"

=====

L'un des traits communs aux différents gisements dont nous venons de donner les descriptions monographiques, est le phénomène d'oxydation qui les a affecté.

Des minerais sulfurés de la concession du Suillet, à ceux profondément oxydés de Sigottier, nous avons pu observer tous les intermédiaires. Ces différents stades d'évolution sont très sensibles pour les "oxydés de zinc" qui ont plus ou moins migré, mais le sont beaucoup moins pour les "oxydés de plomb" qui, comme on l'observe généralement, sont presque tous restés "in-situ" sous forme de cérusite. La galène, d'ailleurs, se rencontre souvent dans la zone d'oxydation de ces gisements.

Le faciès de smithsonite grise microcristalline compacte fortement ferrifère est, dans "les oxydés de zinc", celui que l'on rencontre le plus souvent. Différentes observations suggèrent qu'il représente leur terme le moins évolué.

En effet, ces produits comportent souvent de très nombreux résidus de galène, de la blende et un sulfate : la plombojarosite. De plus, lorsqu'un autre faciès de smithsonite apparaît dans les échantillons, il lui est postérieur. C'est le cas de smithsonite bien cristallisée en rhomboèdres zonés qui apparaissent dans les fractures des précédents échantillons, dans leurs géodes, ou enrobent leurs éléments lorsqu'ils sont bréchifiés. Les produits les plus évolués sont représentés successivement par des smithsonites concrétionnées "limoniteuses", puis grises à blanches, enfin par les hydrozincites.

Ces différents stades d'évolution se replacent dans le cadre d'un schéma hydrogéologique idéal d'un chapeau oxydé d'un gisement ayant les caractères de ceux précédemment décrits : filonien à gangue exclusivement calcitique comportant, pyrite, galène, blende avec prédominance de cette dernière, très finement disséminées en son sein.

- Dans la zone d'aération, au-dessus de la surface libre de la nappe phréatique, apparaissent les smithsonites concrétionnées fortement chargées en hydroxydes de fer, puis grises à blanches, la cérusite, quelquefois la galène et la "limonite".

- Dans la zone d'écoulement de la nappe phréatique se développent les smithsonites microcristallines, ferrifères, comportant des traces de sulfures, galène, blende, qui passent insensiblement aux minerais hypogènes en dessous du niveau hydrostatique. La grande réactivité de la gangue exclue la possibilité d'avoir une zone de cémentation notable.

Cette réactivité de la gangue calcitique est un trait très important à souligner car elle conditionne, non seulement l'allure des corps minéralisés oxydés qui reflètent sensiblement la forme des minéralisations hypogènes, mais aussi l'apparition de la smithsonite microcristalline dans la zone d'écoulement de la nappe phréatique. En effet, dans cette zone, on conçoit que la migration des solutions sulfatées ait été de faible amplitude et que les sulfures, finement enchevêtrés avec la gangue calcitique aient pu s'oxyder quasiment en place. Les smithsonites /^{micro}cristallines fortement ferrifères qui en ont résulté ont pu passer dans la zone d'aération par abaissement progressif du niveau de la nappe phréatique. Dans ce cas, elles y ont été remises en mouvement par les solutions acides descendantes, en produisant par remplacement de la gangue ou des calcaires encaissants des smithsonites concrétionnées qui, suivant l'importance de leur migration et des remises en solution qu'elles ont pu subir, ont progressivement éliminé leur fer sous forme d'hydroxyde en donnant des "limonites" du chapeau. Toutefois, toutes les smith-

sonites concrétionnées et les limonites que l'on peut y rencontrer n'ont certainement pas cette origine. En effet, on peut concevoir que le processus classique de mise en solution du zinc sous forme de sulfate à partir de la blende, par des solutions transportant l'acide sulfurique provenant de l'oxydation des pyrites, a dû intervenir dans la zone d'aération et que ces solutions ont pu être captées par la gangue ou les calcaires encaissants.

L'importance de ces phénomènes d'oxydation est fonction de facteurs régionaux climatiques et morphotectoniques.

L'intensité du rôle du premier facteur est difficilement précisable car l'oxydation de ces gisements a dû commencer très tôt, vraisemblablement au Pliocène. Le développement a certainement été rapide, car, dans ces régions montagneuses, la vitesse de l'érosion n'a pu enrayer la progression de l'altération superficielle. Elle a dû subir une période de ralentissement lors de la première glaciation au moins localement le long de la vallée des deux Buechs qui présentent encore des reliquats de formations glaciaires et se poursuivre lentement jusqu'à nos jours où la pyrite est, au moins dans les parties hautes des gisements, totalement dissoute. L'érosion a dû alors gagner de vitesse l'oxydation et, suivant l'importance des différentes zones du chapeau, les amener à l'affleurement.

Dans ces gisements, les zones de semi-oxydation et d'oxydation, caractérisées respectivement par les smithsonites microcristallines et les smithsonites concrétionnées auxquelles s'adjoignent les "limonites", montrent des développements plus ou moins importants suivant les lieux en fonction des facteurs structuraux.

Trois types structuraux de gisements peuvent être dégagés :

- gisements où la minéralisation sulfurée avait une tendance à être interstratifiée et était en relation avec un réseau de petites cassures souvent plates : Mines de Raux (Concession de Brette), de la

Piarre, du Chouët (concession des Prés), ce dernier gîte faisant la transition avec le type suivant.

- gisements où la minéralisation sulfurée était essentiellement dans un filon de calcite installé dans une cassure : quartier de Beaume-Rousse (concession du Suillet), mines de Piémard (concession de Menglon), mines de Brette (concession de Brette), mines de Charrens.

- gisements essentiellement secondaires dans des calcaires verticaux : mine de Sigottier.

Dans le premier type de gisement, les smithsonites microcristallines avec traces de sulfures ont un développement important dû, en partie au moins, à la localisation des sulfures dans les interbancs et les bancs calcaires en relation avec de petites cassures elles-mêmes minéralisées. Ce dispositif a pu intervenir pour ralentir l'oxydation qui, dans sa progression irrégulière, a pu préserver certaines zones minéralisées où la percolation se faisait mal, amenant ainsi à réaliser les conditions que l'on rencontre sous la surface de la nappe phréatique. C'est vraisemblablement un peu au-dessus de cette dernière que ces irrégularités dans l'oxydation ont pu se produire, amenant un gonflement de la zone de semi-oxydation au détriment de la zone d'oxydation.

Dans le second type de gisement, l'extrême abondance de smithsonites concrétionnées et de "limonites" et leur répartition dénote une zone d'oxydation s'étalant largement dans le sens vertical. Cet étalement est d'autant plus important que le filon de calcite contenant les minéralisations a pu être broyé par des rejeux postérieurs de la fracture dans laquelle il s'était installé. Le long de ce filon de calcite, les solutions ont eu toute latitude pour migrer et il n'est pas exclu que la zone d'oxydation ait pu descendre en dessous de la surface de la nappe phréatique, compte tenu du fait qu'un abaissement local de la nappe est probable à l'intersection du drain que

constitue la fracture. Nous avons déjà envisagé, lors de la description du gisement de Piémard (concession de Menglon), la localisation des oxydés suivant le pendage du Rauracien, due au développement du filon à l'intersection de la cassure et du banc calcaire qui s'oppose à son extrême resserrement dans le banc marno-calcaire sous-jacent. Cette différence de perméabilité "en grand" à l'origine du captage des oxydés par la gangue du filon, au niveau du Rauracien, est générale aux gisements de ce type qui se présentent dans le même contexte structural et lithologique.

Le troisième type qui n'a qu'un seul représentant est le gîte classique d'épanchements "calaminaires". Seule la zone d'oxydation est représentée, les sulfures originels étant vraisemblablement géométriquement au-dessus, dans une zone enlevée par l'érosion.

Ainsi, les facteurs structuraux locaux ont fortement déterminé la hauteur des différentes zones des chapeaux oxydés de ces types de gisements. En effet, si l'on en juge par les produits oxydés recueillis sur les différents secteurs minéralisés et par les sulfures que certains gisements nous ont livrés, les différences dans la composition minéralogique des filons ne sont pas intervenues notablement pour modifier l'allure des chapeaux. Elle devait être sensiblement la même, avec des proportions relatives de galène et de blende variables, mais comportait dans tous les cas de la pyrite ou de la marcasite, en quantité appréciable.

La superposition dans un filon de blende et galène avec pyrite et marcasite, et de blende et galène, en fonction de la lithologie des roches encaissantes, à dominante marneuse dans le premier cas, calcaire dans le second, n'a pu intervenir que faiblement au démarrage de l'oxydation. On peut, en effet, penser que l'oxydation du filon de Bellericq (concession du Suillet) devrait être plus avancée, compte tenu de la proximité du niveau hydrostatique, relativement aux autres gisements envisagés. Ces conditions réalisées au Belle-

ricq ne l'étaient pas forcément dans les autres filons comme le suggère l'examen en section polie qui révèle, assez généralement, la présence de sulfure de fer. De toutes façons, si un tel dispositif a existé, il a été effacé par l'oxydation et n'est plus de nos jours contrôlable.

Nous avons jusqu'à présent admis que l'oxydation avait progressé assez régulièrement en fonction de facteurs que nous venons d'envisager. Il n'en a certainement pas toujours été ainsi et le déroulement du processus a été certainement beaucoup plus complexe dans ces régions où des relèvements du niveau hydrostatique ont dû se faire sentir.

Nous avons mentionné, dans les monographies, des textures et des successions de minéraux qui pourraient être interprétées comme des remises en mouvements de galène, au-dessous du niveau hydrostatique. Ce sulfure y est, en effet, très souvent postérieur aux semi-oxydés :

- A la mine de Raux (concession de Brette), galène enrobant des éléments de smithsonite microcristalline, cimentée par de la smithsonite en rhomboèdres.
- A la mine du Chouët (concession des Prés), galène remplaçant des smithsonites microcristallines et enrobées de smithsonite en rhomboèdres.
- A la Mine de La Pierre, galène dans des fractures d'une minéralisation constituée de smithsonite microcristalline et cérusite avec smithsonite en rhomboèdres postérieure à la galène.

Une telle postériorité de la galène sur des minéraux oxydés pourrait toutefois se concevoir dans un phénomène de cémentation ou par une venue de minéralisation pendant l'oxydation des gisements.

La première éventualité est peu probable, non seulement à cause de la réactivité des gangues mais aussi en raison de la faible solubilité du sulfate de plomb.

La seconde éventualité, si elle avait existé, aurait eu, semble-

t-il, des manifestations plus intenses, et, en particulier, ne se serait pas limitée à affecter seulement certains semi-oxydés.

Une remise en mouvement sous le niveau hydrostatique de résidus de galène de minerais semi-oxydés rend mieux compte de l'inégale répartition de telles structures. Il est à noter, en effet, que de tels symptômes ne se manifestent que dans les gisements où la zone de semi-oxydation était largement développée en fonction de facteurs structuraux, donc où les réserves de sulfure de plomb étaient les plus importantes.

IV. - GISEMENTS EN RELATION SPATIALE AVEC LE TRIAS

De nombreux indices ou des corps minéralisés plus importants, au voisinage des diapirs de Trias qui apparaissent au SE et au SO de la région considérée (carte de localisation des secteurs) ont fait l'objet de recherches ou d'exploitations. Nous ne les avons pas étudiés en détail, mais certains d'entre eux qui nous ont paru présenter de l'intérêt, ont fait l'objet de visites.

1) Signalons au passage la mine de St-Geniez-de-Dromont (Basses-Alpes), au SE de l'anticlinorium de Laragne, où, d'après Caillaux, la galène fut exploitée à la fin du 18ème siècle et au début du 19ème. Sept filons NE-SO, de 0 m,10 à 1 m de puissance, recoupés par des filonnets minéralisés de directions variables, contenaient, en plus du sulfure de plomb, pyrite, calcite et barytine. D'après les données de Caillaux et leur situation sur la feuille géologique de Digne au 80.000è, ces filons paraissent affleurer dans le Lias et le dogger, à proximité d'un diapir de Trias.

Plus proche de la concession du Suillet puisqu'elle se trouve sur la rive droite du Buech, entre Eyguians et Laragne, la concession de Saléon a fait l'objet d'exploitations pour le cuivre à la fin du 19ème siècle. D'après les rapports miniers, deux filons de quartz laiteux avec calcite contenaient de la pyrite et de la chalcopryrite, le minerai titrant 24 % de Cu, dans les marnes schisteuses noirâtres, légèrement gréseuses, avec rares intercalations de calcaires marneux. Ces roches encaissantes appartiennent vraisemblablement au dogger, mais pour ce qui est de la minéralisation, rien, de nos jours, ne subsiste

des minerais sulfurés originels; seules des traces de malachite et d'azurite ont pu être retrouvées sur des fragments de "limonites".

La présence de cuivre dans les minéralisations de Saléon et de quartz dans les gangues sont des faits intéressants à signaler, car jamais, dans les autres gisements étudiés, nous n'avons rencontré ces deux minéraux. Notons, en outre, la position particulière de ces deux filons situés à 2 Km 500 environ d'affleurements triasiques : ils ont, en effet, une direction 20° à 30° , donc sensiblement parallèle à l'accident des "Terres Noires" et sont situés au-dessus d'une cassure importante de la couverture, déjà mentionnée dans l'étude de l'anticlinorium de Laragne.

Enfin, pour terminer l'inventaire des indices de cette structure, il faut souligner des symptômes de blende, interstratifiée dans le dogger, au sommet du Bajocien d'Eyguians (Communication orale : Riché, chef de section Bassin Rhodanien COPEFA).

2) Plus intéressantes sont les minéralisations de la région de Propiac (carte de localisation des secteurs) qui permettent de relier les gisements plombo-zincifères dans les fractures des calcaires du Jurassique supérieur, à celles situées à proximité d'un diapir de Trias. Dans la région de Propiac, ce dernier est allongé suivant une direction NO-SE et affleure au coeur d'un anticlinal dissymétrique, à flanc E laminé. Cette région a fait l'objet d'une étude géologique récente (Savoyat, 1958) dont nous retraçons ici, très schématiquement, quelques résultats.

Les formations du Jurassique supérieur et Crétacé inférieur, à quelques nuances près, ont les mêmes faciès que ceux que nous avons déjà décrits. L'originalité de ce secteur consiste, en plus de l'existence du Trias, en la présence de formations miocènes qui ont permis de mettre en évidence une phase ante-miocène qui avait déjà largement ébauché la structure d'ensemble. Le Miocène, bien qu'étant affecté de rapides variations de faciès, peut se schématiser ainsi :

- calcaires burdigaliens comportant localement, à la base, une assise conglomératique, à éléments de calcaires tithoniques et burdigaliens, quelquefois, de dolomies triasiques.

- marnes inférieures, sables moyens, marnes supérieures de l'Helvétien.

La transgressivité du Miocène est nette et indique que le Trias était déjà à l'affleurement lors de sa transgression. De plus, au sommet du Burdigalien, apparaît un hard-ground surmonté par les marnes inférieures de l'Helvétien. Ces mouvements peuvent être imputés à la persistance de la montée du Trias. Enfin, dans cette région, les effets de la phase post-miocène sont développés sur les flancs du diapir et semblent s'atténuer lorsque l'on s'en éloigne.

L'architecture de l'anticlinal qui résulte de cette tectonique est, dans le détail, très complexe : laminé au contact du Trias, le flanc nord-est de l'anticlinal est composé de blocs écaillés vers le Sud. Des fractures dans les calcaires du Jurassique supérieur de ces blocs sont minéralisées et ont fait l'objet d'exploitations. Ce sont les anciennes mines de Propiac (fig.61) et du Vieux Benivay dont les travaux souterrains sont aujourd'hui inaccessibles. Elles sont situées respectivement à 300 m et 1 km 200 du diapir de Trias. Les minerais que l'on peut recueillir, à proximité des anciennes galeries de la mine de Propiac, sont profondément oxydés et rappellent les produits de "chapeau d'oxydation" déjà rencontrés dans les différentes mines du Diois et des Baronnies, "limonites" et smithsonite.

A la mine du vieux Benivay, la galène et la schalenblende grise à crème s'ajoutent à ces minerais. En section polie, les structures de ce minerai rappellent celles que l'on peut observer sur les échantillons de la concession du Suillet.

Si le diapir de Trias ne comporte pas, à notre connaissance, d'indices de minéralisations, ces derniers sont fréquents dans les marnes schisteuses du Callovo-Oxfordien et certains d'entre eux sont

étroitement liés à ce que P. TERMIER (1923 - b) a appelé la "maladie du Callovo-Oxfordien".

L'auteur y distingue :

- "des calcaires ferrugineux à patine rouge, brune ou jaune, simulant la cargneule, formant des blocs de forme quelconque, parfois vaguement arrondis, logés au milieu des schistes callovo-oxfordiens, enveloppés par ces schistes qui, autour d'eux, sont violemment plissés, ou coupant leur stratification.
- "des lits ou des lentilles de calcaires ferrugineux, souvent en plaquettes, intercalés dans les schistes callovo-oxfordiens et qui, parfois, passent latéralement à des calcaires ou des schistes gris du type ordinaire.
- "des filons discontinus et zigzagants, coupant les schistes jurassiques. Il y a de petits filons d'un calcaire gris-foncé brunissant et quelques-uns assez gros donnant des blocs très semblables à ceux de la première catégorie."

Nous rattachons à ces derniers symptômes les fractures que l'on peut observer dans les schistes et qui, effectivement, ^{ont} cette teinte "limoniteuse". Certains comportent souvent des indices de galène et de blende, avec calcite et quelquefois célestine. L'une d'entr'elles, sur la route de Buis-les-Baronnies à Propiac, à 1 Km 200 environ de ce dernier village (carte de localisation des secteurs) en plus des minéraux précédemment mentionnés, nous a fourni dans la "gangue" du minerai des carbonates fortement chargés en "limonites" qui réagissent positivement à la coloration du "Zn oxydé". Ces produits sont analogues à ceux trouvés dans les autres secteurs étudiés et comportent un fort pourcentage de smithsonite.

La galène a été retrouvée à 500 m au SO de Propiac et à 200 m du diapir dans une fracture des schistes très affectés tectoniquement, recouverts par du Miocène subhorizontal qui, à notre connaissance, ne comporte pas de minéralisation.

Une partie au moins de la minéralisation est donc antérieure au Miocène dans cette région. L'originalité des minéralisations de la région de Propiac, qu'elles soient dans les fractures du Jurassique ou du Callovo-Oxfordien, consiste en leur localisation à proximité du diapir de l'Auzières ou des modifications des roches encaissantes que l'on peut y rattacher génétiquement. Nous serons amenés à revenir sur cette "maladie du Callovo-Oxfordien" lorsque nous envisagerons les hypothèses génétiques des minéralisations. En effet, il est vraisemblable que les phénomènes de circulation de solutions qui l'ont engendrée, ont joué un rôle dans le déplacement ou la mise en place des minéralisations, au moins de la région de Propiac.

Cette dernière n'est pas la seule toutefois à avoir l'exclusivité de comporter des minéralisations à proximité d'un diapir de Trias. Les mines de Concorcet jouissent de cette même situation.

Les diapirs de l'Auzières et de Concorcet sont sur une même ligne de dislocation qui a comme particularité d'être formée de segments de direction NNO-SSE et NE-SO, le segment qui les réunit étant constitué, sur presque toute sa longueur, d'une bande de marnes oxfordiennes "diapiriques", coincées entre deux failles; cet agencement de cassures se poursuit jusqu'à la Montagne d'Angèle.

3) Les différents quartiers minéralisés de Concorcet se situent dans un coeur anticlinal dont la géologie est d'une extrême complexité.

Cette mine doit sa célébrité à la présence d'un filon de célestine, pouvant atteindre 5 m de puissance, encaissé dans une fracture qui met en contact l'Oxfordien et le Callovien. Ce filon était, d'après les rapports miniers, 30° , direction qui ne correspond pas avec celle indiquée par la carte géologique du Buis, 80.000è, 2ème édition, 140° à 150° O. Cette direction est, en réalité, soulignée par des pointements de Trias avec célestine qui ont pu engendrer une confusion.

DE LAUNAY (1913) reprenant une description de LACHAT (1881) insiste sur l'allure filo/nienne du gisement et mentionne la présence au contact du filon, à son mur oxfordien, d'un amas de gypse passant à la célestine par l'intermédiaire "d'un tuf enrobant de gros fragments de célestine inaltérés". D'après les observations que l'on peut recueillir à l'affleurement, il semble qu'il s'agisse d'une brèche de Trias qui jalonne le contact du filon. La célestine a d'ailleurs été exploitée dans le Trias, dans ce que P. TERMIER appelait "des gîtes primaires sans contours précis". Ce dernier ne fait, par contre, aucune allusion à de la blende et de la galène dans cette situation. Ces deux sulfures sont mentionnés par LACHAT dans les fractures du Callovien en toit du filon qui, lui, était exclusivement constitué de célestine. Ce fait est confirmé par l'observation de sa partie affleurante qui est stérile en sulfures.

Pourtant les mines de Condorcet ont primitivement été concédées pour le Pb et le Zn.

Des rapports miniers indiquent qu'il existait effectivement, dans des fractures des formations marneuses et marnocalcaires du Callovien et Bathonien, des filons de calcite pouvant atteindre 4 m de puissance à épontes nettes. Ils comportaient de la blende avec des symptômes de célestine qui semble disparaître lorsque l'on s'éloigne du filon de Condorcet (groupe de Serre Bataille) (carte de localisation des secteurs). Ces travaux ont fourni pendant la période de recherche 2.000 tonnes de minerais blendeux à 25 % de Zn et 550 tonnes de "calamines" à 30 % de Zn.

En sections minces et polies, les échantillons que l'on a pu recueillir ont montré que la célestine était toujours postérieure aux différents minéraux du minerai (fig.61).

La blende se présente associée à la calcite, au sein d'un calcaire marneux légèrement gréseux, bréchifié. Les éléments de cette brèche, partiellement recristallisés, comportent souvent des plages ou des veinules de calcédoine. Lorsque la célestine, généralement en

cristaux fibreux, fait son apparition, elle remplace les éléments de la brèche et la calcite; généralement, ne subsiste que la blende, dans les fractures de laquelle la célestine se développe en cristaux fibreux souvent tordus ou cassés par une bréchification postérieure, et des symptômes de calcédoine dans le feutrage de ces fibres. Ce dernier fait explique la teneur en SiO_2 obtenu par analyse dans certains échantillons.

Résidu insoluble	:	CaO	:	MgO	:	BaO	:	SrO	:	Co ₂	:	SO ₃
79 dont 2 % SiO ₂	:	0,45	:	2,45	:	3,90	:	40,00	:	0,50	:	35,30

En plaques minces, deux types de blende finement enchevêtrés apparaissent dans les échantillons, en présence ou en absence de célestine : une blende violacée, à zones plus sombres discontinues, interpénétrée et enrobée par une blende franchement jaune.

En sections polies, ces deux blends présentent des pouvoirs réflecteurs anormalement hauts, peut-être dûs aux éléments en trace. Nous n'avons pu faire effectuer au B.R.G.M. qu'un dosage global pour ces deux blends car leur fin enchevêtrement rend impossible la séparation.

nd = non décelé		p = présence				x = xppm					
Mn	Ge	Ga	In	cd	Ag	Sb	Sn	Co	Ti	As	Te
nd	160	250	nd	p	p	nd	34	nd	nd	nd	p

Ce qui caractérise, en fait, les minéralisations de Concordet, est avant tout la célestine très abondante que l'on ne retrouve pas dans les gisements précédemment décrits. Les observations que nous avons mentionnées ici, sont dues, pour leur plus grande part, à des docu-

ments miniers et à une visite de la mine, et devraient être étayés par un levé géologique détaillé qui permettrait de confirmer ou infirmer l'hypothèse que nous avançons :

- L'originalité de ce gisement s'estompe si l'on tient compte de la répartition différente de la célestine et des sulfures. Ces derniers apparaissent dans une gangue uniquement calcitique et dans les calcaires marneux encaissants qui ont été, au fur et à mesure, "digérés" par le sulfate de strontium lorsqu'on se rapproche du Trias et du filon de célestine qui y est étroitement associé. Ce filon de célestine se serait installé postérieurement à la mise en place des minéralisations et les solutions transportant le sulfate de strontium auraient emprunté, à son voisinage, les fractures minéralisées.

Les différents gisements que nous venons de passer en revue, par leur localisation fréquente dans les formations marneuses et marnocalcaires du coeur des anticlinaux montrent que les calcaires du Jurassique supérieur n'ont pas l'exclusivité de recéler dans des fractures des minéralisations plombo-zincifères. Ce dispositif nous suggère même que ces dernières devaient, au moins localement, exister dans les voûtes anticlinales calcaires, aujourd'hui enlevées par l'érosion, au-dessus des fractures minéralisées dans les marnes. Nous pouvons pour cela rappeler que marnes et calcaires du Jurassique supérieur dans la région de Propiac sont minéralisés à proximité du diapir de Trias. Cet exemple nous montre aussi que le problème de la genèse des gisements, "en série calcaire" et de ceux que nous venons d'envisager "en relation spatiale avec le Trias" ne peuvent être dissociés. Leur trait commun est, dans la majorité des cas - car il y a lieu d'émettre des restrictions pour certains gisements "en série calcaire" - la proximité d'accidents tectoniques intenses, ayant des chances d'affecter toute la couverture et peut-être même le socle.

V. - CONTROLE DES MINERALISATIONS

Nous avons jusqu'à présent insisté sur le caractère épigénétique de ces concentrations de plomb et de zinc, soulignant leur localisation dans des cassures, le long d'accidents importants. Il est alors légitime de se demander s'il n'existe pas dans le Diois et les Baronnies un contrôle stratigraphique et paléogéographique de la minéralisation sur lequel se superposerait un contrôle structural. En effet, si les sulfures apparaissent à différentes hauteurs dans la série, à l'intersection de cassures, ils semblent s'être concentrés plus particulièrement au niveau du Jurassique supérieur (fig.62), compte-tenu de l'exagération de cette concentration due à l'oxydation. On pourrait alors s'attendre à y rencontrer des corps stratoïdes, en même temps que des filons du type Bellericq (concession du Suillet).

Il est, en fait, très difficile d'envisager un tel contrôle, car les faibles variations de faciès que l'on peut enregistrer dans le Jurassique supérieur de la région ne sont pas en relation avec les structures minéralisées. De plus, nous n'avons jamais observé des amas, voire de faibles symptômes de minéralisations interstratifiées dans des zones non ou peu tectonisées. Si de tels phénomènes existent, il faut admettre qu'ils ne se manifestent pas aux affleurements pourtant nombreux, dans une région où les structures sont largement éventrées par l'érosion.

Ce sont, en général, soit le Rauracien, soit le Tithonique, souvent les deux, qui sont minéralisés à l'intersection de cassures, chacun gardant son faciès propre à quelques nuances près, dans chaque secteur, indépendamment des différences de puissance qui affectent la série. (fig.62)

Le maximum de concentration se répartit ainsi :

- Concession de Menglon et de Brette - Rauracien exclusivement.
- Mine de Charens - Rauracien et Tithonique
- Mine du Chouêt (concession des Prés) - Tithonique
- Concession du Suillet - Rauracien, Séquanien - Kimméridgien inférieur, Tithonique
- Mine de La Pierre - Rauracien, Séquanien, Kimméridgien-inférieur, Tithonique ?
- Mine de Sigottier - Tithonique, Berriasien (cette concentration étant due à l'oxydation).

Si à l'exclusion de la mine du Chouêt, le Rauracien est affecté partout d'une concentration de minéralisation, il n'en est pas de même du Tithonique dans les concessions de Menglon et de Brette avec, pourtant, un même faciès que dans les régions avoisinantes où il est minéralisé.

Ainsi, la minéralisation ne se développe pas à un niveau déterminé du Jurassique supérieur, dont les différents faciès de calcaires qui les composent, restent pourtant sensiblement les mêmes dans les différents secteurs. Une telle localisation semble plutôt avoir une cause structurale. GOGUEL (J947 - c) insiste sur le fait que dans les chaînes subalpines "les déformations du Tithonique, seul horizon résistant, commandent à celles de l'ensemble". Ce rôle est toutefois assumé, dans sa totalité ou en partie, par le Rauracien, dans les régions où il est seul minéralisé :

- A la mine de Piémard (concession de Menglon) en particulier, où le Rauracien est plus puissant que le Tithonique et est séparé de ce dernier par une centaine de mètres de marnes et de calcaires du Séquanien - Kimméridgien inférieur, formant ainsi l'ossature du relief.
- Dans la concession de Brette où il seconde le Tithonique dans ce rôle.

Il faut noter, en outre, que dans les autres secteurs, à Or-

pierre en particulier, le Rauracien se soude par l'intermédiaire du Séquanien - Kimméridgien inférieur plus calcaire au Tithonique, et là, c'est l'ensemble qui est minéralisé. Il est logique que ce soit à la hauteur de cette assise résistante constituée par le Rauracien à Menglon, le Jurassique supérieur dans sa totalité à Orpierre, qu'aient pu naître des fractures de tensions, formant ainsi des pièges pour les solutions transportant la minéralisation.

Le retour au contrôle structural restreint donc les chances de rencontrer, dans ces régions, des gisements ayant une réelle importance économique.

Nous pouvons, cependant, tirer de l'étude de ces gisements des guides locaux pour la recherche minière. Deux types structuraux principalement ont déjà été distingués dans ces gisements.

- 1) des filons de calcite avec blende et galène dans le plan de fractures
- 2) des corps à tendance stratoïde en relation avec des fractures souvent plates dans des zones tectonisées.

1) Dans le premier type, la minéralisation s'est concentrée dans deux directions de cassures avec, cependant, pour l'une ou pour l'autre, un maximum d'intensité. L'une de ces directions est oblique sur un grand accident généralement décrochant, l'autre sensiblement parallèle à ce dernier et pouvant quelquefois le rejoindre sous un faible angle. Les deux représentants les plus caractéristiques de ce type sont les filons de la concession du Suillet et ceux de Piémard, respectivement :

- filons obliques de Bellericq, Beaumes-Rousses, les Turcs qui contenaient l'essentiel de la minéralisation, filon des Quatre-Heures, parallèle à l'accident des Terres Noires, accessoirement minéralisé.
- filon oblique de la fracture de Châtillon faiblement minéralisé, filon de Menglon parallèle à l'accident du Bès, intensément minéralisé.

Ce dispositif complet n'a pas toujours été mis en évidence dans les gisements étudiés que l'on peut rapporter à ce type : à Brette, en particulier, à Charens où néanmoins existent deux cassures parallèles dont celle qui a un rejet minimum est la plus minéralisée. Enfin, à la mine du Chouët où la minéralisation s'est concentrée suivant une zone broyée.

2) Le second type structural ne présente pas des caractères aussi bien définis que le précédent. Dans les gisements étudiés, nous n'avons pu, en particulier, les mettre en relation certaine avec de grandes cassures. Il est cependant vraisemblable qu'existent, en relation avec des filons du premier type, des corps à tendance stratoïde si l'on en juge par certains échantillons de verses de la mine de Piémard (concession de Menglon) montrant un calcaire où la blende est très finement disséminé (fig. 18).

Ces deux types structuraux de gisements ont cependant un caractère commun qui consiste en la direction de leurs corps minéralisés, filons dans le premier type, fractures auxquelles sont associés les corps à tendance stratoïde et allongement de ceux-ci, dans le second (fig. 63). Ils se localisent, en effet, dans un secteur de 70° (170° - 240°) et sur 12 filons ou 9 corps minéralisés que nous avons reconnus dans l'étude de ces gisements, huit sont situés entre 10° et 40° , trois sont 170° , et un est 60° (c'est le filon de la cassure de Menglon).

Signalons, enfin, que dans la recherche de tels gisements, il faudrait tenir compte de la localisation des concentrations dans les niveaux du Jurassique supérieur et plus particulièrement dans l'un ou plusieurs d'entre eux, en fonction de leur lithologie et de leur puissance respective.

VI. - PROBLEMES QUE POSENT LES HYPOTHESES GENETIQUES

ET L'AGE DES MINERALISATIONS

HYPOTHESES GENETIQUES

P.TERMIER est le seul, à notre connaissance, qui se soit préoccupé des problèmes que posait la genèse des minéralisations plombo-zincifères du Diois et des Baronnies. Lier génétiquement Trias et minéralisation semblait être son souci majeur. En effet, les hypothèses émises sont étroitement liées à l'histoire de la "nappe de Suzette" uniquement constituée de Trias.

"Tous les gîtes calaminaires de la région sont contenus dans le Séquanien (1) et semblent avoir été formés per descensum, par des eaux minéralisées provenant d'une couverture du Jurassique... qui n'était autre que la nappe de Trias. S'il en est ainsi, l'extension maxima vers le Nord et vers l'Ouest des gîtes de zinc de la Drôme nous renseigne sur l'extension ancienne de la nappe; celle-ci aurait recouvert une grande partie du Diois".

(P.TERMIER, L.JOLEAUD, 1921b)

"Je continue de croire que les gîtes calaminaires de la Drôme et des Hautes Alpes ... la maladie du Callovo-Oxfordien, ... sont dus au voisinage du Trias salifère. Leur multiplicité prouve que sur beaucoup de points le Trias a changé d'étage... Il n'y a pas eu de nappe triasique générale, mais il y a eu beaucoup d'amas extravasés ... capables d'enrichir en sels métallifères les terrains plus récents au-dessus desquels l'extravasation les avait porté".

(P.TERMIER, 1927).

Revenant fort objectivement sur sa conception tectonique de la formation de Suzette, P.TERMIER persistait à considérer le Trias comme le véhiculeur du minerai.

(1) En réalité le Séquanien (aujourd'hui le Rauracien) ne contrôle pas aussi étroitement la minéralisation.

Cette mise en place des minéralisations en deux temps se retrouve dans un premier groupe d'hypothèses génétiques avancées pour les gisements tunisiens en relation avec le Trias (cf. GOTTIS C. et SAINFELD, 1953).

- Dans une première phase, le Trias est minéralisé soit à l'origine par un processus syngénétique (TERMIER, 1895 - BERTHIER, 1914 - BRIVES, 1918 - MOISSEEFF, 1959) soit par un processus hydrothermal (GLANGEAUD 1935).

- Dans une deuxième phase, le Trias est porté à l'affleurement par les mouvements tectoniques, diapir ou étalement en nappe, et la minéralisation redéposée par les eaux du Trias ayant une origine en général externe.

Dans un deuxième groupe d'hypothèses, ce sont les grandes fractures limitant les diapirs qui ont permis l'ascension de venues hydrothermales (BERTHON, 1922 - SOLIGNAC, 1927) ou bien ont livré passage à des eaux externes qui, au contact du Trias, se sont enrichies en sels. Ces eaux chaudes ont remis en mouvement les minéralisations du socle et les ont redéposées lors de la dernière phase orogénique en bordure des diapirs (J. BOLZE et H. SCHNEIDERHOHN, 1951).

Suivant les régions, la position tectonique du Trias a servi d'argument pour étayer ces différentes hypothèses.

Si l'étalement en nappe et l'absence de cassures profondes (MOISSEEFF, 1959) exclut l'hypothèse hydrothermale s.s. (BERTHON, 1922 - SOLIGNAC, 1927) ou hydrothermale régénérée (J. BOLZE et H. SCHNEIDERHOHN 1951), l'enracinement du Trias permet cependant d'envisager qu'un tel processus a pu exister.

Toutefois, si des divergences profondes existent entre les différents auteurs quant à l'origine première des minéralisations, il semble aujourd'hui prouvé que puissent exister des gisements sulfurés émigrés dont le transport a été réalisé par les eaux du Trias.

Ainsi, MOISSEEFF, dans l'étude du district minier "El Grefa - Bazina, Le Semène", insiste sur le caractère instable de la minérali-

tion, en liaison avec les nappes aquifères.

Ces phénomènes, mis en évidence dans le cas d'un étalement de Trias en nappe, ont dû ou doivent exister en bordure des diapirs; cependant, dans ce cas, si l'on admet que la minéralisation a été déplacée et concentrée dans les formations encaissantes du diapir, il est difficile de faire la part des remises en mouvement par d'éventuelles eaux ascendantes accompagnant la montée du Trias, et par les eaux externes et les nappes aquifères.

Les analogies qui existent entre les gisements tunisiens et ceux des chaînes sub-alpines ont été soulignées par TERMIER (1921). Elles se bornent à la présence de formations salifères triasiques, au voisinage des concentrations métallifères.

Ce voisinage n'est d'ailleurs pas la règle générale. Dans le Diois et les Baronnies, sur 14 points minéralisés ayant fait l'objet d'exploitation, 5 seulement se répartissent à proximité des diapirs, les 9 autres, les plus importants économiquement, en sont au contraire très éloignés (carte de localisation des secteurs). Le même phénomène s'observe en Tunisie où "plus de la moitié des districts miniers sont situés à une certaine distance (1 Km au moins) des affleurements triasiques, avec souvent des formations marneuses entre eux (Ch.GOTTIS et P.SAINFELD). Aussi est-il possible que tous ces gisements ne dérivent pas d'un seul et même processus. Avant d'envisager ce point de vue dans le Diois et les Baronnies, il convient d'estimer dans ces régions l'importance du Trias en tant que véhiculé du minerai.

P.TERMIER considérait que le Trias était primitivement minéralisé. L'hypothèse de la nappe résolvait le problème de la réserve-métal, car, au pis aller, quelques p.p.m. auraient pu suffire à rendre compte des concentrations dans les formations sous-jacentes.

Cette réserve métal ne semble plus suffisante dans le cas de diapirs. C'est pourtant à ce dispositif que P.TERMIER rapportait tous les gisements de la Drôme et des Hautes-Alpes. Les eaux externes

auraient lessivé les minéralisations du Trias et les auraient redéposées sous forme d'oxydés dans les calcaires, et de sulfures dans les marnes.

En fait, nous avons vu que tous les gisements étudiés, sauf peut-être celui de Sigottier, comportaient des sulfures et que les intermédiaires entre les minéralisations hypogènes et franchement oxydées pouvaient être recueillis dans les verses des différentes mines.

De plus, si de tels diapirs ont existé dans le Diois, il faut admettre qu'ils étaient de faibles dimensions puisqu'il n'en subsiste aucune trace de nos jours; Dès lors, on comprend mal comment ils ont pu, à l'origine, recéler le tonnage métal que l'on retrouve dans les calcaires du Jurassique supérieur.

Ces observations nous amènent à repousser le schéma de Termier, au moins pour les gisements éloignés du Trias à l'affleurement.

Le volume de Trias minéralisé nécessaire pourrait alors être recherché en profondeur dans le plan des cassures auxquelles sont liées les minéralisations. Il faudrait, dans ce cas, admettre des eaux ascendantes accompagnant la montée du Trias et remettant en mouvement les minéralisations qu'il contenait. Postérieurement, le lessivage des minéralisations par des eaux externes pour les diapirs arrivés à l'affleurement, à Propiac et Condorcet par exemple, aurait pu alors se produire.

Toutes les hypothèses que l'on peut avancer dans cet esprit nécessitent la présence de minéralisations exprimées ou en traces dans le Trias.

S'il existe en Tunisie des concentrations dans le Trias (MOISSEEF, 1959), dans les chaînes sub-alpines, nous n'avons jamais rencontré d'indices de minéralisations sur les affleurements visités. Seule le gisement de Condorcet pourrait laisser croire à la présence de Blende dans le Trias associée à de la célestine. Nous avons déjà souligné que les filons comportant de la blende se localisaient



à proximité du Trias, mais surtout éloignés de celui-ci, dans le coeur anticlinal. La célestine, seule présente dans le Trias ou en filon à son contact, apparaît dans les fractures minéralisées en remplaçant calcite et blende. Le sulfate de strontium ne constitue donc pas la gangue du minerai.

Si l'on admet que les sulfures, primitivement dans le Trias, ont été lessivés et précipités dans les formations encaissantes, il est alors normal de ne pas rencontrer de concentrations notables dans les diapirs. Il est cependant étonnant de ne pas y trouver de faibles symptômes de sulfures, particulièrement dans les roches saines qui peuvent encore y exister. Ainsi, des dosages du Pb et du Zn, en faibles teneurs dans des échantillons de dolomie microcristalline recueillis sur le massif de l'Auzière dans la région de Propiac, n'ont donné aucun résultat.

Bien que ces données géochimiques soient très insuffisantes, il ne semble pas que, dans ces régions, le Trias ait pu constituer une réserve-métal notable. Aussi, peut-on se demander si un autre processus n'est pas à l'origine des minéralisations.

Des solutions hydrothermales sont-elles montées le long des cassures ?

Nous avons déjà mis en évidence le contrôle structural de ces minéralisations et leur localisation à proximité des cassures affectant profondément la couverture avec, cependant, une réserve; certaines de ces minéralisations se sont concentrées dans des fractures pelliculaires sans que l'on puisse avec certitude les relier à des cassures importantes (gisements de Raux - concession de Brette - mine de La Pierre).

A ces difficultés s'ajoute le problème des accidents du socle; on estime actuellement que ce dernier doit se situer aux environs de 6.000 m. Les grandes lignes de cassures observables à l'affleurement ne reflètent-elles pas des dislocations profondes ? Rien ne peut l'affirmer, mais il est, par contre, prouvé, aujourd'hui, que



des disharmonies importantes séparent les minéralisations du Jurassique supérieur et le socle.

Si l'on admet, malgré tout, que de telles solutions ont pu monter du socle dans ces cassures, soit avant la disharmonie, soit après, si celle-ci s'est effectuée le long de ces grands accidents, on peut alors se demander pourquoi elles ont déposé leurs minéralisations, particulièrement au niveau du Jurassique supérieur. Il est, en effet, étonnant qu'elles n'aient pas, sur un trajet de 6.000 m, rencontré d'horizon favorable avant le Jurassique supérieur, dans le Lias calcaire, en particulier.

Quelle serait donc la source du Zn et du Pb concentrés dans les fractures du Jurassique supérieur ?

Des observations faites sur le seul gisement non affecté par l'oxydation, le quartier du Bellericq (concession du Suillet), suggèrent qu'elle doit plutôt être recherchée dans les sédiments.

Ainsi la gangue calcitique se développe très largement au niveau du Jurassique supérieur calcaire. La pyrite et la marcasite deviennent très importantes à l'intersection du filon et des formations marnocalcaires et calcaires de l'Argovo-Rauracien riche en sulfure de fer. De même, les blendes, peu ferrifères au niveau des calcaires, le sont beaucoup plus au niveau des marnocalcaires.

Tout se passe comme s'il y avait eu, non seulement emprunt de la gangue aux calcaires, mais aussi de sulfures de fer aux marnocalcaires, cette augmentation de la teneur en fer se retrouvant d'ailleurs dans les blendes. A cela s'ajoute le fait qu'au Bellericq, il y a eu syncristallisation à l'échelle du temps de formation du filon de la gangue et des minéraux (cf. annexe). Il est alors légitime de se demander si le Zn et le Pb n'ont pas été empruntés aux formations encaissantes du filon.

Nous avons montré, dans le précédent chapitre, qu'il n'y avait pas de contrôle stratigraphique et paléogéographique de la minérali-

sation. Sans faire appel à des minéralisations interstratifiées exprimées, de faibles teneurs en Zn et Pb pourraient être à l'origine des concentrations du Jurassique supérieur.

Cette hypothèse, pour avoir des données statistiques valables, devrait s'appuyer sur un très grand nombre d'analyses faites sur des échantillons de roches provenant de toute la série. Dans le cadre de cette étude, nous avons dû nous borner à quelques dosages de microteneurs faits au Laboratoire de la Compagnie Royale Asturienne des Mines (Usine d'Auby).

Trente analyses effectuées sur des échantillons du Callovien au Tithonique, recueillis en dehors des périmètres minéralisés, sur les 5 secteurs étudiés, ont montré que les roches de ces formations comportaient des microteneurs notables en Zn et Pb, les plus fortes apparaissant dans les marnes callovo-oxfordiennes (pour le Zn $< 0,005\%$ à $0,1\%$).

Il faut certainement rattacher à ces symptômes: des minéralisations exprimées, interstratifiées, reconnues dans le Bajocien supérieur d'Eyguians (Anticlinorium de Laragne - communication orale - RICHE, Chef de secteur du Bassin rhodanien, COPEFA), et des cristaux microscopiques de blende découverts dans des lavages de marnes oxfordiennes (PRESTAT, micropaléontologiste - COPEFA). Ce Zn et ce Pb exprimés sous forme de sulfures ou "potentiel" auraient l'avantage de se localiser à proximité des concentrations du Jurassique supérieur et pourraient ainsi en rendre compte.

Comment ces minéralisations dispersées ont-elles pu être remises en mouvement ?

Le premier processus que les observations recueillies au Belle-ricq (concession du Suillet) évoquent, est la sécrétion latérale.

Bien qu'il soit difficile d'estimer la puissance des sédiments qui existaient au-dessus du Jurassique supérieur, au moment de la formation des cassures, vraisemblablement de 1500 à 2000 m, l'augmentation de température, en fonction du gradient géothermique,

pourrait suffire à expliquer les mises en solutions. Les migrations vers les pièges, formés par les fractures de tensions, auraient pu alors se produire.

Dans les régions où les montées diapiriques s'effectuaient, Propiac, Condorcet, des eaux salées ascendantes ont pu intervenir pour favoriser les remises en mouvements de minéralisations dispersées. La "maladie" du Callovo-oxfordien, à laquelle sont souvent associées la blende et la galène, serait un des symptômes de ces migrations.

Bien que nous ayons émis des réserves quant à l'existence de Trias dans le Diois, il est possible, comme le pensent certains auteurs, qu'il existe en diapirs dans le coeur des anticlinaux (J. JUNG et J. ERHATT) ou se soit injecté dans le plan des cassures, à un niveau plus ou moins profond. S'il en est ainsi, l'intervention d'eaux émanant du Trias a pu faciliter les remises en mouvements de minéralisations dispersées dans les sédiments.

Dans l'hypothèse d'une sécrétion latérale, avec ou sans intervention d'eaux salées, le filon de quartz avec pyrite et chalcoppyrite de Saléon (anticlinorium de Laragne) peut trouver son explication, si l'on tient compte de la réserve^{de} SiO_2 que constituent les marnes à passées gréseuses encaissantes. Nous manquons de données géochimiques pour savoir s'il existe des traces de Cu dans ces sédiments. Pour ces gisements, des eaux thermominérales ont pu intervenir, puisqu'à proximité, existe une source chaude.

L'hypothèse de P. TERMIER, mobilisation de célestine contenue primitivement dans le Trias par des eaux externes, n'est pas, semble-t-il, à repousser à Condorcet. LACHAT (1881) signale, en effet, des remises en mouvement de célestine au griffon de la source minérale à proximité des anciennes exploitations.

AGE DES MINERALISATIONS

Si la répartition régionale des microteneurs en Zinc et Plomb des formations du Jurassique supérieur ne peut guère s'interpréter que par un processus syngénétique, leur concentration dans des pièges constituées par des fractures d'extension les lie à l'histoire tectonique régionale.

Dans les secteurs étudiés, l'absence de formations tertiaires empêche de dater les déformations. C'est la raison pour laquelle, dans les monographies, nous n'avons jamais fait allusion aux phases tectoniques ayant pu mettre en place les structures. Il faut faire appel pour cela à une étude régionale (GOGUEL, 1947).

Cet auteur y distingue :

- une phase crétacé supérieur, "anté**sénonienno**" , plus précisément turonienne (J.MERCIER, 1958), affectant le Devoluy, le Beauchêne, et faisant sentir ses effets jusqu'à proximité de la concession de Menglon.
- une phase éocène supérieur, vraisemblablement entre le Lutétien et le Ludien, affectant le Diois et les Baronnies.
- une phase post-miocène, ou tout au moins miocène supérieur, affectant l'ensemble de la région.

La direction variable des plis de cette région serait due à la superposition aux plis des deux premières phases, principalement à ceux de la seconde donnant des plis E.O, de la compression NE.SO de la troisième phase, alpine.

"Il en a résulté une déviation du mouvement qui a été compensée par le jeu des failles de décrochement NS, dont les lèvres orientales ont subi un déplacement relatif vers le Sud".

Ce sont les lignes de décrochement de l'Ouest vers l'Est :
(carte de localisation des secteurs)

- Propiac, Condorcet, Montagne d'Angèle,
- La Motte-Chalancon, Die.
- accident limitant le Beauchêne du Diois.

Un fait suggère cependant que la cassure "Propiac, Montagne d'Angèle" a eu des ébauches ante-miocènes.

En effet, nous avons vu que, dans la région de Propiac, le Trias était déjà à l'affleurement au Burdigalien, et qu'une partie de la minéralisation était antérieure à la phase alpine. Ce réseau d'accidents aurait pu alors rejouer en décrochement, suivant l'hypothèse de GOGUEL (1946, 1947 - c).

Les accidents, dont les fractures d'extension sont minéralisées, n'ont-ils pas eux aussi des chances d'être ante-miocènes ?

Les directions de Normal-Stress maximum que nous donnent les analyses de réseau de fractures des concessions du Suillet (fig.5), de Menglon (fig.17), de Brette (fig.29), obliques sur l'axe des plis, sont respectivement de : N 10°, N 20°, N 30°. Les deux premières directions correspondraient à une contrainte anté-miocène.

Dans les concessions des Prés et le secteur des mines de La Pierre, les directions de Normal-Stress maximum n'apparaissent pas clairement, si l'on se risque à faire des analyses de réseau de fractures. Cependant, si l'on prend la bissectrice du secteur dans lequel se localisent les filons et les corps minéralisés de l'ensemble des périmètres étudiés (fig.63), soit N 25°, comme direction de Normal-Stress maximum, elle rend compte des rejets que l'on peut observer à l'affleurement, à la mine du Chouët, en particulier. Cette direction N 25° correspondrait aussi à une contrainte ante-miocène.

Enfin, si l'on applique une contrainte NE-SO sur les différents diagrammes, les rejets que l'on devrait observer à l'affleurement pour les accidents des Terres Noires (concession du Suillet) (fig.5), du Bès (concession de Menglon) (fig.17), de la mine du Chouët (concession des Prés)(fig.29), devraient être l'inverse de ce qu'ils sont en réalité.

Le rejet aberrant de la mine du Chouët, dans une hypothèse d'une contrainte NE.SO, est considéré (GOGUEL, 1947) comme "un dernier contre-coup du régime des grandes failles de décrochement sub-méridiennes".

Les accidents précités pourraient, en fait, aussi correspondre à des cassures ante-miocènes qui auraient ou n'auraient pas rejoué suivant leur direction, à la phase miocène supérieur ou post-miocène.

Ainsi la majorité des pièges où se sont concentrées les minéralisations pourrait avoir pris naissance avant le Miocène, peut-être à l'Eocène supérieur. Dans l'hypothèse d'une sécrétion latérale, les migrations vers les pièges et le dépôt des minéralisations auraient pu s'effectuer pendant leur formation. (croissance par accrétion du filon de Bellericq, concession du Suillet).

C O N C L U S I O N S

=====

Nous avons essayé, dans cette étude, de replacer les gisements du Diois et des Baronnies dans leur contexte géologique.

Trois phases de phénomènes sont à l'origine des concentrations que l'on peut observer de nos jours :

- Dans la région que nous avons étudiée, la première se situe au Jurassique supérieur, pendant la sédimentation des "Terres Noires". Les ions métalliques, en solution dans l'eau de mer, ont pu être précipités sous forme de sulfures par l'action de l'acide sulfhydrique ou adsorbés par les minéraux argileux ou les matières organiques. Des études récentes au Laboratoire tendent à prouver que les sulfures peuvent se former à basse température et à pression ordinaire (voir revue par P. NICOLINI, 1957). La présence de microteneurs en Zn et Pb dans les calcaires du Jurassique supérieur peut aussi trouver son explication, le carbonate de calcium favorisant, dans certains cas, la précipitation des sulfures (WEILL R., HOCART H. and MONIER J.C., 1954).

- A une époque que l'on ne peut estimer avec certitude, vraisemblablement à l'Eocène supérieur, peut-être au Miocène supérieur, des efforts tectoniques ont fait rejouer ou ont provoqué des failles le long desquelles sont apparues des fractures d'extensions. Elles ont pris naissance dans le ou les bancs résistants qui commandaient aux plissements, le Rauracien dans le Nord, l'ensemble du Jurassique supérieur calcaire dans le Sud. La formation de concentrations dans les pièges à partir de solutions remettant en mouvement les minéralisations dispersées dans les sédiments s'est effectuée contemporaine-

ment, si l'on admet que la croissance par accrétion du filon de Bellericq (concession du Suillet) est généralisable aux autres corps minéralisés de la région.

Dans les zones où avaient lieu les montées diapiriques, des solutions salées, accompagnant l'ascension du Trias, ont pu intervenir pour faciliter les remises en mouvement de minéralisations.

- La troisième phase correspond à l'altération superficielle de ces gisements. Son histoire commence au Miocène supérieur ou au Pliocène et s'est poursuivie jusqu'à nos jours.

Différents facteurs dont le rôle est souvent difficilement précisable sont intervenus, en se conjuguant ou se contrariant, pour donner une plus ou moins intense oxydation. Les conditions minéralogiques étant réunies, les précipitations et la température, la réactivité des gangues, l'ont emporté sur l'action inhibitrice de l'érosion, au moins pendant la période d'intense oxydation. Ce phénomène s'est plus ou moins largement développé en fonction des facteurs structuraux et a été perturbé par des mouvements positifs du niveau hydrostatique.

L'étude d'anatomie comparée de ces gisements a permis de dégager leurs caractères généraux en montrant que seul le contrôle structural pouvait rendre compte de leur répartition. Le rejet du contrôle stratigraphique et paléogéographique enlève une hypothèse positive optimiste à la recherche minière ou à la reprise éventuelle de ces gisements.

Si l'on voulait les inclure dans un tableau de types de gisements (P.ROUTHIER, 1958), ils auraient leur place dans le type, à filon dominant, dans une couverture sédimentaire plissée et fracturée, sans relation visible avec des plutons. Ils seraient à mettre en parallèle avec le type, à tendance stratoïde, dans une couverture tabulaire faillée (Les Malines - Gard).

Ils se différencient de ce type "Cévennes", en bordure de socle, dans des zones de mouvements épirogéniques, par leur localisation dans une fosse de subsidence accusée, en bordure d'une zone orogénique qui se traduit par un environnement sédimentologique et un style tectonique différents. Enfin, le caractère épigénétique des concentrations du Diois et des Baronnies, en relation avec la tectonique, s'oppose au caractère syngénétique ou plutôt diagénétique des concentrations en bordure de socle, en relation avec la sédimentation.

Cependant, si l'on admet, dans le Diois et les Baronnies, la sécrétion latérale ou l'intervention d'eaux issues du Trias et remettant en mouvement des minéralisations dispersées dans les sédiments, ces deux types de gisements apparaissent dériver d'un même phénomène par des processus de concentration différents.

Tout se passe comme si les ions métalliques, provenant du démantèlement des vieux socles et de leurs minéralisations donnaient des concentrations dans les sédiments qui les surmontent, -concentration dont l'étude progresse de jours en jours- et allaient en se dispersant et s'épuisant au fur et à mesure que l'on s'élève dans les colonnes stratigraphiques.

A ces hauteurs, seuls d'autres phénomènes, tectoniques par exemple, sous forme de fractures, de plis de diapirs de Trias, pourraient permettre des remises en mouvement de ces dispersions syngénétiques et provoquer ainsi des concentrations épigénétiques.

B I B L I O G R A P H I E

Principales abréviations utilisées :

- B.S.C.G.F. - Bulletin des services de la Carte géologique de France et des topographies souterraines, Paris.
- B.S.G.F. - Bulletin de la Société géologique de France, Paris.
- C.R.A.S. - Comptes-rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, Paris.
- B.S.F.M.C. - Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, Paris.
- D.E.S. - Diplôme d'Etudes Supérieures.
-

- ARENS G. 1957 - Contribution à l'étude géologique de la région de Lesches-en-Diois (Drôme)
D.E.S., Fac.Sc., Lyon.
- BARRABE L. 1946 - Les recherches de pétrole dans l'Allemagne du Nord au cours de la guerre.
Houille, Minerais, Pétrole. 1ère année, n° 5.
- BERNARD A. 1958 - Contribution à l'étude de la province métallifère sous-cévenole. Thèse, Nancy.
- BILLINGS M.P. 1942 - Structural Geology, Prentice Hall, New-York.
- BOLZE J. 1950 - Diapirs triasiques et phases orogéniques dans les Monts de Tébourouk (Tunisie septentrionale)
B.S.G.F. (6) t.I, p.381.
- BONNEFOUS J. 1954 - Etude géologique de la région de Luc-en-Diois (Drôme) D.E.S. Fac.Sc., Lyon.
- BOULADON J. 1949 - Les gisements de plomb et de zinc en Afrique du Nord. Notes Serv.géol.Maroc, t.2, p.163.
- BRIVES A. 1916 - Contribution à l'étude des gîtes métallifères de l'Algérie. C.R.A.S. et Alger.
- BRUET E. 1933 - Les différentes zones de gisements plombifères de Tunisie. C.R.Congr.géol.Intern.Washington.

- CAILLAUX A. 1875 - Tableau général et description des mines métalliques et des combustibles minéraux de la France. Paris. Edit. J.Baudy.
- CHAPUIS 1953 - Etude géologique de la carte au 20.000ème, n° 2 de Vaison-la-Romaine. D.E.S., Fac.Sc., Lyon.
- CHARLOT R. 1958 - Contribution à l'étude géologique de la région de Valdrôme (Drôme). D.E.S., Fac.Sc., Lyon.
- COUSQUER J. 1955 - Contribution à l'étude géologique des Baronnies (Serres 20.000ème, n° 4). D.E.S., Fac.Sc., Lyon.
- DANA J.D. 1951 - The system of mineralogy, London. John Wiley.
- DEICHA G. 1960 - La notion du déséquilibre cristallogénétique dans les Sciences de la Terre. Bull.inf. B.R.G.M. Avril. p. 1.
- DELTEIL J.R. 1954 - Etude géologique de l'anticlinal de Chevalet. (Htes Alpes). D.E.S. Fac.Sc., Lyon.
- EDWARDS A.B. 1954 - Textures of the ore minerals and their significance. Melbourn. Aust.Inst. M.M.
- EHRMAN F. 1953 - Du rôle actif et passif du Trias gypso-salin et minéralisé dans la genèse des gîtes métallifères des terrains secondaires et tertiaires de la Kabylie des Babors (Algérie). XIXème Congr.géol.intern. Section X fasc.X Alger.
- FISCHESSE R. 1955 - Données des principales espèces minérales. Paris. J. et R. Sennac édit.
- FOURMARIER P. 1958 - Hydrogéologie, Masson, Paris.
- GARNER W.E. 1955 - Chemistry of the solid state. London. Butterworth s.p.
- GIGNOUX M. 1923 - Au sujet de la tectonique de la "formation de Suzette". Réunion extraordinaire de Septembre 1923 (Gard, Vaucluse, Drôme). B.S.G.F. (4), T.XXIII.
- " 1930 - La tectonique salifère, son rôle dans les Alpes françaises. Livre jubilaire centenaire B.S.G.F. p.329

- GLANGEAUD L. 1935 - Origine des gîtes métallifères du Nord de l'Algérie.
Congr.int.Min.Met. et géol.appliquée, t.1, p.145.
- GOGUEL J. 1936 - Description tectonique de la bordure des Alpes de la Bléone au Vars.
Mém.C.G.F. p.320.
- " 1938 - a) Remarques sur la tectonique du Massif des Girondas et des régions voisines.
B.S.G.F. (5) t.VIII, p.355.
- " b) Glissements sous-marins dans le Crétacé inférieur.
B.S.G.F. (5) t.VIII, p.251
- " 1939 - a) Remarques sur la bordure du Vercors dans l'angle S.E. de la feuille de Valence au 80.000ème.
C.R.collaborateurs pour 1938.B.S.C.G.F., t.XL, p.183.
- " b) Tectonique des chaînes sub-alpines entre la Bléone et la Durance.
B.S.C.G.F. n° 202, t.XLI.
- " 1944 - a) Contribution à l'étude paléogéographique du Crétacé inférieur dans le S.E. de la France.
B.S.C.G.F., n° 215, t.XLIV, p.457.
- " b) Sur quelques accidents de la feuille de Die au 80.000ème. C.R.collaborateurs pour 1943.
B.S.C.G.F. n° 216, t.XLV, p.197.
- " c) Le rôle des décrochements dans la tectonique du Diois. C.R.A.S. t.218, p.287.
- " Fond X d) La tectonique de Gand dans la zone externe des Alpes. B.S.G.F. (5), t.XIV, p.211.
- " 1947 - a) Observation sur l'Urgonien du Vercors (feuille de Vizille au 80.000ème.
B.S.C.G.F. n° 221, t.XLVI, p.167.
- " b) Sur les accidents tectoniques de la bordure occidentale du Diois (feuille de Die et Le Buis au 80.000ème).
C.R.collaborateurs pour 1944,1945. B.S.C.G.F. n° 221, t.XLVI, p.149.
- " c) Recherches sur la tectonique des chaînes sub-alpines entre le Ventoux et le Vercors.
B.S.C.G.F., n° 223, t.XLVI, p.1.

- GOGUEL J. 1948 - Le rôle des décrochements dans le massif de la Grande-Chartreuse.
B.S.G.F. (5) t.XVIII. p.227.
- " 1952 - Traité de tectonique, Masson, Paris.
- " 1953 - Les Alpes de Provence - Actualité Scientifique et industrielle. Géologie régionale de la France. Herman et Cie, Paris.
- GOLDSCHMIDT V.M.
1954 - Geochemistry, Oxford. Alex Muir.
- GOTTIS C. et SAINFELD P.
1952 - Les gîtes métallifères tunisiens.
XIXème Congr.géol.intern. 2ème série, n°2.
- GRAS S. 1853 - Statistique géologique et minéralogique du département de la Drôme.
- GREGOIRE J.Y. 1953 - Contribution à l'étude géologique des Baronnies Vaison-la-Romaine au 20.000ème, n°3.
D.E.S., Fac.Sc., Lyon.
- JACOB Ch. 1923 - Sur la position tectonique et sur l'origine des lambeaux visités de la formation de Suzette. Réunion extraordinaire de Septembre 1923 (Gard, Vaucluse, Drôme) B.S.G.F. (4), t.XXIII.
- JACQUOT et WILIM E.
1894 - Les eaux minérales de la France. Paris. Baudry.
- JUNG J. 1930 - Rapport des plis alpins et des plis pyrénéens dans les chaînes sub-alpines méridionales.
Ann.Univ.Grenoble. t.VII
- JUNG J. et ERHART H.
1933 - Structure géologique des Baronnies et du Mont Ventoux. (Drôme) Ann.Univer.Grenoble, t.VIII.
- LACHAT 1881 - Sur le filon de célestine de Nyons (Drôme).
Ann.Min. t.20, 6ème livre.
- LACROIX A. 1893 - 1911 - Minéralogie de la France et de ses colonies. Béranger, Paris.
- LAPPARENT A.F. de
1940 - Précisions nouvelles au sujet de diapirs de Suzette (Vaucluse) et de Propiac (Drôme)
B.S.G.F. (5), t.X, p.3.

- LAPPARENT A.F. de
1941 - Les phases de plissements tertiaires dans la région du Mont Ventoux et de la Montagne de Lure.
B.S.G.F. (5) t.IX, p.75.
- LAUNAY L. de. 1899 - Recherche, captage et aménagement des sources thermominérales. Paris. Béranger.
" 1913 - Traité des gîtes minéraux et métallifères. Paris. Béranger.
- MARTY R. 1954 - Etude géologique de la vallée du Céans et de ses abords.
D.E.S., Fac.Sc., Grenoble.
- MERCIER J. 1958 - Sur l'âge de la phase tectonique "antésénonienne" à l'O du Devoluy (Drôme).
B.S.G.F. (6), t.VIII. p.689.
- MICHEL 1892 - Sur quelques minéraux de Condorcet (Drôme)
Bull.Serv.Min. Collection Ecole des Mines d.M. 1325.
- MOISSEEFF A. 1959 - Etude géologique et métallogénique du district minier El Grefa, Bazina, Le Semene (Tunisie). Fac.Sc., Paris. Thèse d'Université.
- MOULLADE M. 1960 - Sur l'attribution spécifique de Foraminifères appartenant au genre trochammina, découverts dans l'Aptien et l'Albien des Baronnies (Drôme-Htes-Alpes). Revue de Micropaléontologie, n° 4, 1960.
- NICOLINI P. 1957 - Sur la métallogénie des gisements sulfurés.
Chron.Mines d'O.M., n° 250, Avril, p.116.
- ORGEVAL M. et ZIMMERMANN
1957 - Possibilités pétrolières de la zone sub-alpine Bassin méridional. B.R.P. Revue de l'I.F.P. n° 5, Mai.
- PAQUIER 1901 - Recherche géologique sur le Diois et les Baronnies. Thèse, Grenoble.
- PIVETEAU J. 1952 - Traité de Paléontologie, Masson, Paris.
- RAGUIN E. 1949 - a) Géologie des gîtes minéraux, Masson, Paris.
♀ b) Métallogénie hydrothermale et vailles vivantes. B.S.G.F. (15, t.XIV, p.415.

- RAMDHOR P. 1955 - Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin.
- ROUTHIER P. 1958 - Sur la notion de "types" de gisements métallifères. B.S.G.F., t.VIII, p.237.
- SAINFELD P. 1952 - Les gîtes plombo-zincifères de Tunisie. Ann. des Mines et Géol. n° 9, Tunis.
- SANDKY EL ROH. 1956 - Etude géologique de l'anticlinorium. D.E.S. Fac.Sc., Lyon.
- SAVOYAT E. 1958 - Contribution à l'étude géologique des Baronnies. Nyons 20.000ème, n° 6. D.E.S., Fac.Sc., Lyon.
- SCHNEIDERHOHN 1941. - Lehrbuch der Erzlägerstättenkunde. Iéna.
- TERMIER P. et J. Leaud L.
 1921 - a) Sur l'âge des phénomènes de charriage dans les montagnes de Gigondes (Vaucluse). C.R.A.S. t. 172.
 " b) Le lambeau de recouvrement de Propiac (Drôme) témoin d'une vaste nappe d'origine alpine, poussée avant le Miocène sur la vallée du Rhône. t.172. C.R.A.S.
 " c) Nouvelles observations sur la "nappe de Suzette", nappe de recouvrement formée de terrains triasiques, issues des Alpes ayant couvert à l'époque aquitanienne une partie de la région du Rhône. C.R.A.S. t.173.
 " d) Résumé de nos connaissances sur la nappe de Suzette (âge précis, constitution, extension) la question de son origine. C.R.A.S. t.173.
- TERMIER P. 1923 - a) La nappe de Suzette
 b) Le Trias de Mérindol et de Propiac
 c) Le problème tectonique de Suzette.
 Réunion extraordinaire de Septembre 1923. B.S.G.F. (4) t.XXIII.
- 1927 - Nouvelle contribution à l'étude du problème de Suzette. B.S.G.F. (4), t.XXVII, p.57.

- WEIL R., HOCART H. et MONIER J.C.
1954 - Synthèses minérales en milieux organiques
B.S.F.M.C., LXXVII, p. 1084.
- WEIL R.V. 1955 - Reproduction expérimentale des sulfures métalliques des sédiments biogènes. Congrès des Sociétés Savantes.
- WILM E. 1957 - Contribution à l'étude géologique de la région de Bonneval (Drôme).
D.E.S., Fac.Sc., Lyon.

DOCUMENTS INEDITS

- Demandes en concession et en renonciation : Menglon, Brette, Les Prés, Condorcet. Archives du Service des Mines, Paris.
- Demande en concession et renonciation du Suillet. Archives du Service des Mines, Grenoble.
- Rapports sur la concession du Suillet et les Mines de Sigottier, La Piarre, l'Epine. (Documents de la Société des Mines et fonderie de Zinc de la Vieille Montagne).

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	p. 1
CH. I - STRATIGRAPHIE	5
Oxfordien supérieur	7
Argovien	7
Rauracien	8
Séquanien et Kimmeridgien inférieur	9
Kimmeridgien supérieur et Portlandien =	
Tithonique	10
Berriasien	11
Valanginien inférieur	13
Quaternaire	14
CH. II - MONOGRAPHIES DES CONCESSIONS ET SECTEURS	
MINIERS	16
A) CONCESSION DU SUILLET	17
Rappel stratigraphique et caractères lo-	
caux de la série	17
Tectonique	18
Anticlinorium de Laragne	22
Métallogénie	23
A) Historique	23
B) Minéralisations	24
C) Géologie minière	28
B) CONCESSION DE MENGLON	31
Rappel stratigraphique et caractères lo-	
caux de la série	31
Tectonique	32
Anticlinorium de Die	34
Métallogénie	35
A) Historique	35
B) Minéralisations	36
C) Géologie minière	43

C) CONCESSION DE BRETTE	46
Rappel stratigraphique et caractères locaux de la série	46
Tectonique	46
Métallogénie	49
A) Historique	49
B) Minéralisations	49
C) Géologie minière.....	52
D) CONCESSION DES PRES et (secteur de la) MINE DE CHARENS	55
Rappel stratigraphique et caractères locaux de la série	55
Tectonique	56
Métallogénie	62
A) Historique	62
B) Minéralisations	62
C) Géologie minière	64
E) MINES DE LA PIARRE ET DE SIGOTTIER	68
Rappel stratigraphique et caractères locaux de la série	68
Tectonique	69
Métallogénie	71
A) Historique	71
B) Minéralisations	72
C) Géologie minière	73
La Piarre	73
Sigottier.....	74
L'Epine	76
CH. III - OXYDATION DES GISEMENTS "EN SERIE CALCAIRE"	77
CH. IV - GISEMENTS EN RELATION SPATIALE AVEC LE TRIAS	84
1) ST GENIEZ DE DROMONT	84
CONCESSION DE SALEON	84
2) REGION DE PROPIAC	85
3) CONDORCET	88

CH. V - CONTROLE DES MINERALISATIONS	p. 92
CH.VI - PROBLEMES QUE POSENT LES HYPOTHESES GENETIQUES ET L'AGE DES MINERALISATIONS	96
1) Hypothèses génétiques	96
2) Age des minéralisations	104
CONCLUSIONS	107
BIBLIOGRAPHIE	110



J. 1960 (79²) 4°

FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE PARIS

CONTRIBUTION A L'ETUDE GEOLOGIQUE ET

METALLOGENIQUE

DES MINERALISATIONS PLOMBO-ZINCIFERES

DU DIOIS ET DES BARONNIES

(domaine de la fosse vocontienne)

par Henri ROUVIER

A N N E X E



F 1950 (79²) 4^o

T H E S E

présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITE DE PARIS

Pour obtenir le titre de Docteur 3ème Cycle

SPECIALITE : Métallogénie.

par Henri R O U V I E R

lère THESE : CONTRIBUTION A L'ETUDE GEOLOGIQUE ET METALLO-
GENIQUE DES MINERALISATIONS PLOMBO-ZINCIFERES DU DIOIS ET
DES BARONNIES.

(domaine de la fosse vocontienne).

Soutenue le

devant la Commission d'Examen.

MM. L. BARRABE)

Président

P. ROUTHIER)

Examineurs.

J. ORCEL)



2

A N N E X E

=====

ETUDE DES TEXTURES ET DES STRUCTURES DES MINERAIS SULFURES
DE LA CONCESSION DU SUILLET

Sommaire

INTRODUCTION	p. I
A) Etude des textures des minerais du filon du Belle- ricq au niveau MN.	p. II
B) Etude des structures des différents types de minerais sulfurés de la concession du Suillet.	p. V
1) Filon du Bellericq (niveau MN), Les Turcs..	p. V
2) Filon du Bellericq (niveau Ste-Barbe), Quatre-Heures	VIII
CONCLUSIONS	XII

Figures.

5

ETUDE DES TEXTURES ET DES STRUCTURES DES
=====

MINERAIS SULFURES DE LA CONCESSION DU SUILLET
=====

Des différents secteurs étudiés, seule la concession du Suillet nous a offert des minerais sulfurés préservés de l'oxydation et se prêtant ainsi à une analyse texturale et structurale. Comme nous l'avons vu dans l'étude monographique de cette concession, ces minerais ne sont présents que dans les quartiers de Bellericq, Quatre-Heures, les Turcs. Le premier d'entre eux a fourni la grosse majorité des échantillons qui n'ont d'ailleurs généralement pas été prélevés en place, mais dans des tas de minerais triés sur les carreaux des différents chantiers ou dans leurs verses.

Macroscopiquement, il est apparu que les minerais pouvaient se rapporter à deux types qui, d'après les données d'observation d'affleurements ou de documents miniers, se replaçaient spatialement dans les corps minéralisés.

- Le premier, à l'intersection du filon et des calcaires du Séquanien - Kimméridgien inférieur Tithonique, caractérisé par des schalenblendes miel à brun clair, avec galène pouvant devenir prédominante (Les Turcs et Bellericq au niveau MN et intermédiaire).

- Le second, à l'intersection du filon et des marnocalcaires de l'Argovo-Rauracien, caractérisé par des schalenblendes brun rouge à miel, quelquefois jaunes à éclat résineux, avec galène et pyrite, quelquefois marcasite (Galerie Ste-Barbe, Quatre-Heures).

Après avoir envisagé les relations des gangues et des minéralisations sur une coupe du filon en place au niveau MN, nous avons

étudié les deux types de minerais précédents et leur variante. Au terme de cette étude, il s'est avéré que l'on pouvait considérer qu'à l'échelle du temps de formation du filon, il y avait eu synchronisation des minéraux des minerais et des gangues à partir de solutions sursaturées, très faiblement acides ou presque neutres.

A. - ETUDE DES TEXTURES DES MINERAIS DU FILON DU BELLERICQ
AU NIVEAU MN

Le filon minéralisé n'a pu être observé en place que dans une recoupe de la galerie MN (fig.1) qui en offre une bonne coupe. Schématiquement, trois zones peuvent y être distinguées, de l'éponte recristallisée à l'Ouest aux marnocalcaires argoviens à l'Est, la gangue étant uniquement calcitique et largement dominante sur les minéralisations (fig.2) :

- sur 40 cm, de minces rubannements de blende sensiblement parallèles aux épontes.
- sur 30 cm, des textures concentriques à noyaux de calcite, de blende avec galène subordonnée (fig.3).
- sur 20 cm des rubannements de blende et galène (fig.4), plus larges et moins réguliers dans leur parallélisme que ceux de la zone 1, avec par place, quelques textures concentriques, généralement allongées dans l'axe du filon, où la galène se présente en semis de petits cristaux et en structures dendritiques et squelettiques.

L'originalité de ce filon consiste en la polarité de son développement, à laquelle nous n'avons trouvé aucune explication. En effet, dans le détail, il apparaît que les rubannements de blende,

5

parallèles ou non parallèles aux épontes, ont un tracé zigzaguant (fig.5 et 6) dû à la localisation des sulfures sur les faces cristallines souvent courbes de la calcite, à convexité orientée toujours vers l'éponte marneuse. De plus, les concrétions de schalenblendes orientent leurs arceaux parallèlement, c'est-à-dire vers l'éponte Est.

L'examen des textures concentriques montre que les plages de schalenblende enrobent des agrégats de cristaux de calcite dont les faces courbes ont leur convexité orientée vers l'extérieur. Bien qu'il ne nous ait pas été permis d'observer dans sa totalité le filon dans d'autres quartiers de la mine, les observations précédentes indiquent une concentration de la minéralisation dans la partie du filon située au contact de l'éponte marneuse. En effet, la blende se manifeste faiblement dans la zone 1, croît en importance dans les zones 2 et 3, conjointement au développement de la galène.

Les observations partielles que l'on peut recueillir au niveau MN montrent que, dans le sens vertical et horizontal, ces différentes zones peuvent présenter des renflements et des rétrécissements. Ces faits sont confirmés par certains échantillons que l'on peut prélever dans les haldes qui présentent, à différentes échelles, les mêmes caractères que les minéralisations observées en place.

L'agencement des différentes zones de ce filon ainsi que les relations de la gangue et de la minéralisation suggèrent que le développement du filon a dû s'effectuer en trois temps, soulignés par l'absence de transition d'une zone à la suivante. Ces phases successives de remplissage pourrait correspondre à l'ouverture progressive de la caisse filonienne suivant un processus que certains auteurs appellent : la croissance par accréation (E.RAGUIN, 1949).

Dans un vide correspondant à la zone 1, calcite et minéralisation ont crû régulièrement de l'Ouest vers l'Est. Une fois le remplissage terminé, un nouvel accroissement de l'ouverture a pu accidenter la surface de dépôt et par exagération du mamelonnement qui en a résulté, permettre la formation des textures concentriques (fig.

3). Ces dernières ne sont, en réalité, que des ellipsoïdes incomplets dont le coeur se rattache dans l'espace à un support calcitique. Elles peuvent aussi provenir, en partie, de fragments tombés des épontes, recristallisés, enrobés par la minéralisation, les vides étant colmatés par de la calcite. Après une troisième ouverture, le remplissage de la zone 3 pourrait dans ce cas correspondre à l'atténuation des irrégularités de la surface de dépôt, se traduisant par l'apparition de rubannements à tracés sinusoïdaux (fig. 4). Dans les vides ménagés par les concavités, auraient pu encore se développer des textures concentriques.

Postérieurement, le filon au niveau MN a été affecté d'une légère fracturation soulignée par des veines de calcite rose recoupant la gangue et la minéralisation.

Si la simple observation macroscopique repousse toute interprétation qui tendrait à concevoir un remplacement de la gangue par la minéralisation, l'observation microscopique renforce l'idée que gangue et minéralisation se sont déposées successivement avec des périodes de recouvrement. En effet, couramment la blende et accessoirement la galène (fig. 7 et fig. 8) se manifestent suivant les fantômes de zones d'accroissement des cristaux de calcite sur lesquels croissent des schalenblendes dont les concrétions sont toujours orientées de l'Ouest vers l'Est (fig. 7); ces dernières enrobent dans la zone 2 des noyaux de calcite constitués d'un, mais plus souvent de plusieurs individus, cristallins (fig. 9).

Ce résultat acquis sur les minéralisations observées en place, peut être étendu à la totalité de celles que l'on peut prélever sur le carreau du quartier de Bellericq ou des autres quartiers de la concession, les mêmes textures s'y retrouvant avec quelques variantes.

B. - ETUDE DES STRUCTURES DES DIFFERENTS TYPES DE MINERAIS SULFURES DE LA CONCESSION DU SUILLET

1) Filon du Bellericq (niveau MN), Les Turcs

Les concrétions de schalenblende à rubansmiel à brun clair sont volumétriquement aussi importantes que la gangue de calcite dans les échantillons de minerais triés et, malgré leur importante fracturation dont on ne retrouve que des symptômes dans les minerais du filon de la galerie MN, elles rendent plus aisé l'étude de leurs structures.

Ces schalenblendes sont plus ou moins finement cristallisés ou recristallisés, et l'on peut observer tous les intermédiaires entre les agrégats fibroradiés microcristallins et grenus.

La couleur du sulfure de zinc, observable sur échantillon, est fonction de la largeur et de la densité relative des rubans miel et brun clair qui constituent ces schalenblendes (fig.11). Alors que dans les plages blendeuses de base les rubans miel dominant, ils sont largement subordonnés au profit des rubans brun clair dans les lobes qui présentent, en outre, la particularité de les voir s'emboutir sur leurs flancs. De plus, l'ensemble de la concrétion est entourée d'un mince liseré de blende miel.

Les schalenblendes orientent leurs rubans en forme d'arceaux sur des faces cristallines que la galène a tendance à développer au coeur des concrétions (fig.11). Elle apparaît aussi, exceptionnellement automorphe, sur un mince ruban de blende très brune où sont observables des zones d'accroissement soulignées par des impuretés qui moulent assez délicatement les contours de la galène du coeur des concrétions. Ces dernières se réduisent quelquefois à des lobes (fig.10) enrobant des cristaux de calcite et rappelant ainsi les textures observées dans le filon en place. Particuliè-

rement dans ce cas, la galène se dispose en minces lames radiées dans les lobes, mais aussi en cristaux isolés au sein de ceux-ci.

La large distribution de la galène dans les blends pose le problème de la succession de ces deux minéraux.

L'examen de nombreux échantillons montre que, dans la majorité des cas, la galène oriente le développement des concrétions, les lobes blendeux s'épanouissant particulièrement au-dessus des faces cristallines de la galène (fig.11). Le même dispositif est observable lorsque celle-ci affecte des formes squelettiques (fig.12). Nous envisagerons le problème que posent les relations de ces formes de galène et de la gangue lors de l'étude des minerais des Turcs où elles sont largement dominantes.

- Très généralement, sur les faces cristallines de la galène du coeur des concrétions, se placent les centres de cristallisation ou de recristallisation des structures fibroradiées des rubans de schalenblende: immédiatement sus-jacents (fig. 11 et 12). Ainsi la galène apparaît comme leur étant antérieure.

- Que faut-il alors penser de la galène disséminée dans les lobes ?

Très souvent, elle constitue la réplique des cristaux de galène du coeur des concrétions en orientant le ruban qui la surmonte. Elle est, cependant dans ce cas, exceptionnellement automorphe. Les sections transversales ou longitudinales de certaines concrétions montrent que ce dispositif peut se répéter de nombreuses fois suivant les zones concentriques des schalenblendes (fig.10).

Ces observations suggèrent que ces concrétions ont eu un développement centrifuge, la galène sur un ruban de schalenblende étant antérieure à la formation du ruban sus-jacent.

- Quel sens faut-il alors donner aux gerbes de lames de galène observables au sein des concrétions ?

Ces structures sont fréquentes dans certains échantillons du filon où la galène moule des concrétions blendeuses enrobant des cristaux de calcite (fig. 10).

En section transversale, les plages blendeuses sont entourées par la galène et parsemées, en outre, d'un semis de petits points de ce même sulfure.

La postériorité de la galène permettrait d'imaginer un dépôt dans les fissures de l'agrégat fibroradié.

Cette interprétation serait généralisable si de telles structures ne se manifestaient que lorsque la galène est évidemment postérieure à la blende. Une telle condition est loin d'être satisfaite dans la majorité des cas. Le plus souvent, ces structures apparaissent dans une concrétion surmontant un cristal de galène qui lui est antérieur. C'est le cas entre autres de celles qui figurent dans les minéralisations des Turcs que nous allons à présent envisager.

Dans les minéralisations des Turcs, la galène est le minéral prédominant. Elle affecte des structures squelettiques (fig. 13 et 14) et dendritiques qui sont aussi observables au sein de la calcite ou même associées aux rubannements de schalenblende dans la zone 3 du filon (fig. 16).

Ces structures dendritiques et squelettiques ne peuvent pas être interprétées comme résultant d'un remplacement de la calcite par la galène. Les schalenblendes miel à brun clair poussent entre les lattes des trémies de galène en enrobant les formes squelettiques et dendritiques; une hypothèse de remplacement de la calcite par la galène entraînerait à reconsidérer le problème du développement du filon.

Il faudrait admettre dans ce cas qu'il a fait l'objet d'un remplacement orienté de la part des minéralisations, car ces structures voisinent ou même participent aux textures que nous avons

décrites dans la première partie de cette étude (fig. 15 et 16).

Dans l'interprétation de ces structures squelettiques et dendritiques, il faudrait peut-être admettre que la galène a été gênée dans sa croissance par la cristallisation de la calcite.

Les concrétions de schalenblende qui poussent sur les formes squelettiques de galène présentent aussi des lames radiées de ce dernier sulfure (fig. 13). Elles s'orientent suivant l'agrégat fibroradié de schalenblende et s'implantent sur les lattes externes de la forme squelettique sous-jacente. Dans ce cas la blende est donc postérieure à la galène de base dont le dépôt s'est peut-être poursuivi faiblement pendant la formation de la concrétion et a été orienté par elle. Cette interprétation peut difficilement être étendue aux structures analogues que nous avons rencontrées dans l'étude des minerais du filon du Bellericq. Pourtant, les minerais de ces deux quartiers nous permettent d'observer tous les intermédiaires entre un cristal squelettique de galène avec des "germes blendeux" et les concrétions blendeuses du Bellericq où la galène dirige l'architecture d'ensemble (fig. 14, 13, 12, 11).

Ainsi, bien qu'ayant les mêmes caractères dans ces deux quartiers, les lames de galène dans les vides de l'agrégat fibroradié peuvent donc être interprétées de deux façons différentes :

- dépôt de galène pendant la formation de la concrétion - Les Turcs.
- dépôt de galène légèrement postérieur à la formation de la concrétion - Bellericq (pro-parte).

2) Filon du Bellericq (niveau Ste-Barbe) Quatre-Heures

Les différences dans les formes, les dimensions, le nombre de rubans brun foncé à rouge et miel qui composent les schalenblendes de la galerie Ste-Barbe font que sur une section d'échantillon en plaque

mince, les variétés de concrétions semblent plus nombreuses qu'elles ne le sont en réalité. Cette diversité est d'ailleurs accrue par une bréchification qui a perturbé l'agencement des différentes concrétions au sein du filon.

Quoi qu'il en soit, elles peuvent se ramener à deux types très irrégulièrement répartis au sein des échantillons (fig.17).

- Le premier type de concrétions est composé de schalenblendes où alternent les rubans brun rouge et miel, les premiers largement dominants étant responsables de la couleur des blendes en macro-échantillon. Les concrétions apparaissent en corps isolés au sein de la gangue et, seules, quelques sections nous ont permis d'observer leur point d'attache qui consiste en une baguette calcitique sur laquelle croît un agrégat branchu de cristaux de blende qu'enrobent les rubans, plus ou moins ferrifères, de la schalenblende (fig.18). L'ensemble de ces concrétions est plus ou moins largement recristallisé et, à la limite supérieure du dernier arceau, apparaissent des formes cristallines qui sont moulées par de fins rubans de blende microcristalline (fig.19).

Ce dispositif suggère déjà que le dépôt de ce liseré s'est effectué après la cristallisation ou la recristallisation de la concrétion sous-jacente ou, s'il s'agissait à l'origine d'un gel, que l'apparition des formes cristallines de la surface externe du dernier ruban s'est effectué lorsque le liseré était encore plastique. Quoiqu'il en soit, il faut noter à ce niveau une discontinuité. Elle est soulignée aussi dans certains cas par l'emboutissement des zones du liseré microcristallin sur les flancs de la concrétion sous-jacente (fig.20).

Dans ces concrétions, la pyrite et la galène sont présentes et si le sulfure de plomb n'est que très faiblement représenté en leur sein, la pyrite, elle, plus fréquente, les recoupe, indiquant ainsi la postériorité de la mise en place. Les relations de la pyrite et

de la galène n'ont pu être établies, les critères de succession faisant défaut pour établir la postériorité de l'un sur l'autre de ces sulfures.

La galène s'insère dans les rubans du liseré microcristallin. Les contours sont le plus souvent moulés par le ruban immédiatement sus-jacent (fig.19). Comme nous l'avons vu précédemment le dispositif est très fréquent sur les structures des échantillons du filon du Bellericq au niveau MN.

Ce liseré microcristallin, constitué de schalenblende jaune à éclat résineux, présente souvent un phénomène de biréfringence. Il nous permet, en particulier, de voir que, sur la surface du ruban externe de la concrétion où apparaissent les formes cristallines de blende, se disposent les centres de cristallisation ou de recristallisation des agrégats fibroradiés constituant le ou les rubans, suivant les cas, du liseré microcristallin (fig.20).

Ainsi se trouve soulignée la croissance centrifuge de ces concrétions.

Cette biréfringence affecte le deuxième type de concrétions que nous allons, à présent, envisager.

- ces concrétions ont, en général, des sections circulaires ou elliptiques à rubans concentriques à une baguette calcitique qu'ils enrobent (fig. 17 et 21).

Leur nette biréfringence a suggéré qu'ils pourraient être constitués de wurtzite (fig. 22 et 20) - un diagramme de poudres aux Rayons X effectué par Monsieur Prouvost au Museum National d'Histoire Naturelle a montré qu'il s'agissait en réalité de blende. Un tel phénomène pourrait avoir son origine dans une déformation des cristaux de blende de l'agrégat fibroradié.

Dans les sections de ces concrétions apparaissent souvent des "clous" de galène dont les têtes jointives enrobent la blende en un liseré externe (fig.21). Ce dernier semble donc légèrement postérieur à la concrétion blendeuse et les lames de galène pourraient,

comme au Bellericq, correspondre à un dépôt dans des fissures de l'agrégat fibroradié. Toutefois, l'existence dans certaines de ces concrétions d'une galène squelettique à tendance dendritique, sur laquelle se moulent des rubans de blende jaune miel, montre que l'ordre de dépôt peut s'inverser (fig.23) et que de tels clous pourraient aussi bien être issus d'un dépôt contemporain de la formation de la concrétion. D'ailleurs, au sein de certaines sections elliptiques, la galène peut aussi perturber le dépôt sus-jacent et ainsi s'intercaler entre deux dépôts de blende.

Dans certaines plages d'échantillons se développent des concrétions où la galène prend autant sinon plus d'importance que la blende (fig.24). Nous les avons rapportés aux concrétions précédentes à cause de la présence de galène qui ne se manifeste que très faiblement dans le premier type décrit.

A l'intérieur et l'extérieur d'un groupement de plusieurs cristaux de galène qui n'expriment leur face que d'un seul côté poussent des schalenblendes qui orientent parallèlement leurs arceaux. Les schalenblendes s'allongent suivant les directions de la galène qui apparaît, non seulement dans leurs rubans, mais aussi en position tout à fait externe moulant les lobes terminaux de sulfure de zinc. Un tel type de structure ne peut être interprété comme un remplacement de galène par de la blende ou inversement.

Dans le premier cas, il faudrait concevoir que la blende a remplacé la galène en s'orientant sur celle-ci. Une telle hypothèse de remplacement n'expliquerait pas pourquoi certaines langues de galène interrompent les rubans de schalenblende. Ces observations pourraient faire penser que c'est, en réalité, la galène qui remplace la blende. Une telle hypothèse ne peut être soutenue car la galène oriente l'architecture des schalenblendes.

Un dépôt contemporain s'étant effectué par à-coups successifs, avec vraisemblablement des périodes de recouvrement, rend mieux compte d'une telle structure et se replace dans le contexte des

structures précédemment décrites.

La marcasite apparaît faiblement dans les échantillons où se développent les blends jaune miel, mais prend de l'importance dans les minerais du quartier des Quatre-Heures.

Dans ces échantillons, les schalenblendes ayant les mêmes caractères sont postérieures à la pyrite, marcasite, galène (fig.25 et 26). Sur certaines de leurs plages, la succession pyrite - marcasite (2 fois), galène, blende, est très nette. Ce dernier sulfure remplace d'ailleurs galène, marcasite, pyrite.

Cette structure indiquant sans ambiguïté un remplacement est la seule que nous avons rencontrée dans cette étude.

CONCLUSIONS

Nous avons essayé de décrire les structures des minerais de la concession du Suillet sans préjuger de la nature de la solution ayant déposé la minéralisation.

Les surfaces courbes sont considérées comme étant des manifestations des efforts de tension dans un matériel visqueux et sont pour cela indicatrices d'une origine colloïdale (EDWARDS, 1954). Cet auteur fait remarquer, cependant, que cette attribution n'est, en aucun cas, exclusive.

A. BERNARD (1958) reprenant les conclusions d'une mise au point sur l'étude des schalenblendes par BASTIN (1950) mentionne que l'on se trouve en fait devant une alternative :

"Rubannements de remplissage par dépôts successifs de sulfures" c'est ce que l'on pourrait appeler la croissance radiaire se produisant dans des cavités ou des espaces ouverts ("croissance sécrétionnaire de la galène et des sulfures de zinc"). Dans ce cas, il faut admettre une récurrence dans le dépôt.

"Rubannements liés à la cristallisation d'un gel homogène lors de son dépôt" ("croissance concrétionnaire de la galène"). Ce sulfure dans ce cas a été éliminé du gel et a cristallisé postérieurement au sulfure de zinc.

Tout revient en fait à déterminer l'ordre de succession des

sulfures. A. BERNARD propose pour cela un critère que nous avons essayé d'utiliser dans l'étude des structures des minerais de la concession du Suillet : c'est la position par rapport à un cristal de galène automorphe ou xénomorphe, ou un agrégat de cristaux de ce même sulfure, à la base des concrétions ou dans les rubans, des centres de cristallisation ou de recristallisation de l'agrégat fibroradié.

Dans les structures que nous avons décrites, ce critère nous a amené à considérer que la galène du coeur des concrétions était antérieure au ruban sus-jacent. Nous avons aussi mentionné que ce dispositif se répétait en général pour les cristaux qui s'inserraient, soit sur un, soit sur plusieurs rubans de schalenblendes.

Ces observations rangent les structures étudiées dans les rubanements de remplissage par dépôts successifs des sulfures.

Les caractères communs aux différentes structures que nous avons rencontrées, indiquent, de plus, un développement centrifuge de ces concrétions. Ce sont :

- la disposition en rubans en forme d'arceaux de la blende, enrobant un cristal ou un agrégat de cristaux généralement automorphes de galène ou de calcite.

- l'emboutissement d'un ruban ou d'un groupement de rubans sur les flancs de la concrétion. Dans des cas exceptionnels (galerie Ste-Barbe) une blende biréfringente souligne ce dispositif en montrant que les centres de cristallisation ou de recristallisation de ces rubans ne sont pas au coeur des concrétions mais sur la surface externe du ruban sous-jacent. A ce niveau, apparaissent souvent des formes cristallines de blende.

Un examen attentif des différents types de concrétions montre que, dans la majorité des cas, cet agencement a dû exister puisque les emboutissements de rubans y sont fréquents. Là où les recristallisations ont oblitéré la disposition respective des agrégats fibroradiés, superposés dans les concrétions.

Ces observations peuvent se résumer en disant :

en général, les différentes concrétions envisagées sont en réalité formées de plusieurs concrétions élémentaires, emboîtées les unes dans les autres.

Si ces concrétions composées ont pris naissance à partir d'un gel, il faut concevoir que le dépôt s'est effectué par prises successives correspondant aux concrétions élémentaires. Dans une telle hypothèse, on conçoit mal la position de la galène. Le plus souvent, elle n'apparaît pas seulement sur ces surfaces de discontinuité limitant les concrétions élémentaires mais se dispose sur un ou plusieurs de leurs rubans et est moulée par le ruban immédiatement sus-jacent. C'est alors une multitude de prises successives correspondant à chaque ruban, qu'il faut imaginer, pour envisager dans cette hypothèse la genèse de ces concrétions.

La croissance radiaire rend mieux compte des particularités structurales des minéralisations si l'on admet cependant une récurrence dans le dépôt, voire des périodes de recouvrement. Ces dernières sont peut-être soulignées par les lames de galène dans les vides de l'agrégat fibroradié : un dépôt peu postérieur à la formation de cet agrégat n'est cependant pas à exclure lorsqu'il est enrobé de galène.

Pour les structures envisagées dans cette étude, on peut même se demander si une telle distinction entre origine à partir d'un gel et croissance par couches successives de sulfures, selon le schéma de A. BERNARD, n'est pas illusoire. Les deux phénomènes ont pu, en effet, coexister avec cependant une prédominance pour le dernier d'entre eux.

Quelle que soit l'hypothèse génétique que l'on adopte, il faut en tout cas, tenir compte du développement centrifuge de ces structures. Des éléments concernant la nature de la solution transportant les minéralisations peuvent cependant être dégagés.

- Sa basse température, inférieure ou égale à 100°, déjà mentionnée dans la monographie de la concession du Suillet.

17

ii Sa faible acidité ou sa neutralité impliquée localement par la présence de pyrite et de marcasite.

Enfin, si l'on se réfère au schéma de la complexité de l'architecture cristalline en fonction du déséquilibre cristallogénétique croissant (G.Deicha, 1960), les cristaux à faces courbes (calcite), les formes squelettiques et dendritiques (galène), vraisemblablement les sphérolites (blende), apparaissent en dernier. Ce déséquilibre est vraisemblablement, pour les solutions de très basses températures, la sursaturation.

A partir de ces solutions, le développement de la gangue calcitique et de la minéralisation est caractérisée par des pulsations successives dans le dépôt des minéraux, sans pour cela que, pendant l'un de ces à-coups, un minéral ait cessé complètement de précipiter.

FIGURES

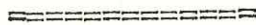


Fig. 1 - Le filon du Bellericq au niveau MN -
Noter les trois zones distinctes du filon, de l'éponte E
recristallisée en calcite à l'éponte O marnocalcaire.



Fig. 2 - Coupe du filon du Bellericq au niveau MN.

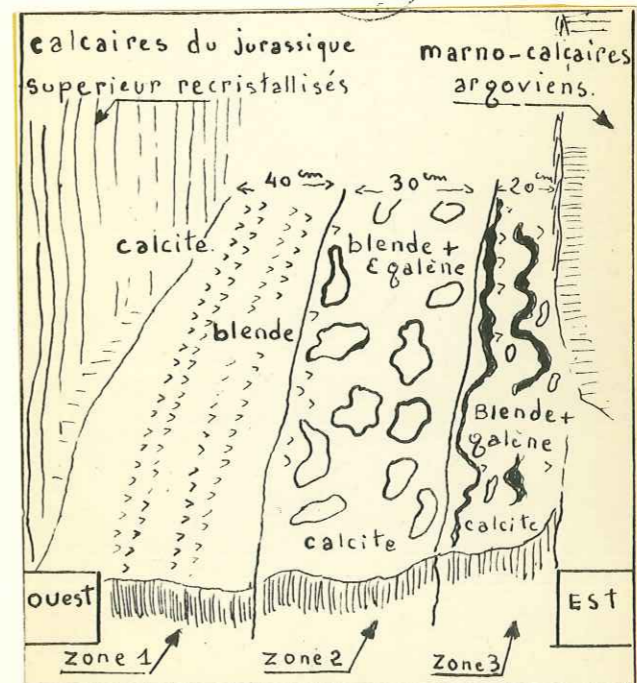


Fig. 3 - Textures concentriques de la zone 2 du filon du Belle-ricq au niveau MN.

Des concrétions blendeuses (noir) avec galène subordonnée enrobent des agrégats de cristaux de calcite (blanc). Certains cristaux de calcite montrent des faces courbes à la périphérie des textures concentriques.

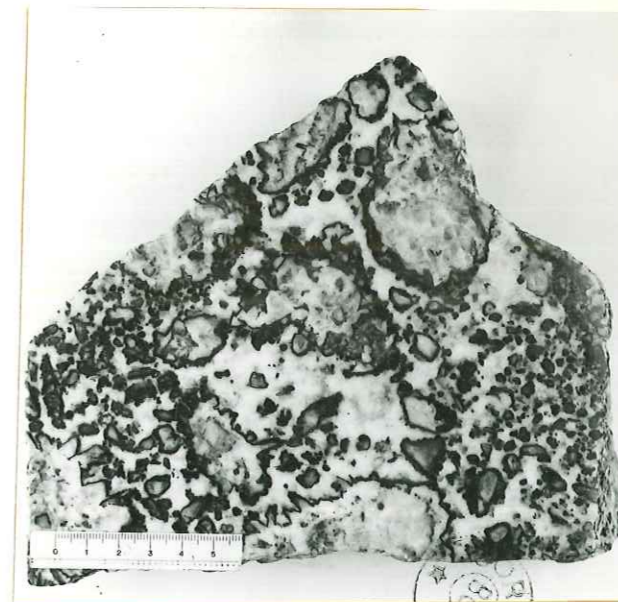


Fig. 4 - Rubannements de blende et galène (noir) de la zone 3 du filon du Bellericq au niveau MN. Des symptômes de blende apparaissent dans la gangue calcitique (blanc) en dehors des rubannements, l'un "en dents de scie" à l'O de l'échantillon, l'autre à l'E à tracé sinusoïdal. Le miroir observable à l'E de l'échantillon correspond au contact du filon avec les marnocalcaires argoviens.

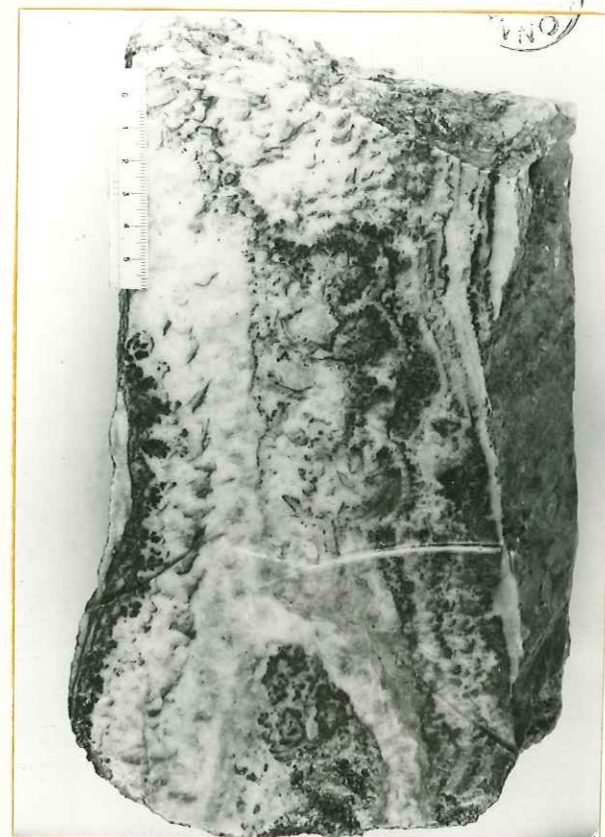


Fig. 5 - P.M. - L.N. X 3

Détail de rubanement en "dents de scie" de la zone 3 du filon du Bellericq au niveau MN.

Des dents calcitiques enrobées de schalenblendes poussent sur une surface mamelonnée et soulignée par un ruban blendeux. La galène apparaît sur la convexité des concrétions de schalenblendes ou en forme squelettique au sein de la calcite au Sud de la préparation.



Fig. 6 - P.M. - L.N. X 5

Détail de rubanement à tracé sinusoïdal de la zone 3 du filon du Bellericq au niveau MN.

Le cristal de calcite (blanc grisâtre) du centre de la préparation a vu son développement perturbé par le liseré de blende qui s'intercale ainsi entre deux dépôts de calcite.



Fig. 7 - S.M. - L.N. X 3,5

Echantillon de la zone 1 du filon du Bellericq au niveau M.N.

Fantômes de zones d'accroissement, souligné par un dépôt de blende, dans des cristaux de calcite scaléonoédrique. Noter que les symptômes de schalenblendes, observables sur ces zones souvent courbes, orientent leurs concrétions de l'Ouest vers l'Est.



Fig. 8 - S.P. - L.N. X 30

Echantillon de verses du Bellericq au niveau M.N.

Réplique de la fig.7 mais où les fantômes de zones d'accroissement de la calcite (gris) sont soulignés par un semis de points de galène (blanc). Cristaux de pyrite en relief.

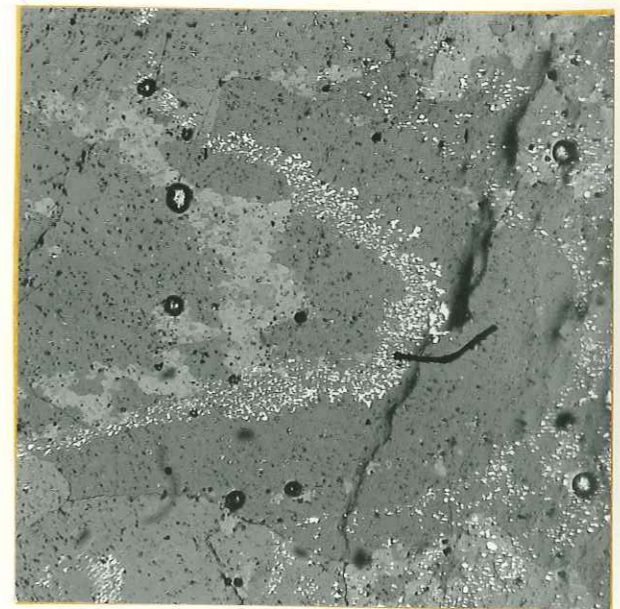


Fig. 9 - P.M. - L.N. X 12

Texture concentrique de la zone 2 du filon du Bellericq au niveau MN.

Des rubans de schalenblende enrobent deux individus calcitiques dont les fantômes de zones d'accroissement sont soulignés par des impuretés et des symptômes blendeux.

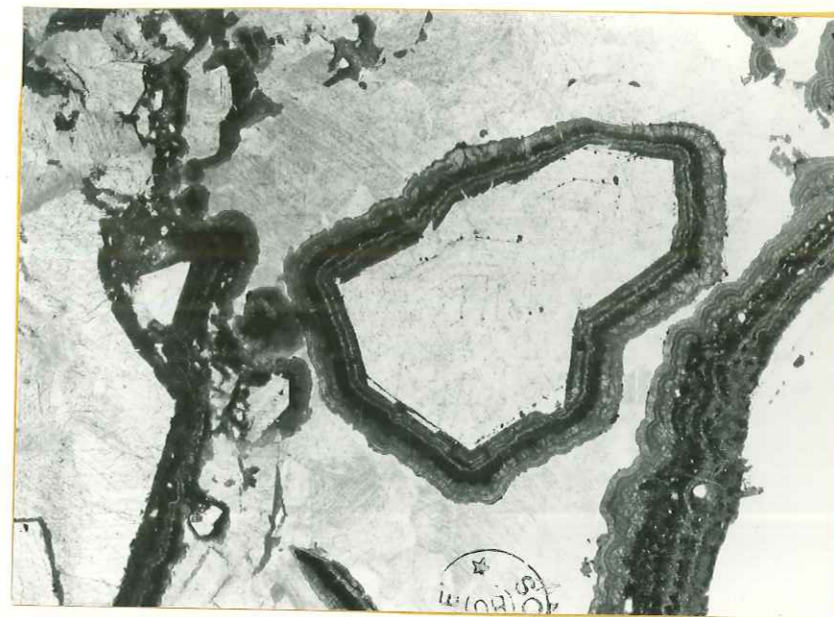


Fig. 10 - P.M. - L.N. X 3

Echantillon de verses du Bellericq au niveau MN.

Lobes de schalenblendes miel à brun-clair (gris) moulant des cristaux de calcite (blanc). En sections longitudinales apparaissent des lames de galène (noir) radiées dans les lobes ainsi que des cristaux de ce même sulfure sur les rubans de schalenblendes. Les sections transversales, au Nord de la préparation, permettent en particulier d'observer que les cristaux de galène, quelquefois automorphes sur un ruban de schalenblende, sont moulés par le ruban immédiatement sus-jacent.



Fig. 11 - P.M. - L.N. X 5

Echantillon de verses du Bellericq au niveau MN.
Concrétion de schalenblende à rubans miel à brun clair (gris) s'orientant sur des formes cristallines de galène (noir) dans une gangue de calcite (blanc). Noter que sur un ruban plus foncé qui moule délicatement les contours de galène du coeur des concrétions se disposent d'autres cristaux de ce sulfure, xénomorphes. Les lobes de schalenblendes qui croissent sur le corps blendeux de base ont la particularité de voir leurs rubans s'emboutir sur leurs flancs.

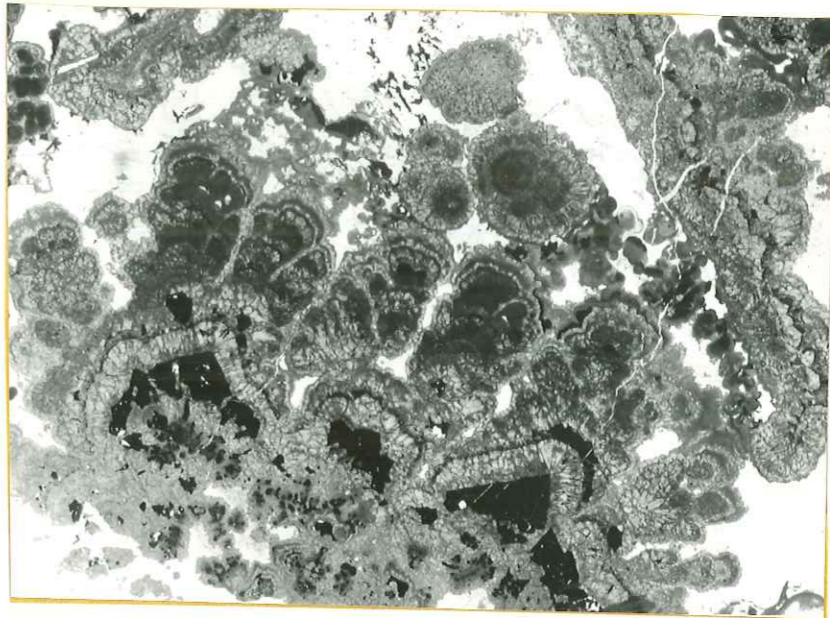


Fig. 12 - S.M. - L.N. X 20

Echantillon des verses du Bellericq au niveau M.N.
Concrétion de schalenblende (gris) présentant les mêmes caractères que celle de la figure précédente. La galène (noir) de base présente une forme squelettique avec, entre ses lattes, de la calcite (blanc) et des symptômes blendeux. L'emboutissement des rubans de lobes est particulièrement visible sur cette section.



Fig. 13 - S.P. - L.N. X 20

Echantillon de verses du quartier des Turcs.
Forme squelettique de galène (blanc) sur les lattes externes
de laquelle "poussent" des schalenblendes (gris clair). Noter
au sein des concrétions les lames radiées de galène. Gan-
gue calcitique (gris foncé).

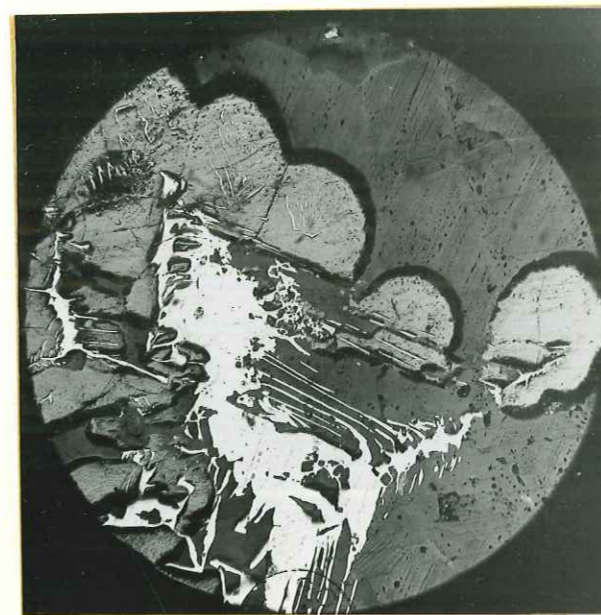


Fig. 14 - S.P. - L.N. X 20

Echantillon de verses du quartier des Turcs.
Forme squelettique de galène (blanc) sur et entre les lattes
de laquelle se manifestent des symptômes de blende
(gris clair). Gangue calcitique (gris foncé).



Fig. 15 - S.P. - L.N. X 60

Echantillon de la zone 3 du filon de Bellericq au niveau M.N.

Forme squelettique de galène (blanc) enrobée par une concrétion de schalenblende (gris clair). Gangue calcitique (gris foncé).

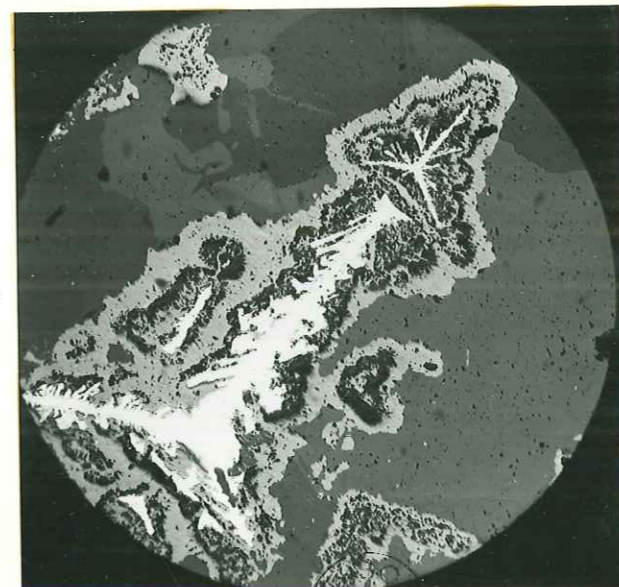


Fig. 16 - S.P. - L.N. X 20

Echantillon de la zone 3 du filon de Bellericq au niveau M.N. Concrétion de schalenblende (gris clair) enrobant des formes squelettiques de galène (blanc) et moulant un cristal de calcite (gris foncé). Un cristal de pyrite (en relief) apparaît au N de la préparation.

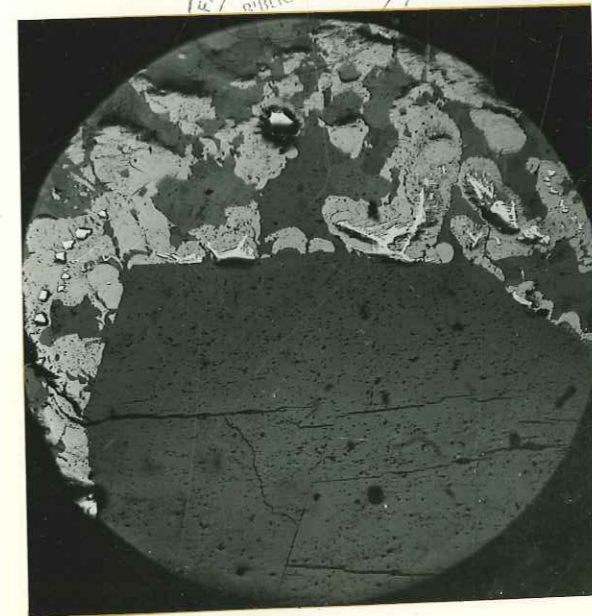


Fig. 17 - P.M. - L.N. X 5

Echantillon de verses du Bellericq au niveau Ste-Barbe.

Deux types de concrétions y apparaissent :

Le premier, dominant, comporte des schalenblendes à ruban brun foncé à rouge et miel. Ce sont les concrétions de grandes dimensions.

Le second, subordonné, comporte des schalenblendes jaunes, biréfringentes, à éclat résineux. Ce sont les concrétions à section circulaire ou elliptique de petites dimensions.



ANNON

Fig. 18 - P.M. - L.N. - Echantillon de verses du Bellericq au niveau Ste-Barbe.

- Photographie de gauche X 9. Premier type de concrétion en section longitudinale : un agrégat branchu de cristaux de blende (gris foncé) enrobe une baguette calcitique (blanc) et est moulé par des rubans de schalenblende (gris clair et gris foncé).

en section transversale : rubans concentriques de schalenblende (gris clair- gris foncé).

- Photographie de droite X 12.

section transversale au niveau de l'agrégat branchu de cristaux de blende. Noter dans la gangue calcitique les fragments de baguettes de ce carbonate enrobées de blende. La bréchification qui a affecté le minerai est la raison pour laquelle on ne trouve que très rarement les sections longitudinales de la photographie précédente.

FACULTE des SCIENCES
BIBLIOTHEQUE

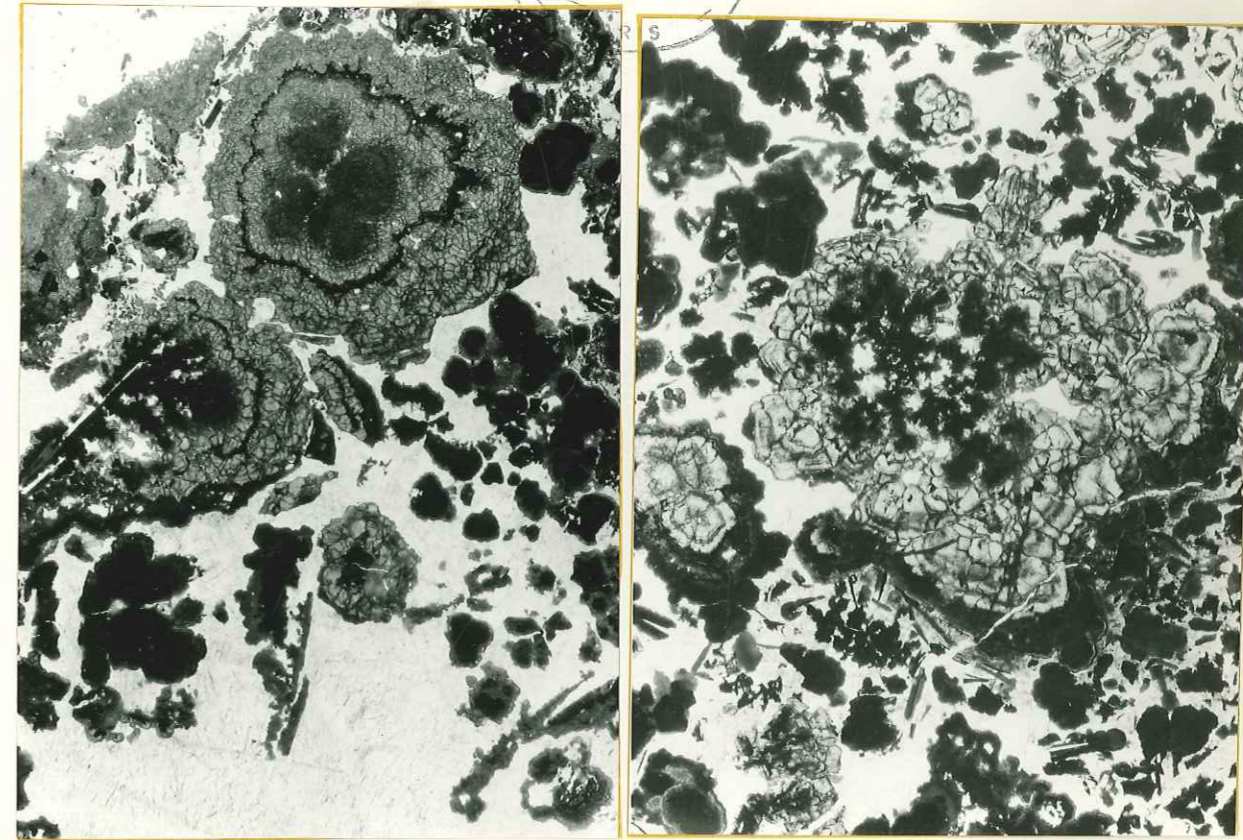


Fig. 19 - P.M. - L.N. X 20

Echantillon de verses du Bellericq au niveau Ste-Barbe. Concrétion du premier type enrobée d'un liseré microcristallin de schalenblende. Ce dernier moule les formes cristallines de la surface externe du ruban sous-jacent. Noter qu'à l'intérieur du liseré microcristallin, des cristaux ou des agrégats de cristaux xénomorphes de galène (noir) sont eux-mêmes moulés par le ruban sus-jacent. Des lames de galène radiées sont aussi discernables dans la concrétion de base.

Fig. 20 - P.M. - L.P. X 20

Echantillon de verses du Bellericq au niveau Ste-Barbe. Le liseré de schalenblende microcristalline biréfringente montre que les centres de cristallisation ou de recristallisation des agrégats fibroradiés qui le constituent se placent sur la surface externe d'une concrétion du premier type. Sur les flancs de cette dernière, s'emboutissent les rubans du liseré microcristallin.



Fig. 21 - P.M. - L.N. X 10

Echantillon du Bellericq au niveau Ste-Barbe.

Sections circulaire et elliptique des concrétions du dernier type, à blende biréfringente, qui enrobent, dans les deux cas, des baguettes calcitiques (blanc). La concrétion qui occupe le centre de la préparation appartient au premier type (fig. 18).

La section elliptique comporte des "clous de galène" (noir) à "pointes" radiées et les sections circulaires des lames de ce même sulfure également radiées.

Les plages noires au NO de la préparation sont constituées de pyrite.

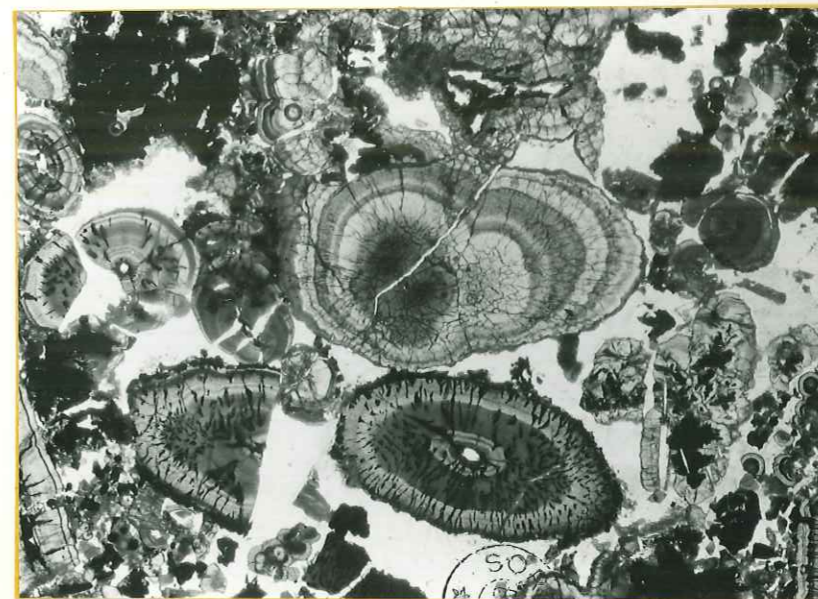


Fig. 22 - P.M. - L.P. X 30

Echantillon du Bellericq au niveau Ste-Barbe

Biréfringence des schalenblendes du deuxième type des concrétions.



Fig. 23 - P.M. - L.N. X 20

Echantillons de verses du Bellericq au niveau Ste-Barbe
Formes squelettiques à tendance dendritique de galène
(noir) enrobées de schalenblendes biréfringentes (gris)
Gangue calcitique (blanc).

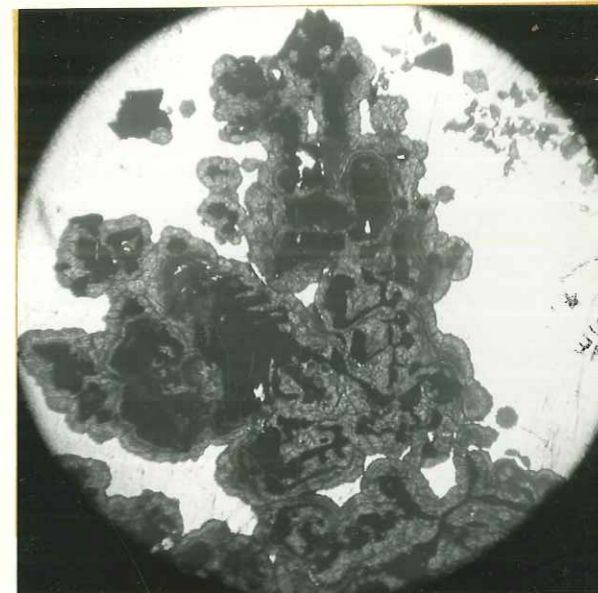


Fig. 24 - S.P. - L.N. X 20

Echantillons de verses du Bellericq au niveau Ste-Barbe.
Agrégat de cristaux de galène n'exprimant leurs faces
que vers le N et le NO de la préparation. Les concrétions
de schalenblendes (gris) orientent leurs arceaux parallè-
lement. La galène (blanc) dirige l'architecture d'ensem-
ble, recoupe par endroit certains rubans blendeux et appa-
raît en position externe au Nord, moulant les concrétions.
Gangue de calcite (gris foncé) - pyrite en relief au S.

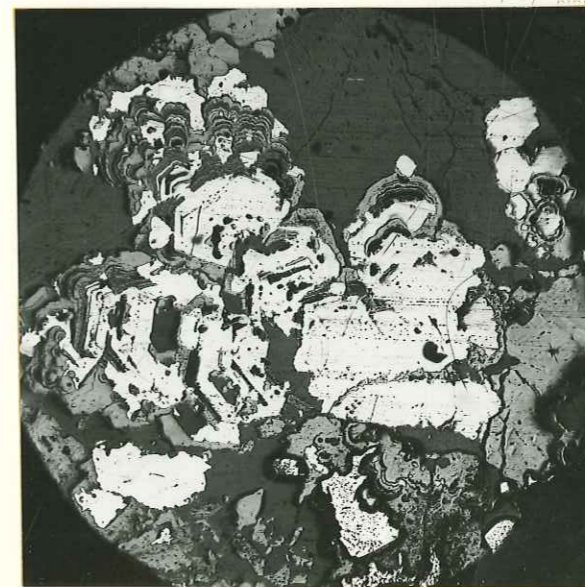


Fig. 25 - S.P. - X 20

Echantillon de verses du quartier des Quatre-Heures.

Ces deux photographies correspondent à des plages jointives sur une section polie.

- Photographie de droite. L.P.

Marcasite (gris) s'intercalant entre deux dépôts de pyrite (gris foncé). Ces deux minéraux sont recoupés par une veinule NO-SE de blende. Cette dernière est aussi présente au N dans un lobe s'invaginant dans la pyrite.

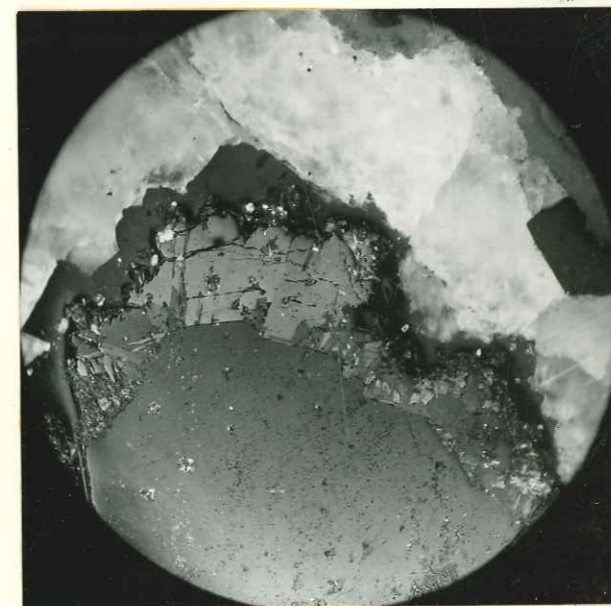
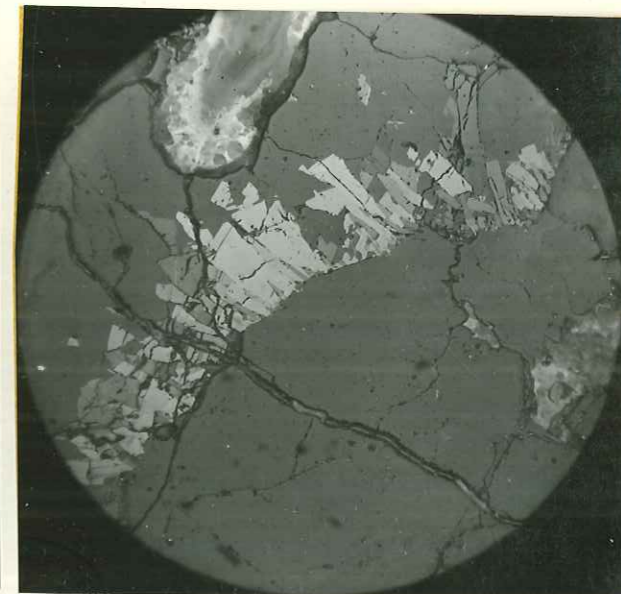
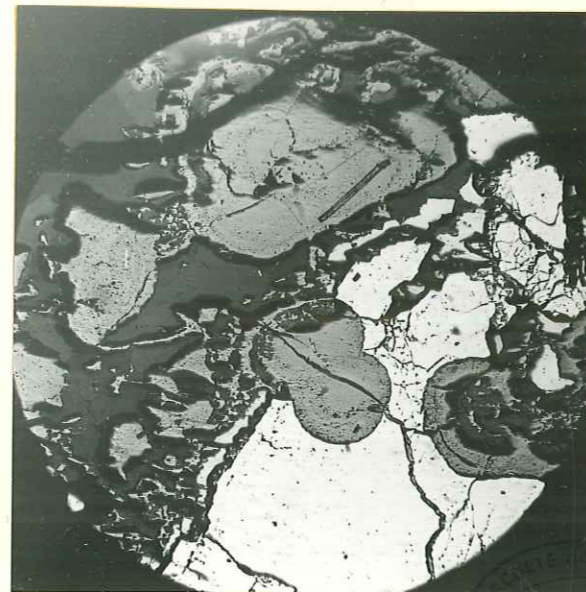
- Photographie de gauche. L.N.

Ce dernier dispositif, plus visible ici, montre que ces concrétions blendeuses (gris) pénètrent dans les plages de pyrite en les remplaçant puisqu'elles interrompent les rubans de marcasite et de galène qui se développent sur la surface de la pyrite. Ces rubans, difficilement discernables ici, sont plus nets sur la fig.26.

Fig. 26 - S.P. - L.P. X 60

Rubans de marcasite (gris clair en relief) et de galène (gris clair) se développant sur de la pyrite (gris foncé).
Gangue calcitique.

La succession proposée est ici, pyrite - marcasite (2 fois), galène, blende.



CARTE DE LOCALISATION DES SECTEURS

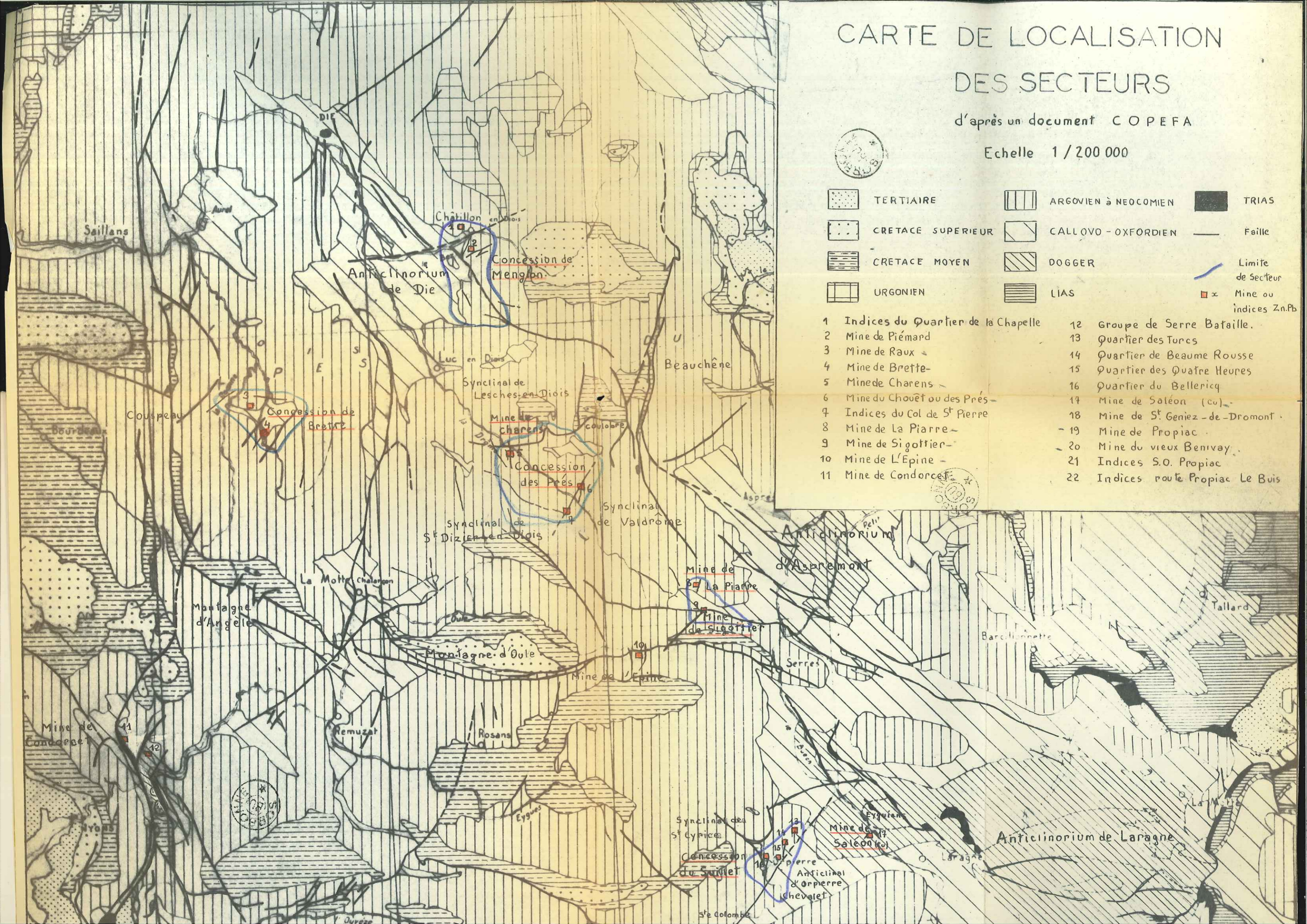
d'après un document COPEFA

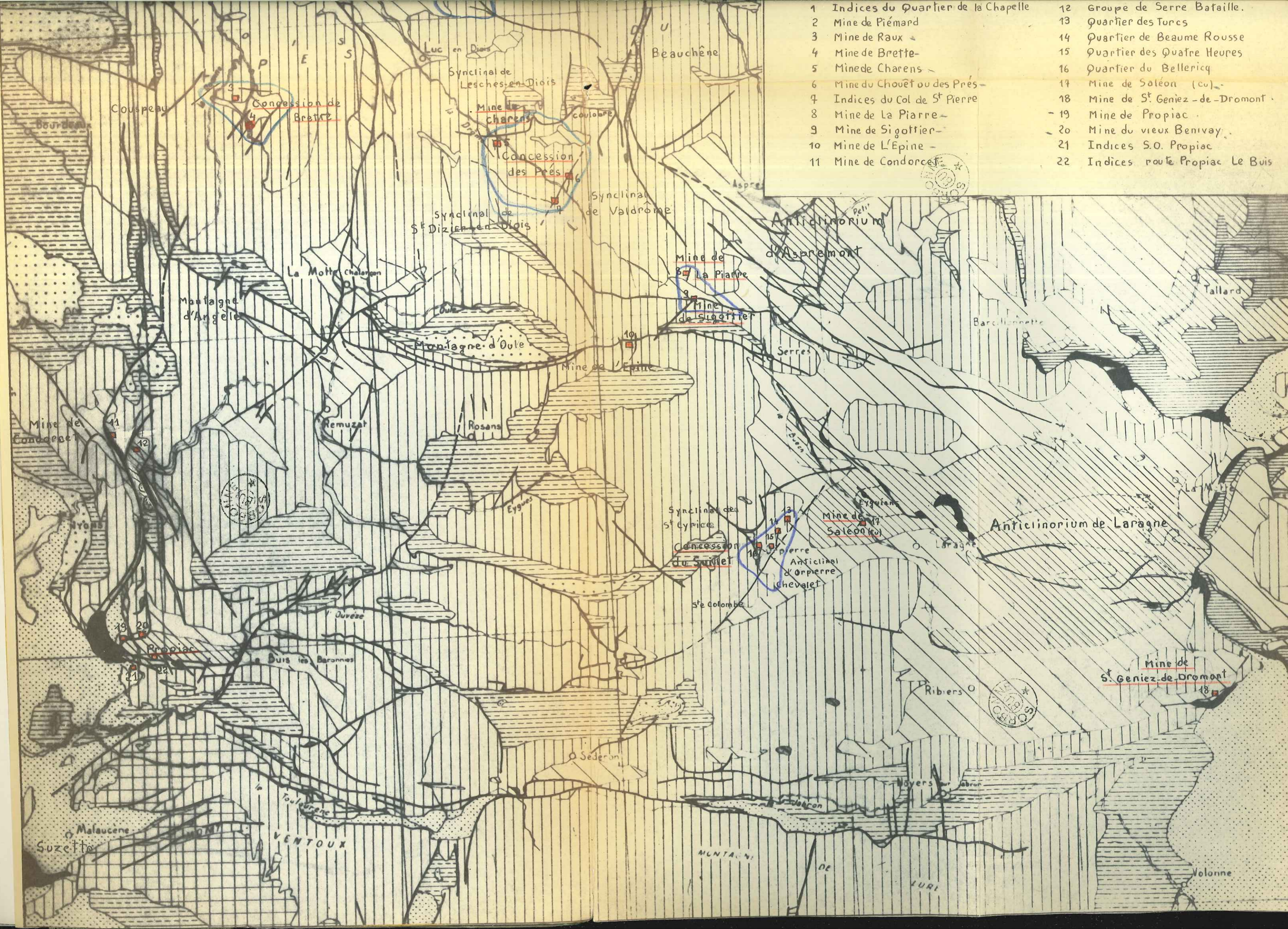
Echelle 1/200 000



	TERTIAIRE		ARGOVIEN à NEOCOMIEN		TRIAS
	CRETACE SUPERIEUR		CALLOVO - OXFORDIEN		Faïlle
	CRETACE MOYEN		DOGGER		Limite de Secteur
	URGONIEN		LIAS		Mine ou indices Zn,Pb

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Indices du Quartier de la Chapelle | 12 Groupe de Serre Bataille. |
| 2 Mine de Piémard | 13 Quartier des Turcs |
| 3 Mine de Raux | 14 Quartier de Beaume Rousse |
| 4 Mine de Brette- | 15 Quartier des Quatre Heures |
| 5 Mine de Charens | 16 Quartier du Bellericq |
| 6 Mine du Chouët ou des Prés- | 17 Mine de Saléon (Cu) |
| 7 Indices du Col de St Pierre | 18 Mine de St Geniez - de - Dromont |
| 8 Mine de La Pierre- | 19 Mine de Propiac |
| 9 Mine de Sigottier- | 20 Mine du vieux Benivay |
| 10 Mine de L'Epine - | 21 Indices S.O. Propiac |
| 11 Mine de Condorcef | 22 Indices route Propiac Le Buis |


















- | | | | |
|----|------------------------------------|----|-------------------------------|
| 1 | Indices du Quartier de la Chapelle | 12 | Groupe de Serre Bataille. |
| 2 | Mine de Piémard | 13 | Quartier des Turcs |
| 3 | Mine de Raux | 14 | Quartier de Beaume Rousse |
| 4 | Mine de Brette | 15 | Quartier des Quatre Heures |
| 5 | Mine de Charens | 16 | Quartier du Bellericq |
| 6 | Mine du Chouët ou des Prés | 17 | Mine de Saléon (cu) |
| 7 | Indices du Col de St Pierre | 18 | Mine de St Geniez-de-Dromont |
| 8 | Mine de La Pierre | 19 | Mine de Propiac |
| 9 | Mine de Sigottier | 20 | Mine du vieux Benivay |
| 10 | Mine de L'Épine | 21 | Indices S.O. Propiac |
| 11 | Mine de Condorcef | 22 | Indices route Propiac Le Buis |










CONCESSION DU SUILLET

Fond topographique au 20.000è, Serres 7-8

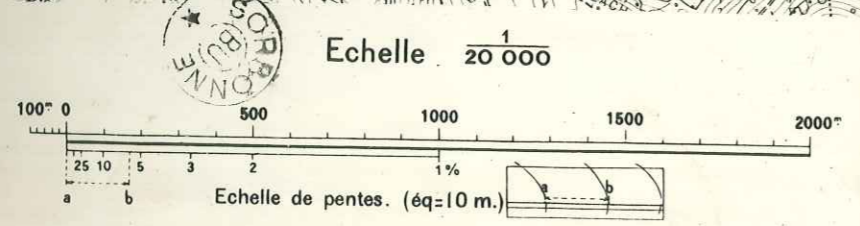
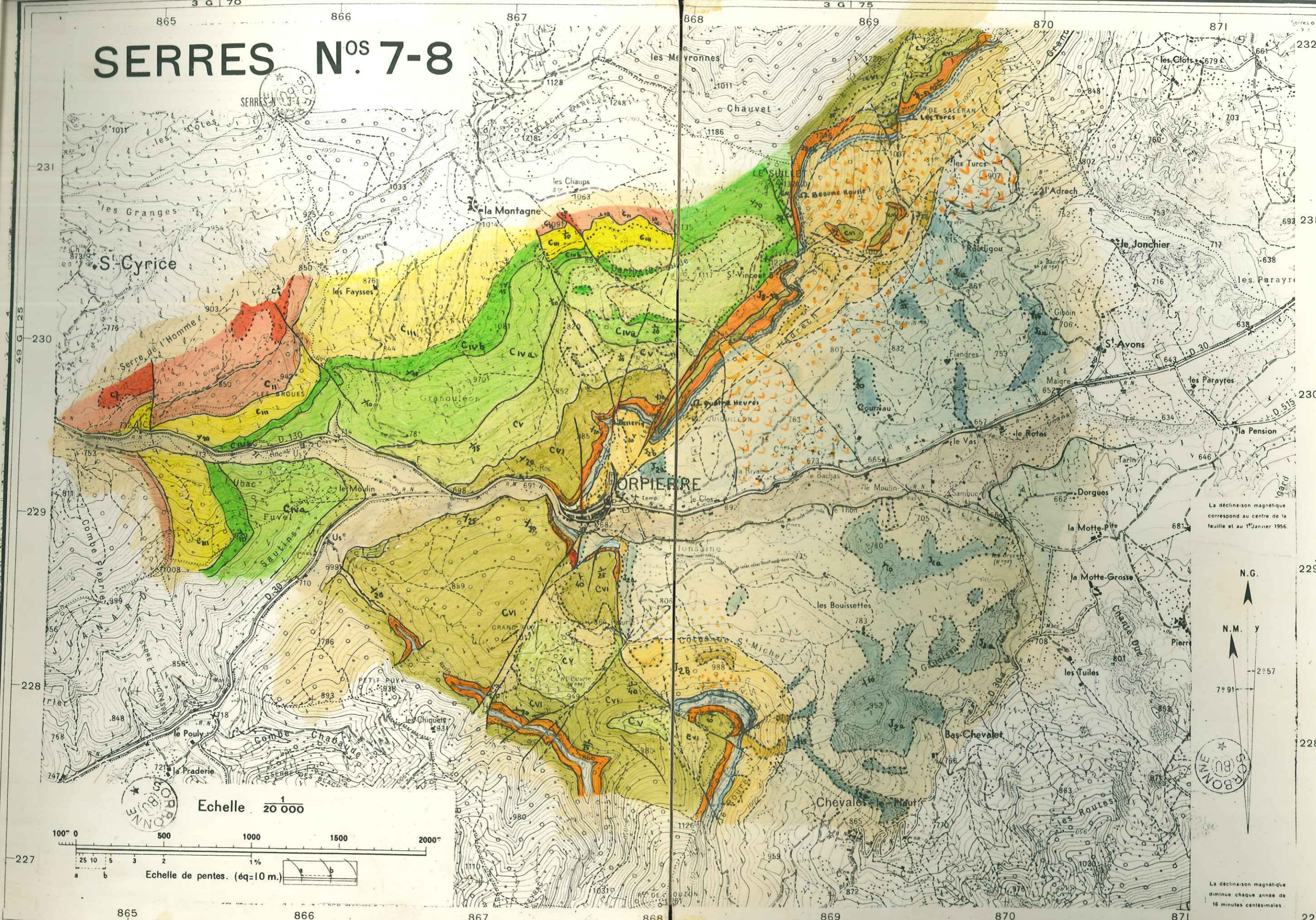
Dans les cartouches la couleur claire correspond aux affrements recouverts de formations de pentes. La couleur pointillée est celle de l'étage dont les roches dominent dans l'éboulis.

-  a₂ Alluvions récentes
-  c²₁ Marnes du Gargasien (Aptien supérieur)
-  c_{II} Calcaires du Bédoulien (Aptien inférieur)
-  c_{III} Calcaires et marnes du Barrémien
-  c_{IVb} Calcaires de l'Hauterivien
-  c_{IVa} Marnes et calcaires de l'Hauterivien
-  c_V Marnes du Valanginien
-  c_{VI} Calcaires du Berriasien
-  J_{8-5b} Calcaires du Tithonique (Kiméridgien supérieur, Pontlandien)
-  J_{5a-4} Calcaires et marnes du Séquanien et Kiméridgien inférieur.
-  J₃ Calcaires du Rauracien
-  J_{2b} Marnocalcaires de l'Argovien
-  J_{2a} Marnes de l'Oxfordien

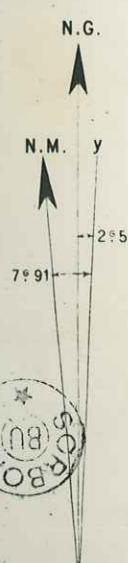


-  contact géologique
-  contact géologique supposé
-  faille
-  faille supposée
-  fossiles
-  "paquet glissé"
-  limites d'affleurement
-  Galerie de mines
-  cône de déjection torrentiel

SERRES N^{OS} 7-8



La déclinaison magnétique correspond au centre de la feuille et au 1^{er} Janvier 1956.












La déclinaison magnétique diminue chaque année de 16 minutes centésimales.









CONCESSION DE MENGLON

Fond topographique au 20.000è, Mens 5-6

Dans les cartouches la couleur claire correspond aux affleurements recouverts de formations de pentes. La couleur du pointillé est celle de l'étage dont les roches dominant dans l'éboulis.

-  a₂ Alluvions récentes
-  a₁ Alluvions anciennes
-  cV Marnes du Valanginien
-  cVI Marnes et calcaires du Berriasien
-  J_{8-5b} Calcaires du Tithonique (Kiméridgien supérieur et Portlandien)
-  J_{5a-4} Calcaires et marnes du Séquanien et Kiméridgien inférieur
-  J₃ Calcaires du Rauracien
-  J_{2b} Marno-calcaires de l'Argovien
-  J_{2a} Marnes de l'Oxfordien



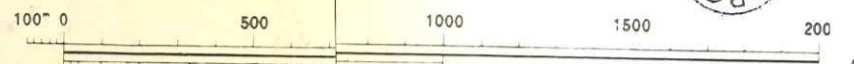
-  faille
-  faille supposée
-  contact géologique
-  contact géologique supposé
-  limites d'affleurement
-  pendage
-  fossiles
-  Galerie de mine

La déclinaison magnétique correspond au centre de la feuille et au 1^{er} Janvier 1958

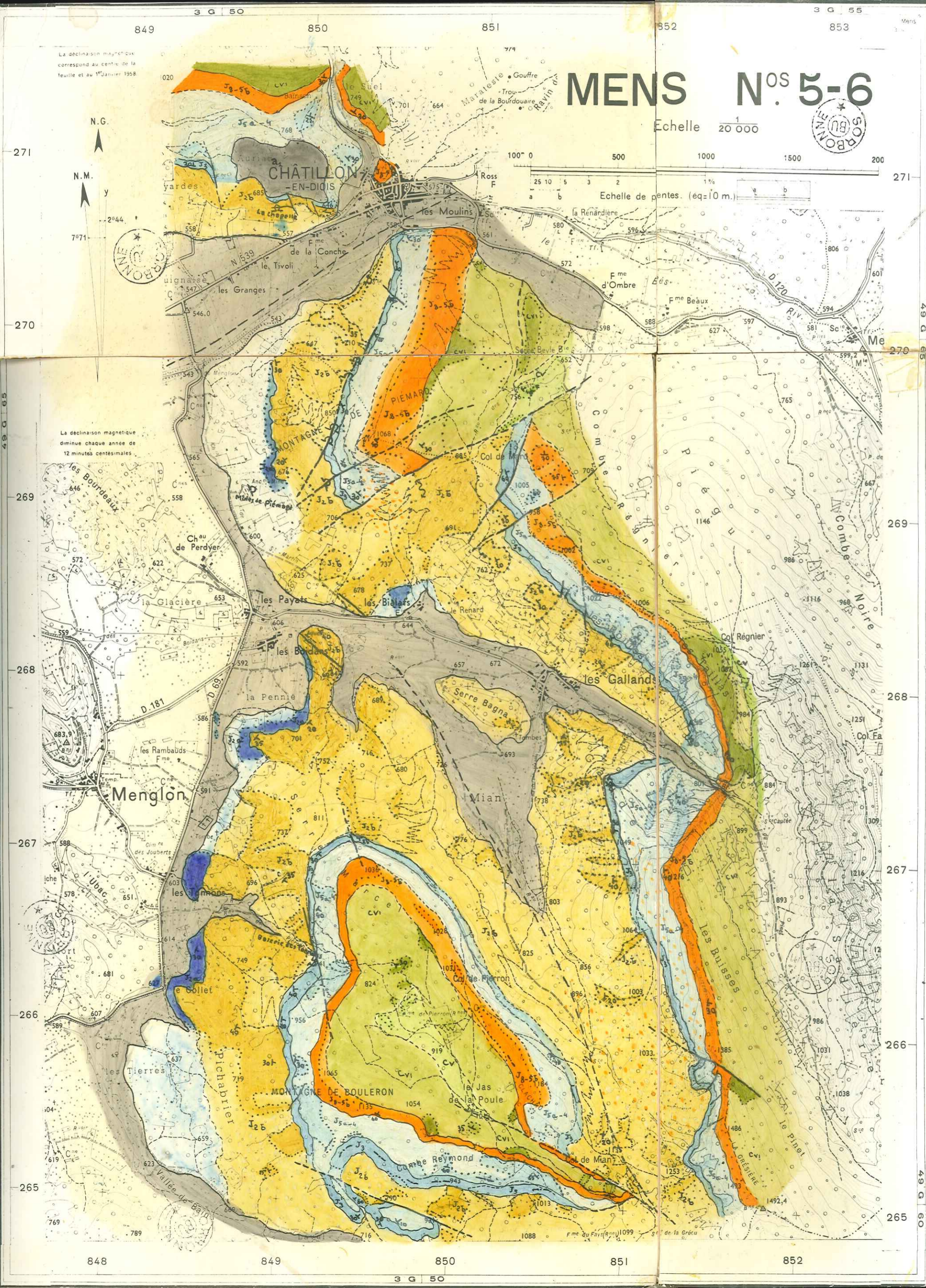


MENS N^{OS} 5-6

Echelle 1/20 000



Echelle de pentes. (eq=10 m.)



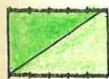
CONCESSION DE BRETTE

Fond topographique au 20.000è, Dieulefit 3-4

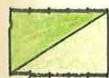
Dans les cartouches la couleur claire correspond aux affleurements recouverts de formations de pentes. La couleur du pointillé est celle de l'étage dont les roches dominent dans l'éboulis.



a₂ Alluvions récentes



cIV Calcaires et marnes de l'Hauterivien



cV Marnes du Valanginien



cVI Calcaires et marnes du Berriasien



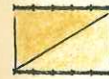
J_{8-5b} Calcaires du Tithonique



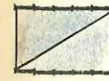
J_{5a-4} Calcaires et marnes du Séquanien et Kiméridgien inférieur



J₃ Calcaires du Rauracien



J_{2b} Marnocalcaires de l'Argovien



J_{2a} Marnes de l'Oxfordien



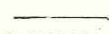
faille



faille supposée



"paquet glissé"



contact géologique



" " supposé



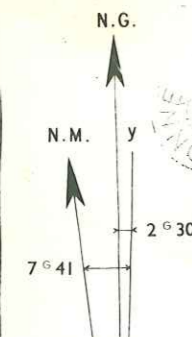
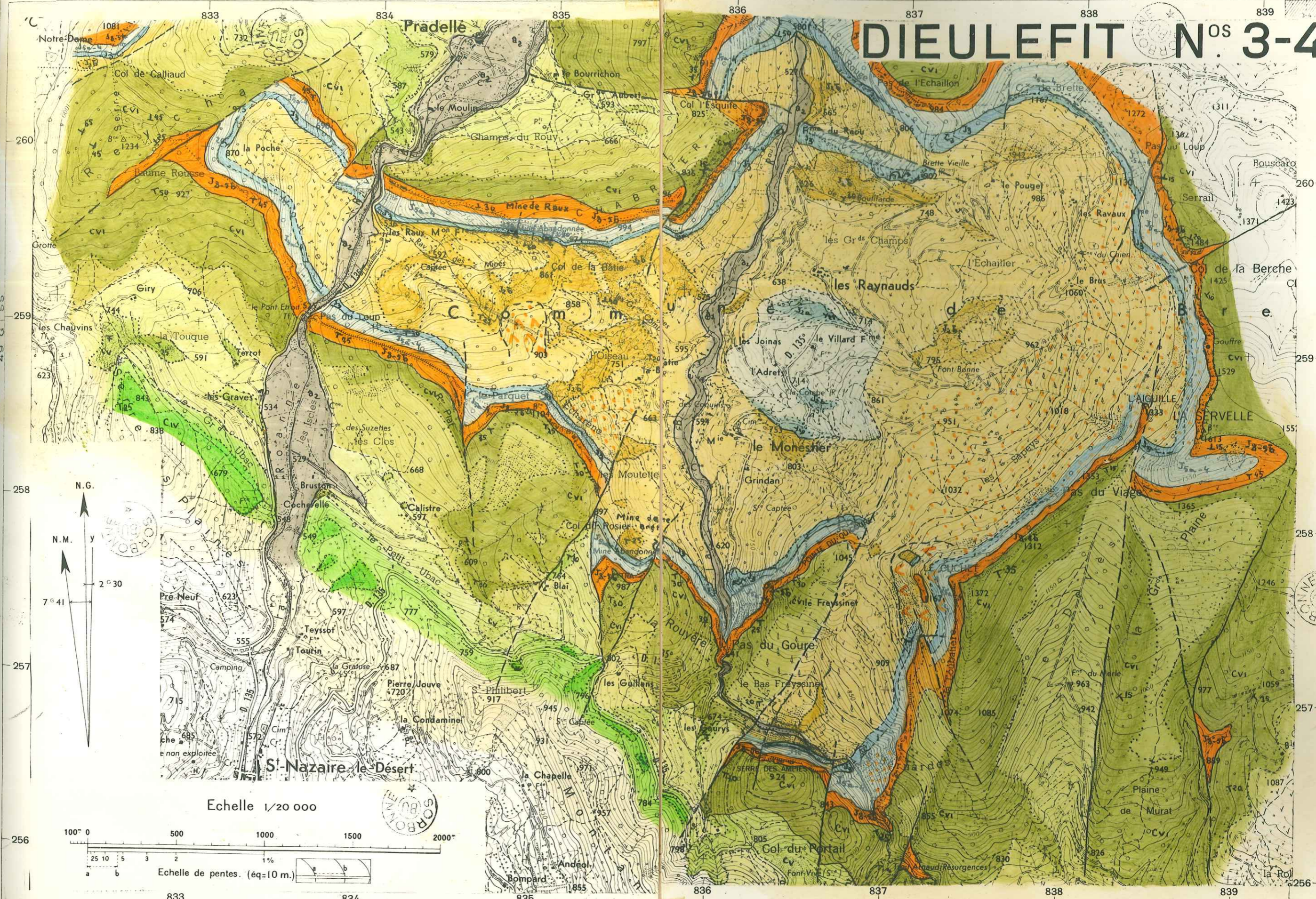
limites d'affleurement

∟ pendage

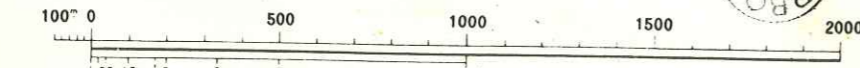
⊕ fossiles

Ω Galerie de mine

DIEULEFIT N° 3-4



Echelle 1/20 000














3 G 25

3 G 30



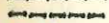
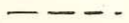

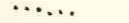
CONCESSION DES PRES ET SECTEUR DE LA MINE DE CHARENS




Fond topographique au 20.000è, Luc-en-Diois 3-4 et 7-8

Dans les cartouches la couleur claire correspond aux affleurements recouverts de formations de pentes. La couleur du pointillé est celle de l'étage dont les roches dominent dans l'éboulis.

-  a2 Alluvions récentes
-  c²1 Marnes du Gargasien (Aptien supérieur)
-  cIII-II Calcaires du Barremien et du Bédoulien (Aptien inférieur)
-  cIV Marnes et calcaires de l'Hauterivien
-  cV Marnes du Valanginien
-  CVI Calcaires et marnes du Berriasien
-  J_{8-5b} Calcaires du Tithonique (Kiméridgien supérieur et Portlandien)
-  J_{5a-4} Calcaires et marnes du Kiméridgien inférieur et Séquanien
-  J₃ Calcaires du Rauracien
-  J_{2b} Marno-calcaires de l'Argovien
-  J_{2a} Marnes de l'Oxfordien



-  faille
-  contact géologique
-  faille supposée
-  " " supposé
-  "paquet glissé"
-  limites d'affleurement

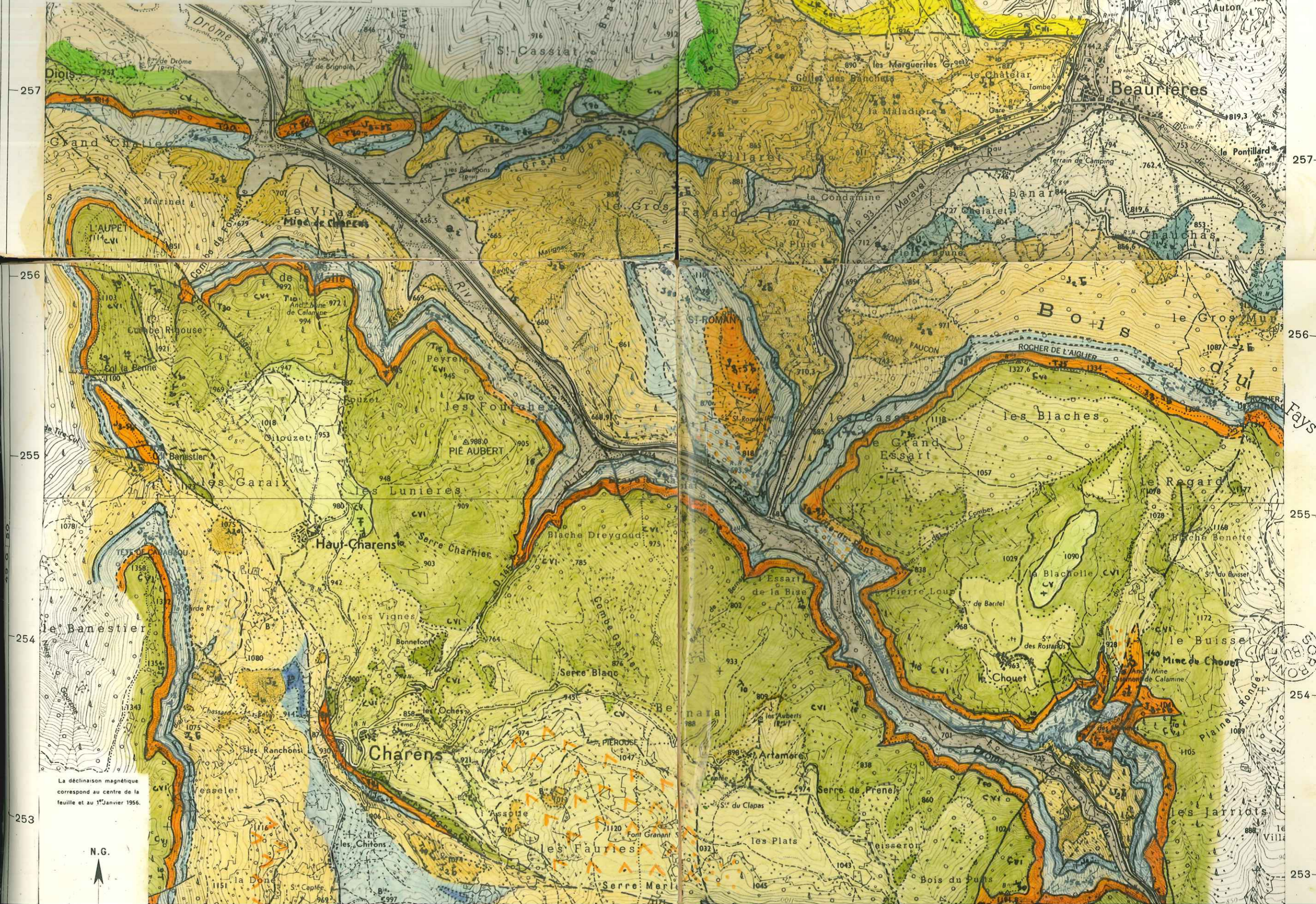
-  pendage
-  fossiles
-  Galerie de mine

LUC - EN - DIOIS

Echelle 1/20 000



Echelle de pentes. (éq=10 m.)



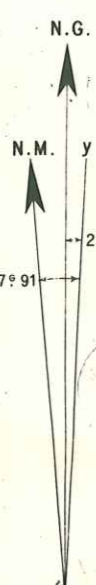
La déclinaison magnétique correspond au centre de la feuille et au 1^{er} Janvier 1956.

N.G.





La déclinaison magnétique correspond au centre de la feuille et au 1^{er} Janvier 1956.


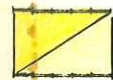

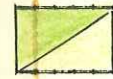








La déclinaison magnétique diminue chaque année de 16 minutes centésimales.


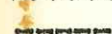


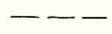





SECTEUR DES MINES DE LA PIARRE ET DE SIGOTTIER

Fond topographique au 20.000è, Luc-en-Diois 7-8, Serres 3-4

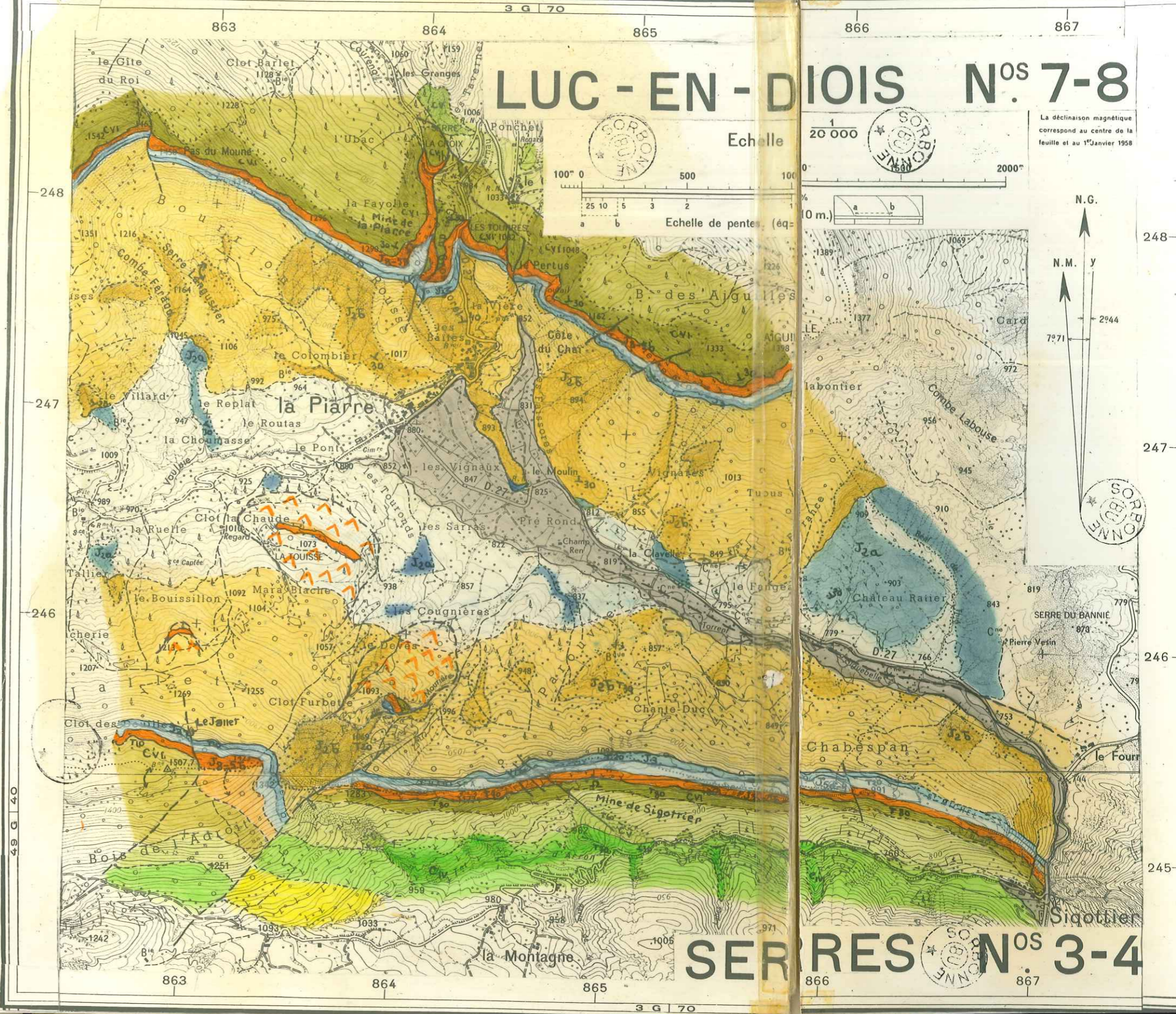
Dans les cartouches la couleur claire correspond aux affleurements recouverts de formations de pentes. La couleur du pointillé est celle de l'étage dont les roches dominant dans l'éboulis.

-  e₂ Alluvions récentes
-  c^{III-II} Calcaires du Barrémien et du Bédoulien (Aptien supérieur)
-  c^{IV} Marnes et calcaires de l'Hauterivien
-  c^V Marnes du Valanginien
-  c^{VI} Marnes et calcaires du Berrisaien
-  J^{8-5b} Calcaires du Tithonique (Kiméridgien supérieur et Portlandien)
-  J^{5a-4} Calcaires et marnes du Séquanien et Kiméridgien inférieur.
-  J₃ Calcaires du Rauracien.
-  J_{2b} Marno-calcaires de l'Argovien
-  J_{2a} Marnes de l'Oxfordien



-  faille
-  faille supposée
-  "paquet glissé"
-  contact géologique
-  " " " supposé
-  limites d'affleurement
-  pendage
-  fossiles
-  Ω
-  Galerie de mine

4
u-
ns



m)

49 G 40

49 G 40

F. 1960 (79³) 40

FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE PARIS

CONTRIBUTION A L'ETUDE GEOLOGIQUE ET

METALLOGENIQUE

DES MINERALISATIONS PLOMBO-ZINCIFERES

DU DIOIS ET DES BARONNIES

(domaine de la fosse vocontienne)

par Henri ROUVIER

P L A N C H E S



F 1950 (79³) 40

THESE
présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE PARIS
Pour obtenir le titre de Docteur 3ème Cycle

SPECIALITE : Métallogénie



par Henri ROUVIER

lère THESE : CONTRIBUTION A L'ETUDE GEOLOGIQUE ET
METALLOGENIQUE DES MINERALISATIONS PLOMBO-ZINCIFERES DU
DIOID ET DES BARONNIES.

(domaine de la fosse vocontienne).

Soutenu le



devant la Commission d'Examen.

MM. L. BARRABE

P. ROUTHIER

J. ORCEL

) Président

)
) Examineurs.

Fig. 1. -

COUPE LITHOLOGIQUE DE LA ROUTE DE VILLEBOIS

GARGASIEN (Aptien supé- rieur)		20	Marnes bleues, avec à la base petits niveaux gréseux fortement glauconieux
BEDOULIEN (Aptien infé- rieur)	10 m à 15 m.	19	Calcaires en bancs de 30 à 40 cm, à pati- ne crème à jaune, à cassure crème très cristalline, avec bancs plus petits de 10 à 15 cm et marnes calcaires grises à crème clair en plaquettes - certains ni- veaux sont très riches en débris. Gros accidents siliceux de 10 à 90 cm dans leur plus grande dimension, formant soit de petits bancs de 5 à 10 cm, soit des amas en forme de champignons dont le cha- peau serait interstratifié.
	25 m.	18	Calcaires en bancs de 1 m à cassure gris bleuté, avec marnes schisteuses en pla- quettes au sommet
BARREMIEN	5 m.	17	Couches contournées de calcaires à patine grise, à cassure crème, avec lentilles de marnes bleues gréseuses.
	40 m.	16	Alternance de calcaires, à cassure crème, en bancs de 30 à 40 cm et de marnes gri- ses à jaune de 30 cm avec à la base des contournements de couches sur 5 m environ.
	20 m.	15	Bancs de calcaires faiblement marneux de 40 à 50 cm. Structure lithoïde - spicules avec à la base calcaire esquilleux crème à débris et accidents siliceux - délits de marnes calcaires schisteuses grises.
HAUTERIVIEN	90 m.	14	Alternance de bancs de calcaires marneux de 20 à 40 cm - patine grise - cassure gris bleuté et lits de marnes grises de 30 cm.
	38 m à 40 m.	13	Lits de marnes grises schisteuses avec rars bancs de calcaires marneux à patine grise. Calcaires plus importants au som- met avec niveaux de calcaires très cris- tallins.

HAUTERIVIEN
(suite)

: 15 m à : 12 : Calcaires marneux en bancs de 60 cm à 1 m
: 17 m. : : à patine grise à cassure gris bleuté et
: : : délit de marnes calcaires en plaquettes
: : : bleues de 20 cm

: : 11 : Alternance de calcaires bleus à patine
: 30 m. : : grise en bancs de 40 cm à 1 m en montant
: : : dans la série et lits de marnes bleues de
: : : 30 cm.

VALANGINIEN

: : 10 : Marnes grises bleutées, à patine jaune de
: 50 m. : : 50 cm à 1 m avec minces lits de calcaires
: : : marneux de 10 à 20 cm, plus fréquents au
: : : sommet - structure lithoïde - nombreux
: : : Radiolaires - pyrite.

: : 9 : Alternance de marnes grises de 30 cm et
: 30 m. : : de calcaires marneux crème à gris. Patine
: : : jaune - deviennent plus rares au sommet
: : : quelques niveaux détritiques roux. Faune
: : : à Ammonites pyriteuses abondantes.

: : 8 : Calcaires marneux à patine jaune à cassu-
: : : re crème à grise, attaches vermiculées en
: : : bancs de 30 cm alternant avec marnes jau-
: 10 m. : : nes de 30 cm. Structure lithoïde. Quel-
: : : ques passées de calcaires gréseux roux
: : : avec quartz et peu de glauconie. Ciment
: : : souvent recristallisé en calcite.

BERRIASIEN

: 12 m. : 7 : Calcaires crème très clair en bancs de
: : : 50 à 60 cm.

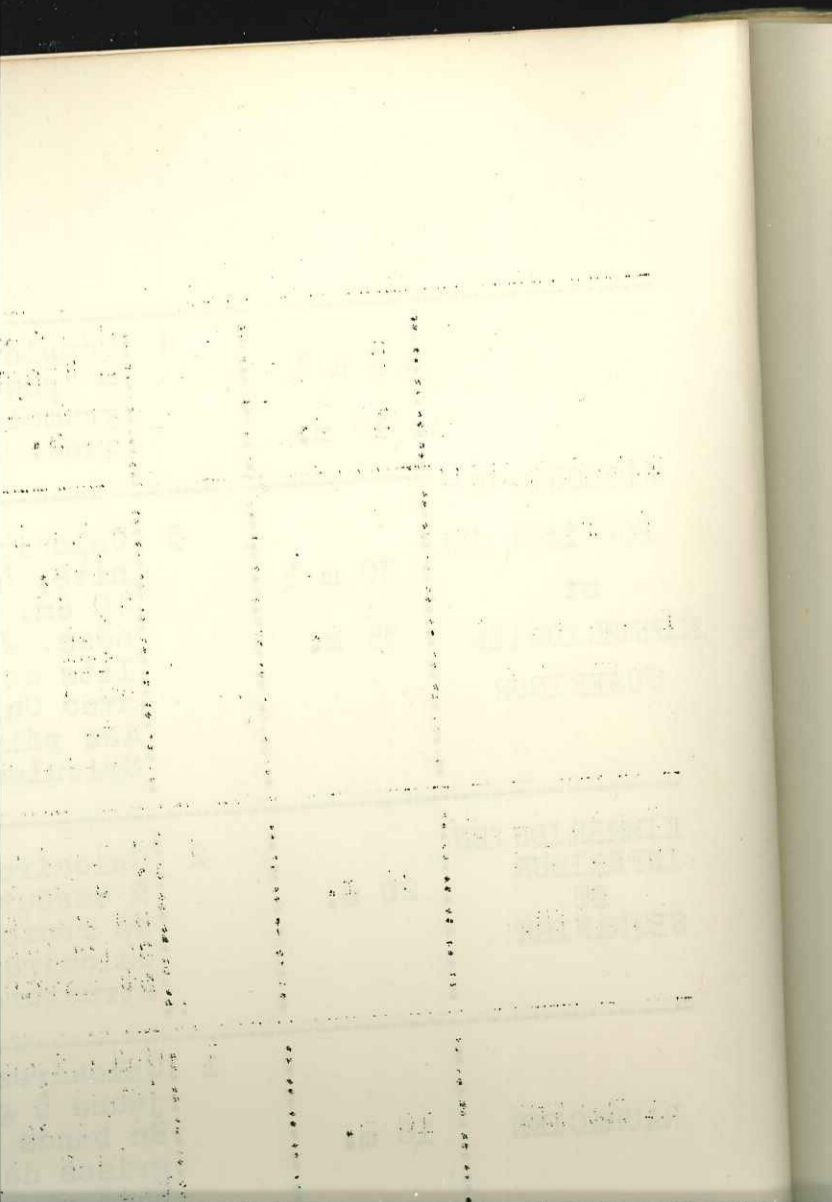
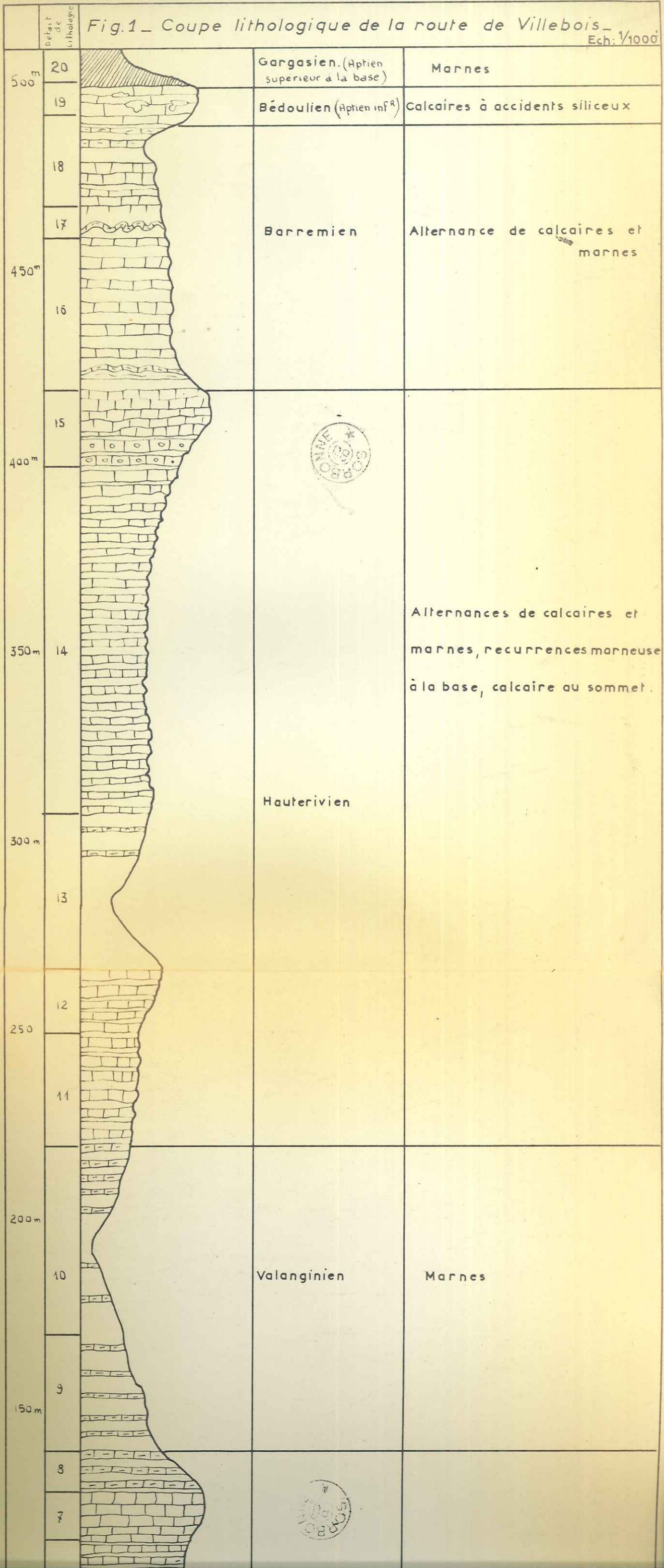
: 20 m. : 6 : Calcaires crème très clair alternative-
: : : ment en bancs de 30 à 40 cm et de 10 à
: : : 20 cm. Délits de marnes calcaires jaunes
: : : schisteuses.

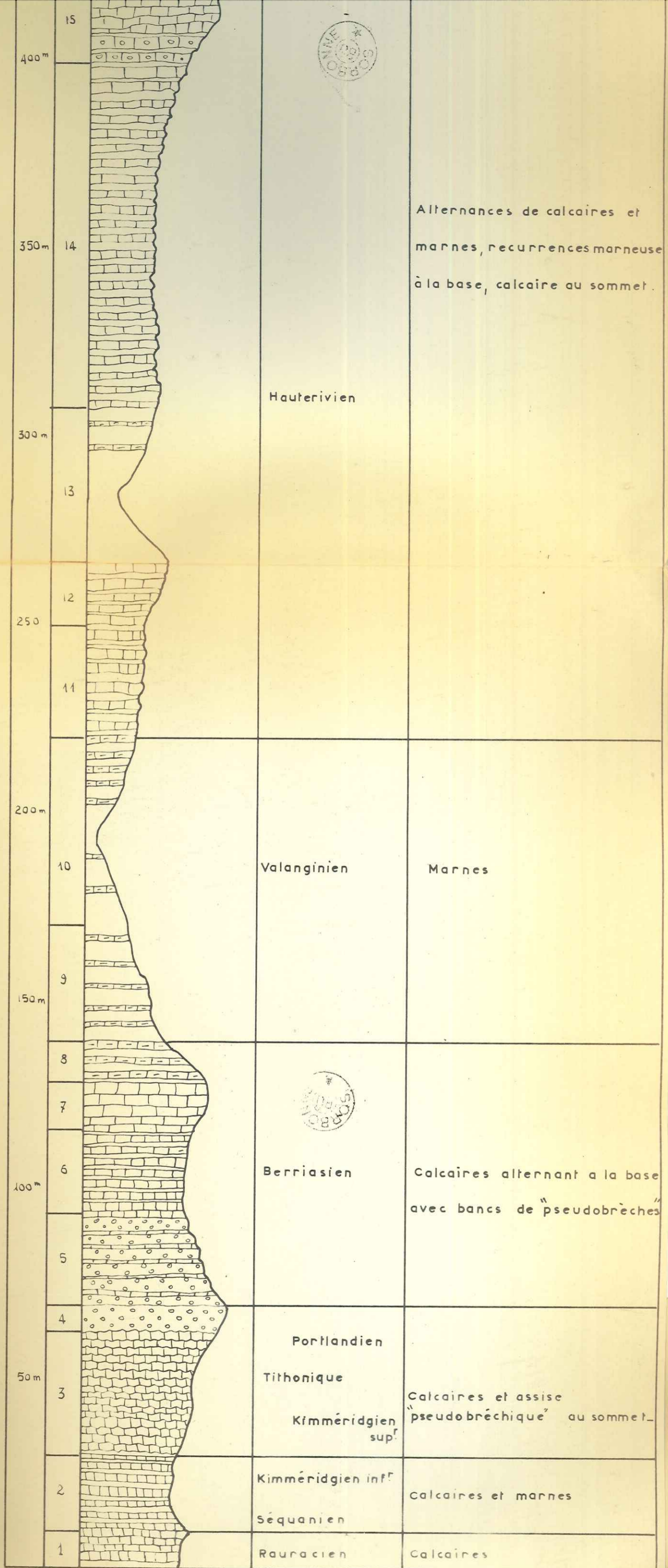
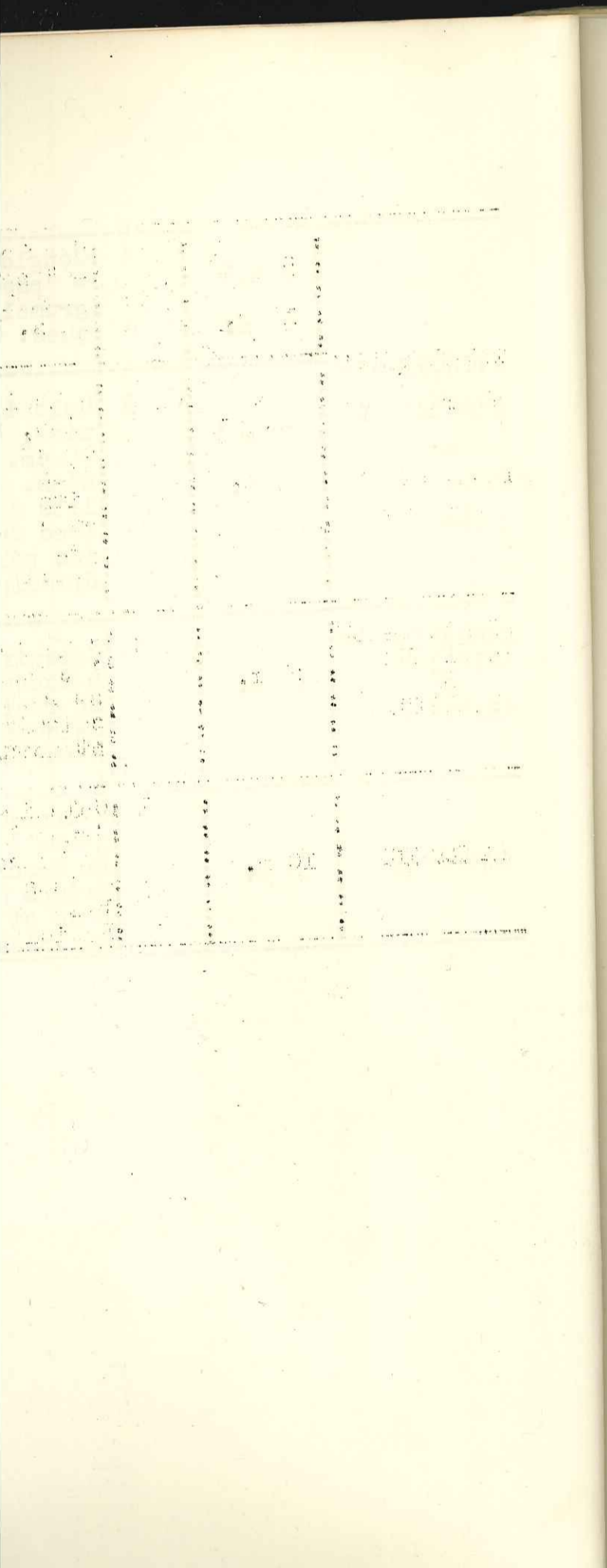
: 25 m. : 5 : Dalles calcaires de 1 m à patine grise à
: : : cassure crème très clair avec à la base
: : : fréquents bancs "pseudobréchiques". Inter-
: : : bancs de calcaires crèmes de 30 cm avec
: : : délit de marnes schisteuses, très claires.
: : : structure lithoïde - Radiolaires - spi-
: : : cules.

	5 m à 10 m.	4	: Conglomérat à ciment et éléments calcaires := "pseudobrèches". Structure lithoïde à grumeleuse. Radiolaires. Tests de Mollus- ques. Quelques <u>Sacoccoma</u> .
TITHONIQUE =			
PORTLANDIEN et KIMMERIDGIEN SUPERIEUR	30 m à 35 m.	3	: Calcaires à patine grise tachée de limo- nite, à cassure crème, en bancs de 30 à 40 cm. Surfaces de stratification mamelon- nées. Joints schisteux - au sommet minces lits de marnes roses - structure lithoïde avec Calpionelles rares à la base. Orinoï- des pélagiques (<u>Sacoccoma</u>). Radiolaires. Spicules d'Eponges.
KIMMERIDGIEN INFÉRIEUR ET SEQUANIEN	20 m.	2	: Calcaires faiblement marneux à patine grise à cassure gris foncé en bancs de 20 cm se renforçant au sommet. lits de marnes calcaires en plaquettes de 10 à 15 cm - structure lithoïde - Algues filamenteuses.
RAURACIEN	10 m.	1	: Calcaires faiblement marneux, à patine jaune à grise, à cassure gris foncé à crème En bancs de 30 à 50 cm. Délits de marnes grises de 10 cm, plus importantes à la base et au sommet - structure lithoïde - Radioles d'Oursins, rares Radiolaires.

Fig.1 - Coupe lithologique de la route de Villebois

Ech: 1/1000





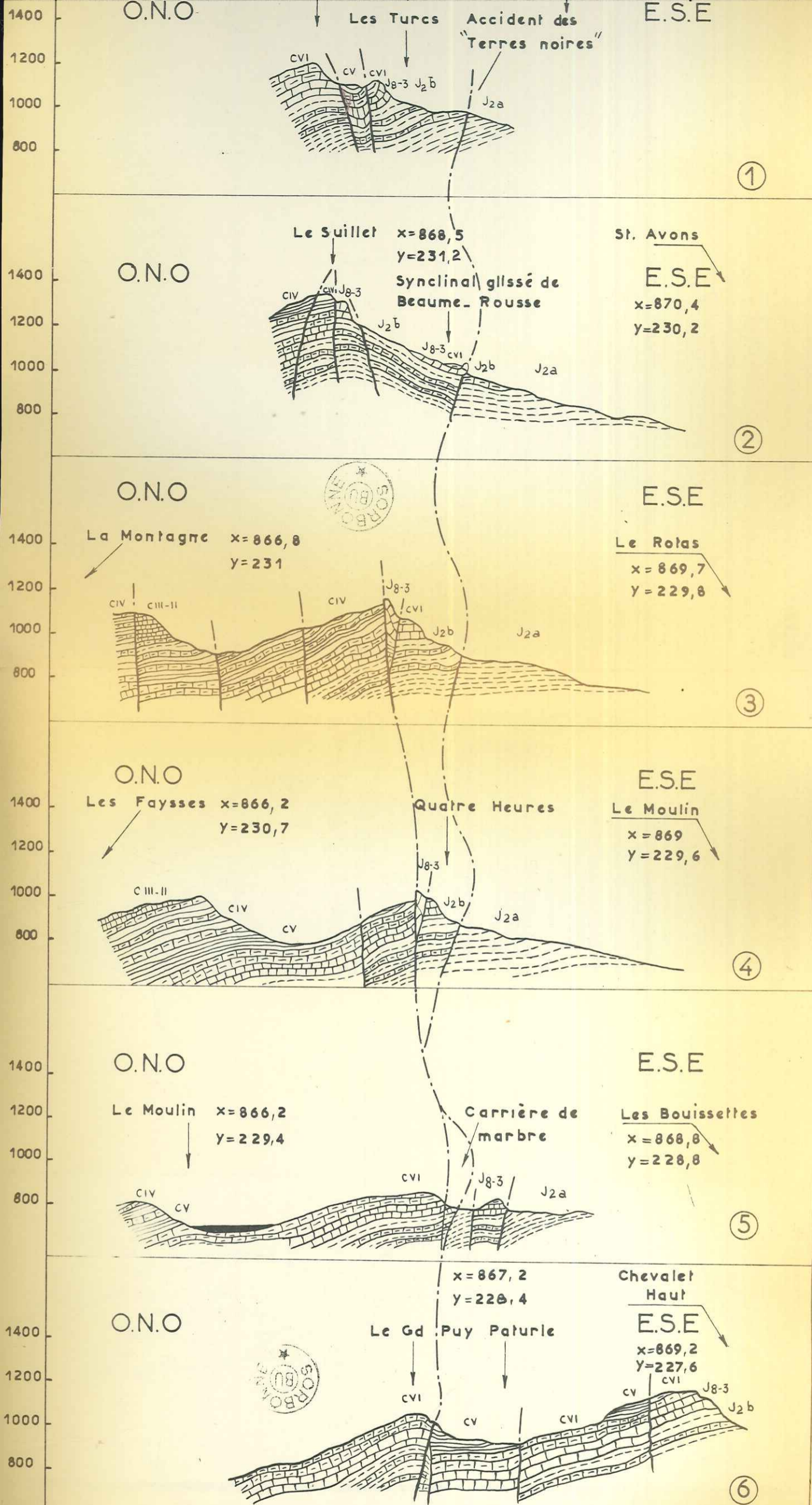
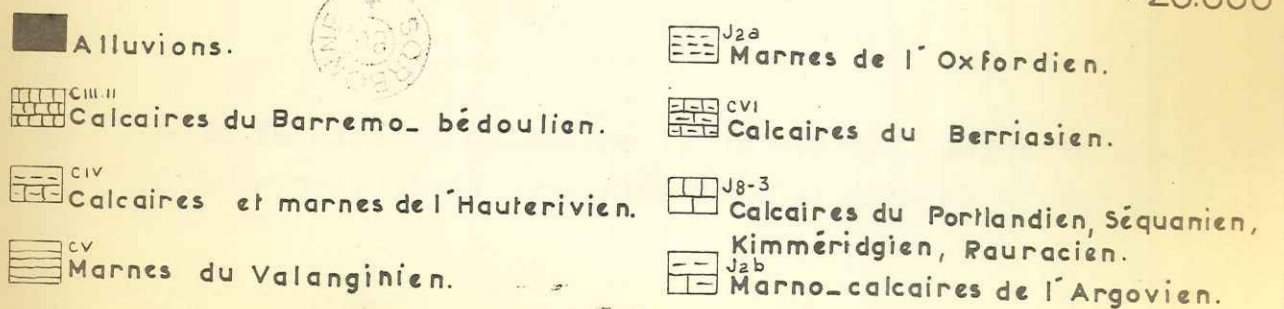


Fig.2_ Coupes géologiques de la concession du SUILLET ech: 1/20.000



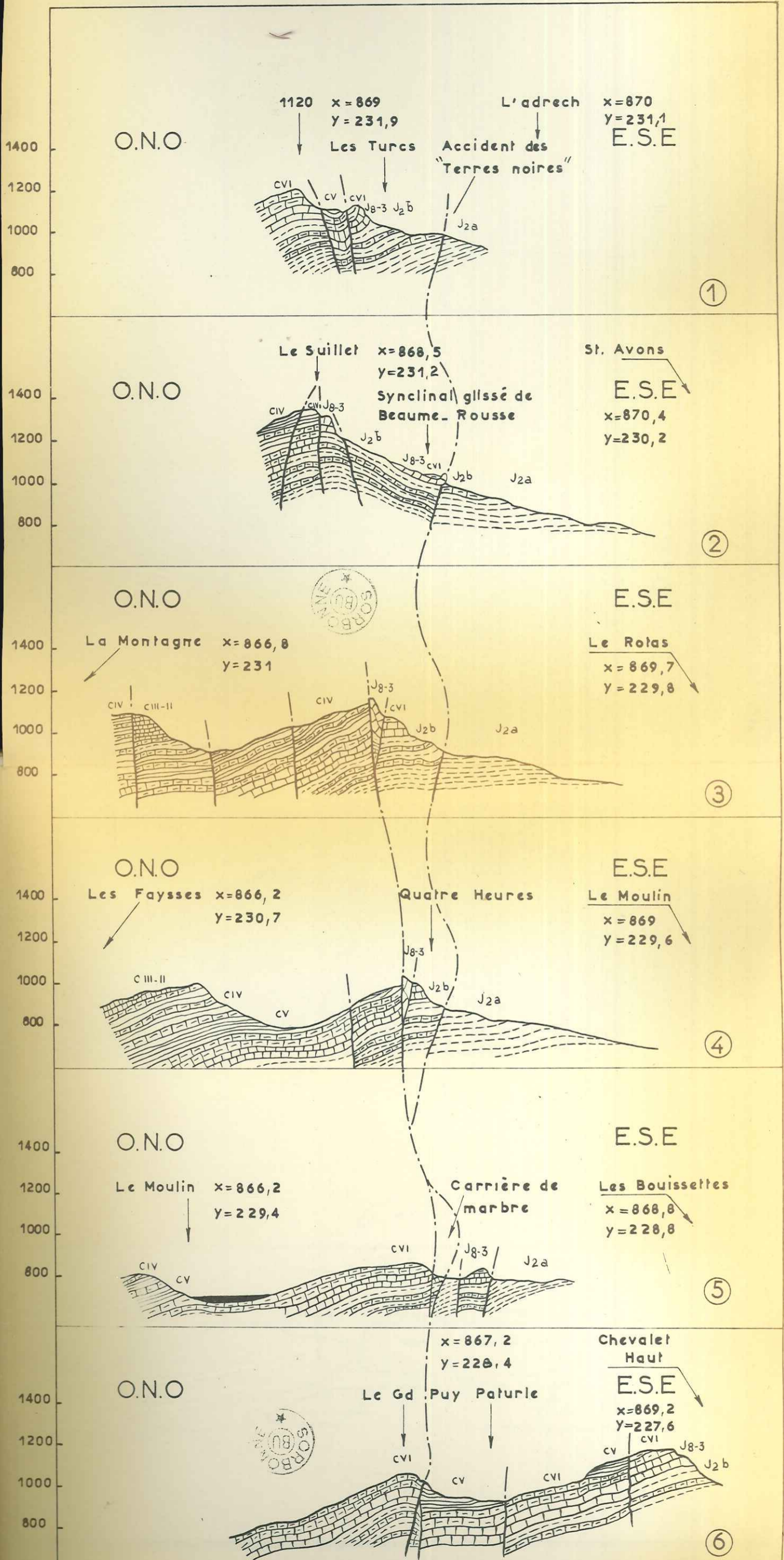


Fig.2_ Coupes géologiques de la concession du SUILLET ech: 1/20.000

■ Alluvions. Marnes de l'Oxfordien.



ORPIERRE

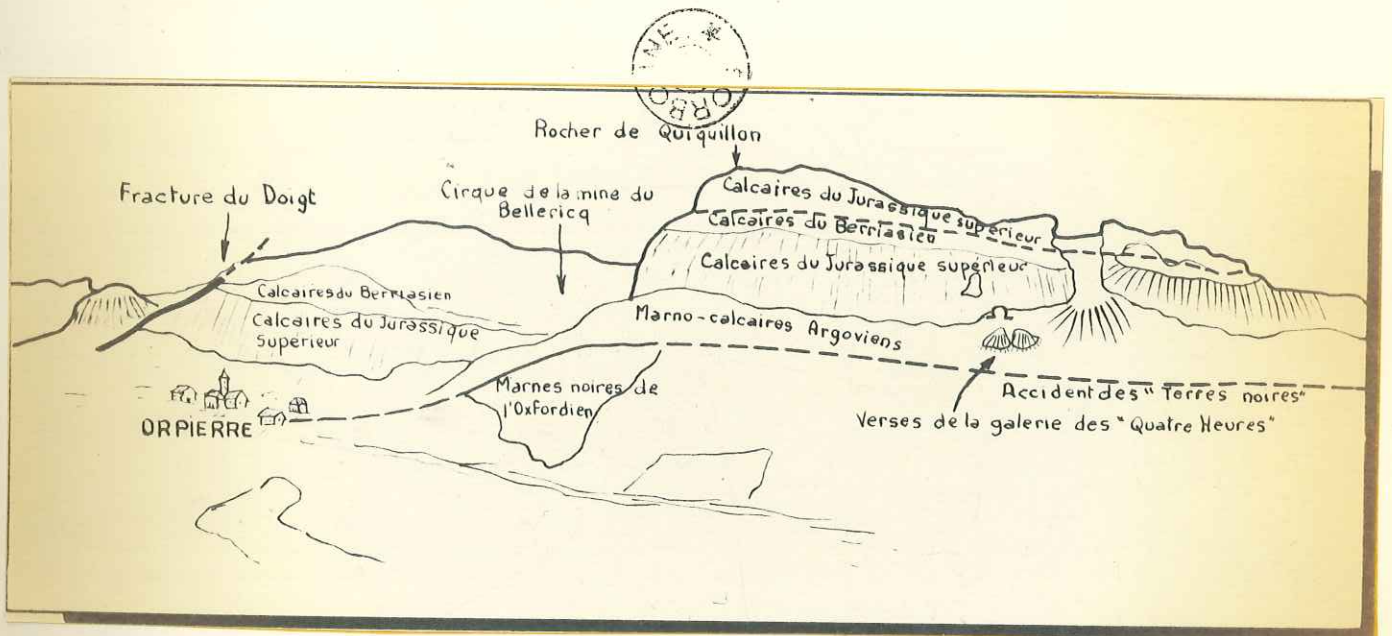


Fig. 3 - La falaise de calcaires du Jurassique superieur limitant le synclinal de St-Cyrice de l'anticlinal d'Orpierre.

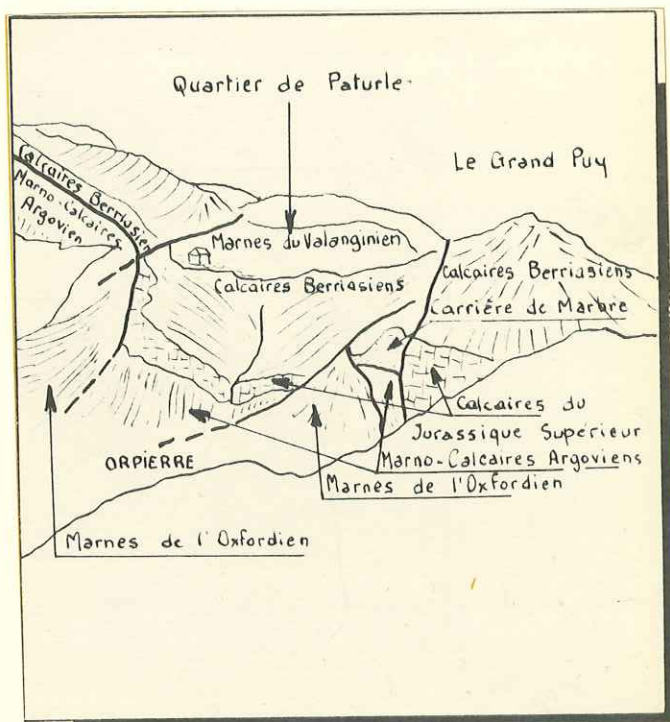


Fig. 4 - le quartier de Paturle et la carrière de marbre d'Orpierre.

Fig. 5 - Analyse du réseau de fractures de la concession du Suillet.

N.H.S. Normal stress horizontal
 S.S.H. Shearing stress horizontal.

Si l'on prend le N.S.H. maximum suivant la direction des filons de calcite du Doigt, du Bellericq, des Turcs, soit à 10° , l'accident des "Terres Noires" (35°) correspond à une des directions de S.S.H. maximum (40°) à 5° près. Le sens du déplacement des lèvres de l'accident des "Terres-Noires" correspond à celui de la théorie.

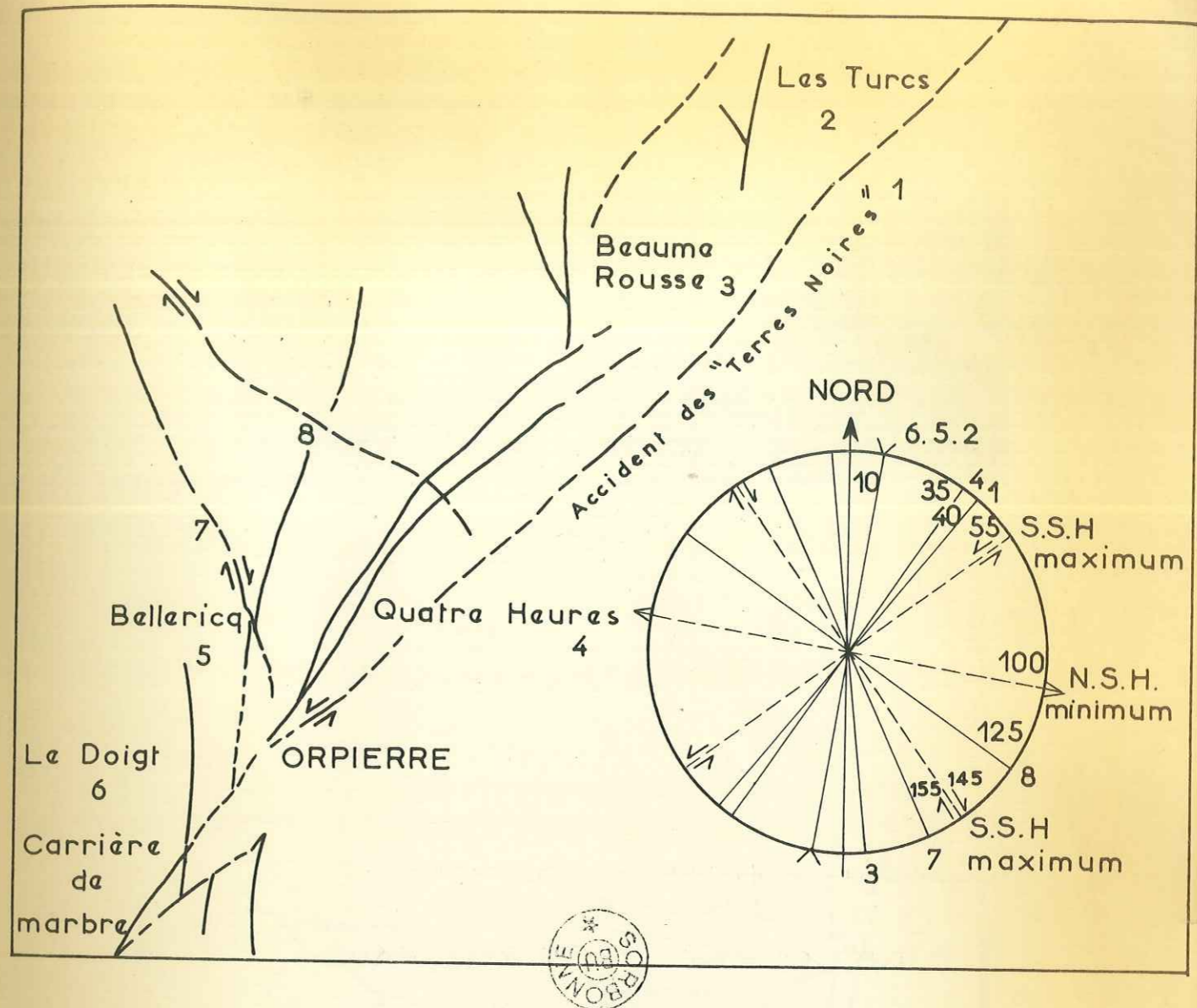


Fig. 5.- Analyse du réseau de fractures de la concession du SUILLET

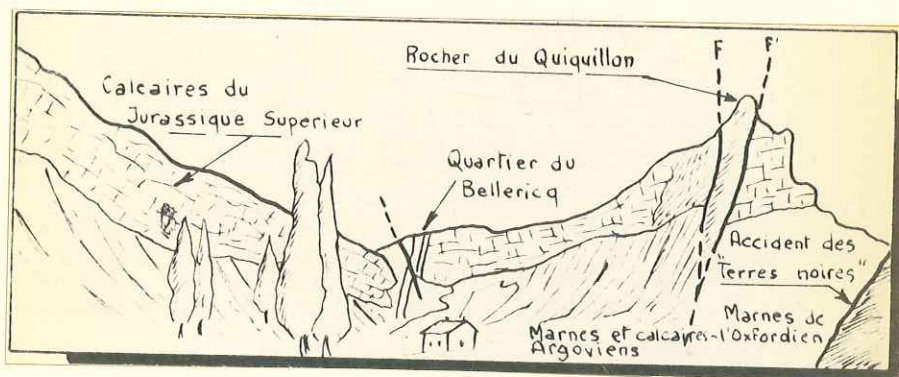


Fig. 6 - Le cirque de Bellericq à proximité d'Orpierre.

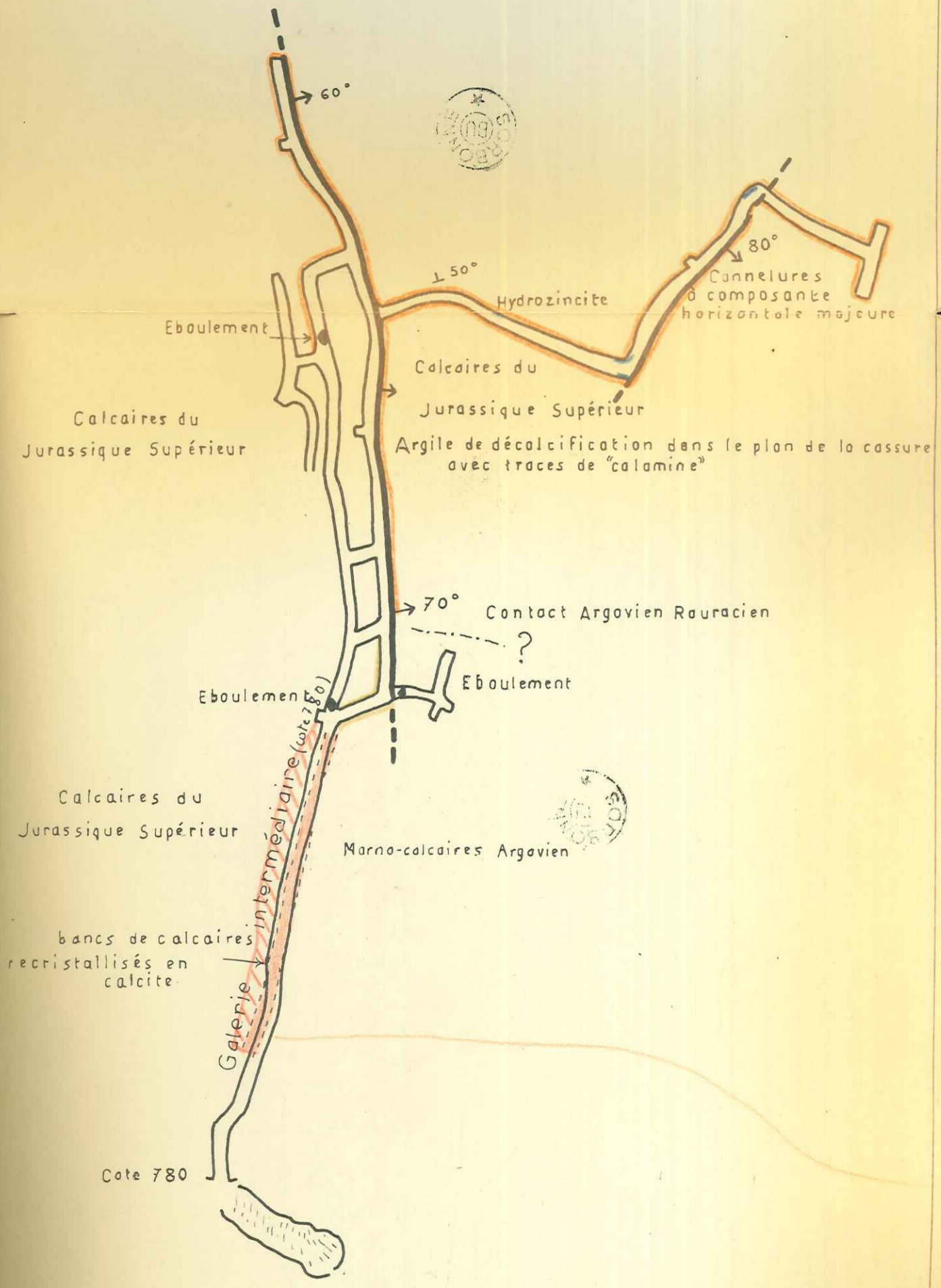
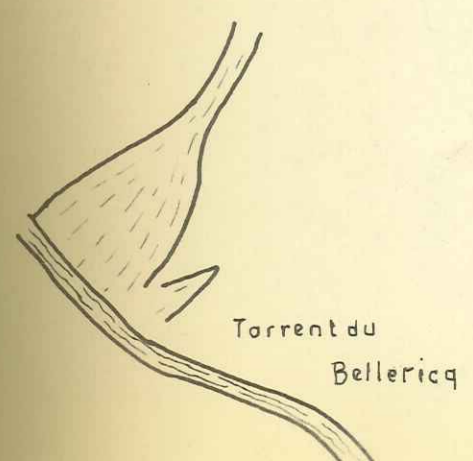
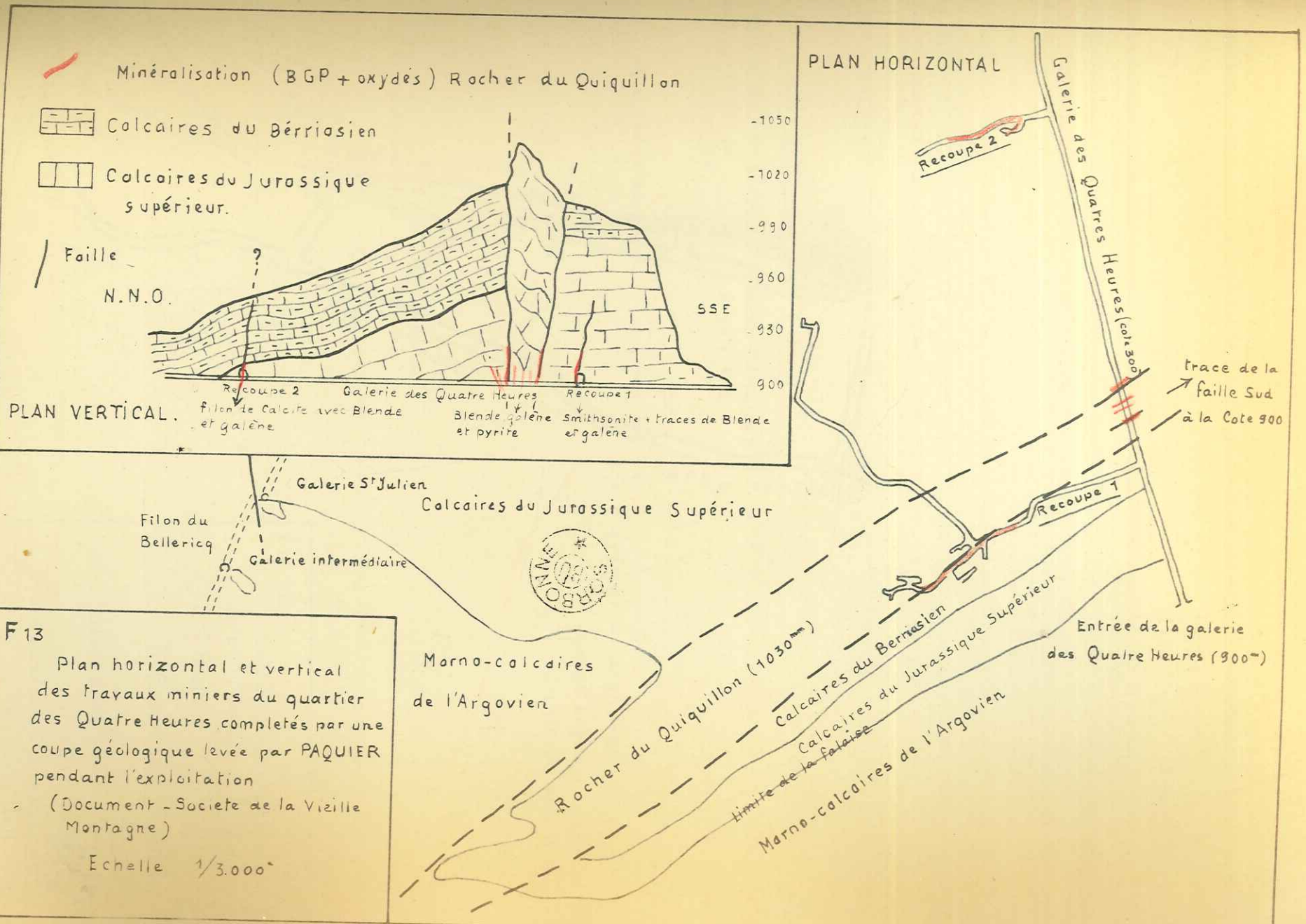


Fig II
 Levé géologique
 du niveau intermédiaire
 Echelle 1/1.000
 Marno calcaires de l'Argovien
 Calcaires du jurassique supérieur





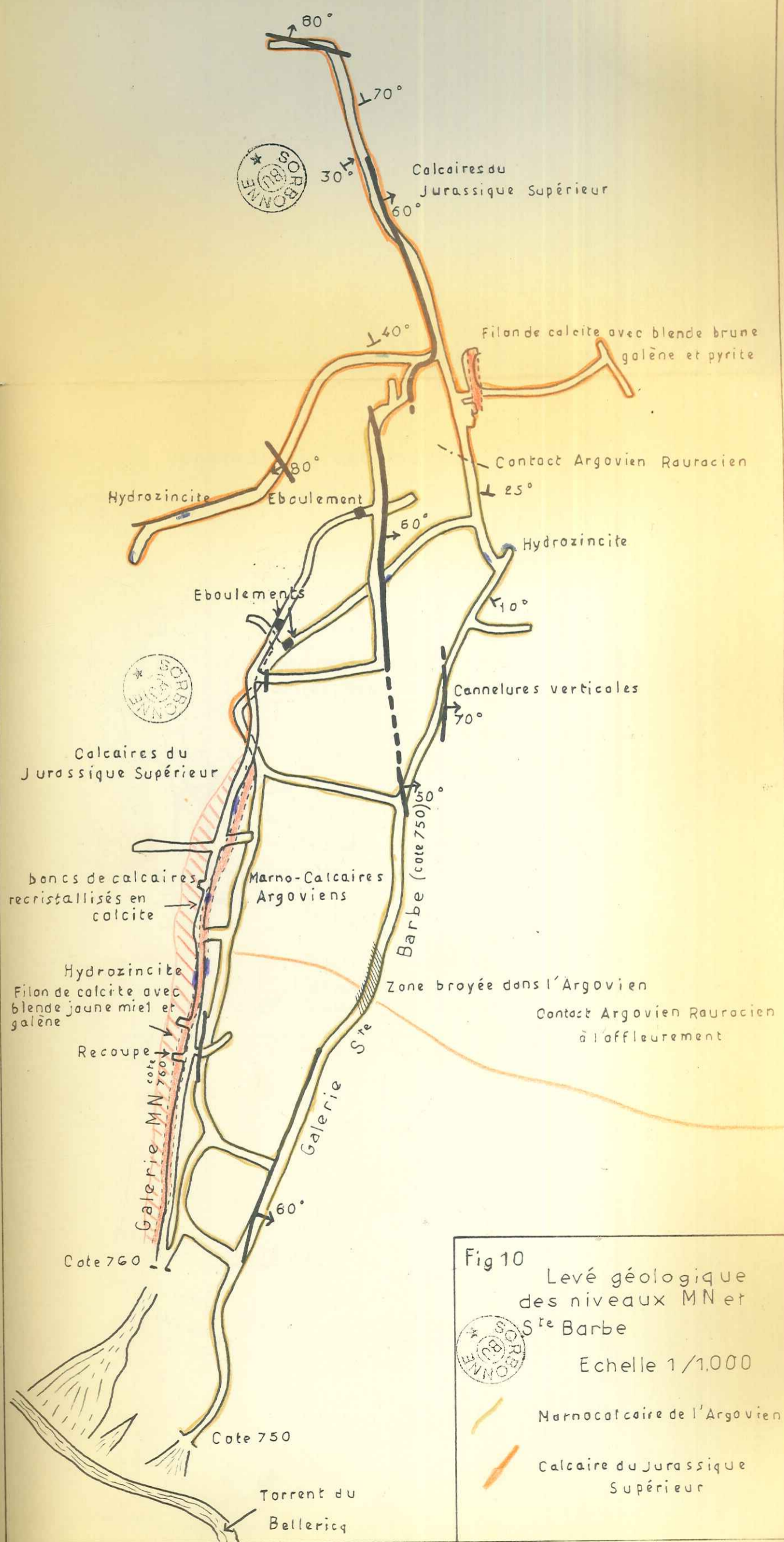


Fig 10

Levé géologique des niveaux MN et Ste Barbe




Echelle 1/1,000

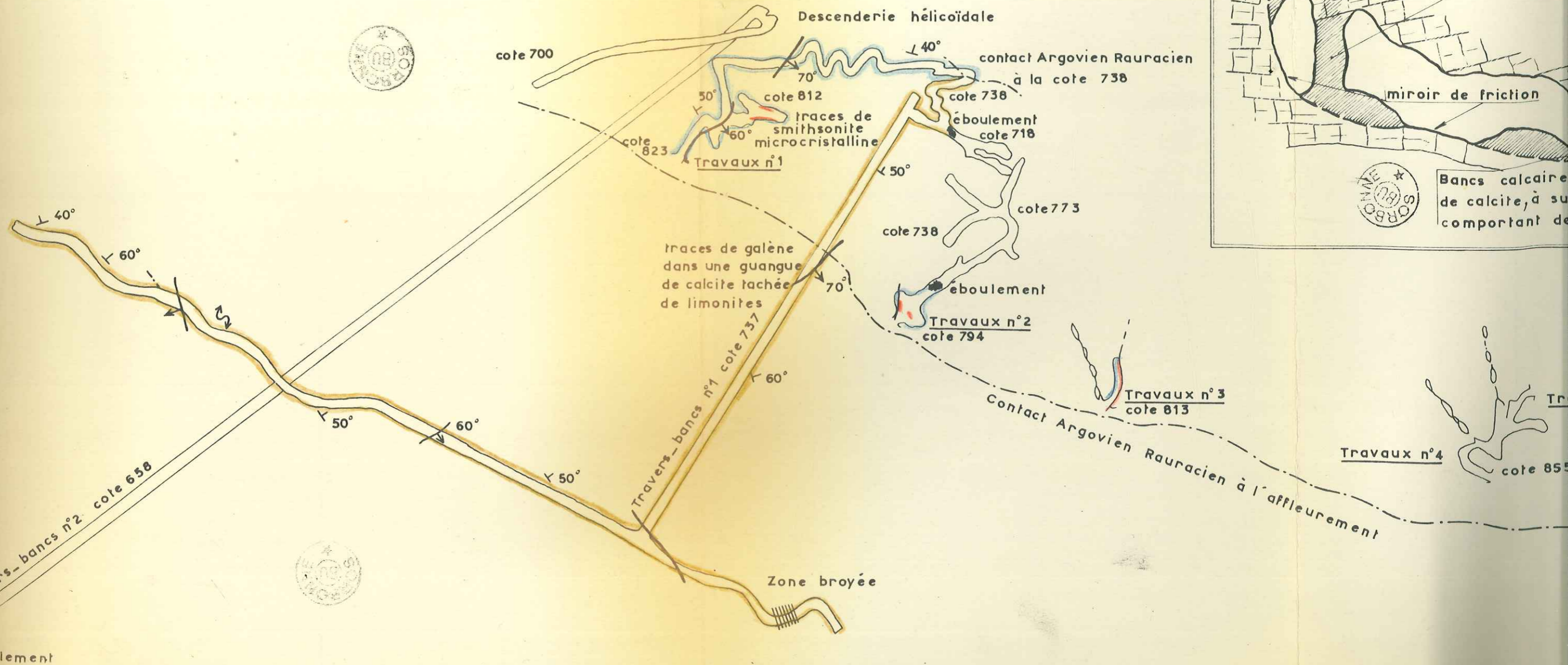
Marnocalcaire de l'Argovien

Calcaire du Jurassique Supérieur

Fig. 36. Plan horizontal de la mine de RAUX
& levé géologique des travaux accessibles

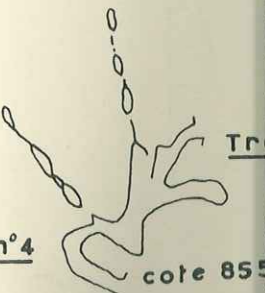
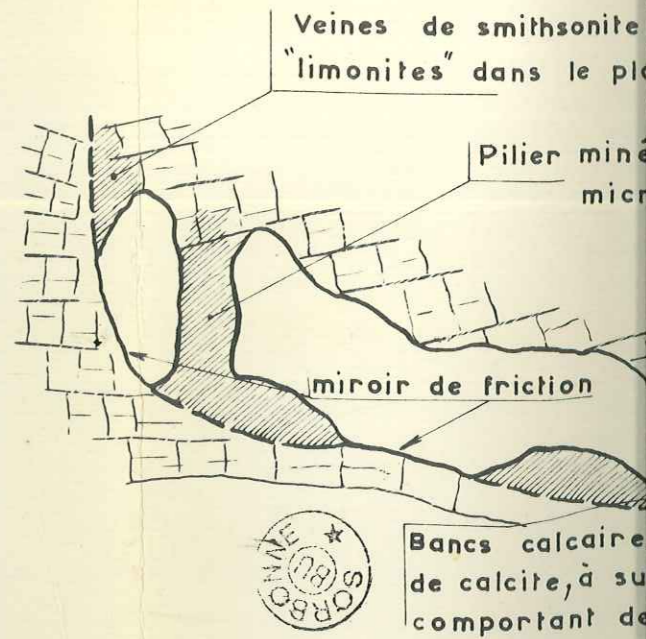
Echelle 1/1000^{ème}.

-  Calcaires du Rauracien
-  Marno-Calcaires de l'Argovien
-  Smithsonite et traces de galène et de blende






Coupe schématique des travaux

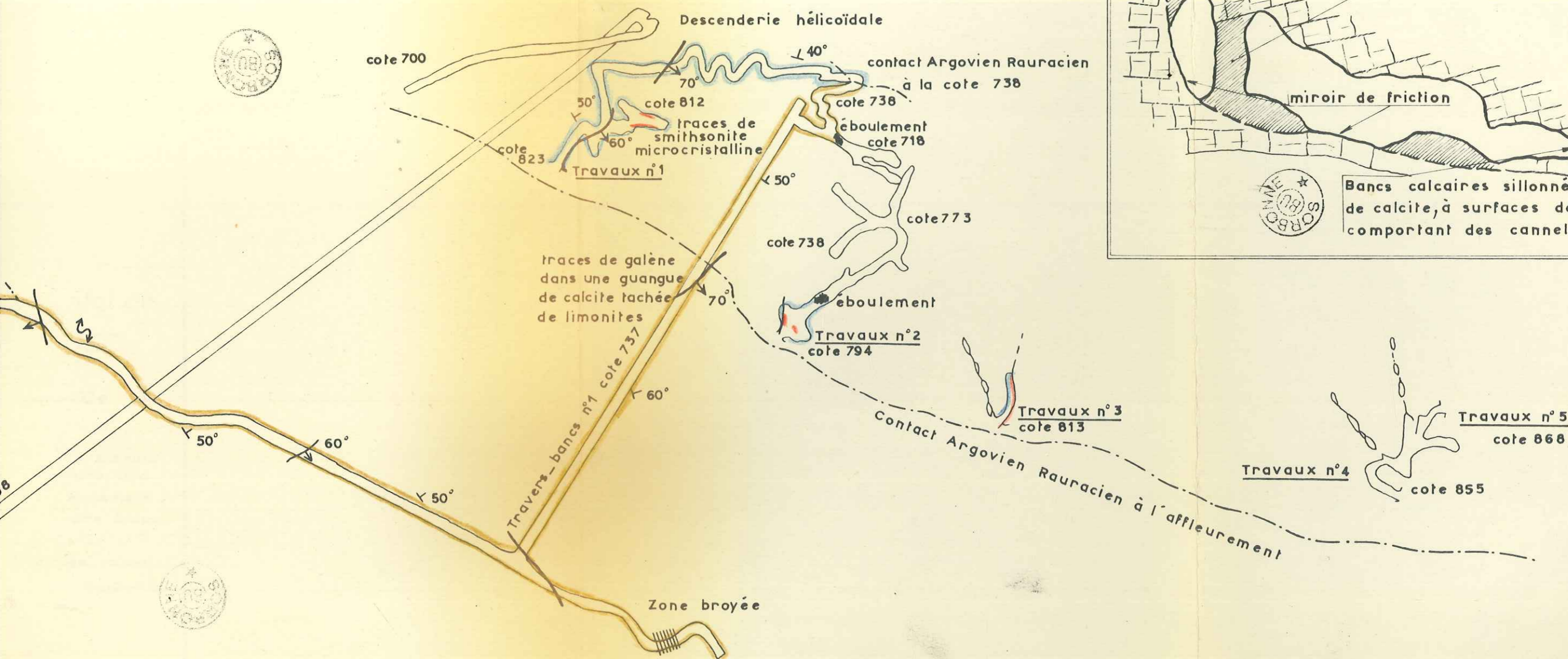
OUEST



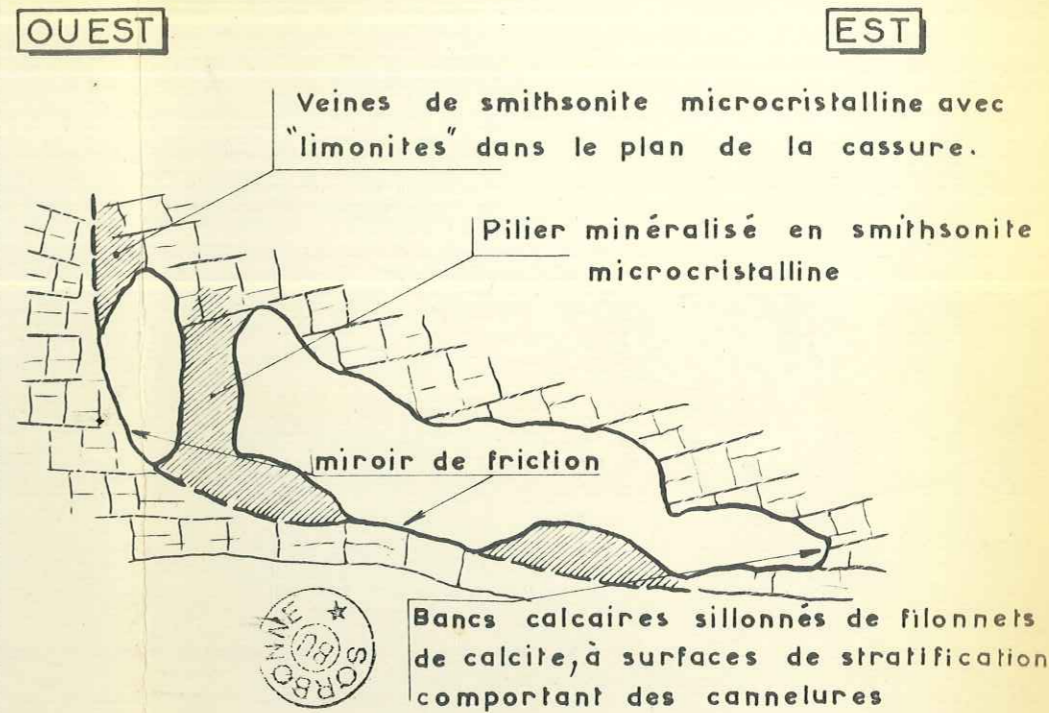
Plan horizontal de la mine de RAUX

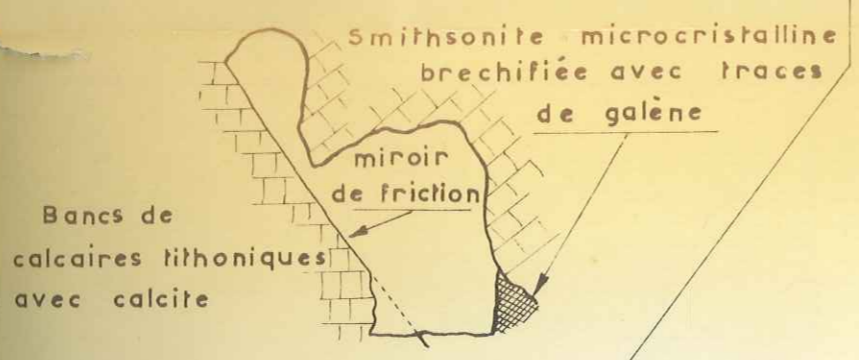
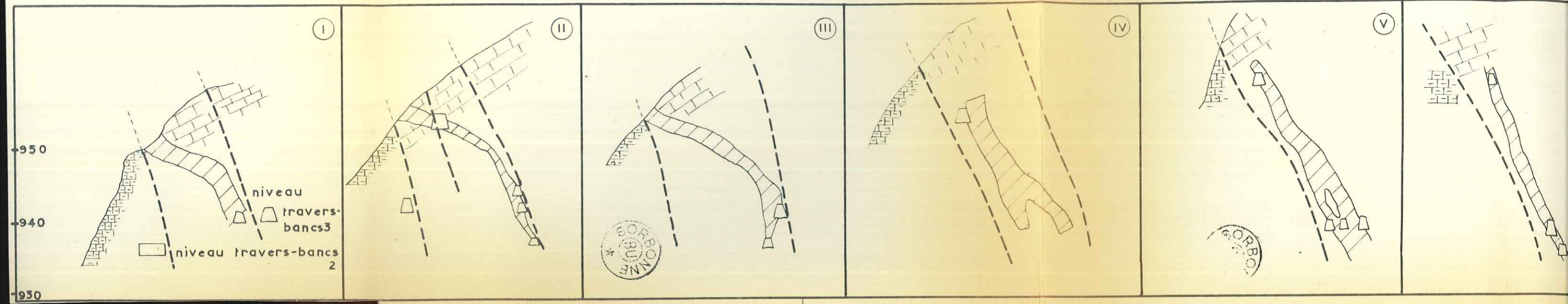
Logique des travaux accessibles

-  Calcaires du Rauracien
-  Marno-Calcaires de l'Argovien
-  Smithsonite et traces de galène et de blende



Coupe schématique des travaux N° 2 - Ech. 1/100°





Coupe de la galerie A.B
Echelle 1/100  me

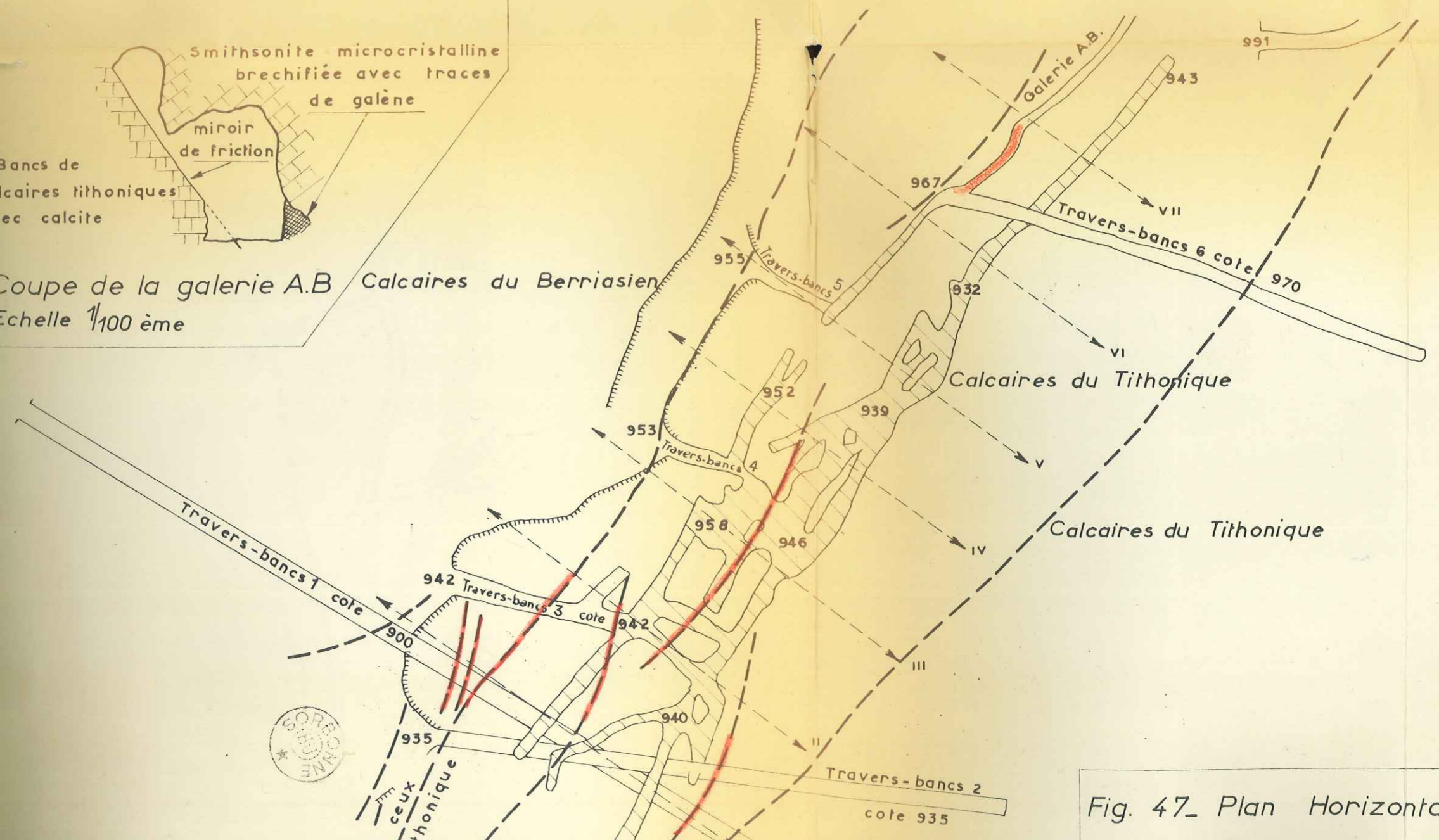


Fig. 47. Plan Horizontal d



Coupe de la galerie A.B. Calcaires du Berriasien
Echelle 1/100^{ème}

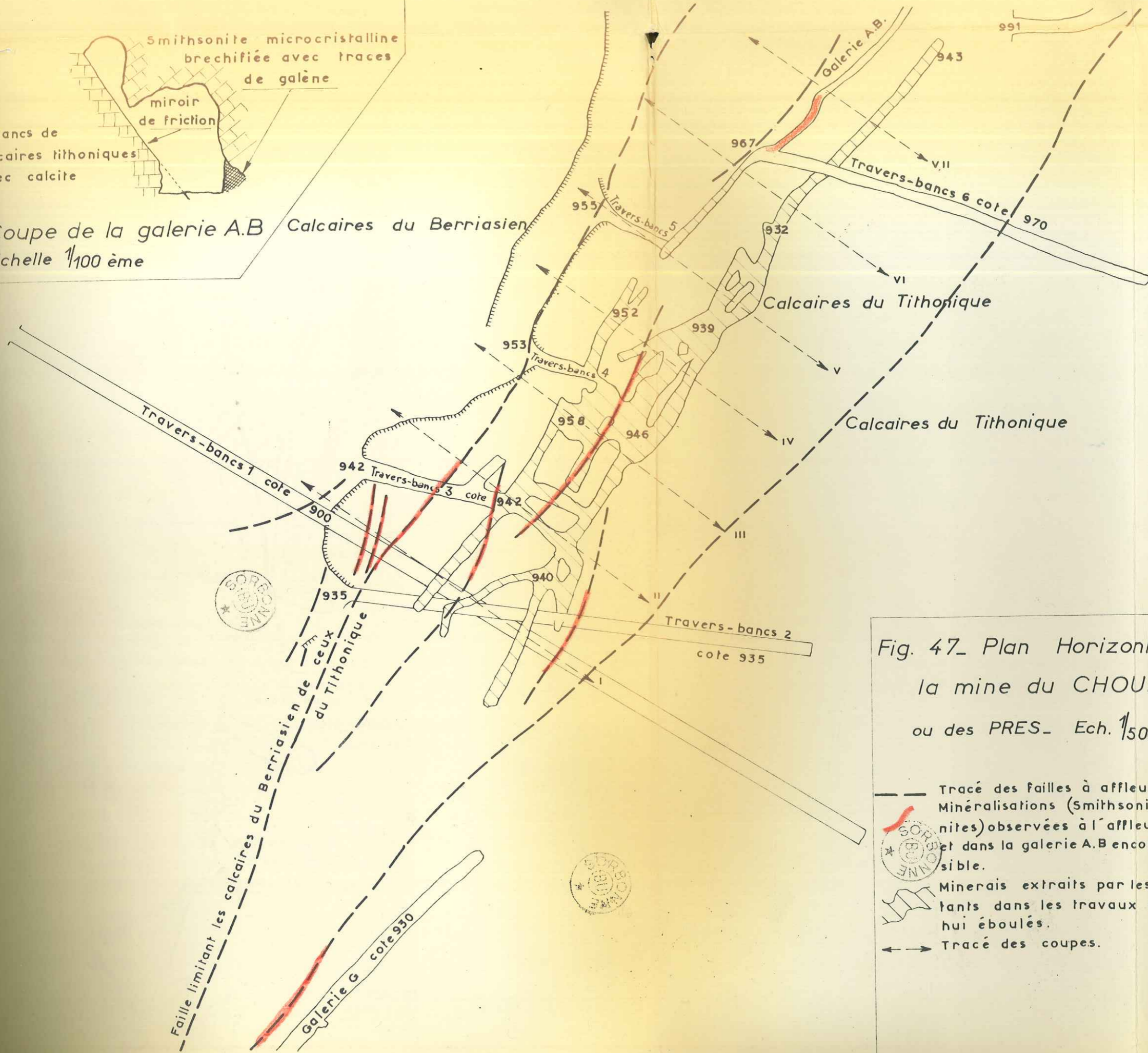






Fig. 47. Plan Horizontal de la mine du CHOUET ou des PRES. Ech. 1/500^{ème}

-  Tracé des failles à affleurement.
-  Minéralisations (Smithsonite, limonites) observées à l'affleurement et dans la galerie A.B. encore accessible.
-  Minerais extraits par les exploitants dans les travaux aujourd'hui éboulés.
-  Tracé des coupes.



Coupe de la galerie A.B Calcaires du Berriasien
Echelle 1/100 ème

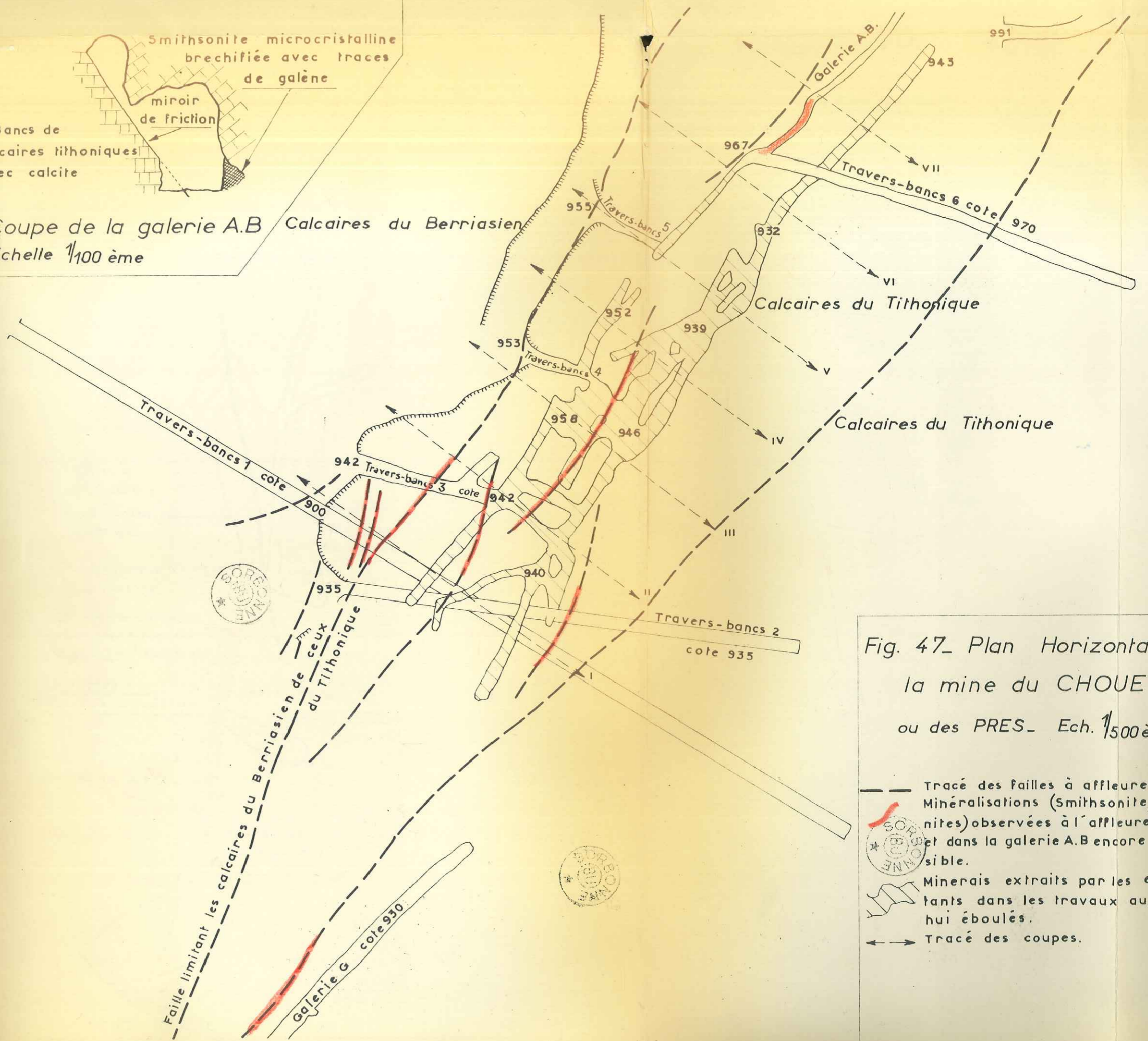
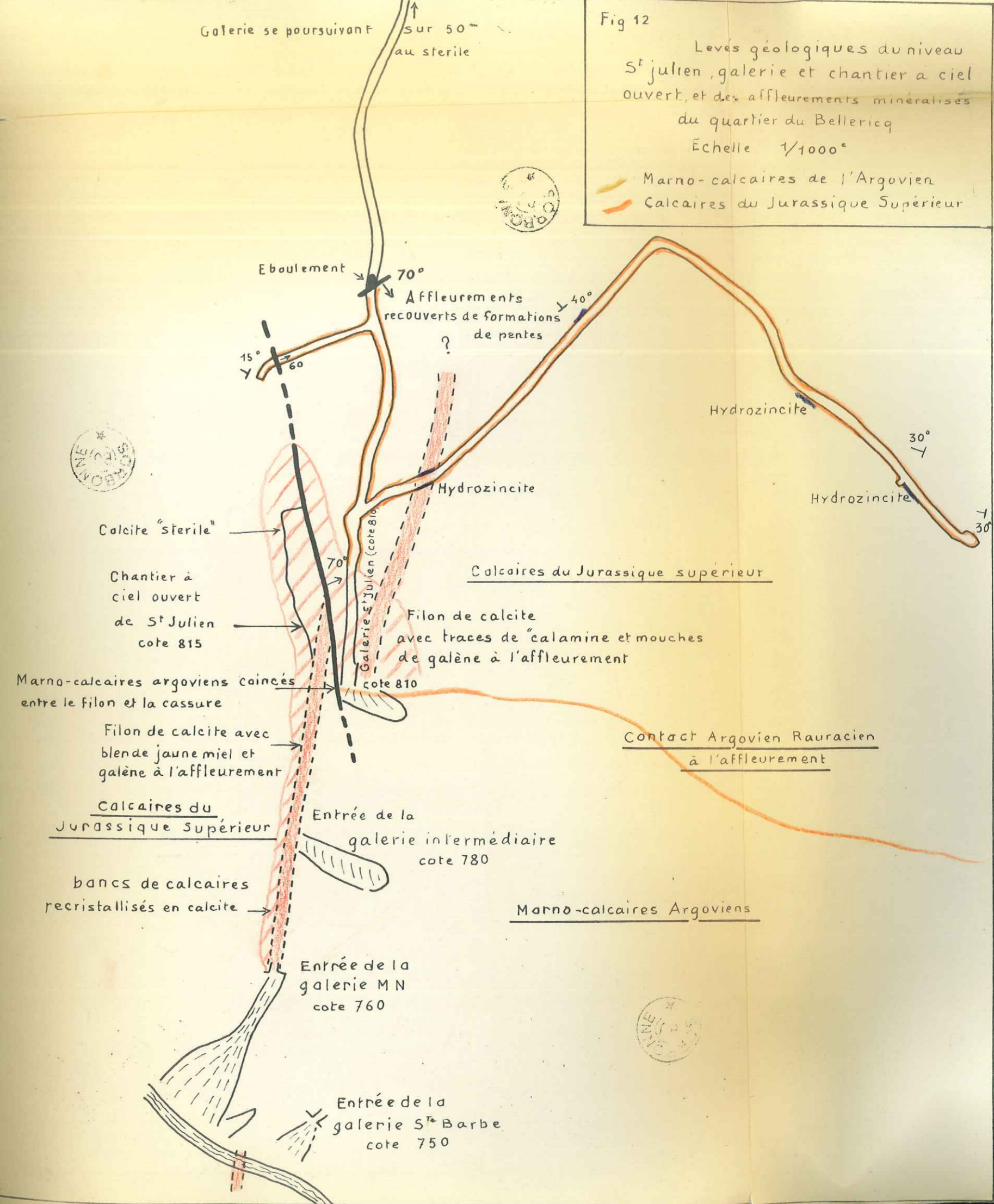


Fig. 47- Plan Horizontal de la mine du CHOUET ou des PRES- Ech. 1/500 è

- Tracé des failles à affleurement
- Minéralisations (Smithsonite, limonites) observées à l'affleurement et dans la galerie A.B encore accessible.
- Minerais extraits par les exploitants dans les travaux aujourd'hui éboulés.
- Tracé des coupes.

Fig 12
 Levés géologiques du niveau
 St Julien, galerie et chantier à ciel
 ouvert, et des affleurements minéralisés
 du quartier du Bellericq
 Echelle 1/1000°
 Marno-calcaires de l'Argovien
 Calcaires du Jurassique Supérieur



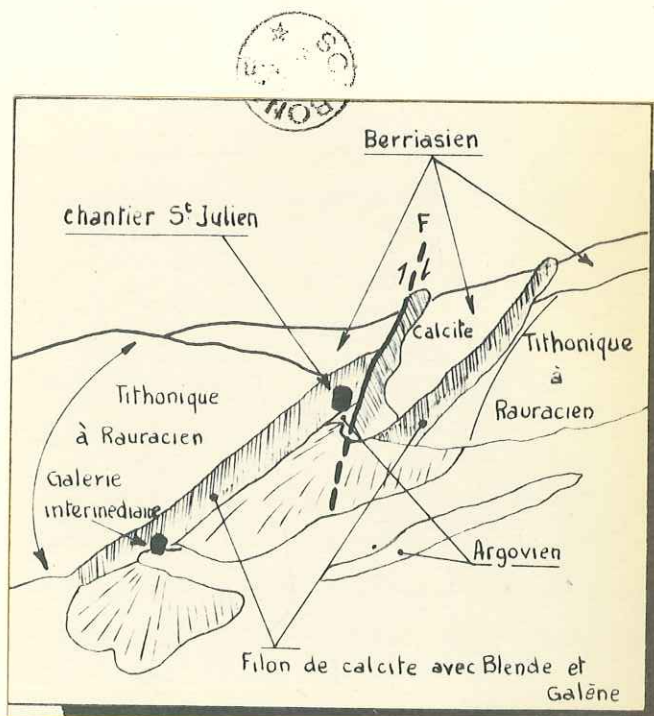
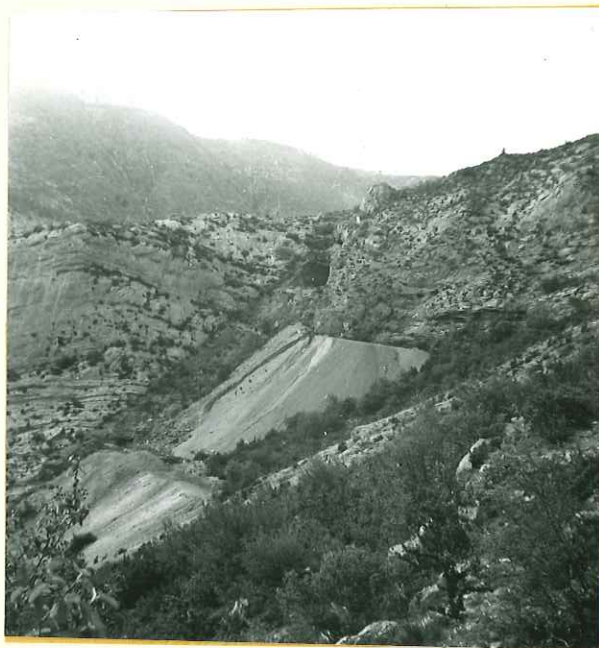


Fig. 7 - Le filon du Bellericq décalé par une fracture de la direction NNO-SSE.

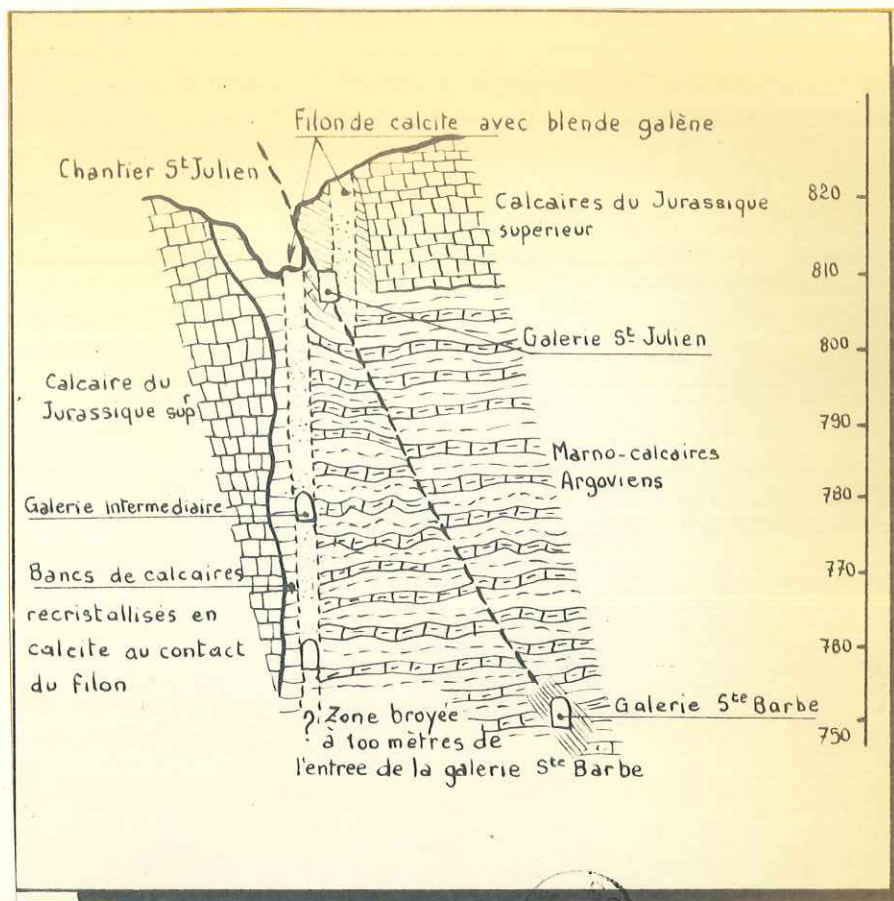


Fig. 8 - Coupe géologique transversale du quartier de Bellericq suivant le contact Argovien-Rauracien à l'affleurement.

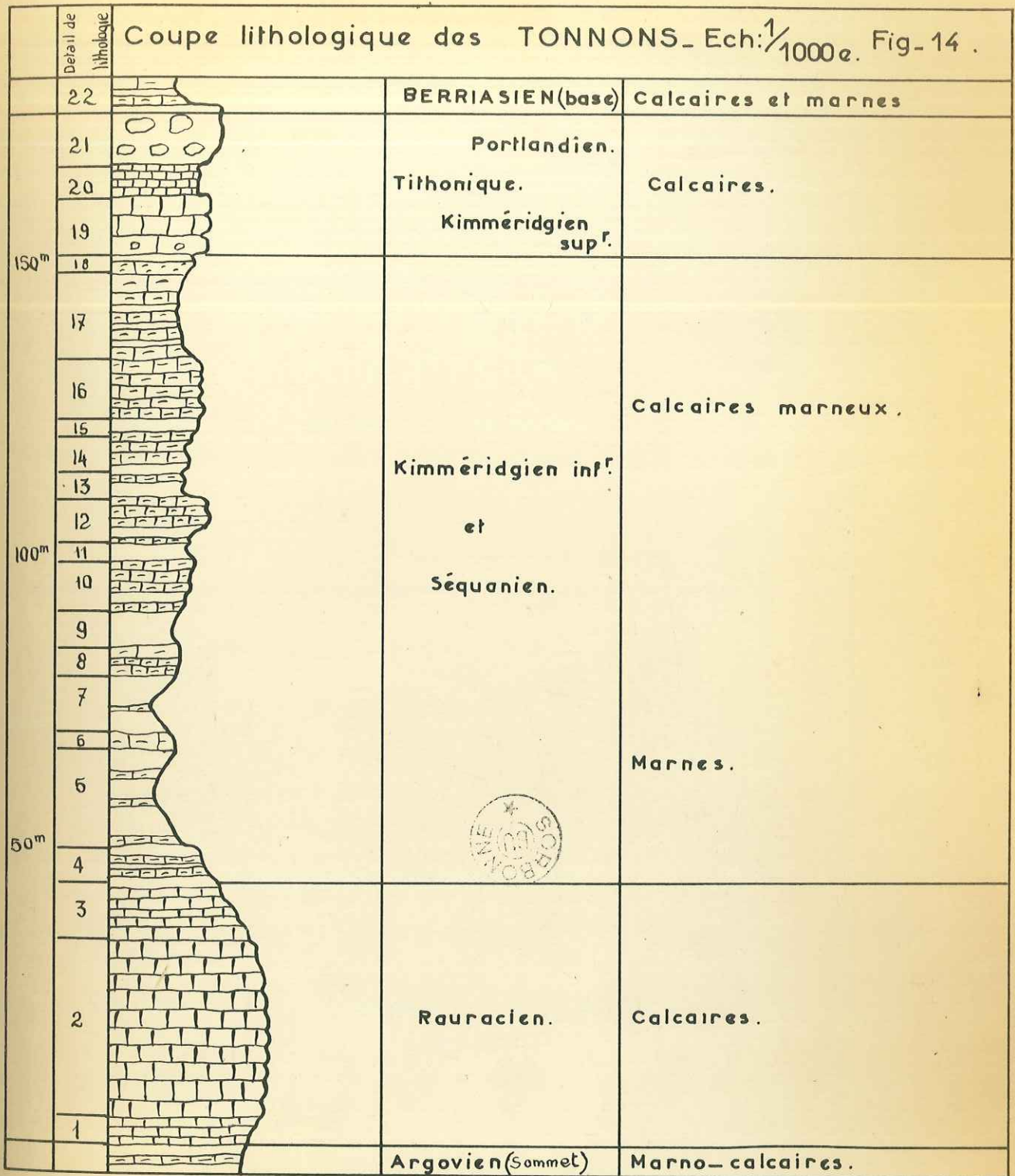


Fig. 9 - Interruption du filon de calcite de Bellericq aux chantiers St-Julien, par une fracture de la direction NNO-SSE.

Fig. 14 - COUPE LITHOLOGIQUE DES TONNONS

BERRIASIEN		22	Calcaires crème très clair en bancs de 20 cm avec lits de marnes jaunâtres de 15 cm.
TITHONIQUE = PORTLANDIEN et KIMMERID- GIEN SUPERIEUR	10 m	21	Calcaires massifs à stratification non apparente avec souvent allure de "fausses brèches".
	5 m	20	Calcaires à cassure crème en bancs de 10 à 15 cm.
	10 m	19	Calcaires à cassure crème en bancs de 50 à 60 cm avec cherts à la base
	3 m	18	Calcaires faiblement marneux en bancs de 40 cm avec délits de marnes calcaires schisteuses
KIMMERIDGIEN	15 m	17	Calcaires faiblement marneux à cassure crème en bancs de 30 cm avec lits de marnes grises de 20 cm
INFERIEUR ET SEQUANIEN	10 m	16	Calcaires faiblement marneux à cassure gris crème, en bancs de 30 à 40 cm avec délits de marnes calcaires schisteuses.
	2 m	15	Marnes calcaires grises de 40 cm et bancs de calcaires marneux de 20 cm
	6 m	14	Calcaires faiblement marneux en bancs de 30 cm avec délits de marnes calcaires
	5 m	13	Lits de marnes calcaires grises prédominantes sur bancs de calcaires marneux.
	7 m	12	Calcaires marneux à cassure gris bleuté en bancs de 30 cm et lits de marnes schisteuses de 10 cm.
	4 m	11	Lits de marnes calcaires de 20 cm et bancs de calcaires marneux de 10 à 15 cm

	9 m.	10	Calcaires marneux à cassure gris bleuté en bancs de 30 cm et marnes schisteuses calcaires de 10 cm.
	6 m.	9	Lits de marnes grises de 30 cm devenant moins épais au sommet avec lits de calcaires marneux devenant prédominants au sommet
KIMMERIDGIEN INFERIEUR ET SEQUANIEN	5 m.	8	Calcaires marneux à cassure gris bleuté en bancs de 30 à 40 cm avec délits de marnes calcaires schisteuses.
	10 m.	7	Lits de marnes de 40 cm avec bancs de calcaires marneux de 20 cm.
	3 m.	6	Calcaires marneux à patine grise, à cassure gris bleuté en bancs de 30 à 40 cm et délits de marnes calcaires schisteuses.
	16 m.	5	Lits de marnes de 30 à 40 cm avec petits bancs de calcaires marneux de 20 cm.
	6 m.	4	Bancs de calcaires marneux à patine grise à cassure gris-bleuté en bancs de 20 cm alternant avec lits de marnes plus ou moins calcaires de 20 cm.
	10 m.	3	Calcaires marneux en bancs de 40 à 20 cm à patine grise, à cassure gris bleuté avec lits de marnes calcaires schisteuses.
RAURACIEN	30 m.	2	Calcaires faiblement marneux en bancs de 50 à 60 cm, à patine grise, à cassure crème.
	5 m.	1	Calcaires marneux en bancs de 30 cm, à patine rousse, à cassure crème foncé, avec délits de marnes grises en plaquettes.



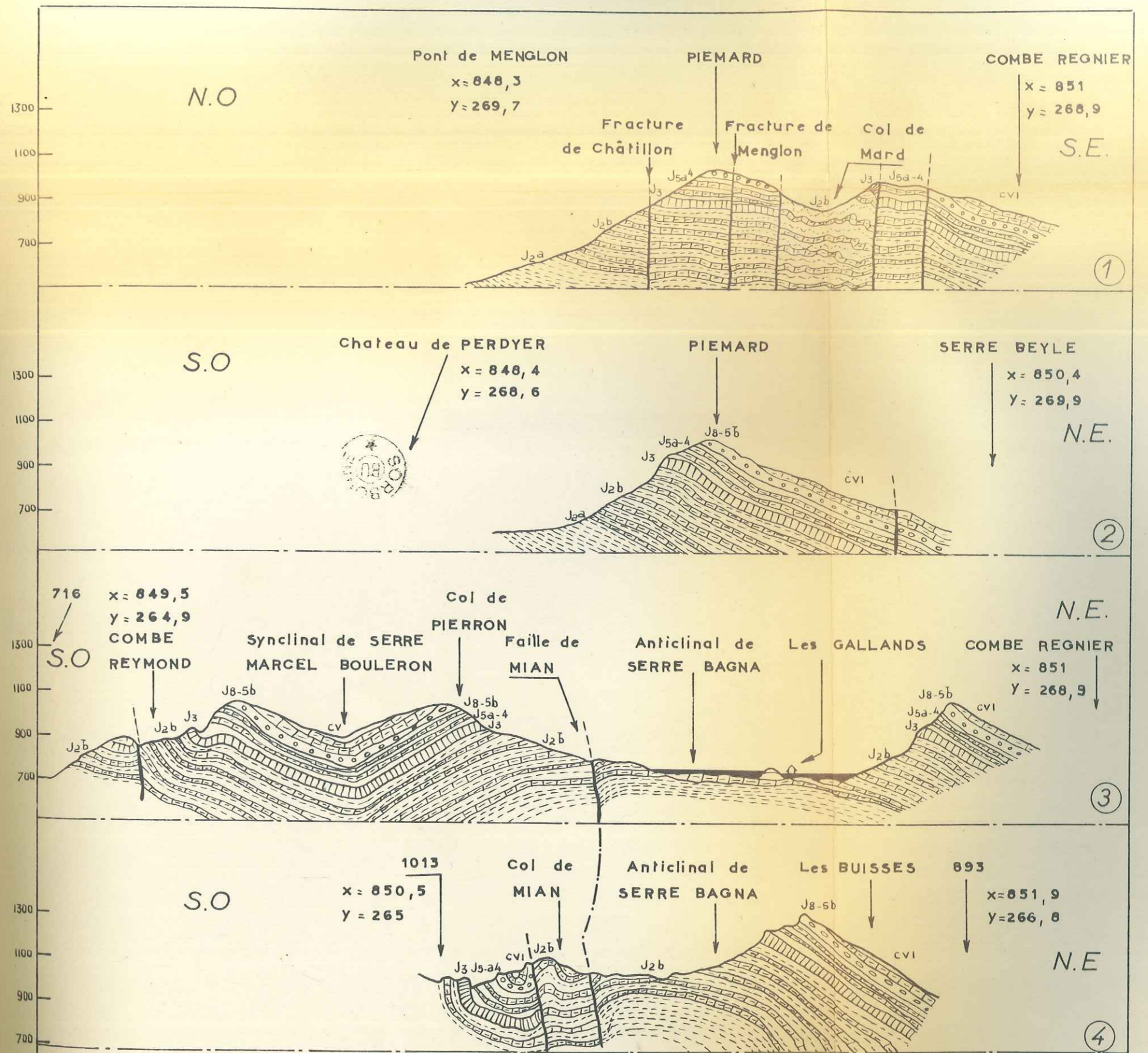
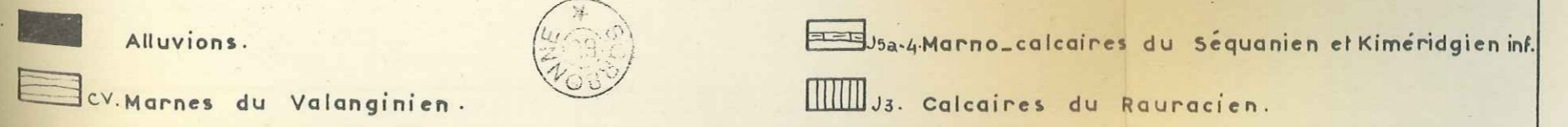


Fig.15. Coupes géologiques de la concession de MENGLON. Echelle 1/20 000 ème



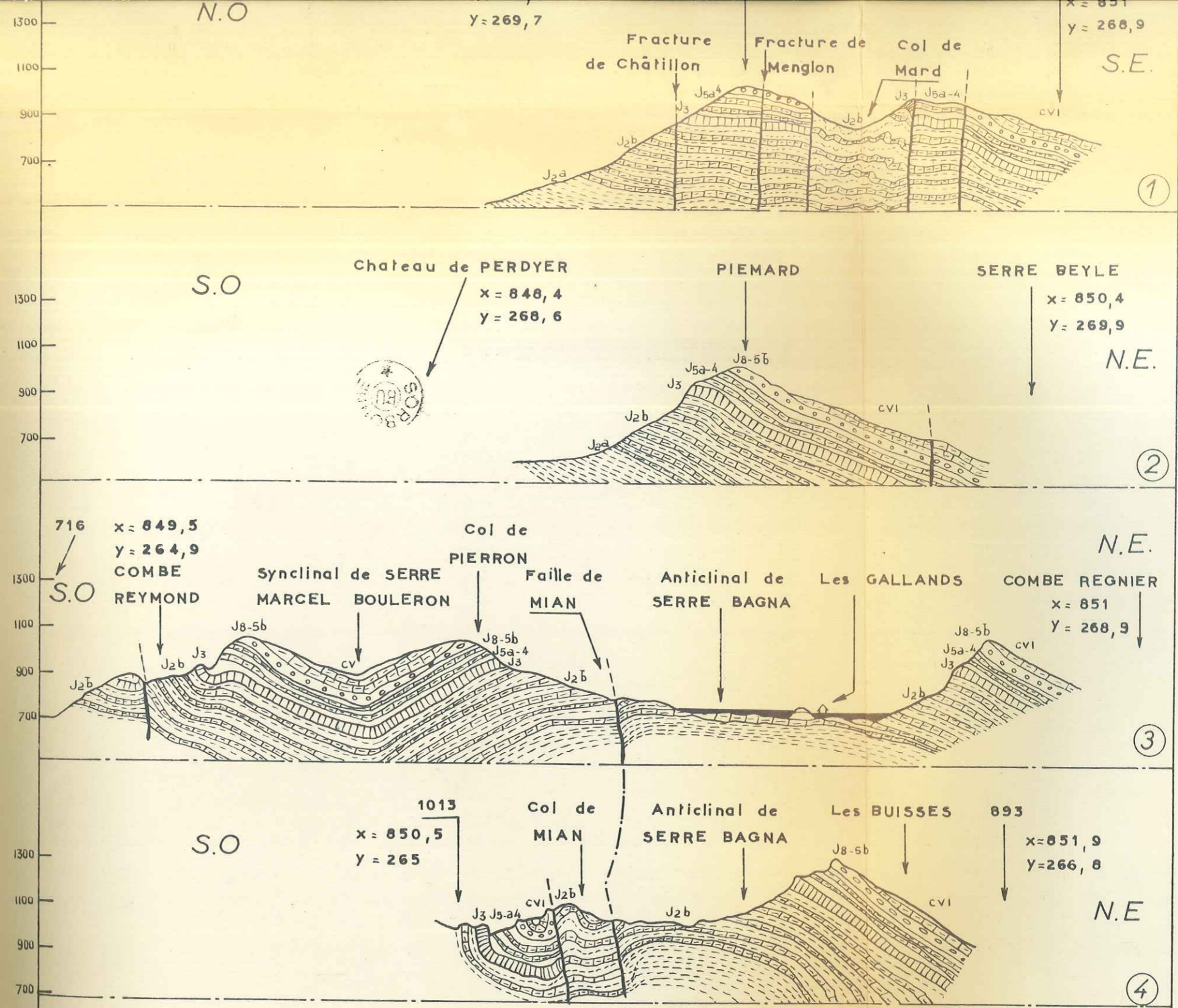


Fig.15. Coupes géologiques de la concession de MENGLON. Echelle 1/20 000 ème

- | | | |
|--|--|--|
| Alluvions. | | J _{5a-4} Marno-calcaires du Séquanien et Kiméridgien inf. |
| c.v. Marnes du Valanginien. | | J ₃ . Calcaires du Rauracien. |
| c.vi Calcaires et marnes du Berriasien. | | J _{2b} Marno-calcaires de l'Argovien. |
| J _{8-5b} Calcaires du Tithonique. | | J _{2a} Marnes de l'Oxfordien. |

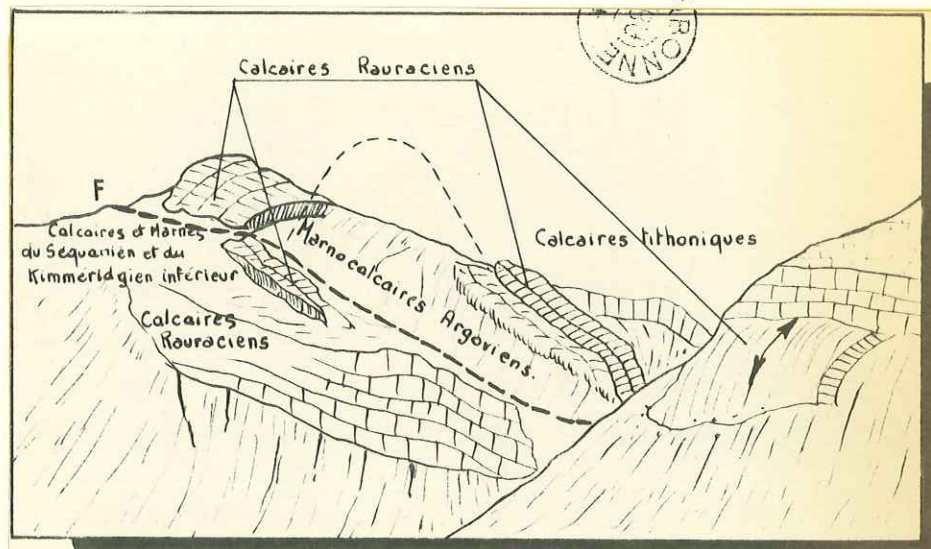


Fig. 16 - Repli^e anticlinal accusé dans le Rauracien de la Combe-Reymond.

Fig. 17 - Analyse du réseau de fractures des quartiers de Piémard.

N.S.H. Normal stress horizontal
 S.S.H. Shearing stress horizontal

Si l'on prend le N.S.H. maximum suivant la direction du filon de calcite de la fracture de Châtillon, soit à 20° , l'accident du Bes et les deux fractures de Menglon (3 et 4) (60°) correspondent à une des directions de S.S.H. maximum (65°) à 5° près. Le sens du déplacement des lèvres de l'accident du Bes et des fractures de Menglon correspond à celui de la théorie.

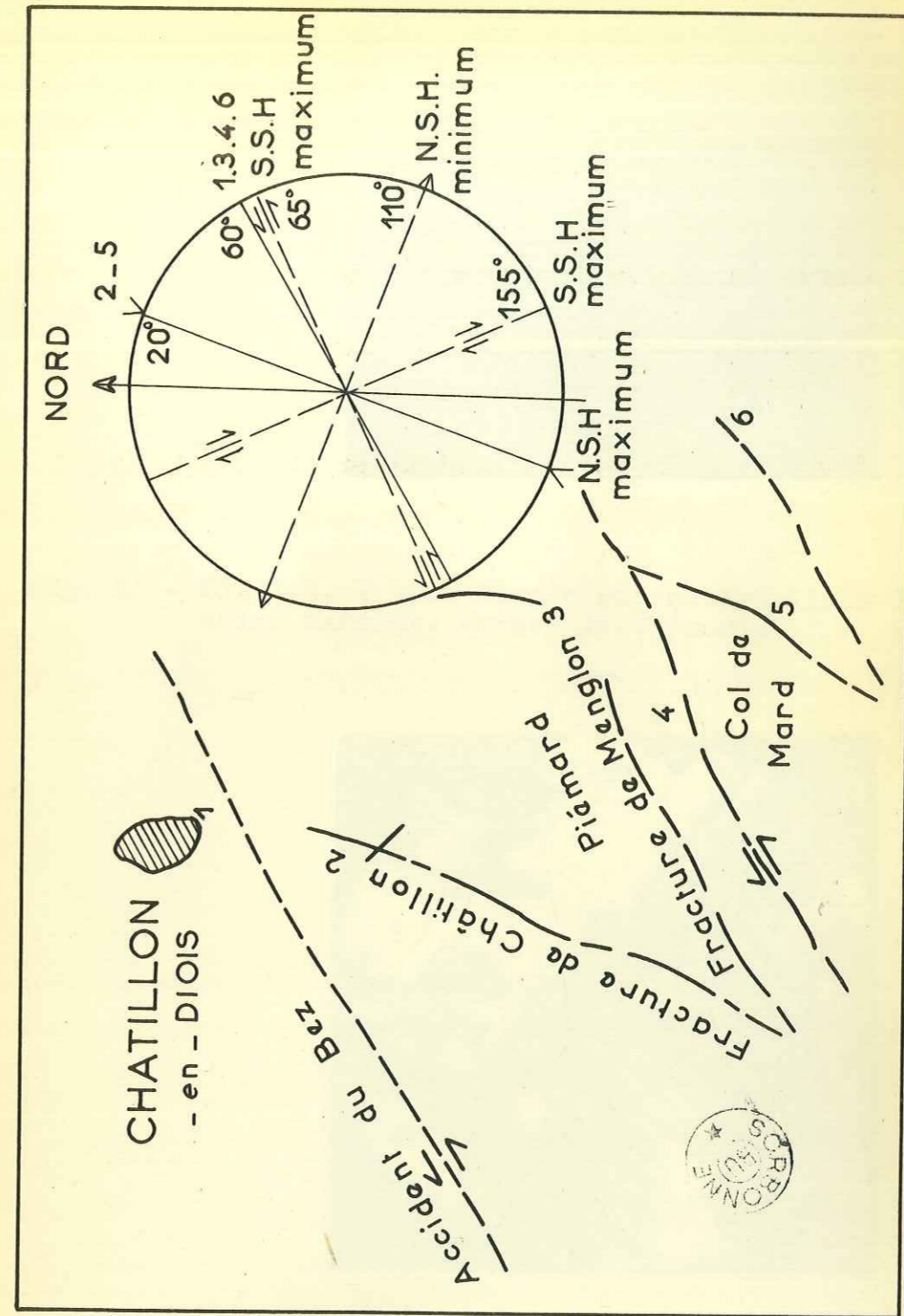


Fig.17- Analyse du réseau de fractures des quartiers de PIEMARD

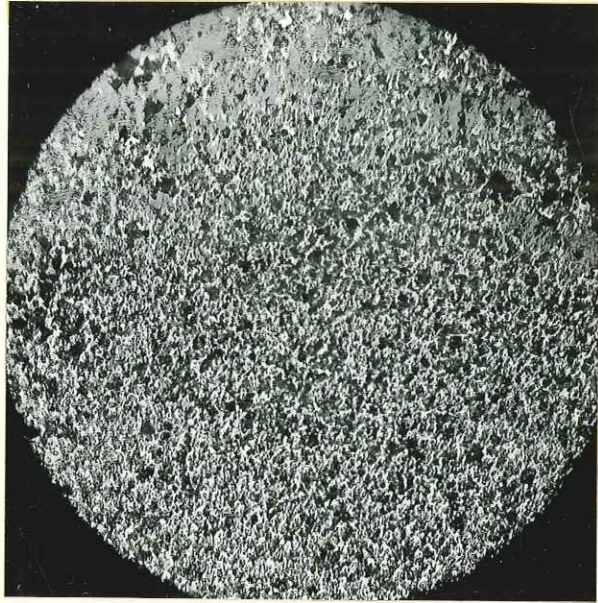


Fig. 18 - SP. L.N. X 100. Blende microcristalline dans un calcaire marneux. Verses de Piémard.



Fig. 19 - SP. L.P. X 60. Marcasite s'appuyant sur un cristal de pyrite broyé, dans une gangue de calcite. Verses de Piémard.



Fig. 20 - SM. L.N. X 8 environ. Élément calcitique de la brèche du quartier de La Chapelle, broyé en minces fragments comportant des rubans de galène (noir). Chaque fragment est lui-même enrobé de galène, le tout étant cimenté par de la calcite limpide.



Fig. 21 - SM. L.N. X 5 - Ruban de calcite limpide, s'appuyant sur une plage de calcite laiteuse broyée d'un élément de la brèche du quartier de La Chapelle. Noter les contours courbes de cet élément de brèche tectonique, dus à la nature du ciment. Smithsonites et limonites ayant plus ou moins "digéré" la calcite.



Fig. 22 - SM. L.N. X 2,5. Smithsonites ferrifères en rhomboèdres zonés. Quartier de La Chapelle.



Fig. 23 - Smithsonite grise, concrétionnée, de la mine de Piémard.

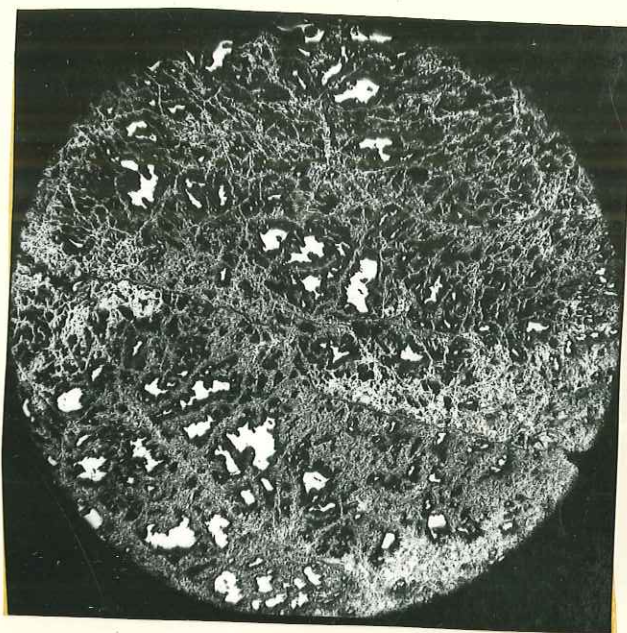


Fig. 24 - SP. L.P. X 20 - Marcasite dans des géodes ménagées par un feutrage de goethite et lépidocrocite. Galerie des Tonnonns. Concession de Meuglon.

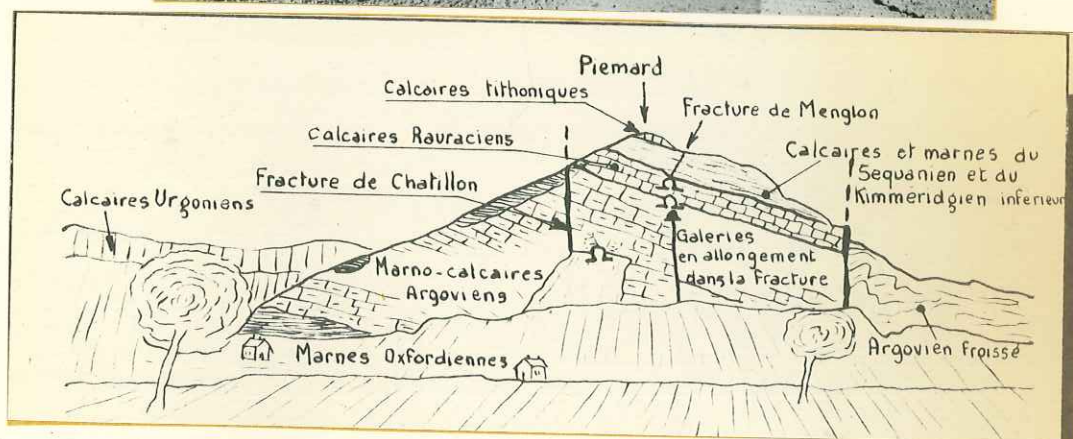
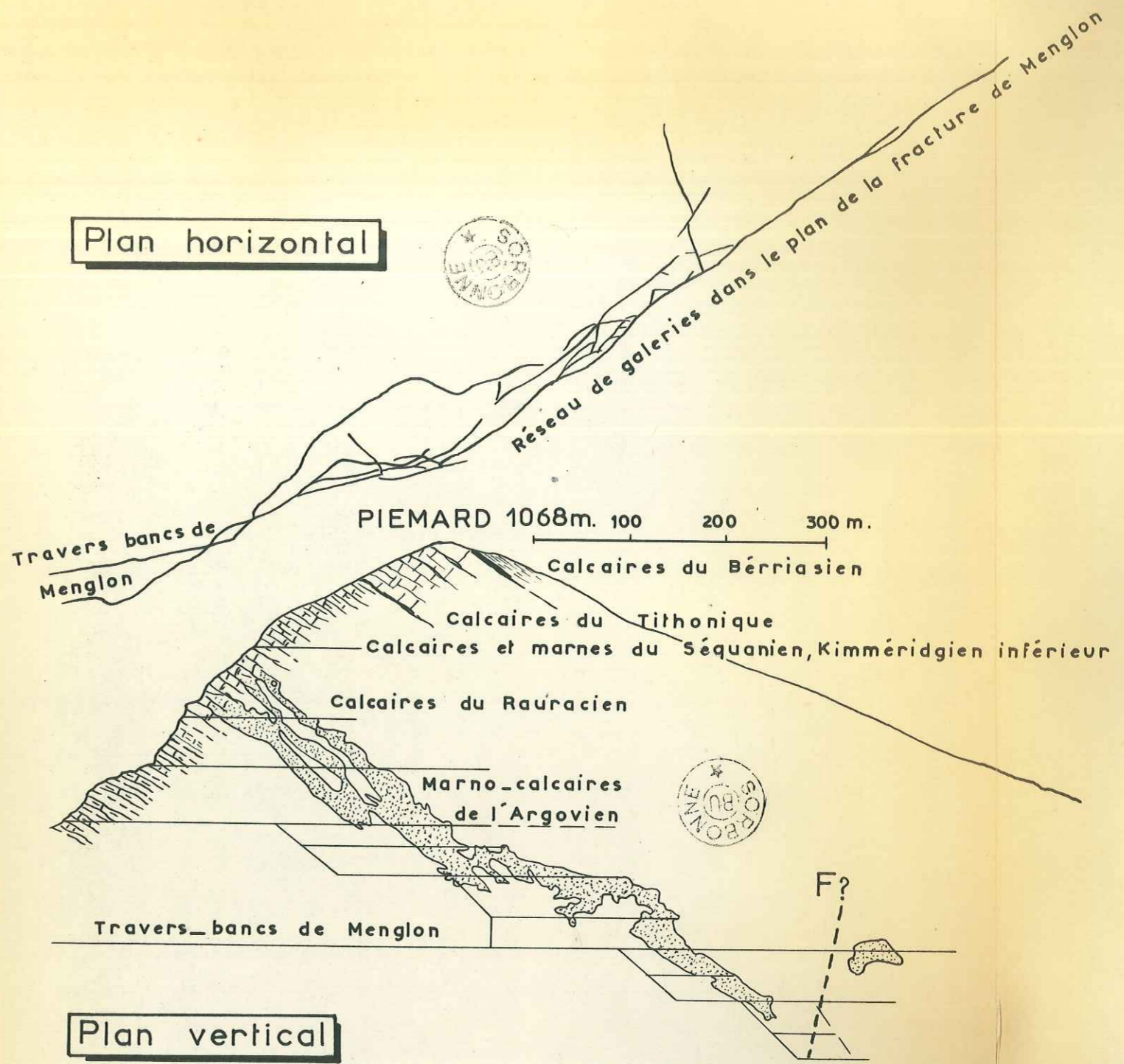


Fig. 25 - La Montagne de Piémard

Plan horizontal



Plan vertical

Fig.26 . Plan horizontal et vertical de la Mine de Piémard

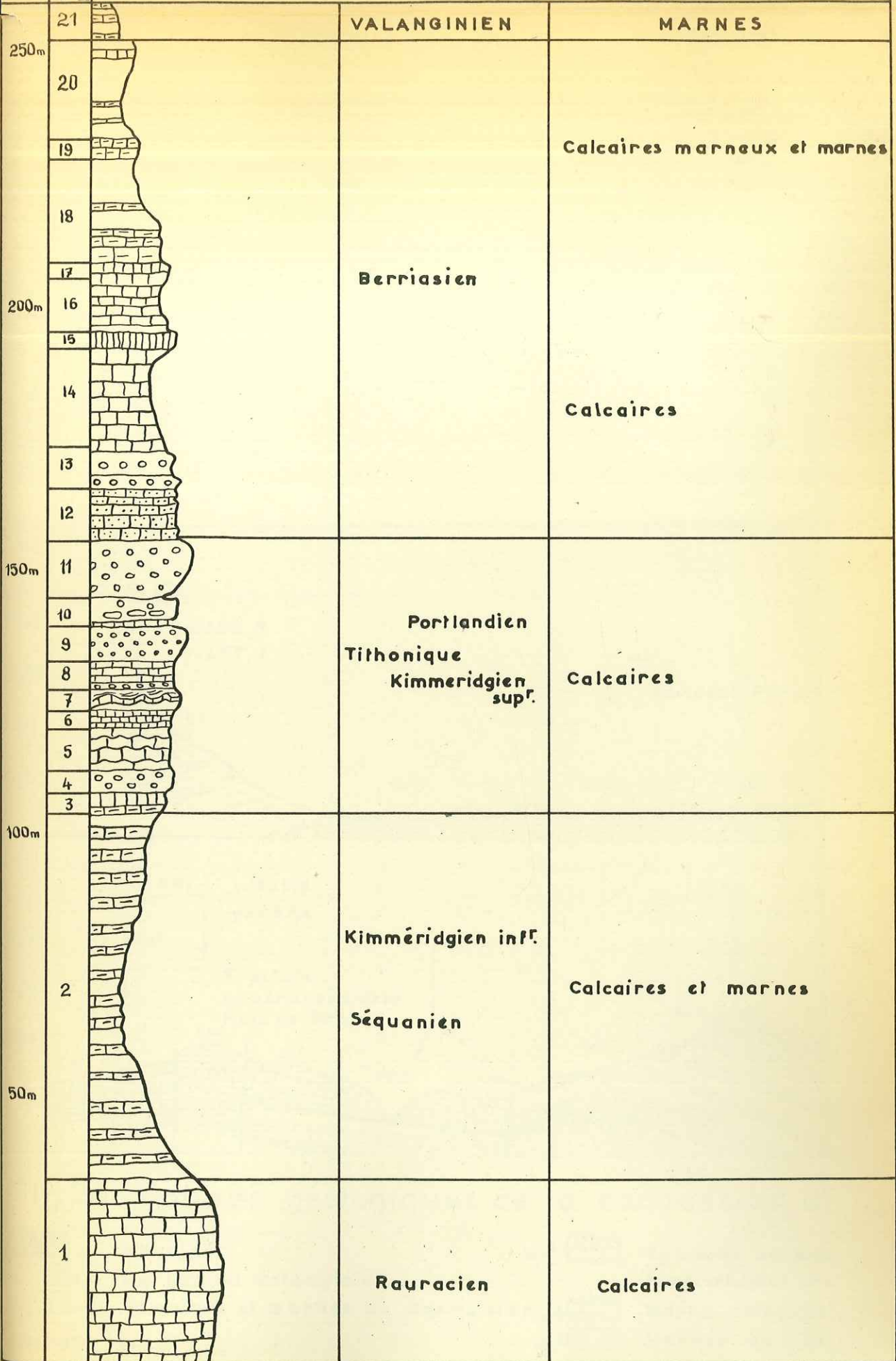
Fig. 27 - COUPE LITHOLOGIQUE DU PAS DU GOURE

		21	Lits de marnes grises à patine jaune ocre. Faune d'Ammonites pyriteuses abon- dantes.
	20 m.	20	Lits de marnes grises à patine jaune ocre avec petits bancs de calcaires mar- neux à cassure crème clair
	3 m.	19	Calcaires à cassure crème clair en bancs de 20 à 30 cm.
	20 m.	18	Lits de marnes grises à patine jaune ocre avec minces bancs de calcaires mar- neux à cassure crème clair.
	3 m.	17	Calcaires à cassure crème clair en bancs de 40 à 50 cm.
BERRIASIEN	10 m.	16	Calcaires à cassure crème clair en bancs de 20 à 30 cm avec lits de marnes calcai- res en plaquettes.
	3 m.	15	Calcaires à cassure crème clair en bancs de 50 cm
	20 m.	14	Calcaires à cassure crème clair en bancs de 30 cm avec lits de marnes calcaires en plaquettes
	7 m.	13	Conglomérats à ciment et éléments cal- caires à la base et au sommet et séparés d'un banc de calcaire à cassure crème clair.
	10 m.	12	Microconglomérats à ciment et éléments calcaires séparés par quelques petits bancs de calcaires à cassure crème.
	10 m.	11	Conglomérats à ciment et éléments cal- caires séparés par quelques petits bancs de calcaires à cassure crème.

	6 m.	10	Conglomérats à ciment et éléments calcaires avec lentilles de marnes calcaires et de calcaires marneux emballés - cette assise est séparée de la précédente par un petit banc de calcaire.
	6 m.	9	Conglomérat à ciment et éléments calcaires.
TITHONIQUE = KIMMERIDGIEN	5 m.	8	Calcaires à cassure crème en bancs de 40 cm surmontant ^{des} niveaux microconglomératiques et conglomératiques à ciment et éléments calcaires.
SUPERIEUR PORTLANDIEN	4 m.	7	Calcaires marneux à cassure crème à stratification mamelonnée affectée de slumping et séparés de l'assise inférieure par un petit banc de calcaire de 10 cm.
	3 m.	6	Microconglomérat à ciment et éléments calcaires.
	8 m.	5	Calcaires à cassure gris bleuté en bancs de 30 cm avec délits de marnes surface de stratification mamelonnée.
	4 m.	4	Calcaires à cassure crème avec au-dessus microconglomérats et conglomérats à ciment et éléments calcaires.
	3 m.	3	Calcaires à cassure gris bleuté à crème en bancs de 30 cm avec une tendance à s'unir pour former de gros bancs
KIMMERIDGIEN INFERIEUR et SEQUANIEN	70 m.	2	Alternance de calcaires marneux à cassure gris bleuté et de marnes grises plus ou moins calcaires.
RAURACIEN	35 m.	1	Calcaires faiblement marneux à cassure gris bleuté en bancs de 50 à 80 cm.

détail
de la
lithologie

Coupe lithologique du PAS DU GOURE - Ech: 1/1000^{me}



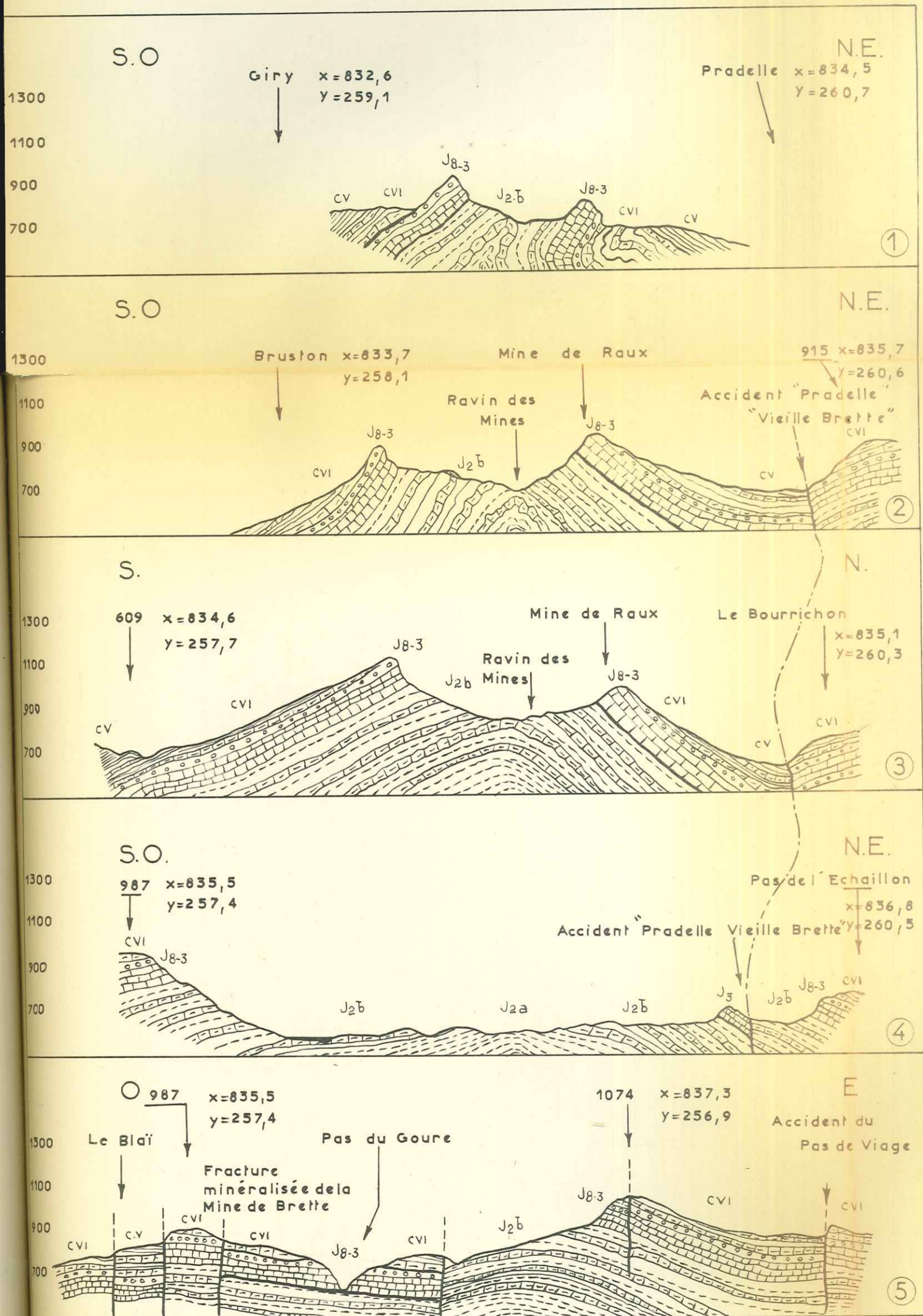


Fig.28. Coupes géologiques de la concession de BRETTE

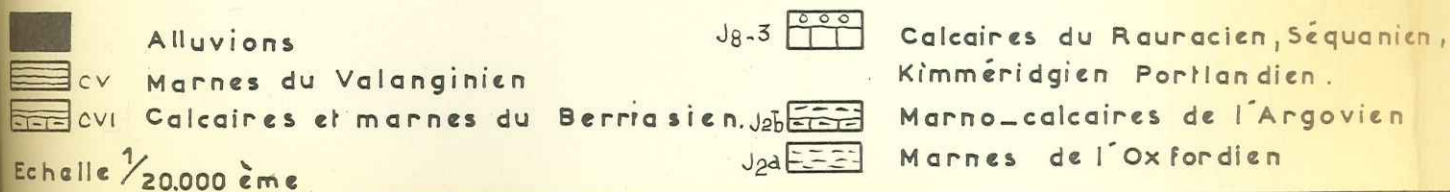


Fig. 29 - Analyse du réseau de fractures du secteur minéralisé de la concession de Brette.

N.S.H. Normal Stress horizontal
S.S.H. Shearing stress horizontal

Si l'on prend le N.S.H. maximum suivant la direction du filon de calcite de la mine de Raux et de la fracture de la mine de Brette, soit à 25° , les accidents de Reichas et les accidents 4 et 5 (175°) correspondent aux deux directions de S.S.H. maximum (70° et 160°), à 15° près. Les sens de déplacements réels sont conformes à ceux de la théorie.

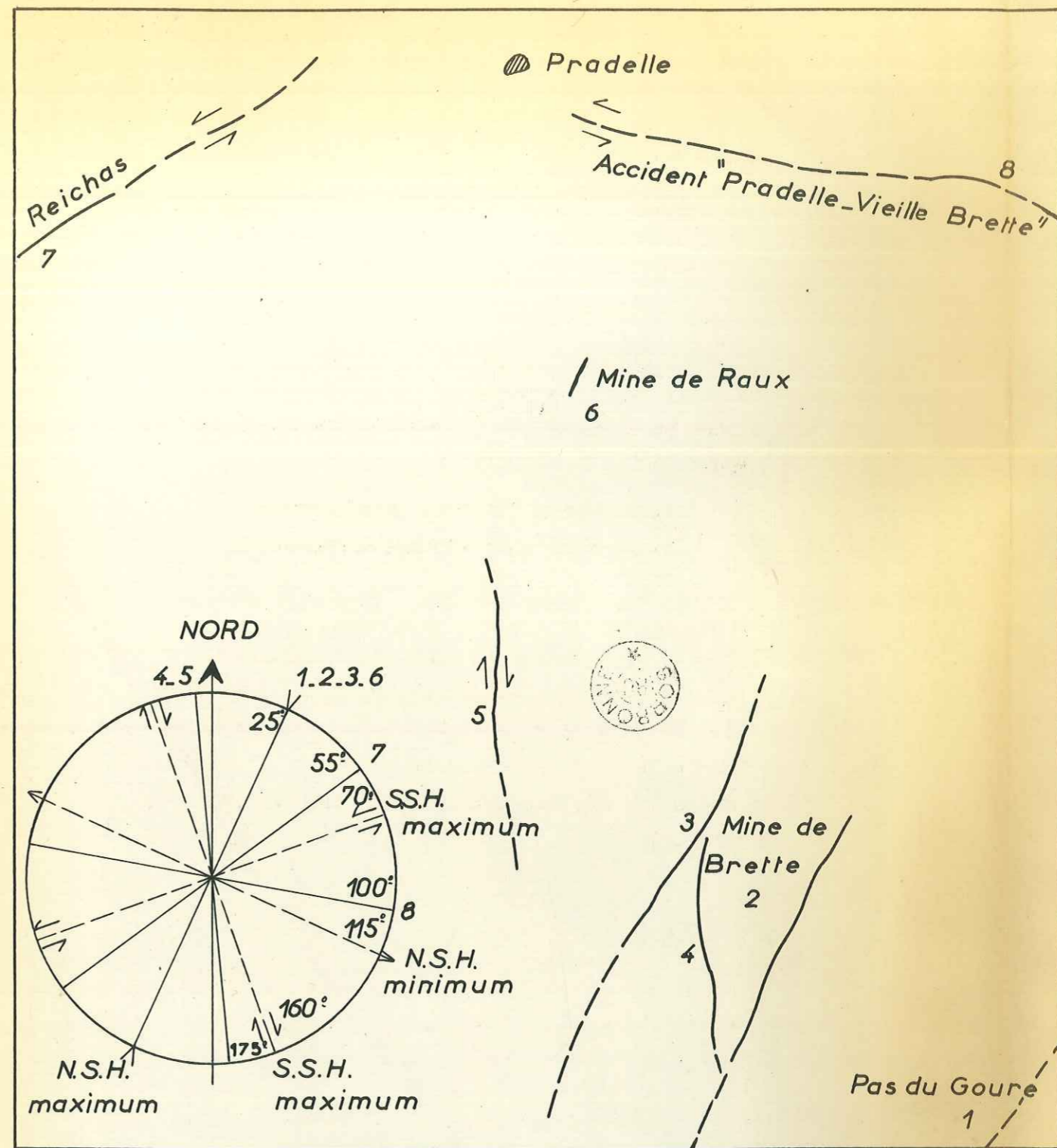


Fig. 29. Analyse du réseau de fractures du secteur minéralisé de la concession de BRETTE

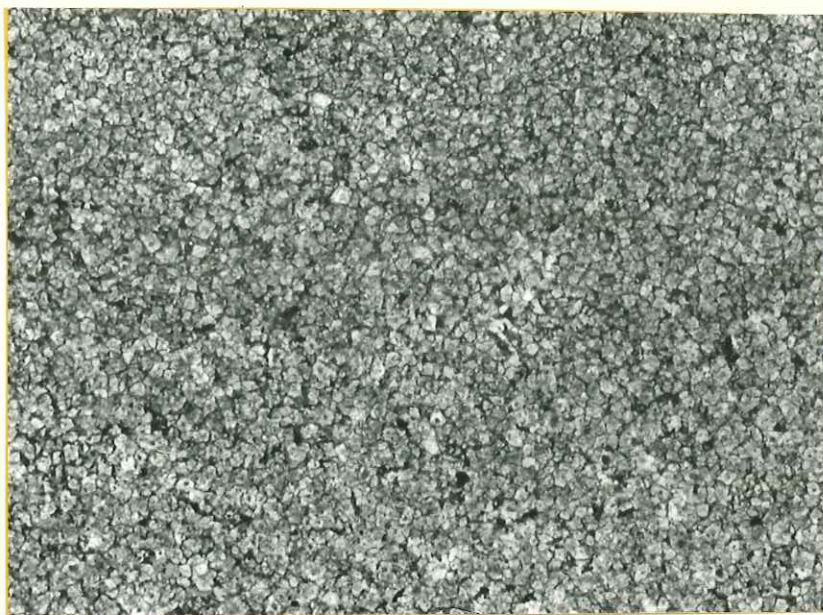


Fig. 30 - SM. L.N. X 15 - Smithsonite microcristalline.
Mine de Raux.

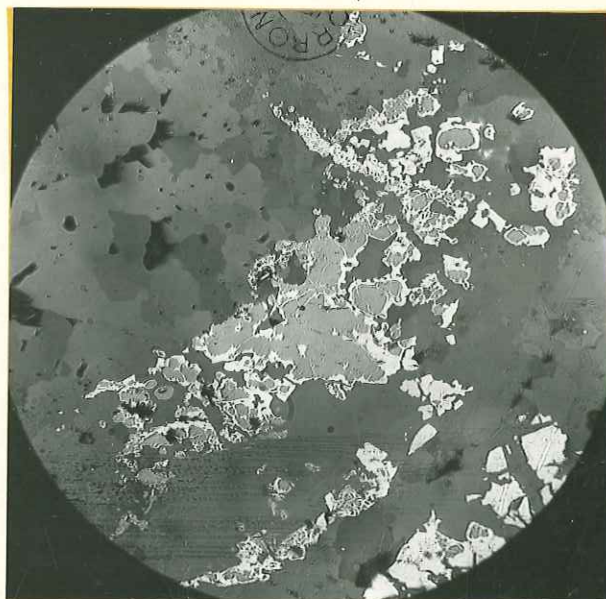


Fig. 31 - SP. L.N. X 60 - Galène enrobant des plages blendeuses
dans une smithsonite microcristalline. Mine de Raux.

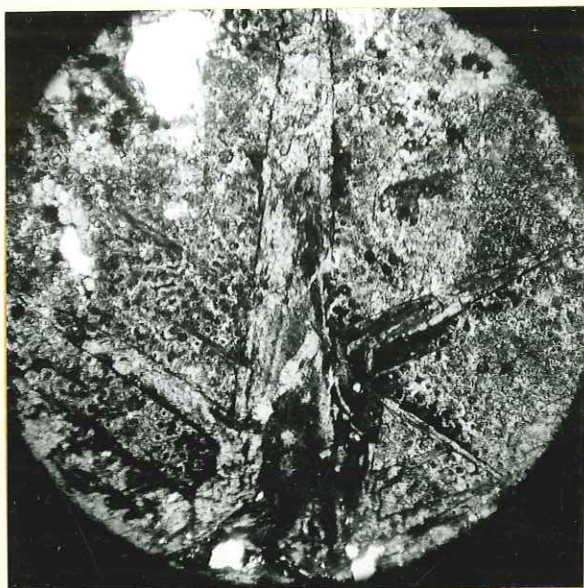


Fig. 32 - SM. L.N. X 25 - Cristaux de cérusite maclés dans une "gangue" de smithsonite microcristalline. Mine de Raux.

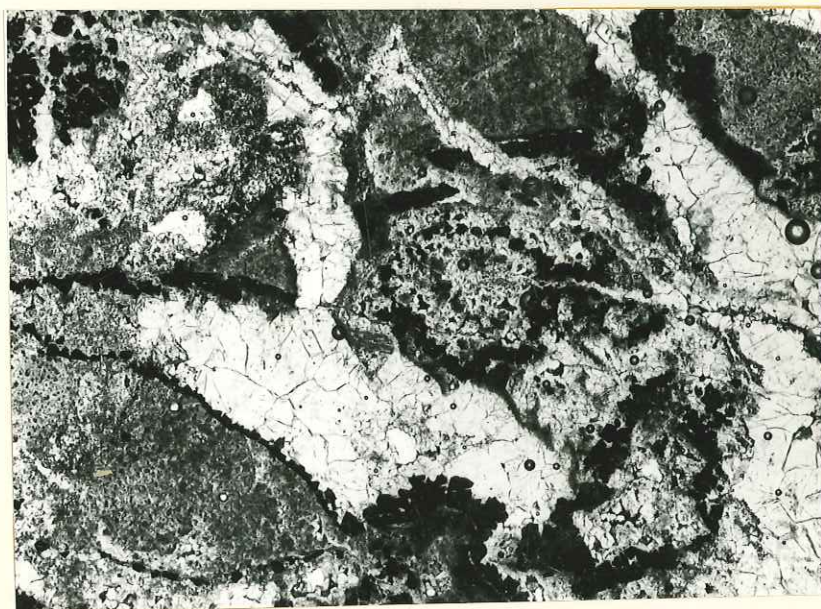


Fig. 33 - SM. L.N. X 10 - Brèche à éléments de smithsonite microcristalline (gris foncé) enrobés de cristaux de galène (noirs), le tout cimenté par de la smithsonite blanche. Mine de Raux.

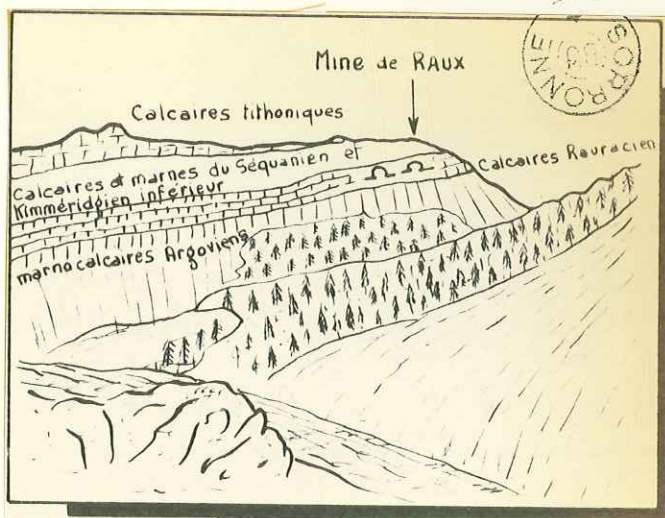


Fig. 34 - La Mine de Raux sur le flanc nord de l'anticlinal de Brette.



Fig. 35 - Smithsonite microcristalline (grise) interstratifiée, englobant un résidu calcitique (premier groupe de travaux). Mine de Raux.

Fig. 37 - COUPE LITHOLOGIQUE DE LA ROUTE DE CHARENS

VALANGINIEN		26	Marnes grises à patine jaune ocre avec petits bancs de calcaires marneux. Faune d'Ammonites pyriteuses abondante
	90 m.	25	Marnes grises à patine jaune ocre avec bancs de calcaires marneux. En alternance avec les marnes au sommet. Bancs de calcaires détritiques roux
	5 m.	24	Calcaires marneux en bancs de 30 cm avec délits de marnes calcaires schisteuses.
	40 m.	23	Marnes grises à patine jaune ocre avec petits bancs de calcaires marneux et calcaires détritiques roux.
BERRIASIEN	5 m.	22	Calcaires marneux à patine jaune alternant avec marnes
	10 m.	21	Conglomérat à ciment calcaire fortement marneux, avec lentilles de marnes
	5 m.	20	Calcaires crèmes très clair en bancs de 20 à 30 m.
	8 m.	19	Conglomérat à ciment et éléments calcaires séparés de l'assise précédente par petits bancs de calcaires marneux à cassure crème.
	4 m.	18	Conglomérat à ciment et éléments calcaires
	5 m.	17	Calcaires à cassure crème en bancs de 20 à 30 cm.
	4 m.	16	Conglomérat à ciment et éléments calcaires crème.
	12 m.	15	Calcaires à cassure crème clair en bancs bien stratifiés de 30 à 40 cm devenant plus petits dans les 2 m supérieurs.

BERRIASIEN (suite)	9 m	14	Conglomérats à ciment et éléments calcaires
	3 m	13	Conglomérats à ciment calcaire fortement marneux et éléments de calcaires marneux.
TITHONIQUE =	9 m	12	Calcaires crème finement microconglomératiques surmontés par petits bancs de calcaires crème très clair
	5 m	11	Microconglomérats à ciment et éléments calcaires
PORTLANDIEN ET KIMMERIDGIEN SUPERIEUR	9 m	10	Conglomérat à ciment et éléments calcaires séparé du précédent par un banc de calcaire crème
	7 m	9	Conglomérats à ciment et éléments calcaires avec passées microconglomératiques
	7 m	8	Microconglomérats à ciment et éléments calcaires bien stratifiés avec à la base de petits bancs de calcaires crèmes et des microconglomérats à ciment et éléments calcaires avec quelques oolithes remaniées - lits interstratifiés de cherts
	10 m	7	Calcaires marneux à cassure gris bleuté en bancs de 20 à 30 cm avec délits de marnes calcaires schisteuses. Surface de stratification mamelonnée
	8 m	6	Alternance de calcaires à cassure crème à stratification mamelonnée et de marnes calcaires en plaquettes avec passées de microconglomérats à ciment et éléments calcaires.
KIMMERIDGIEN INFERIEUR ET SEQUANIEN	7 m	5	Calcaires à cassure crème à stratification mamelonnée et de marnes calcaires en plaquettes avec passées de microconglomérats à ciment et éléments calcaires.

KIMMERIDGIEN INFERIEUR ET SEQUANIEN	3 m.	4	Calcaires marneux à cassure gris bleuté en bancs de 10 cm et surfaces de stratification mamelonnées
	30 m.	3	Alternance de calcaires marneux à cassure gris bleuté en bancs de 20 à 30 cm et de lits de marnes calcaires grises. Surfaces de stratification mamelonnées.
	10 m.	2	Lits de marnes grises avec intercalation de calcaires marneux à cassure gris bleuté en bancs de 30 cm à 40 cm.
RAURACIEN		1	Calcaires faiblement marneux à patine grise à jaune

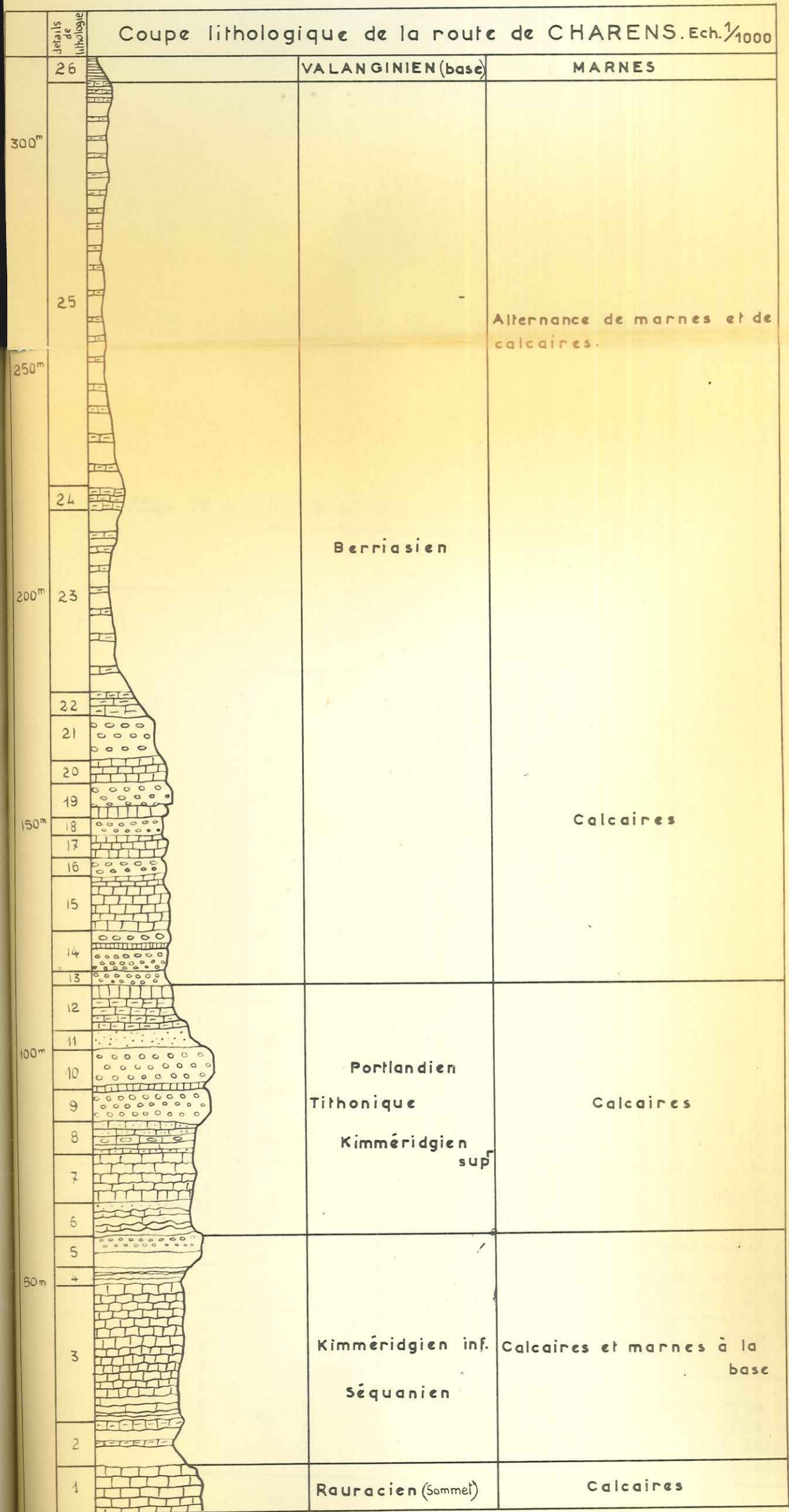
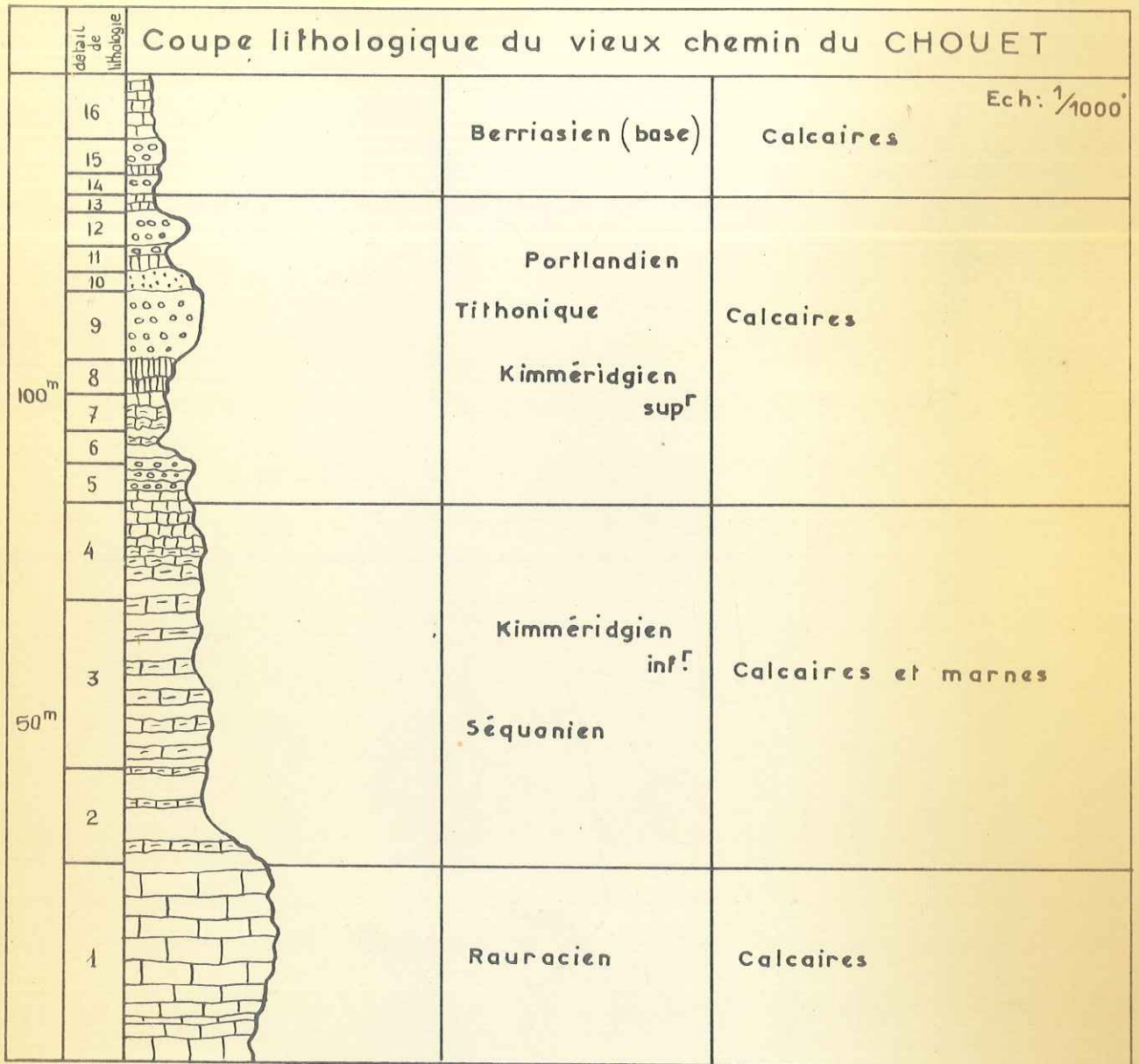


Fig. 38 - COUPE LITHOLOGIQUE DU VIEUX CHEMIN DU CHOUËT

		16	Alternance de calcaire à cassure crème et de microconglomérat à ciment et éléments calcaires
BERRIASIEN	5 m.	15	Conglomérats à ciment et éléments calcaires passant à microconglomérats avec lentilles plus marneuses. Cette assise est séparée de la précédente par un banc de calcaire à cassure crème de 20 cm.
	3 m.	14	Conglomérat à ciment et éléments calcaires
	3 m.	13	Calcaires à cassure crème clair en bancs de 10 cm.
	5 m.	12	Conglomérat à ciment et éléments calcaires, ciment plus marneux au sommet.
	3 m.	11	Calcaires à cassure crème de 30 à 40 cm avec au sommet niveau à mîches de calcaires
TITHONIQUE			
PORTLANDIEN	4 m.	10	Microconglomérats à ciment et éléments calcaires avec lentilles marneuses
et			
KIMMERIDGIEN	10 m.	9	Conglomérats à ciment et éléments calcaires = "pseudobrèches"
SUPERIEUR			
	5 m.	8	Microconglomérats à ciment et éléments calcaires en bancs de 80 cm à 1 m.
	6 m.	7	Calcaires à cassure crème, à passées rosées en bancs de 50 cm à 80 cm.
	5 m.	6	Calcaires marneux à cassure gris bleuté en bancs de 10 à 20 cm avec délits de marnes calcaires se faufiletant dans les surfaces de stratification mamelonnées.

	5 m.	5	Calcaires marneux à cassure gris bleuté en bancs de 40 cm, passées de conglomérats à ciment et éléments calcaires - surfaces de stratification mamelonnées
	15 m.	4	Calcaires faiblement marneux à cassure gris bleuté en bancs de 20 cm à surfaces de stratification mamelonnées - Tendance à s'unir pour former de gros bancs
KIMMERIDGIEN INFERIEUR ET SEQUANIEN	25 m.	3	Alternance de calcaires marneux à cassure gris bleuté en bancs de 10 à 20 cm à la base et 40 à 50 cm au sommet et de lits de marnes grises devenant subordonnées au sommet.
	15 m.	2	Lits de marnes à patine jaune largement prédominante sur de petits bancs de calcaires marneux à cassure gris bleuté
	30 m.	1	Calcaires faiblement marneux en bancs de 50 à 80 cm avec délits de marnes calcaires schisteuses, plus abondantes à la base et au sommet



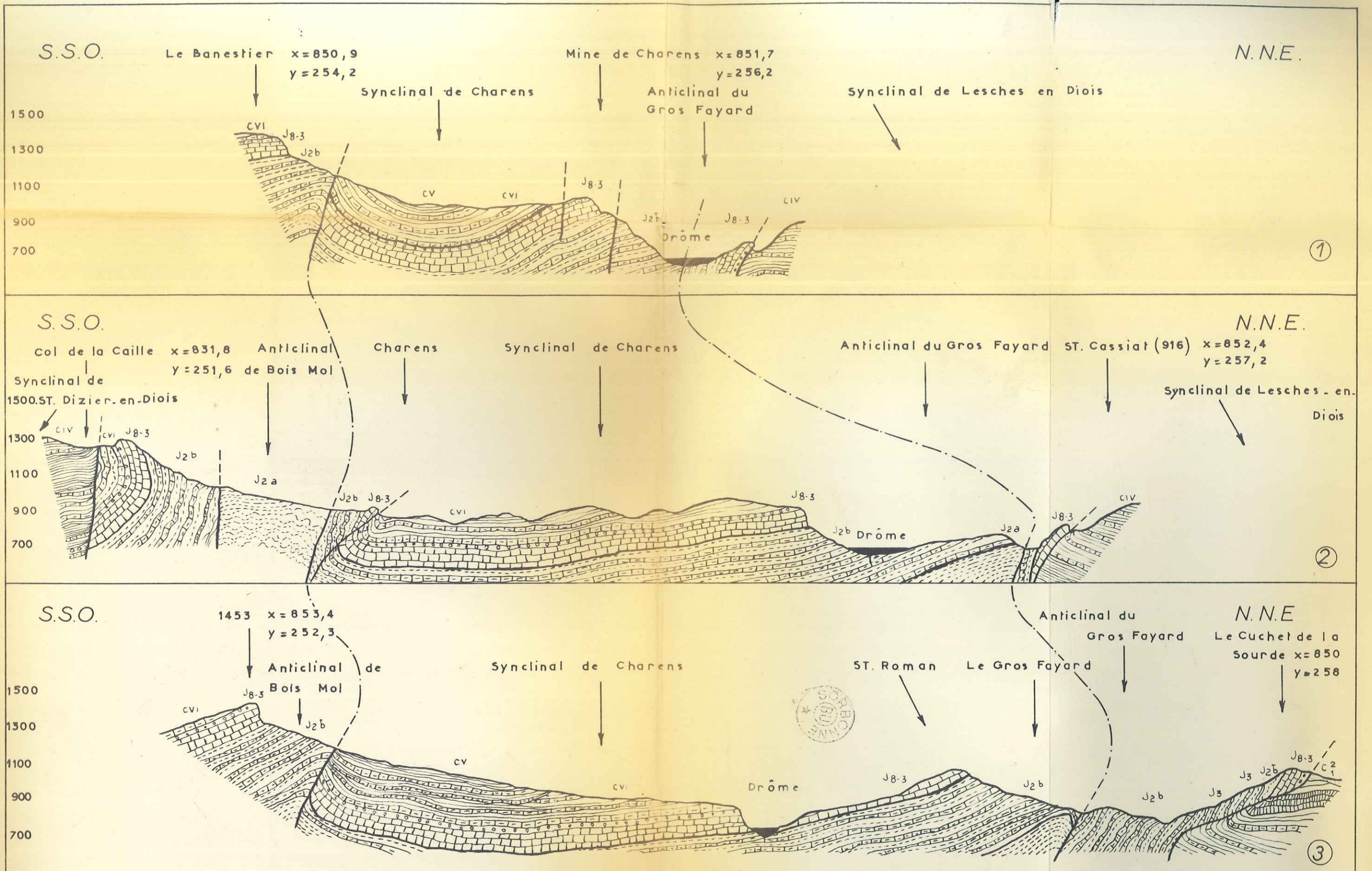


Fig. 39. Coupes géologiques de la concession des Prés et du secteur de la mine de Charens. Ech. 1/20.000



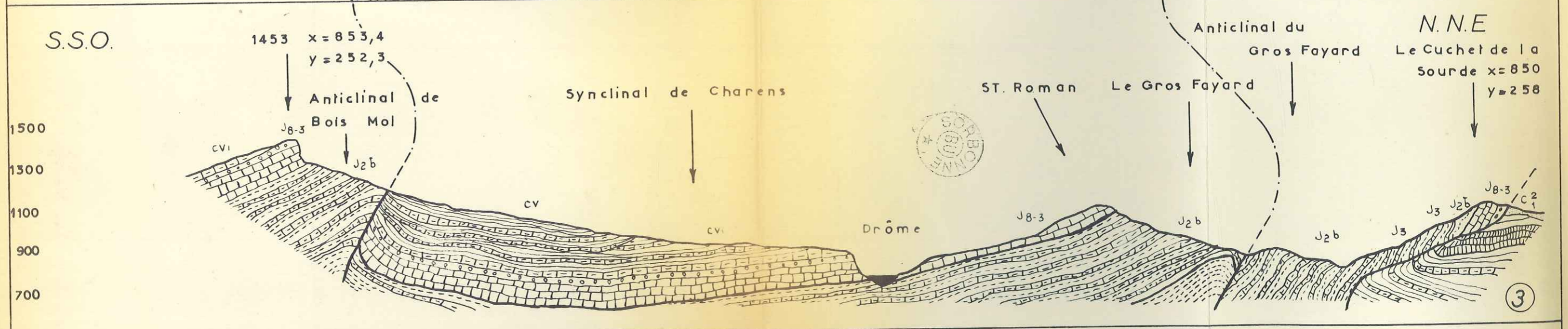
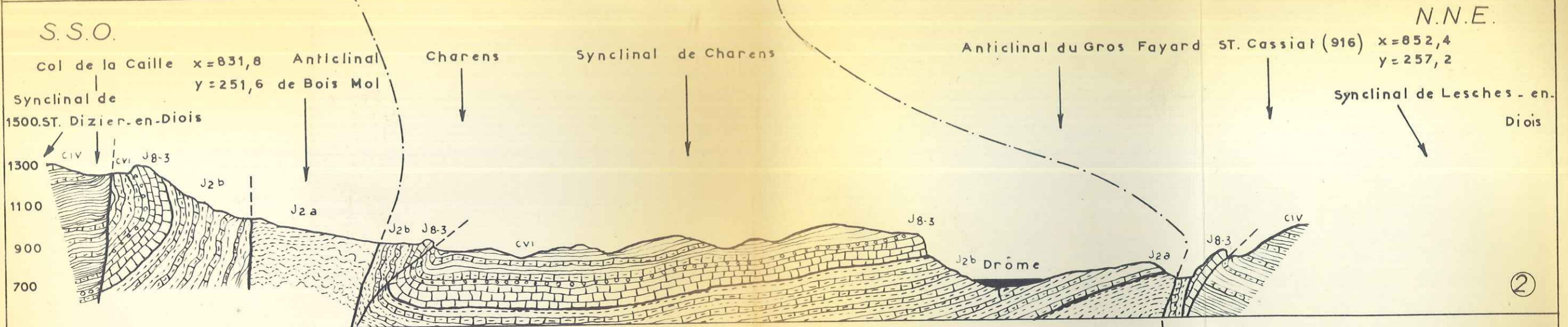
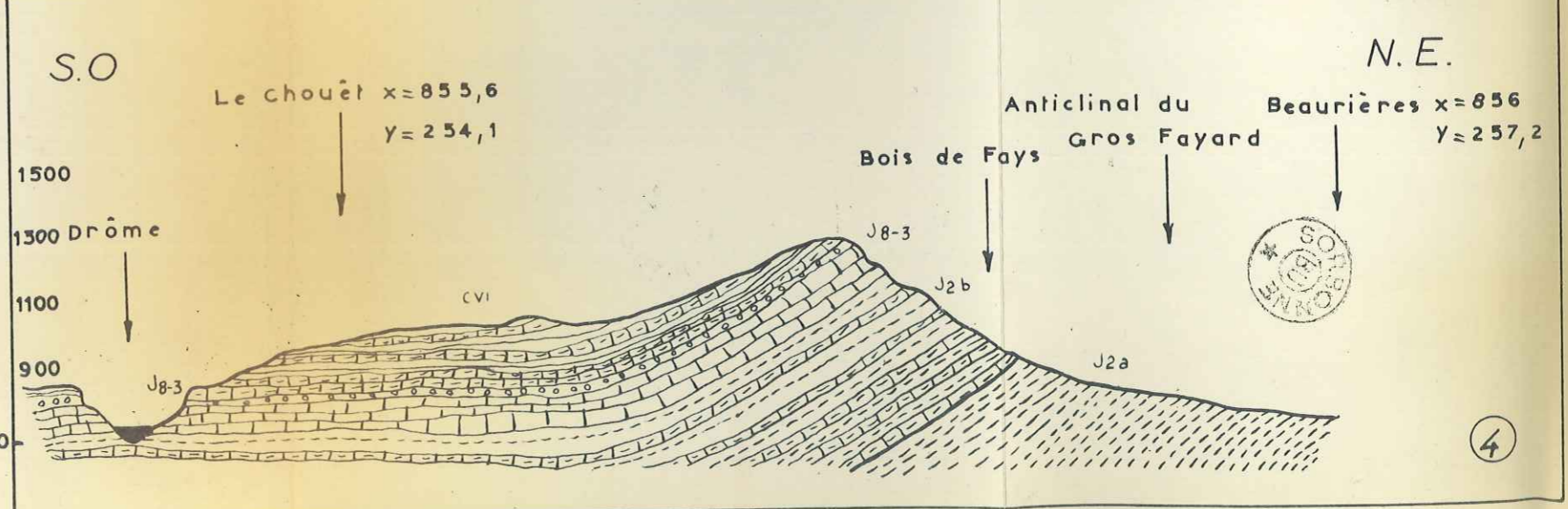


Fig. 39 - Coupes géologiques de la concession des Prés et du secteur de la mine de Charens. Ech. 1/20.000

- | | |
|--|---|
| | Alluvions. |
| | C ₂ Marnes de l'aptien supérieur. |
| | C _{III-II} Calcaires du Barremo-bedoulien. |
| | C _{IV} Marnes et calcaires de l'Hauterivien. |
| | CV Marnes du Valanginien. |
| | CVI Calcaires et marnes du Berriasien. |
| | J ₈₋₃ Calcaires du Rauracien, Séquanien, Kimméridgien Portlandien. |
| | J _{2b} Marno-calcaires de l'Argovien. |
| | J _{2a} Marnes de l'Oxfordien. |



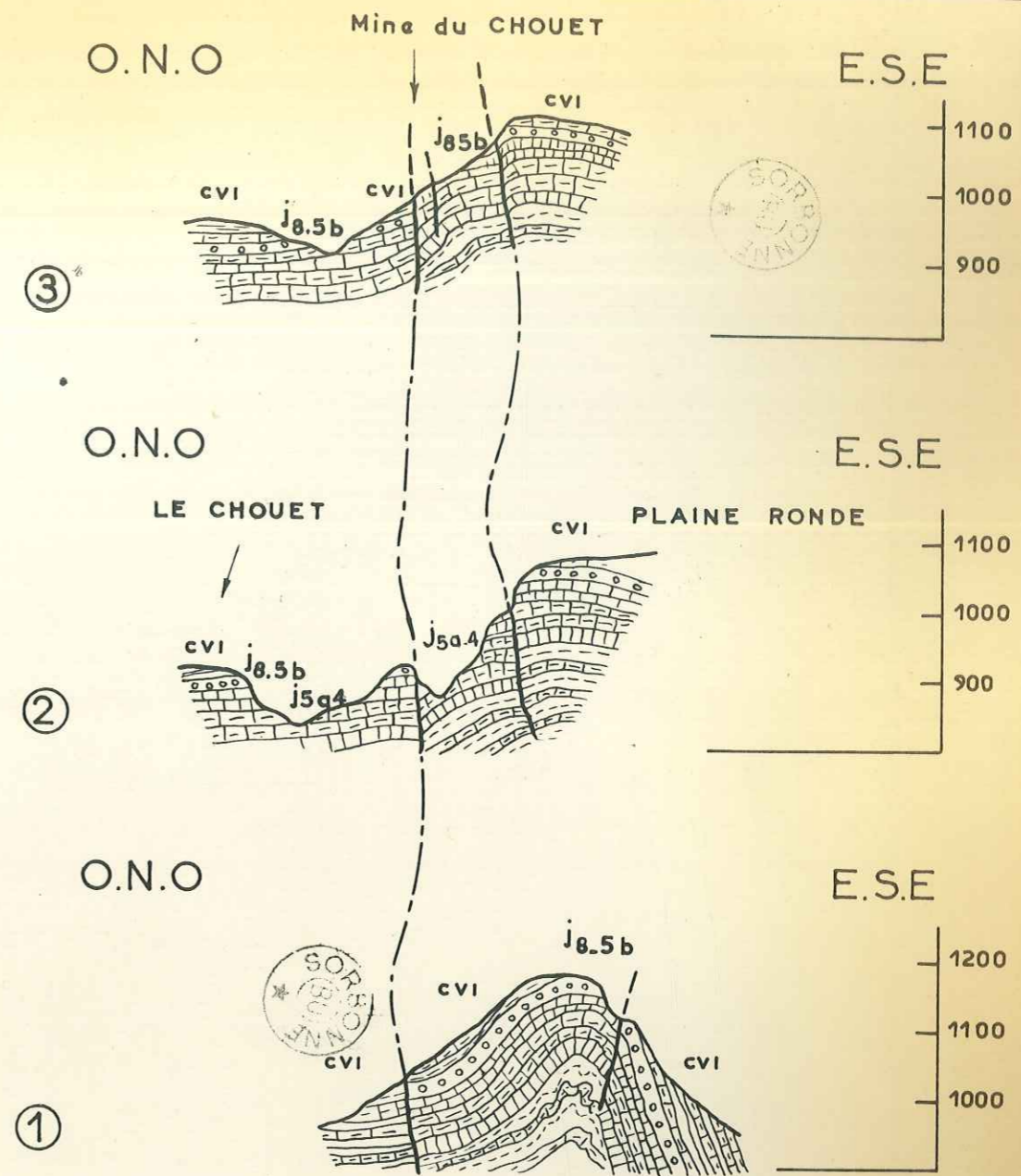


Fig. 40 Coupes géologiques du replis anticlinal de la Mine du CHOUET

1. Rive gauche de la DROME à 400 m. au N.E du col de ST. PIERRE.
2. Rive droite de la DROME.
3. Rive droite de la DROME au niveau de la mine du CHOUET.

cvi		Calcaires et marnes du Berriasien.
j8.5b		Calcaires du Tithonique.
j5a.4		Calcaires du Séquanien et du Kimméridgien inférieur.
j3		Calcaires du Rauracien.
j2b		Marno-calcaires de l'Argovien.



Echelle 1/10.000 ème

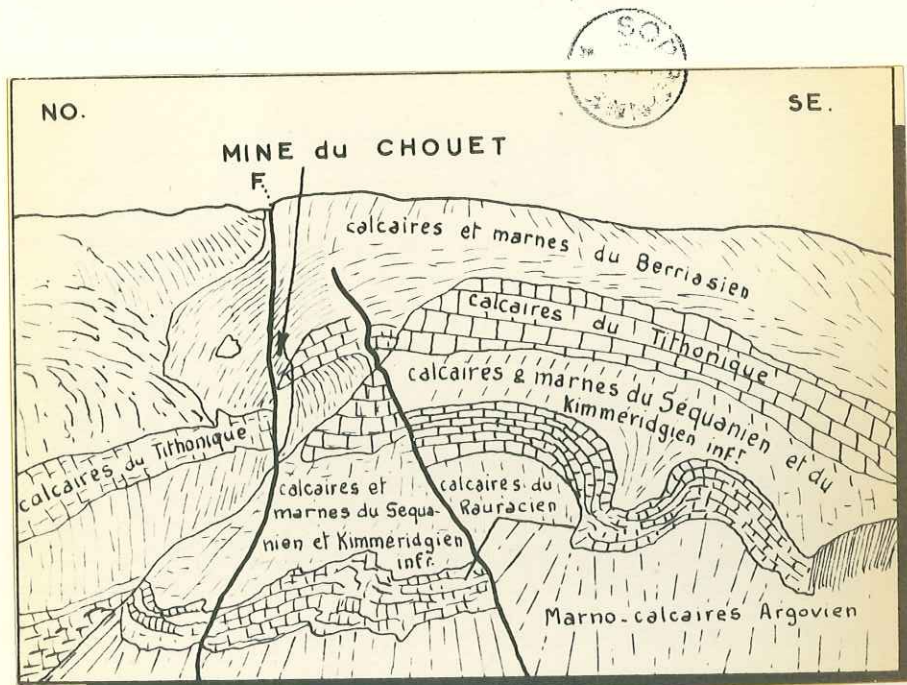


Fig. 41 - Replis anticlinal de la Mine du Chouët sur la rive droite de la Drôme.

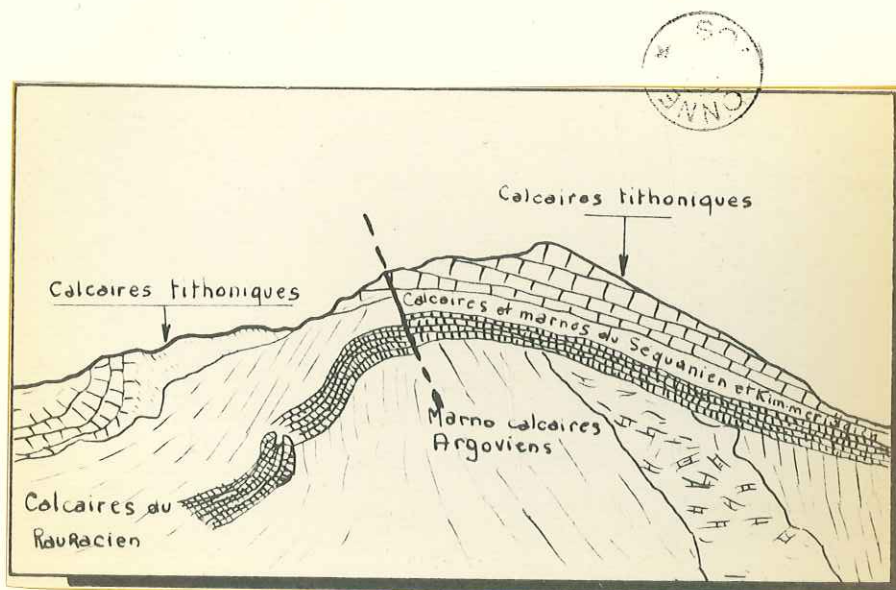


Fig. 43 - Repl. anticlinal de la mine du Chouët sur la rive gauche de la Drôme.



Fig. 43 - S.M. L.N. X 5 - Brèche de minéral de la mine du Chouët (Concession des Prés). Dans la partie droite de la préparation un élément de smithsonite microcristalline est entouré par un ruban de smithsonite zonée, en rhomboédres.

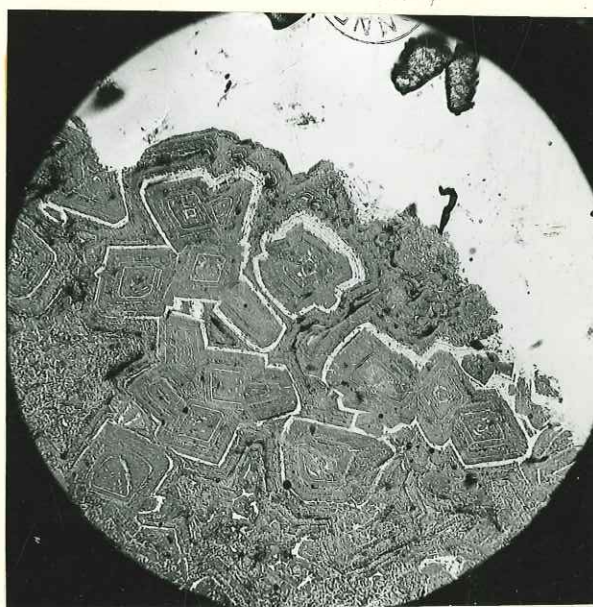


Fig. 44 - S.P. L.N. X 30 - Mine du Chouët (Concession des Prés) Remplacement de cristaux zonés de smithsonite microcristalline par de la galène. Pyrite (en relief) dans plage de galène au NE de la préparation.

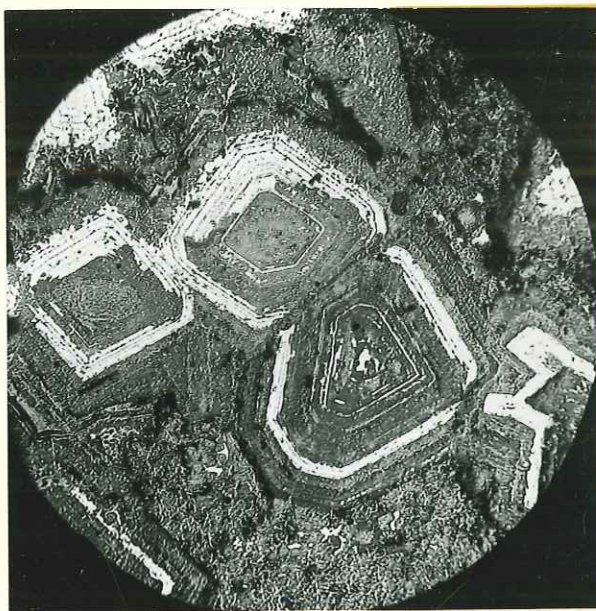


Fig. 45 - S.P. L.N. X 60 - Mine du Chouët (Concession des Prés)
Remplacement zone par zone de cristaux de smithsonite micro-
cristalline par de la galène.

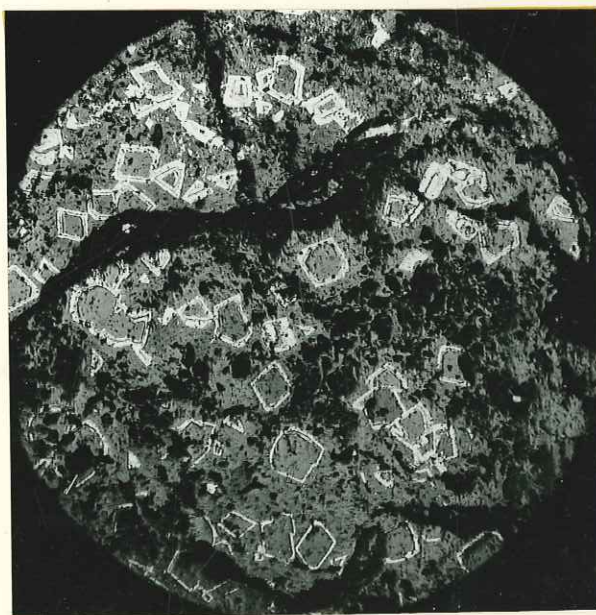
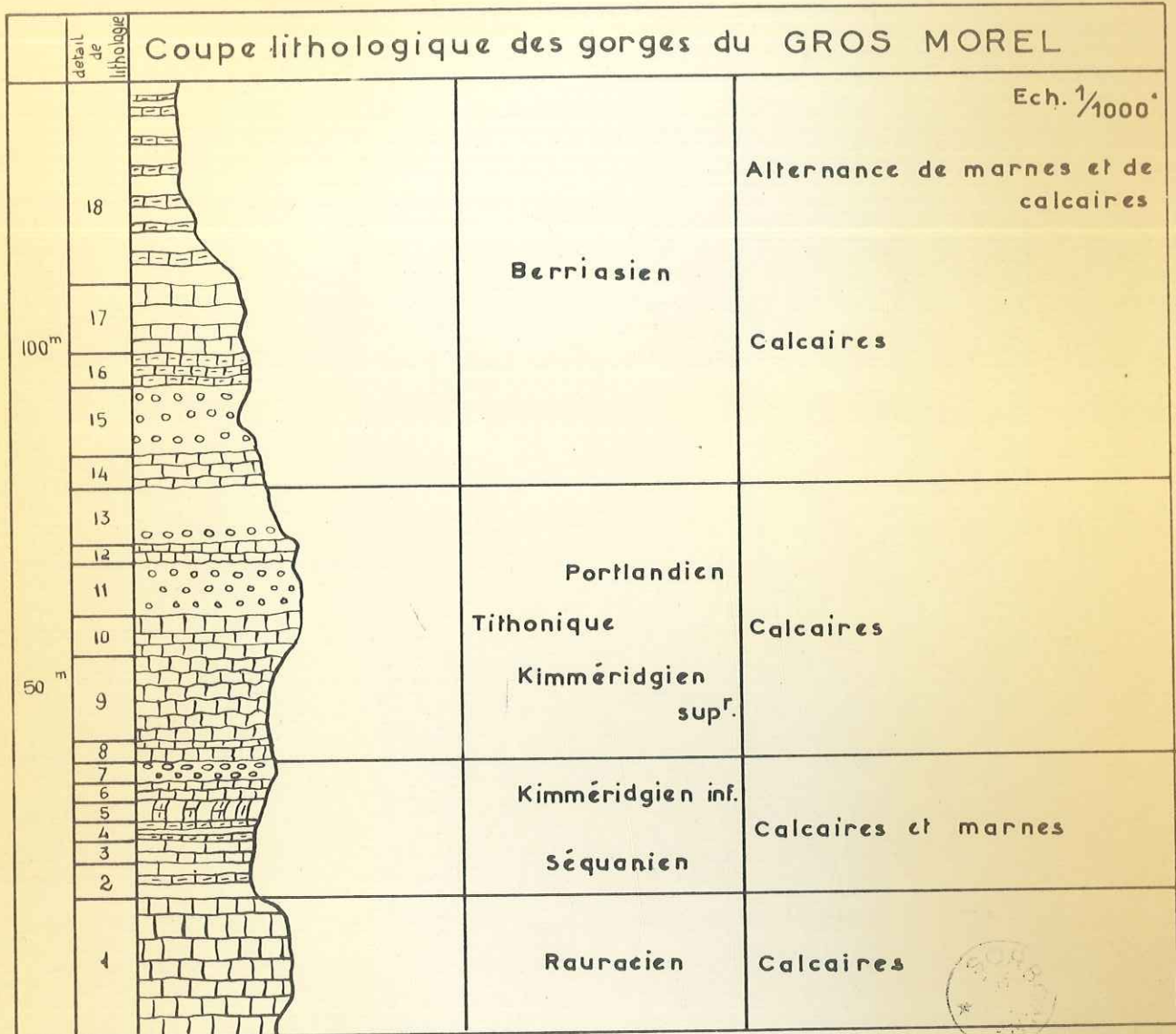


Fig. 46 - S.P. L.N. X 20 - Mine du Chouët (Concession des Prés)
Remplacement de cristaux de smithsonite microcristalline
au coeur d'un élément de brèche.

Fig. 48 - COUPE LITHOLOGIQUE DES GORGES DU GROS MOREL

		18	Calcaires marneux à patine jaune ocre à cassure crème claire alternant, en bancs de 20 à 30 cm, avec marnes
	10 m	17	Calcaires à cassure crème souvent grumeleux avec quelquefois des bancs fauchés
BERRIASIEN	5 m	16	Calcaires avec passées franchement conglomératiques.
	10 m	15	Conglomérat à ciment de calcaire fortement marneux et éléments calcaires à passées marneuses et calcaires.
	5 m	14	Calcaires à cassure crème en bancs de 40 à 50 cm.
	8 m	13	Conglomérat à ciment et éléments calcaires non classés et surmontés de calcaire massif sans stratification apparente
TITHONIQUE =	3 m	12	Calcaires à cassure crème en bancs de 30 à 40 cm
PORTLANDIEN			
et	8 m	11	Conglomérat à ciment et éléments calcaires avec au sommet passée graveleuse classée
KIMMERIDGIEN			
SUPERIEUR			
	3 m	10	Calcaires à cassure crème en bancs pouvant atteindre 1 m.
	18 m	9	Alternance des calcaires à cassure crème en bancs de 30 à 50 cm, et de petits bancs à stratification mamelonnée
	3 m.	8	Calcaires à cassure crème en bancs de 50 à 70 m.

	3 m	7	Passées de conglomérats à ciment et éléments calcaires
	3 m	6	Calcaires marneux à cassure gris bleuté en bancs de 30 cm. Surface de stratification mamelonnée
KIMMERIDGIEN	3 m	5	Lits de marnes grises avec petits bancs de calcaires marneux à cassure gris bleuté
INFERIEUR			
ET			
SEQUANIEN	3 m	4	Equivalent des bancs sous-jacents mais avec "fauchage" des couches.
	3 m	3	Calcaires de calcaires marneux à cassure gris bleuté en bancs de 30 cm
	5 m	2	Lits de marnes grises avec petits bancs de calcaires marneux à cassure gris bleuté
RAURACIEN	20 m	1	Calcaires faiblement marneux à cassure gris bleuté à crème foncé en bancs pouvant atteindre 1 m - de lits de marnes plus importants à la base et au sommet.



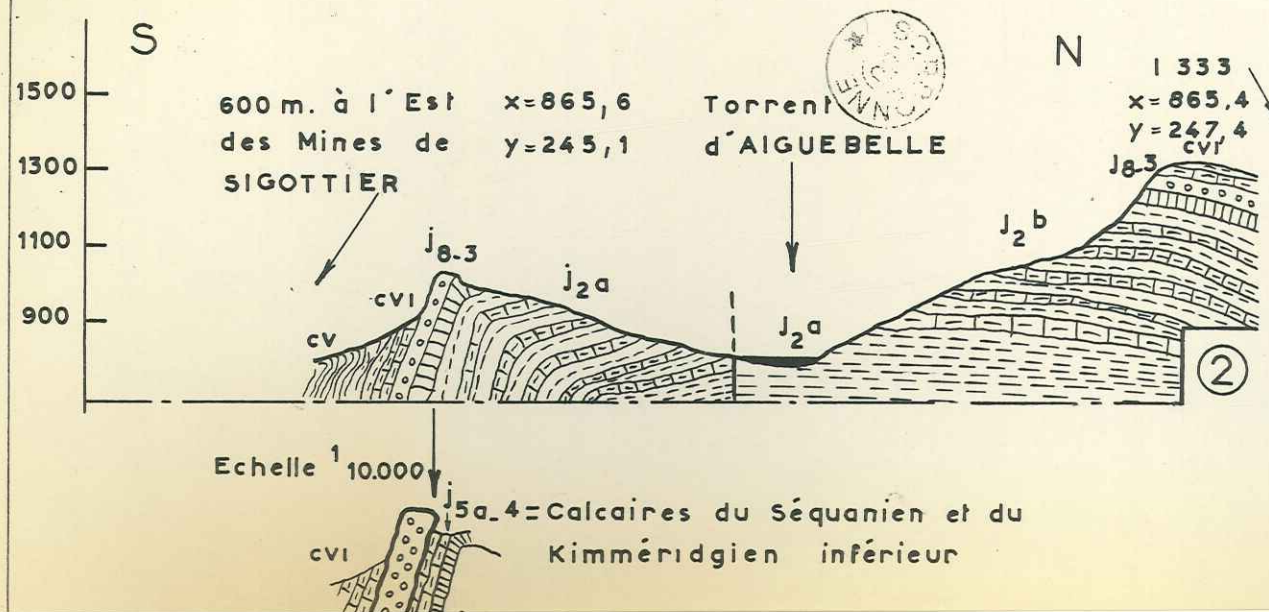
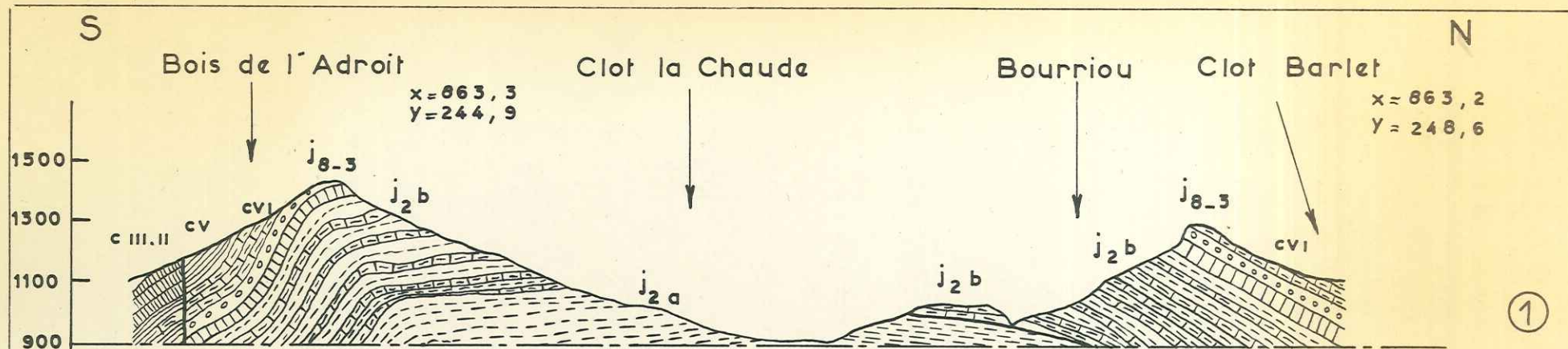
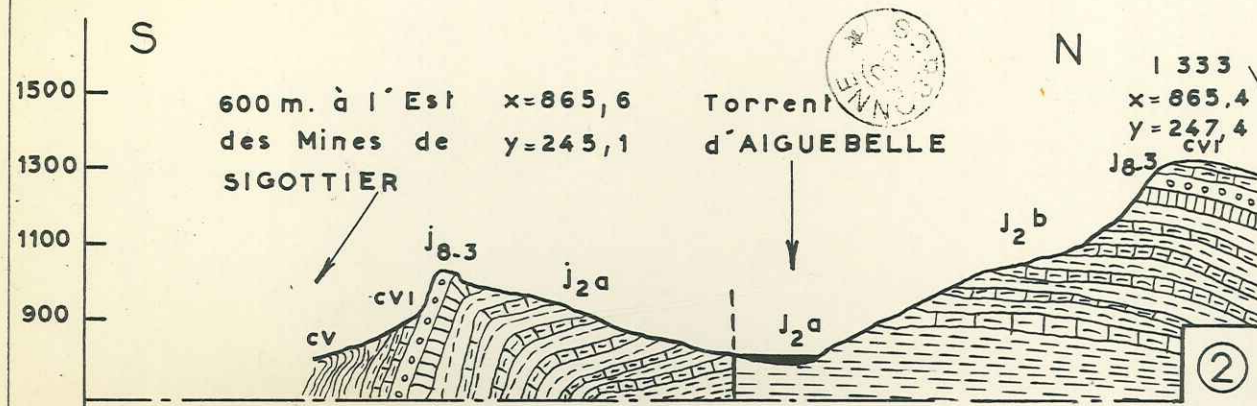
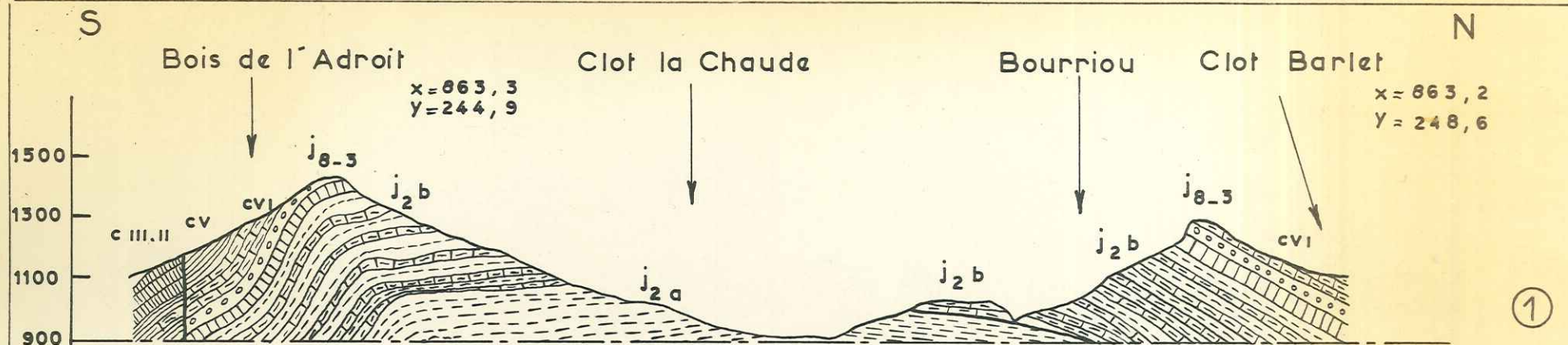


Fig. 49. Coupes géologiques de l'anticlinal de la PIARRE & SIGOTTIER. Echelle 1/20000

	Alluvions
	c _{VIII.II} Calcaires du Barremo-bédoulien
	c _{IV} Calcaires et marnes de l'Hauterivien
	c _V Marnes du Valanginien
	c _{VI}



Echelle 1/10.000

j_{5a-4} = Calcaires du Séquanien et du
Kimméridgien inférieur

cvI

Calcaires du
Tithonique

j_{8-5b}

3 Calcaires du Rauracien

Fig. 49. Coupes géologiques
de l'anticlinal de la PIERRE
& SIGOTTIER. Echelle 1/20.000

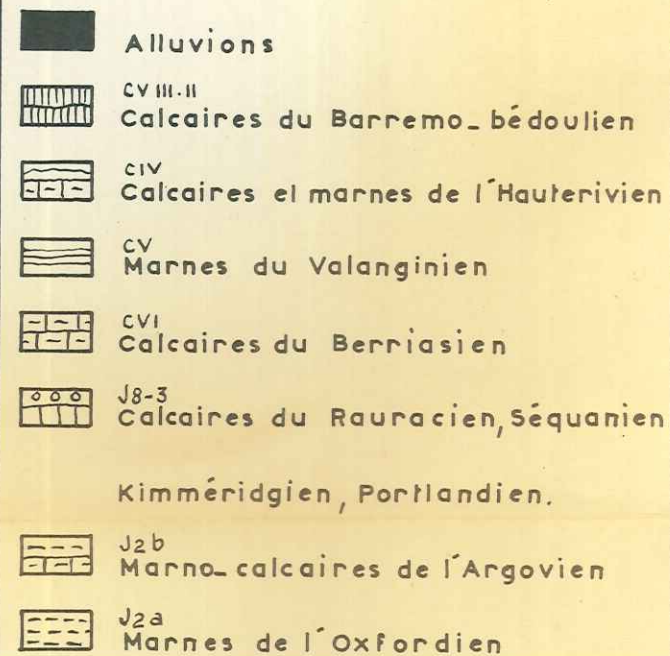




Fig. 50 - Empilement des blocs de calcaires du Jurassique supérieur, sur la rive droite du torrent d'Aiguebelle; au niveau des Gorges du Cros Morel.

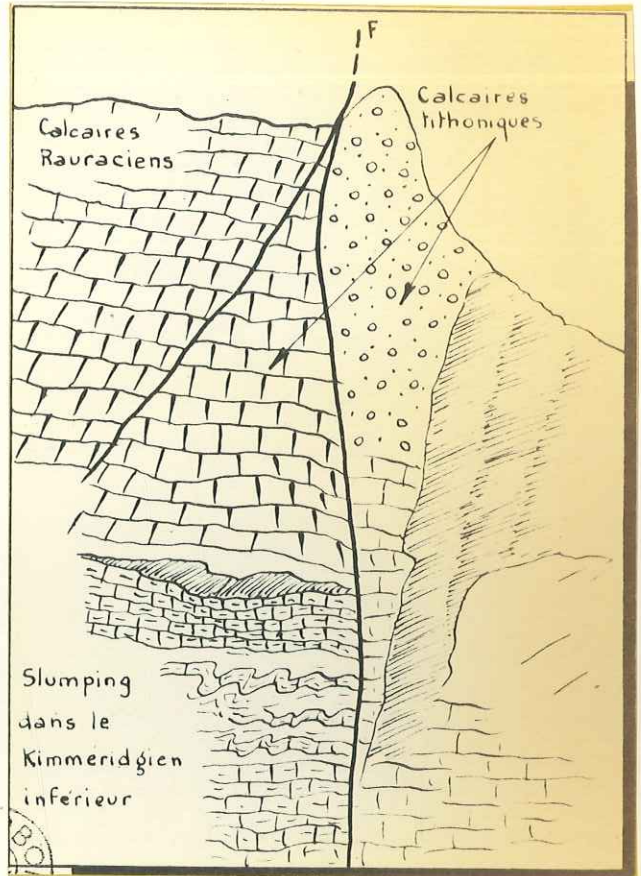


Fig. 51 - Fracture verticale sur laquelle s'embranche une cassure inverse. Front de falaise des gorges du gros Morel.

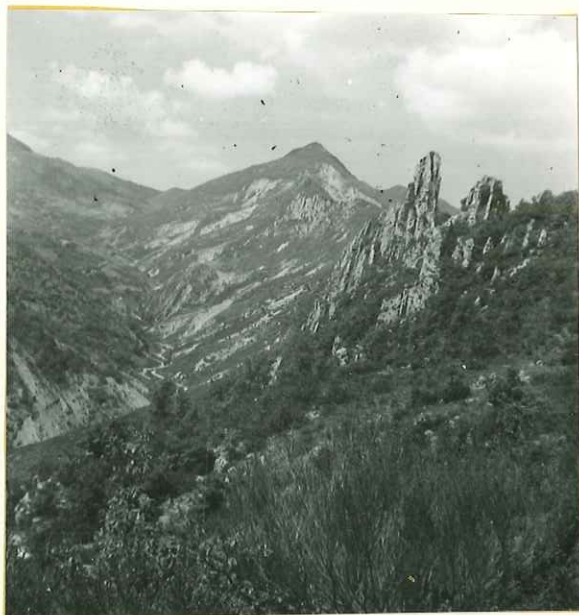


Fig. 52 - Flanc sud vertical de l'anticlinal de La Pierre dont les calcaires contenaient les amas de smithsonite des exploitations de Sigottier.

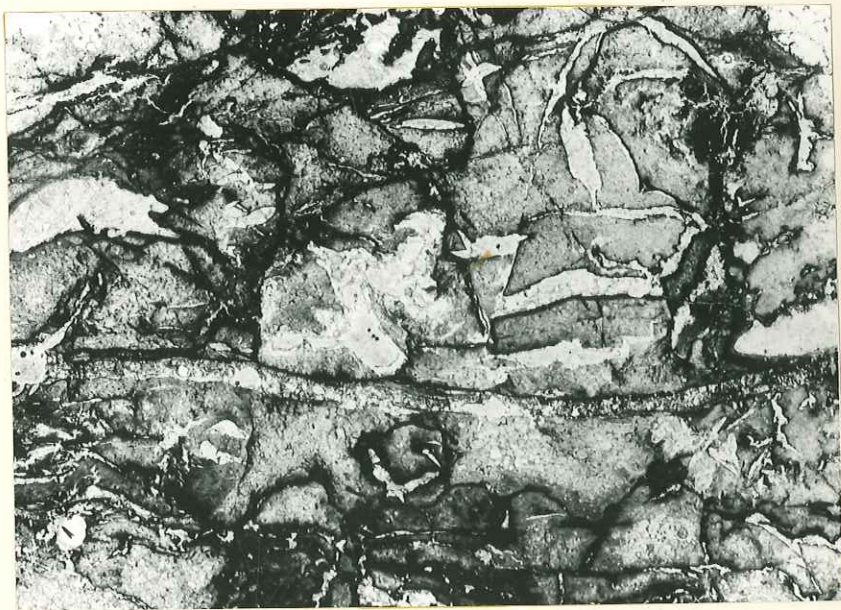


Fig. 53 - SM. L.N. X 5 - Smithsonite microcristalline sillonnée d'un réseau de fractures aux épontes desquelles s'implante la galène (noir). Les plages blanches sont constituées de smithsonite en rhomboèdres.

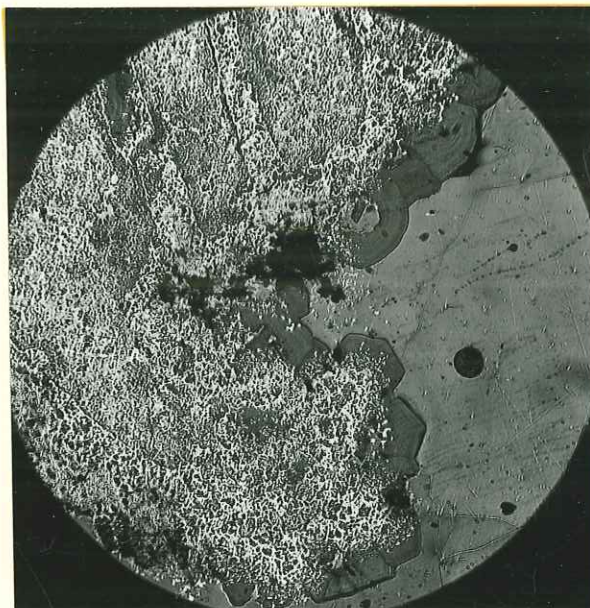


Fig. 54 - SP. L.N. X 20 - Rhomboèdres de smithsonite (gris foncé) tapissant les flancs d'une veinule dont le coeur est constitué de cérusite hyaline (gris) et poussant sur de la galène - cette dernière envahit, à l'Ouest et au Nord de la préparation, un fragment de smithsonite microcristalline.

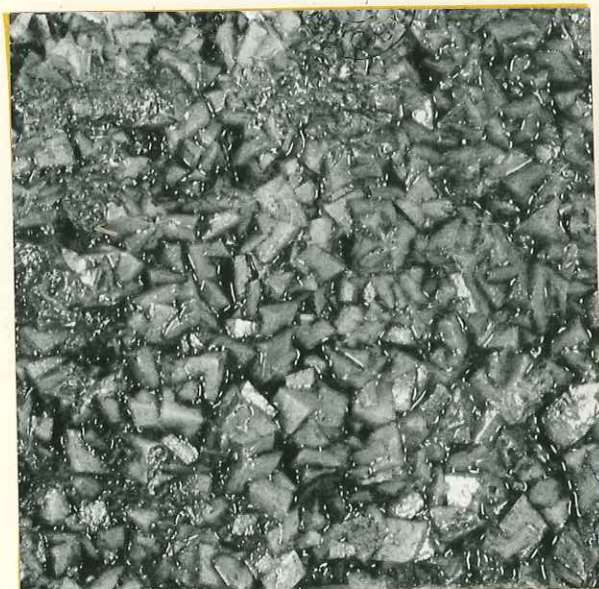


Fig. 55 - X 3. Rhomboèdres de smithsonite dans une géode du minéral.

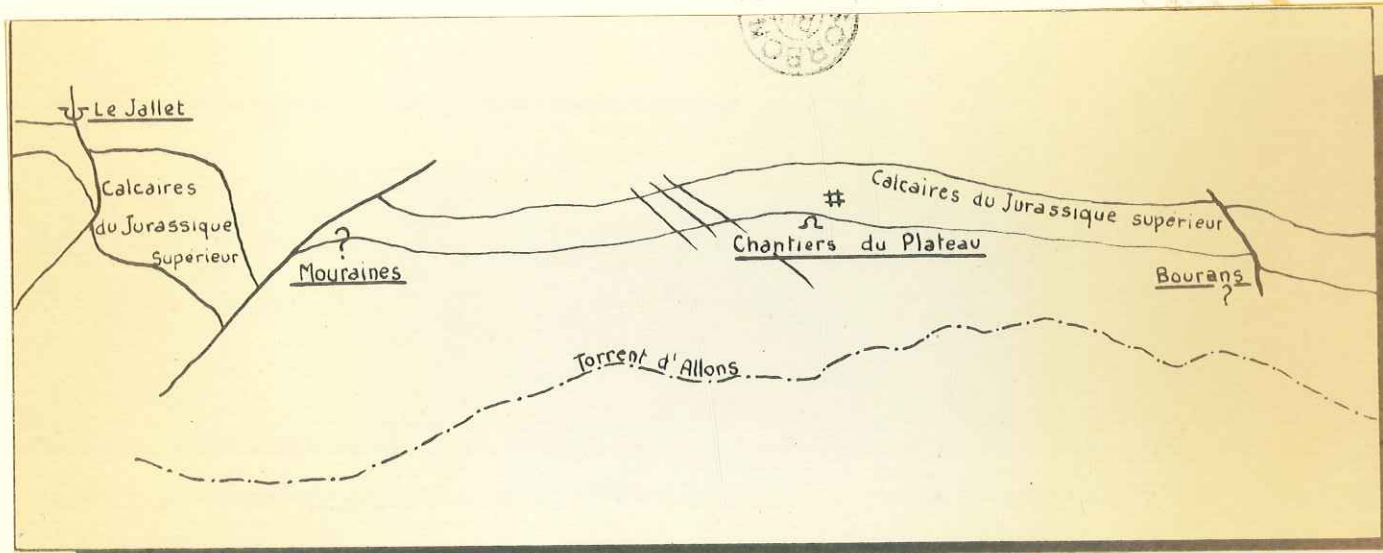
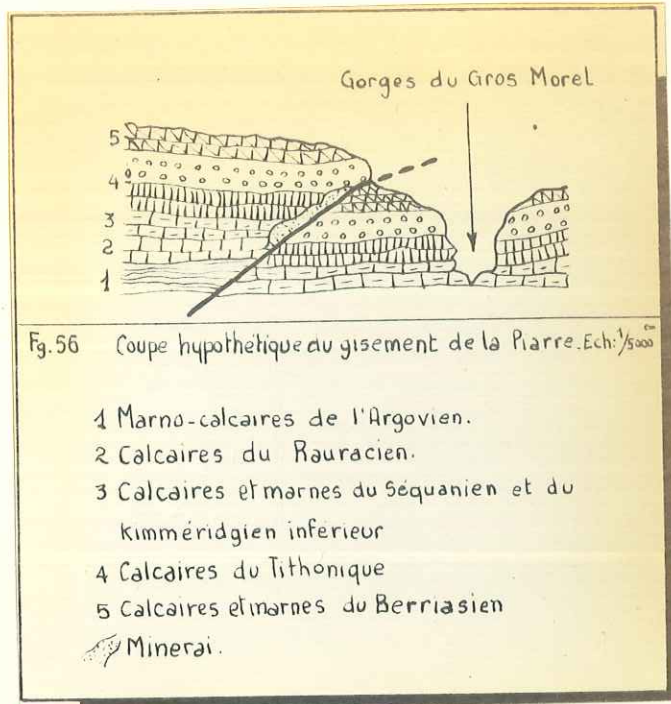


Fig. 57 - Schéma de localisation des différents quartiers de la mine de Sigottier.



Fig. 58 - Forme d'un corps de smithsonite de la Mine de Sigottier d'après les documents miniers.

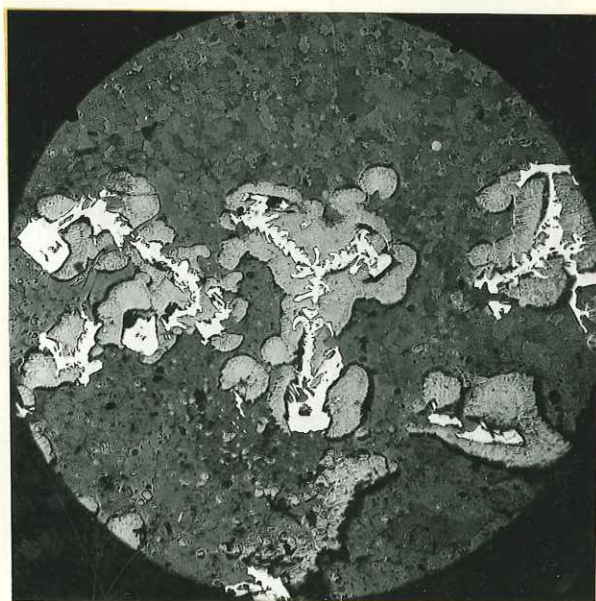


Fig. 59 - SP. L.N. X 30 - Mine de l'Epine - Formes squelettiques de galène enrobées par des concrétions blendeuses (cf. Annexe fig.).

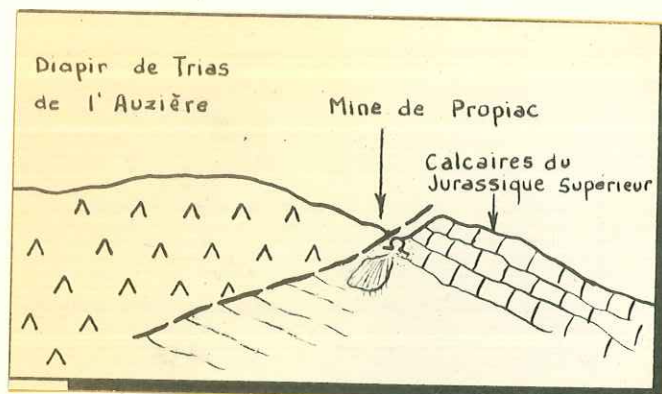


Fig. 60 - La mine de Propiac à proximité du diapir triasique de l'Auzière.

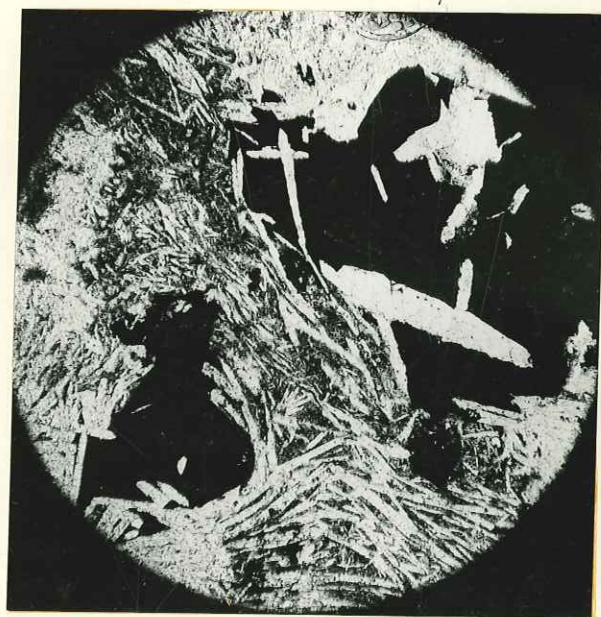


Fig.61 - S.M. L.N. X 20. Célestine fibreuse dont certains cristaux sont tordus, se développant dans les fractures de la Blende (noir) de Condorcet (Drôme).

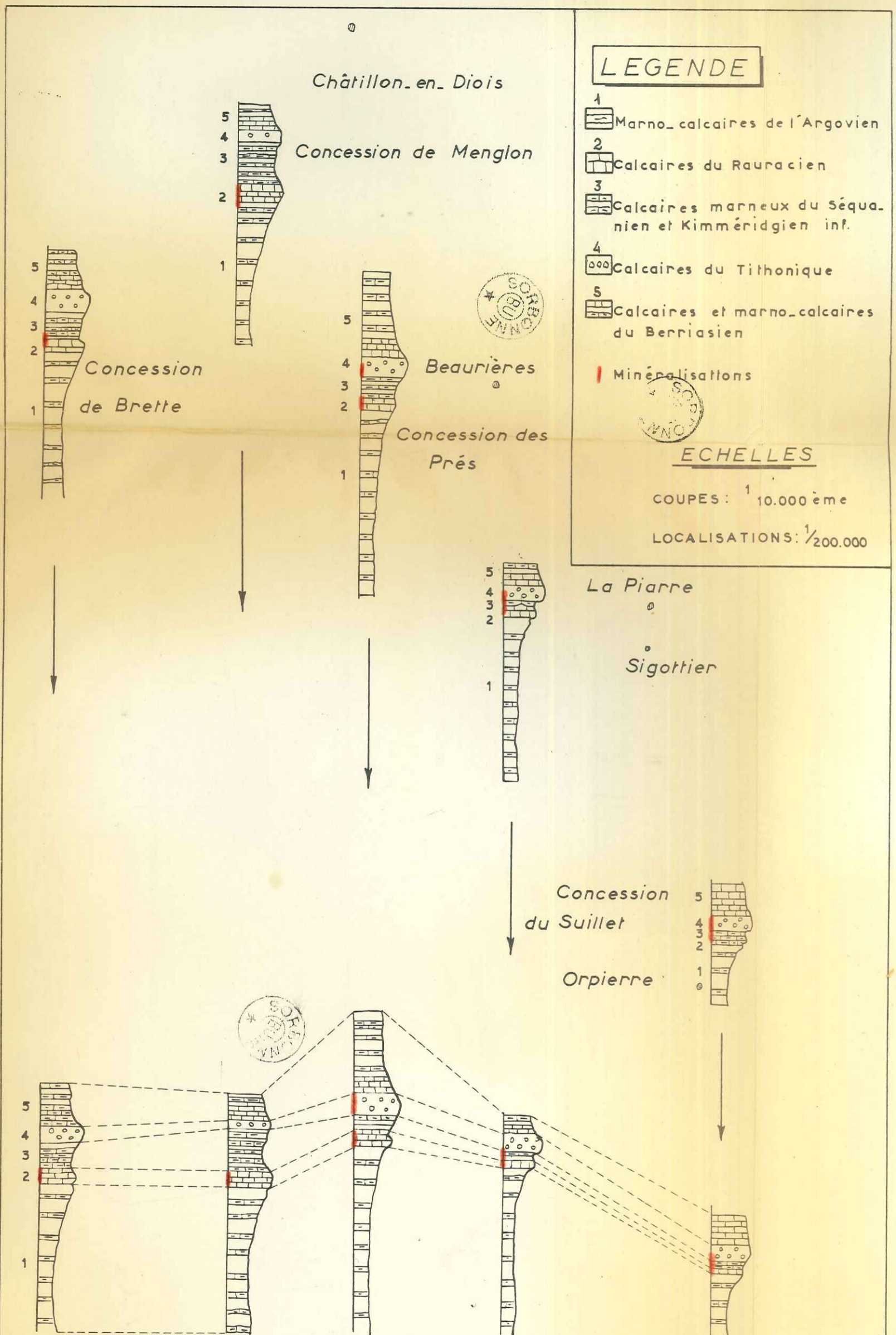
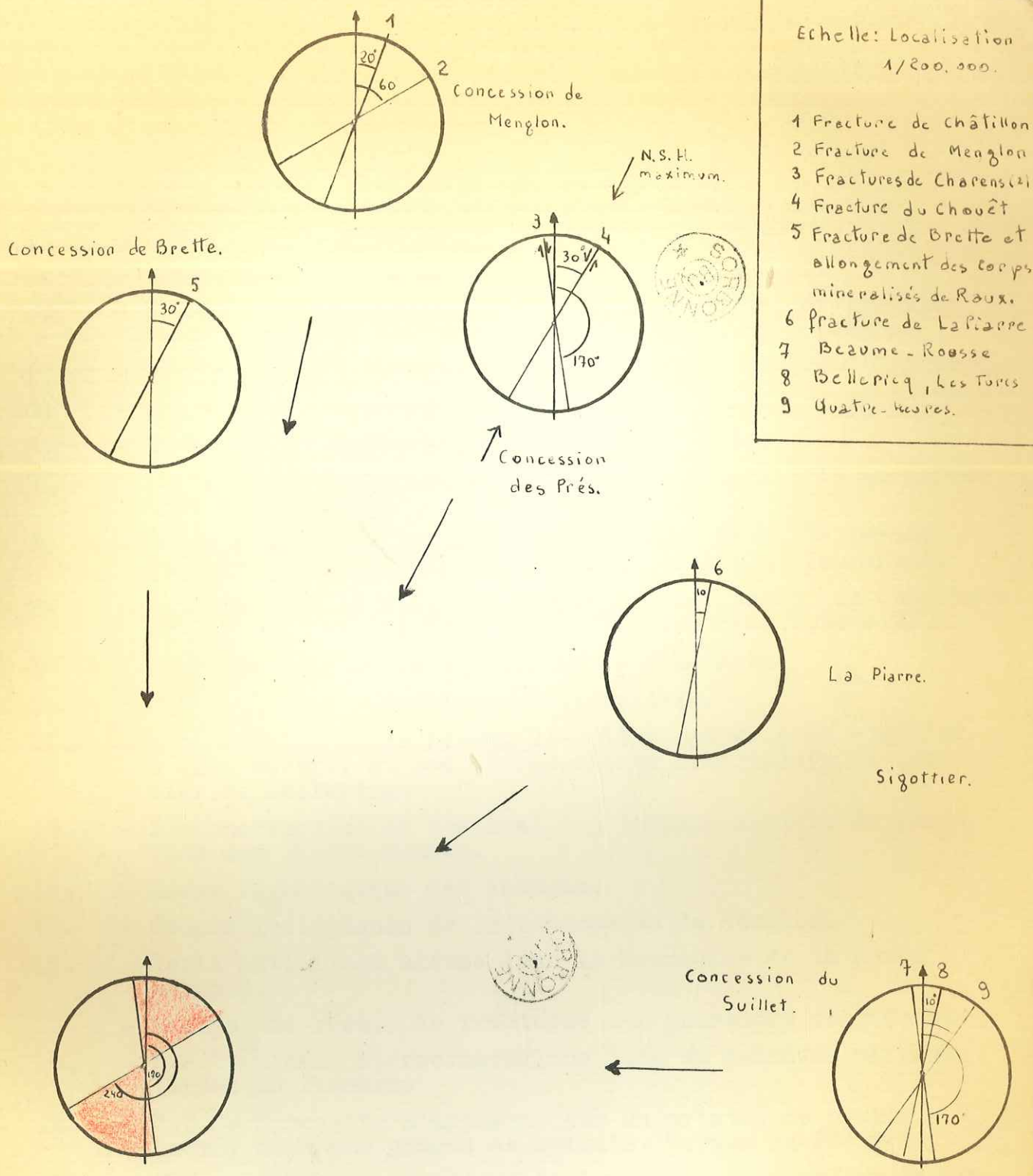


Fig. 62 Schéma montrant la répartition des minéralisations dans les calcaires du Jurassique supérieur à l'intersection de cassures, indépendamment des variations de puissance et de faciès affectant la série.

Echelle: Localisation
1/200.000.



- 1 Fracture de châtilon
- 2 Fracture de Menglon
- 3 Fractures de Charentais
- 4 Fracture du Chouët
- 5 Fracture de Brette et allongement des corps mineralisés de Roux.
- 6 fracture de La Pierre
- 7 Beaume - Roosse
- 8 Bellericq, Les Tores
- 9 Quatre-heures.

Fig. 63 Schéma montrant les directions privilégiées des fractures mineralisées.

TABLE DES FIGURES

- Fig. 1. - Coupe lithologique de la route de Villebois.
2. - Coupes géologiques de la concession du Suillet.
3. - La falaise de calcaires du Jurassique supérieur limitant le synclinal de St-Cyrice de l'anticlinal d'Orpierre.
4. - Le quartier de Paturle et la carrière de marbre d'Orpierre.
5. - Analyse du réseau de fractures de la concession du Suillet.
6. - Le cirque du Bellericq à proximité d'Orpierre
7. - Le filon du Bellericq décalé par une fracture de la direction N.NO-S.SE.
8. - Coupe géologique transversale du quartier de Bellericq suivant le contact Argovien-Rauracien à l'affleurement.
9. - Interruption du filon de calcite de Bellericq aux chantiers St-Julien, par une fracture de la direction N.NO-S.SE.
10. - Levé géologique des niveaux MN et Ste-Barbe.
11. " " du niveau intermédiaire
12. " " du niveau St-Julien, galerie et chantier à ciel ouvert, et des affleurements minéralisés du quartier de Bellericq.
13. - Plan horizontal et vertical des travaux miniers du quartier des Quatre-Heures.
14. - Coupe lithologique des Tonnonns.
15. - Coupes géologiques de la concession de Menglon.
16. - Repli anticlinal accusé dans le Rauracien de la combe Reymond.
17. - Analyse du réseau de fractures des quartiers de Piémard.
18. - S.P. - Blende microcristalline dans un calcaire marneux. Verses de Piémard.
19. - S.P. - Marcasite s'appuyant sur un cristal de pyrite broyé, dans une gangue de calcite. Verses de Piémard.
20. - S.M. - Élément calcitique de la brèche du quartier de la Chapelle, broyé en minces fragments comportant des rubans de galène
21. - S.M. - Ruban de calcite limpide, s'appuyant sur une plage de calcite laiteuse broyée d'un élément de la brèche du quartier de la Chapelle.

- Fig. 22. - S.M. Smithsonites ferrifères en rhomboèdres zonés. Quartier de la Chapelle.
23. - Smithsonite grise, concrétionnée, de la mine de Piémard.
24. - S.P. - Marcasite dans des géodes ménagées par un feutrage de goethite et lépidocrocite -galerie des Tonnonns- concession de Menglon.
- 25.. - La montagne de Piémard.
26. - Plan horizontal et vertical de la mine de Piémard.
27. - Coupe lithologique du Pas-du-Goure.
28. - Coupes géologiques de la concession de Brette.
29. - Analyse du réseau de fractures du secteur minéralisé de la concession de Brette.
30. - S.M. - Smithsonite microcristalline - Mine de Raux.
31. - S.P. - Galène enrobant des plages blendeuses dans une smithsonite microcristalline - Mine de Raux.
32. - S.M. Cristaux de cérusite maclés dans une "gangue" de smithsonite microcristalline - Mine de Raux.
33. - S.M. - Brèche à éléments de smithsonite microcristalline enrobés de cristaux de galène, le tout cimenté par le la smithsonite blanche - Mine de Raux.
34. - La mine de Raux sur le flanc nord de l'anticlinal de Brette.
35. - Smithsonite microcristalline interstratifiée, englobant un résidu calcitique - Mine de Raux.
36. - Plan horizontal de la mine de Raux et levé géologique des travaux accessibles.
37. - Coupe lithologique de la route de Charens.
38. - Coupe lithologique du vieux chemin du Chouêt.
39. - Coupes géologiques de la concession des Prés et du secteur de la mine de Charens.
40. - Coupes géologiques du repli anticlinal de la mine du Chouêt.
41. - Repli anticlinal de la mine du Chouêt sur la rive droite de la Drôme.
42. - Repli anticlinal de la mine du Chouêt sur la rive gauche de la Drôme.
43. - S.M. Brèche de minerai de la mine du Chouêt (concession des Prés)

- Fig. 44. - S.P. - Mine du Chouêt (concession des Prés) - Remplacement de cristaux zonés de smithsonite microcristalline par de la galène.
45. - S.P. Mine du Chouêt (concession des Prés). Remplacement zone par zone de cristaux de smithsonite microcristalline par de la galène.
46. S.P. Mine du Chouêt (Concession des Prés). Remplacement de cristaux de smithsonite microcristalline au coeur d'un élément de brèche.
47. - Plan horizontal de la mine du Chouêt ou des Prés.
48. - Coupe lithologique des gorges du Gros Morel.
49. - Coupes géologiques de l'anticlinal de La Piarre.
50. - Empilement des blocs de calcaires du Jurassique supérieur, sur la rive droite du torrent d'Aiguebelle, au niveau des gorges du Gros Morel.
51. - Fracture verticale sur laquelle s'embranchent une cassure inverse - Front de falaise des gorges du Gros Morel.
52. - Flanc sud vertical de l'anticlinal de La Piarre dont les calcaires contenaient les amas de smithsonite des exploitations de Sigottier.
53. - S.M. - Smithsonite microcristalline sillonnée d'un réseau de fractures aux épontes desquelles s'implante la galène.
54. - S.P. Rhomboèdres de smithsonite tapissant les flancs d'une veinule dont le coeur est constitué de cérusite hyaline et poussant sur de la galène.
55. - Rhomboèdres de smithsonite dans une géode du minerai.
56. - Coupe hypothétique du gisement de La Piarre.
57. - Schéma de localisation des différents quartiers de la mine de Sigottier.
58. - Forme d'un corps de smithsonite de la mine de Sigottier, d'après les documents miniers.
59. - S.P. Mine de l'Épine. Formes squelettiques de galène enrobées par des concrétions blendeuses.
60. - La mine de Propiac à proximité du diapir de l'Auzière.
61. - S.M. - Célestine fibreuse dont certains cristaux sont torçus, se développant dans les fractures de la blende de Condorcet (Drôme)
62. - Schéma montrant la répartition des minéralisations dans les calcaires du Jurassique supérieur à l'intersection de cassures, indépendamment des variations de puissance et de faciès affectant la série
63. - Schéma montrant les directions privilégiées des cassures minéralisées.

