



HAL
open science

Contribution à l'étude minéralogique des calcaires argileux du Mésozoïque des environs de Grenoble. Couches à ciment du Valbonnais, Genevray de Vif, Voreppe, Grenoble et Sassenage.

Nicole Parjadis de Larivière

► **To cite this version:**

Nicole Parjadis de Larivière. Contribution à l'étude minéralogique des calcaires argileux du Mésozoïque des environs de Grenoble. Couches à ciment du Valbonnais, Genevray de Vif, Voreppe, Grenoble et Sassenage.. Géologie appliquée. Université de Grenoble, 1958. Français. NNT: . tel-00800232

HAL Id: tel-00800232

<https://theses.hal.science/tel-00800232>

Submitted on 13 Mar 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.

CONTRIBUTION A L'ETUDE MINERALOGIQUE DES CALCAIRES ARGILEUX
DU MESOZOIQUE DES ENVIRONS DE GRENOBLE.
("Couches à ciment" du VALBONNAIS, GENEVRAY-de-VIEF, VOREPPE,
GRENOBLE et SASSENAGE).

NICOLE PARJADIS de LARIVIERE

Nicole PARJADIS de LARIVIERE

CONTRIBUTION A L'ETUDE MINERALOGIQUE DES CALCAIRES ARGILEUX
DU MESOZOIQUE DES ENVIRONS DE GRENOBLE.

("Couches à ciment" du VALBONNAIS, GENEVRAY-de-VIF, VOREPPE, GRENOBLE, SASSENAGE)

Diplôme d'Etudes Supérieures de Géologie, présenté devant la faculté
des Sciences de Grenoble, le 25 Novembre 1958.

SOMMAIRE

Introduction

- 1 - Historique de la fabrication des ciments et des exploitations cimentières de l'Isère..... 3
- 2 - Aperçu paléogéographique et géologique du mésozoïque des environs de Grenoble..... 6

Lias de Pont-du-Prêtre et d'Uriage.

- 1 - Géologie des gisements 13
- 2 - Etude micrographique de quelques échantillons 14
- 3 - Analyse minéralogique et chimique d'un calcaire argileux de Pont-du-Prêtre
 - a) Examen macro et microscopique 15
 - b) Etude aux rayons X de la phase argileuse 16
 - c) Analyse chimique de la phase argileuse 16
 - d) Analyse et formule représentative 19

Rauracien de Genevray-de-Vif.

- 1 - Géologie du gisement 21
- 2 - Etude micrographique de quelques échantillons 21
- 3 - Analyse minéralogique et chimique d'un calcaire argileux
 - a) Examen macro et microscopique 22
 - b) Etude aux rayons X de la phase argileuse 23
 - c) Analyse chimique de la phase argileuse 23
 - d) Analyse et formule représentative 25

.../

Berriasien des environs de Grenoble

1 - Géologie du gisement des Combes, de Comboire et du Chevalon .. 26

2 - Etude micrographique de quelques échantillons des Combes et
du Chevalon 30

3 - Analyse minéralogique et chimique d'un calcaire argileux
des Combes

 a) Examen macro et microscopique 33

 b) Etude aux rayons X de la phase argileuse 34

 c) Analyse chimique de la phase argileuse 34

 d) Analyse et formule représentative 36

Sénonien de Sassenage

1 - Géologie du gisement 39

2 - Etude micrographique de quelques échantillons 42

3 - Analyse minéralogique et chimique d'un calcaire à grain fin

 a) Examen macro et microscopique 43

 b) Etude aux rayons X de la phase argileuse 44

 c) Analyse chimique de la phase argileuse 45

 d) Analyse et formule représentative 46

Conclusions Générales 49

INTRODUCTION

Les principaux gisements de "pierres à ciment" des environs de Grenoble se situent au Nord-Ouest et au Sud de cette ville, sur les flancs des deux grands massifs subalpins septentrionaux de la Chartreuse et du Vercors, ou aux abords de ces montagnes. Les autres gisements, de moindre importance, furent exploités sur la bordure occidentale du massif de Belledonne.

Les carrières de Sassenage, sur la rive gauche de l'Isère, celles de Comboire et de Seyssinet, sur la rive gauche du Drac, s'ouvrent au pied des falaises culminant au Moucherotte en Vercors. Celles de la Porte de France à Grenoble, des Combes et de Lachal sur le versant occidental du Rachais-Jalla, et celles du Chevalon à Voreppe, entament, sur le coté droit de la cluse de l'Isère, l'extrémité Sud-Ouest du massif de la Chartreuse. Quant au gisement de la Pérelle, il est exploité de part et d'autre de la vallée du Guiers-mort, le long de la route conduisant de Saint-Laurent-du-Pont à Saint-Pierre-de-Chartreuse.

Au Sud de Grenoble, plusieurs carrières à ciel ouvert, jalonnent la rive gauche de la basse vallée de la Gresse.

Plus loin, sur le pourtour de Belledonne, on voit encore des traces d'exploitation à l'entrée Nord d'Uriage, ainsi que dans le Valbonnais, au Pont-du-Prêtre, sur la rive droite de la Bonne, affluent du Drac.

Pour les seuls gisements dont il sera question ici, les formations intéressantes correspondent à des dépôts jurassiques et crétacés, situés plus spécialement dans le lias inférieur, le Lusitanien, le Berriasien et le Sénonien.

Cette restriction est nécessaire car les niveaux dits de "pierres à ciment" se retrouvent aussi dans d'autres étages, pour ne citer que les bancs marno-calcaires intercalés dans les marnes valanginiennes, qui furent exploités, il y a une centaine d'années ; à Narbonne et à Noyarey.

Cette étude ne portera donc que sur les bancs exploités du Jurassique et du Crétacé.

1 - HISTORIQUE DE LA FABRICATION DES CIMENTS ET DES EXPLOITATIONS CIMEN-
TIERES DE L'ISERE

L'évolution des produits hydrauliques a été marquée de dates principales, depuis la chaux grasse, employée déjà du temps des Romains, après extinction et mélange à des matières siliceuses ou argileuses cuites, telles que les roches de Pouzzoles (pouzzolanes) ou la brique pilée ("si testae tusae tertia pars additur melior materia erit" a écrit Pline l'Ancien), jusqu'aux ciments Portland artificiels modernes.

En dehors de ces chaux grasses, dites "chaux aériennes", on connaissait les chaux hydrauliques faisant prise sous l'eau.

En 1756, John Smeaton signalait que les chaux hydrauliques se distinguaient des chaux aériennes par une forte proportion d'argile.

A partir de 1812, un ingénieur des Ponts et Chaussées, Louis Vicat, commença des recherches sur les ciments en vue de la construction du pont de Souillac en Dordogne. En mélangeant du carbonate de chaux et de l'argile rouge, en les fondant, et les éteignant en pâte, il découvrit que cette dernière faisait prise sous l'eau, en quelques jours. Il appela ce premier liant : "chaux hydraulique" et par la suite, en modifiant les proportions d'argile incorporées au calcaire, fabriqua la chaux lourde et le ciment artificiel.

En 1824, Louis Vicat prit un brevet pour la fabrication d'un véritable ciment Portland. C'est d'après les principes posés dans ce brevet que seront élaborés, plus tard et peu à peu, les ciments artificiels.

A partir de cette époque cependant, les recherches s'orientèrent vers des gisements de "pierres à ciment" répondant à la composition signalée par Louis Vicat, (ciment naturel), car les mélanges pour fabriquer du ciment artificiel paraissaient alors trop difficiles à exécuter correctement avec les moyens dont on disposait.

C'est ainsi que la première usine à ciment naturel en Amérique, a été construite en 1818 à Fayetteville (état de New - York) et la première usine à ciment artificiel, dans ce pays, n'a été construite qu'en 1873.

L'extinction des chaux hydrauliques, immédiatement après la cuisson, opération nécessaire pour empêcher l'expansion, donnait lieu à de la chaux proprement dite et à des résidus granuleux, plus chargés en argile, appelés "grappiers" que l'on avait négligés, jusqu'au jour où l'on s'est aperçu qu'en les broyant finement, on obtenait un produit ayant une prise lente et des résistances appréciables.

Ces grappiers broyés ont été vendus sous le nom de Portland Naturel.

Actuellement, au lieu de séparer par blutage ces grappiers de la chaux hydraulique proprement dite, on renonce dans bien des cas à cette séparation, et le broyage de la chaux après extinction donne naissance, soit à des ciments naturels de résistance intermédiaire entre celles des chaux hydrauliques et celles des ciments artificiels, soit à des chaux éminemment hydrauliques.

Avant 1830, les carrières de la Porte de France, dans l'enceinte de la ville de Grenoble, étaient exploitées à ciel ouvert ; les couches inférieures, assez marneuses, étaient utilisées comme pierres à chaux hydrauliques, et les supérieures, pour la chaux grasse, les moëllons et la pierre de taille.

Mais la première tentative d'extraction et de transformation du ciment, aux environs de Grenoble, ne remonte qu'à 1835, par Voisin, dans les marno-calcaires du Valanginien, à Narbonne, au-dessous du Néron.

Peu après, le Colonel du Génie, Felix Breton, découvrit le banc de pierres à ciment de la "Porte de France".

D'après la tradition orale, dans l'usine à chaux grasse qu'exploitait alors Joseph Carrière à la Porte de France, on triait avec soin certains morceaux de pierre qui, à la cuisson, devenaient brun rouge, mais ne fusaient pas à l'extinction, donnant ainsi des grains durs, colorés, parfois volumineux, dans la pâte de chaux grasse éteinte.

Un petit stock de ces produits triés fut un jour employé à faire un macadam devant les bureaux ; écrasé à la dame, il fit prise. Ce fait attira l'attention du Colonel Breton : il fit des essais de broyage et de gachage et découvrit le ciment prompt.

La finesse du grain du banc de pierres à ciment dit de "la Porte de France" et l'homogénéité de sa constitution en font un calcaire de premier ordre pour fabriquer du ciment naturel ("ciment" et non pas "chaux" car il n'a pas besoin d'extinction). Celui-ci est à prise prompte s'il est cuit modérément, à prise demi-lente, s'il est cuit à plus haute température.

En 1842, commença l'exploitation de ce banc par Joseph Carrière. La régularité de composition frappa très vite et fut à la base de l'industrie cimentière qui en est née. Des analyses furent faites pour la vérifier avec soin. Notons à titre de souvenir :

- 1845 : Analyses d'Emile Gueymard, ingénieur des Mines et premier professeur de Géologie à l'Université de Grenoble.
- 1865 : Charles Lory nota que le pourcentage de silice libre était inférieur à celui des autres exploitations, que la finesse et l'homogénéité étaient plus grandes et que ces caractéristiques devaient être la raison de la supériorité de ce banc.
- 1894 : Echantillonnage de tous les fronts de taille par M. Dodero, préparateur à la Faculté des Sciences.

Il y avait alors 120 Km de galeries sous le Mont-Jalla et partout on trouvait de 23,8 à 24 % d'argile.

Dès 1850, plusieurs entreprises importantes existaient dans la région grenobloise, mais ce n'est qu'en 1857 que les usines Vicat s'installèrent au Genevray-de-vif ; et en 1868, les usines Pelloux, au Pont-du-Prêtre en Valbonnais. Les autres maisons exploitaient le gisement de la "Porte de France" : Arnaud et Carrière aux Combès, Dumolard et Viallet dans le Mont-Jalla ; Dupuy de Bordes et Cie à Seyssins (Comboire). En 1878, ces trois maisons fusionnèrent sous la raison sociale "Société générale et unique des ciments de la Porte de France". En 1920, fonctionnait sur des bases déjà modernes, une usine à ciment artificiel à Sassenage, qui sera remplacée plus tard par l'usine très moderne de Saint-Robert, en constante évolution technique depuis lors.

Les autres petites exploitations qui s'étaient ouvertes dans la vallée de l'Isère, à la fin du siècle dernier, n'eurent qu'une existence éphémère.

La production annuelle de l'industrie grenobloise de ciments, qui était, en 1869, de 40 000 tonnes, est à l'heure actuelle, de plus d'un million de tonnes.

2 - APERCU PALEOGEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU MESOZOIQUE DES ENVIRONS DE GRENOBLE.

Les différentes exploitations de "couches à ciment" de l'Isère, ont été groupées sur une même carte (planche 1) de manière à pouvoir les situer plus facilement. Les gisements abandonnés, ou qui n'ont pas fait l'objet d'une étude spéciale ont été décrits en même temps que la paléogéographie et la géologie des terrains auxquels ils appartiennent.

LA REGION GRENOBLOISE

HAUX GRASSE ET HYDRAULIQUE



- | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|
| Eboulis et Cônes de dejection | Dogger | Ψ Pli-faïlle de VOREPPE |
| Glaciaire | Lias | Ψ_{II} Pli-faïlle du MOUCHEROTTE-NERON |
| Miocène | Trias | Ψ_{III} Surface de refoulement des collines liasiqes |
| Crétacé | Houiller | Ψ_{IV} Zone des racines des plis marginaux de BELLEDONNE |
| Malm | Cristallin | Ψ Pierre à ciment |
| Ω Carrière souterraine | Ψ Pierre à chaux grasse | Ψ Pierre à chaux hydraulique |
| \cup Carrière à ciel ouvert | | Ψ Fours à chaux ou ciment |

D'après les cartes géologiques au 1/80.000^e et celles établies par L. Moret en 1941

Nicole Pajialis de Laineu 1958

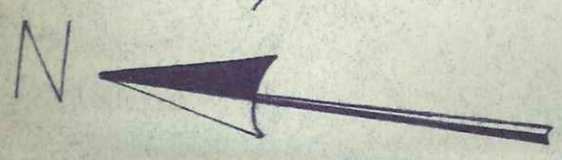
CARTE TOPOGRAPHIQUE ET STRUCTURALE DE LA

NT LES EXPLOITATIONS DE CARRIERES A CIMENT ET CHA



CARTE TOPOGRAPHIQUE

GROUPANT LES EXPLOITATIONS DE CA



2 Kms

Avant la grande période marine du Jurassique, nous intéressent plus spécialement dans l'étude qui va suivre, par ses dépôts de calcaires marneux, la période continentale ou lagunaire qui s'étendit du Carbonifère au Trias, reste marquée, dans cette région, par les synclinaux houillers de la bordure méridionale du vieux massif hercynien de Belledonne, ainsi que par les dépôts salins et les dolomies de la région de Vizille.

Mais, dès la fin du Trias et le début du Jurassique, s'individualisa sur l'emplacement des chaînes subalpines actuelles, une "avant fosse" alpine, séparée de la "grande fosse" alpine orientale par la cordillère briançonnaise.

A cette mer relativement profonde, qui subsista dans notre région tout au long du Jurassique et pendant une partie du Crétacé, correspondit une sédimentation rythmique uniformément vaseuse, dite du type "dauphinois", dont le régime fut, à plusieurs reprises, interrompu par les faciès "jurassiens" littoraux ou laguno-lacustres de bordure.

Sur le versant Ouest de Belledonne, les calcaires et schistes du Lias forment les collines dominant la vallée du Grésivaudan, et plus au Sud, les montagnes du Connexe, du Grand Serre et du Seneppe.

A la base de ce Lias, les alternances de bancs plus calcaires ou plus marneux du "Lias calcaire" (Rhétien-Domérien) furent à l'origine de nombreuses exploitations ou tentatives d'exploitation. Les carrières de Saint-Laurent-en-Beaumont, au Sud-Est de la Mure, celles de la Motte-Saint-Martin, dans les gorges du Drac, de Villar-Saint-Christophe, sur le plateau mateysain, et de Saint-Georges-de-Commiers, au pied du Connexe, sont depuis longtemps abandonnées. Mais celles d'Uriage et du Valbonnais étaient encore en activité avant 1940. Sur la route de Gières à Uriage, à l'Ouest de Grenoble, les calcaires marneux étaient

exploités à ciel ouvert pour l'obtention du ciment artificiel, tandis que ces mêmes assises alimentaient les usines Pelloux de Pont-du-Prêtre en Valbonnais, au Sud de Grenoble, en vue de la fabrication d'un ciment Portland naturel à prise lente, résistant aux eaux séléniteuses, ainsi que de la chaux.

Il faut attendre ensuite le milieu du Jurassique supérieur (Lusitanien) pour voir apparaître dans cette fosse marine une sédimentation qui deviendra de plus en plus calcaire à mesure que l'on approche du Crétacé. En effet, les conditions de sédimentation qui régnèrent pendant la période comprise entre le "Lias calcaire" et le "Lusitanien", furent celles de vases pour ainsi dire non calcaireuses mais riches en matières organiques et sulfures ; sédimentation coupée d'ailleurs parfois par des épisodes plus calcaires.

Ces calcaires marneux noirs du Lusitanien forment la base du Saint-Eynard, versant Est du massif de la Chartreuse, et descendent avec une inclinaison croissante, par la côte de Chantemerle, jusqu'à la Porte Saint-Laurent à Grenoble, où ils sont à peu près verticaux. Les exploitations de pierres à ciment de Crolles Bernin, Saint-Ismier, et de la Porte Saint-Laurent, sont aujourd'hui abandonnées : la plus importante carrière était située sur la rive droite de l'entonnoir du torrent du Manival (creusé entre le Saint-Eynard et la corniche des petites Roches), au pied des escarpements de terrains jurassiques qui bordent la rive droite de la vallée de l'Isère ; là, deux couches (ayant de 22 à 28 % d'argile) de 3 m de puissance, dirigées N 43° E, et inclinées de 30° environ vers l'Ouest, étaient exploitées (jusqu'en 1898) pour la fabrication d'un ciment à prise lente.

Ces mêmes bancs apparaissent au Sud de Grenoble, dans le bassin de la Gresse, où ils sont exploités aux environs de Vif et jusqu'à Saint-Guillaume par les usines des Saillants (Société des ciments Vicat) qui en tirent un ciment Portland artificiel.

Après le faciès marin profond, dit "Tithonique" de la fin du Jurassique, les dépôts des chaînes ~~sub~~alpines, au niveau de la cluse de l'Isère, subirent, au cours du Crétacé inférieur, les fluctuations d'une mer dont les rivages se déplaçaient sans cesse, si bien que se sont déposés des sédiments à faciès tantôt profond, tantôt littoral à fond rocheux.

Ces deux faciès sont caractéristiques :

- l'un, pélagique, fournira à sa base, les calcaires marneux bleuâtres à grain fin du Berriasien (Valanginien inférieur).
- l'autre, récifal, formera les calcaires zoogènes grossiers de l'Urgonien (Barrémien-Aptien inférieur).

Dans cette succession de plis d'axe sensiblement SSW - NNE, coupés en diagonale par la vallée de l'Isère et du Drac, que sont les massifs du Vercors et de la Chartreuse, les plus hauts sommets sont en calcaires massifs, soit tithoniques, soit urgoniens.

Le Tithonique (Kiméridgien supérieur-Portlandien) doit sa persistance au fait qu'il est constitué par un calcaire pur à grain fin, dit "Lithographique" résistant aux intempéries et à l'érosion beaucoup mieux que les calcaires noirâtres à délits marneux Kiméridgiens sur lesquels il repose, ou les marnes Valanginiennes qui le recouvrent.

Sur la rive droite de l'Isère, cette barre tithonique à pendage Ouest de 60° environ, forme le Mont-Jalla et l'arête du Rachais, à Grenoble ; et à pendage Est, l'Aiguille de Chalais au Chevalon, avant d'arriver à Voreppe.

Sur la rive gauche, cette même barre se retrouve avec un pendage Est au Sommet de la Cuche, au dessus de Noyarey, et avec un pendage Ouest au dessous du Fort de Comboire au Sud de Seyssins, sur les bords du Drac.

Immédiatement au dessus du Tithonique, s'étagent tous les bancs du Crétacé. A leur base, les calcaires argileux du Berriasien sont exploités pour ciment prompt par la Sté des ciments de la Porte de France, sur le flanc Ouest du Rachais, depuis l'Isère jusqu'à Clémencière ; et le long du Drac, depuis Comboire, jusqu'à Seyssins. La Société des Ciments de Voreppe et Bouvesse exploite ces mêmes bancs au Chevalon de Voreppe.

En continuant vers le Nord, on retrouve cette même assise géologique sur la route de Saint-Laurent-du-Pont à la Grande Chartreuse, au lieu-dit "La Perelle", où les bancs de direction N 50° E et à pendage 45-50° SE, sont exploités par la Société des Ciments Vicat de la Grande Chartreuse.

D'autres exploitations existaient autrefois dans le Berriasien, car ces couches dites de la "Porte de France" se prolongent par delà le Rachais, Sarcenas, le Sappey, jusqu'à Bellecombe au dessus de Chapareillan ; elles continuent ensuite dans les collines d'Apremont et de Montagnole, et forment, au Nord de la vallée de Chambéry, la base du massif des Bauges.

A la Bordelière, au pied des escarpements du Saint-Eynard, le banc de la "Porte de France", ayant 5 mètres de puissance, de direction NNE-SSW avec une inclinaison de 26° vers WNW, était exploité avant 1870. Tandis qu'au Sappey, à l'Ouest de la route de Grenoble à la Grande Chartreuse, plusieurs bancs dont celui de la "Porte de France", sensiblement parallèles, orientés Nord-Sud et d'un pendage d'environ 70° Est, étaient encore exploités en 1940. Ce dernier champ d'exploitation fut abandonné car il était limité au Sud par les propriétés de la Société des Ciments de la Porte de France, et au Nord, interrompu par une faille de direction SE-NW à rejet de 50 m vers l'Est.

Les exploitations de la Dent du Chat (Savoie), dans la Chaîne de l'Épine, entre le lac du Bourget et le Rhône, sont également abandonnées.

Quant aux calcaires compacts, cristallins, de l'Urgonien, ils s'élèvent en falaises de part et d'autre de la cluse de l'Isère.

Côté Chartreuse, ils forment la crête très inclinée vers l'Ouest du Néron et plus loin, les rochers de Chalves et la Montagnes du Ratz, à pendage Est.

Côté Vercors, la Dent de Moirans, et la Dent du Loup correspondent aux flancs Est de deux anticlinaux.

Aux Engenières et à Pra-Paris (1), au Nord-Ouest de Sassenage, ces calcaires, exploités en carrières souterraines, servent à la fabrication de la chaux grasse, destinée aux fours à carbure de la région dans les installations de MM. Baltazar-Cotte et Keller et Leleu.

Il est intéressant de noter que les faciès dits de "type mixte" du Crétacé inférieur des environs de Grenoble, passent vers l'Ouest, à partir de la Montagne du Ratz, aux faciès récifaux de "type jurassien", si bien qu'à un même niveau géologique correspondent des exploitations très différentes. C'est ainsi que les "couches à ciment prompt" ont fait place à des formations uniquement calcaires, appelées "marbre batard", exploitées à la Buisse par MM. Baltazar-Cotte pour la fabrication de la chaux grasse.

A la mer fluctuante du début du Crétacé succéda une mer très peu profonde, parcourue par des courants violents ; puis vers la fin de cette ère, une mer sénonienne transgressive déposa des sédiments où les faciès pélagiques, succédant aux faciès littoraux, indiquent une augmentation progressive de la profondeur.

(1) On extrait de ces calcaires un carbonate de chaux presque pur, dont la teneur atteint 99 %, ce qui la fait rechercher.

Ces dernières assises, par leur base de calcaires argilogréseux du Sénonien inférieur (où plutôt la base du Sénonien supérieur ou Campanien), correspondent à une zone encore agitée de courants sous-marins. Elles apparaissent, à droite de l'Isère, en synclinal entre le Néron et les rochers de Chalves, et à gauche, en anticlinal à Sassenage, puis en synclinal prolongeant celui de Lans-en-Vercors. Ce sont des calcaires en dalles minces ou "Lauzes" exploitées pour ciment artificiel par la Société des Ciments de la Porte de France, à Sassenage et à Seyssinet.

LIAS DE PONT-DU-PRETRE ET D'URIAGE

1 - GEOLOGIE DES GISEMENTS

Le plus intéressant gisement de "pierres à ciment" du Lias inférieur (Rhétien-Domérien) est situé sur le bord de la route départementale de Valbonnais, au Pont-du-prêtre, sur les rives de la Bonne.

Ce sont des calcaires argileux noirs, très compacts, feuilletés en grand, de pendage général 60° Ouest, avec de légères ondulations et localement des renversements de couches. Ils forment la montagne de la Croix du Rousillon, dans laquelle furent ouvertes 9 galeries superposées, dont la première au niveau du pont.

Deux couches à ciment, l'une de 4 mètres, l'autre de 3, à peu près verticales, ont 1 Km de hauteur et 6 à 7 Km de longueur. La couche de 4 mètres d'épaisseur, découverte sur toute sa surface, forme une muraille à pic de 1 Km de hauteur, sur quelques Km de longueur ; c'est au bas de cette muraille, cotoyée par la route, que coule la Bonne.

L'homogénéité des couches et la constance de leur composition chimique (21 à 25 % d'argile) permettaient aux usines Pelloux (jusqu'en 1940) d'obtenir naturellement un excellent ciment Portland.

Un autre gisement intéressant dans le Lias inférieur est la carrière, abandonnée depuis 1926, d'Uriage. En aval de l'établissement Thermal d'Uriage, on remarque à 200 m de la route sur la rive droite du ruisseau le Sonnant, une carrière à ciel ouvert où les bancs qui étaient exploités sont dirigés sensiblement du Nord-Est au Sud-Ouest, et leur inclinaison d'environ 60° vers le Sud. L'exploitation se faisait par gradins droits, sur une hauteur de 25 m environ.

Ici, les couches ne ressemblent pas tout à fait à celles du Valbonnais ; elles sont formées de calcaires argileux d'une teinte très foncée, bleu noir, où l'on remarque des filets blancs, quelquefois assez volumineux, formant des noyaux irréguliers de calcite et de silice. Le clivage de ces calcaires donne des surfaces unies, représentant des plans de glissements, avec de tous petits feuilletts d'argile intercalés.

De même qu'en Valbonnais, ces calcaires étaient utilisés pour la fabrication d'un ciment à prise lente.

2 - ETUDE MICROGRAPHIQUE DE QUELQUES ECHANTILLONS.

En amont de Pont-du-Prêtre, la 1ère galerie s'ouvrant sur la rive droite de la Bonne, permet d'échantillonner les bancs de calcaires argileux exploités.

Ceux-ci, en lames minces (lames 1711 - 1712), ont un aspect général homogène. La pâte argilo-calcaire foncée, cryptocristalline, est constellée de petites sphères de marcassite, minéral accessoire principal, souvent groupées en amas volumineux bordés de limonite.

Les grains de quartz sont peu abondants, tandis que les cristaux engrenés de calcite forment, par endroits, des noyaux bien individualisés.

La microfaune n'est ni spécifique, ni abondante : ce sont quelques foraminifères et des spicules de spongiaires.

Quant aux calcaires argileux du Lias de la carrière d'Uriage, leur étude n'apporte rien de nouveau, si ce n'est une comparaison entre ces deux gisements.

La pâte, au microscope, est moins fine : la calcite masquant en grande partie l'argile, qui n'apparaît qu'en traînées floconneuses. Les cristaux de calcite sont petits, sans forme cristalline. On ne voit pas trace d'organismes ; la roche contient, en outre, de très nombreuses sphères de marcassite, complètement dispersées.

3 - ANALYSE MINÉRALOGIQUE ET CHIMIQUE D'UN CALCAIRE ARGILEUX DE PONT DU PRÊTRE

Cet échantillon (lame 1712) a été recueilli dans la plus basse galerie du Pont-du-Prêtre, au mur de la couche exploitée.

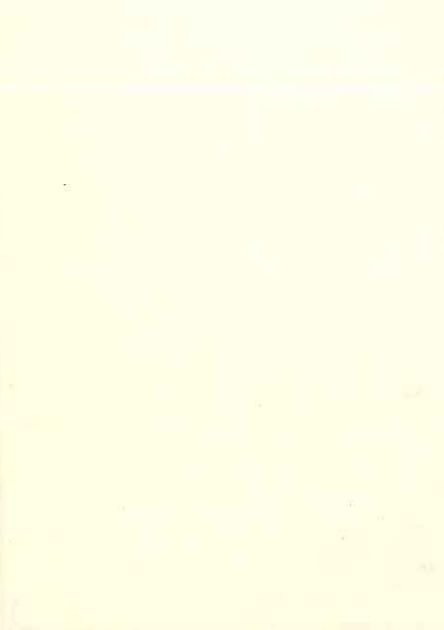
a) Examen macro et microscopique

C'est une roche massive, lourde, très dure, d'une teinte générale bleu noir et à cassure conchoïdale. Elle ne se délite pas et son altération n'est pas visible.

Au microscope (planche 2. photo n° 1), l'importance de la phase argileuse voile en grande partie la calcite : celle-ci apparaît en cristaux informes, de faible taille, quelques μ ; parfois en agrégats de 20 à 50 μ .

Disséminés à travers la roche, on remarque quelques grains de quartz, dont les plus gros atteignent 45 μ . La marcassite, invisible sur l'échantillon, imprègne toute la roche ; ce sont des granules très petits, isolés le plus souvent, mais parfois aussi alignés ou amalgamés ; leur altération a laissé, par place, des traînées d'oxyde de fer, dont la teinte rouille tranche visiblement sur le fond.

Les organismes, très rares, sont des restes de spicules d'éponges et des foraminifères.



Carte de l'île de Madagascar
de l'océan Indien à l'océan
Indien, 1750, 1751, 1752
1753, 1754, 1755, 1756, 1757, 1758, 1759, 1760

Carte de l'île de Madagascar
de l'océan Indien à l'océan
Indien, 1750, 1751, 1752
1753, 1754, 1755, 1756, 1757, 1758, 1759, 1760



Échelle des longueurs
n° 1-2-3-4-5



Carte de l'île de Madagascar
de l'océan Indien à l'océan
Indien, 1750, 1751, 1752
1753, 1754, 1755, 1756, 1757, 1758, 1759, 1760

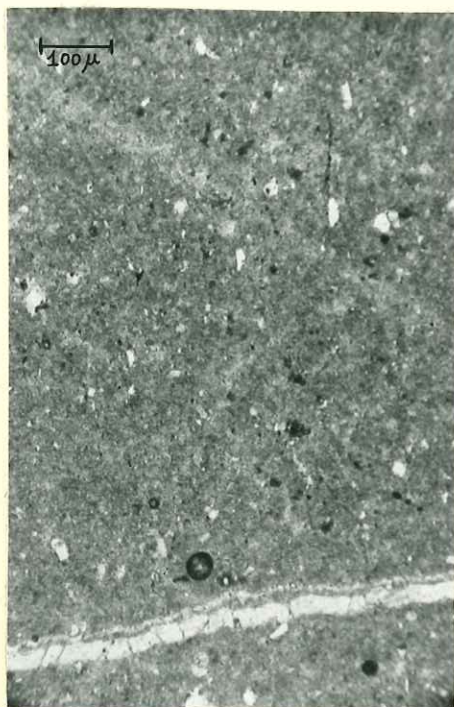
1



Calcaire argileux du Lias
de Pont-du-Prêtre

Lame 1712

2



Calcaire argileux du Rauracien
de Genevray-de-Vif

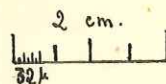
Lame 1720

3

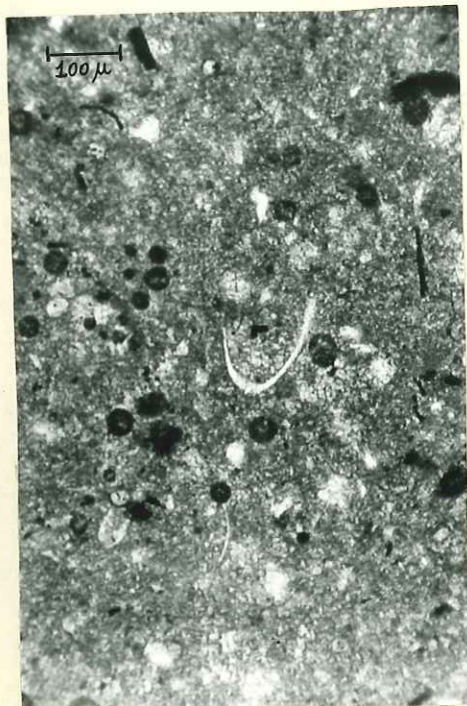


Calcaire argileux à Calpionelles du Berriasien
des Combes. Banc "de la Porte de France"

Lame 1094



Echelle des photos
n^{os} 1-2-3-4-6



Calcaire argileux à Tintinnides
du Berriasien des Combes.
Banc "de pierres argileuses,"
Lame 1171



Calcaire détritique du Sénonien
de Sassenage. Banc des "Grés,"
Lame 1161

6



Calcaire à Globotruncana du Sénonien de
Sassenage. Banc de "chaux des Grands Rochers,"
Lame 1158

cm.

s photos
3-4-6

2 cm.
160μ

Echelle de la photo
n° 5

Nicole Pajadis de Lavinie 1958.

b) Etude aux rayons X de la phase argileuse et détermination des minéraux argileux.

La séparation de la phase argileuse du calcaire examiné en plaque mince précédemment, a été faite suivant la technique adoptée et décrite par G. MILLOT (1949 p. 79)

On procède comme suit :

- 1 - mise en suspension dans l'eau distillée d'une fraction de roche pulvérisée et tamisée.
- 2 - élimination des substances humiques par apports répétés d' H_2O_2 à 6 volumes au bain-marie, ou par l'eau de brome. Filtration.
- 3 - élimination des hydroxydes libres, carbonates et cations flocculants, par attaque ménagée à CLH N/10, puis à CLH N/100. Lavage à l'eau distillée.
- 4 - mise en suspension en milieu défloculant tel que NH_4OH , de manière à obtenir un PH de 9.
- 5 - dispersion de la suspension par agitation mécanique.
- 6 - fractionnement par sédimentation, en laissant la suspension argileuse se décanter dans un récipient haut et étroit.

Sur l'argile ainsi obtenue, un radiogramme de Debye-Scherrer (planche 3 n° 1) donne les raies suivantes :

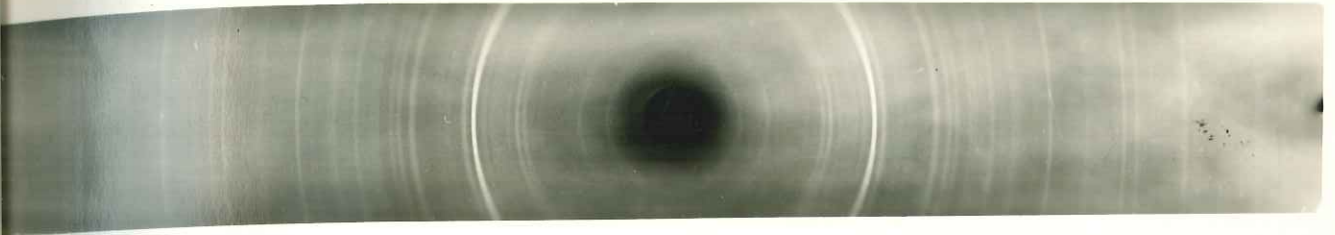
10,71 m - 7,1 f - 4,48 m - 4,27 m - 3,35 TF - 2,57 AF - 2,19 m - 1,82 F - doublet à 1,55 et 1,51 m etc....

L'illite domine dans ce mélange, où la proportion de Kaolinite peut s'évaluer à 20 % et la fraction non éliminée de quartz à 17 %.

c) Analyse chimique de la phase argileuse et calcul de la formule des minéraux argileux.

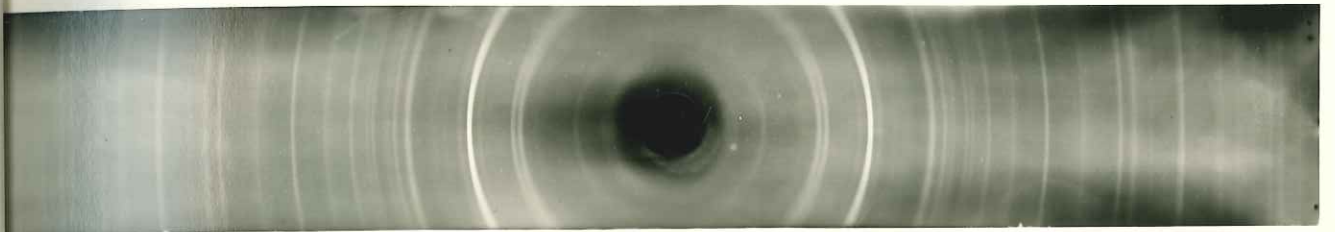
L'analyse chimique de l'argile donne les résultats suivants (Analyste : N. Parjadis de Larivière Grenoble 1958) :

1



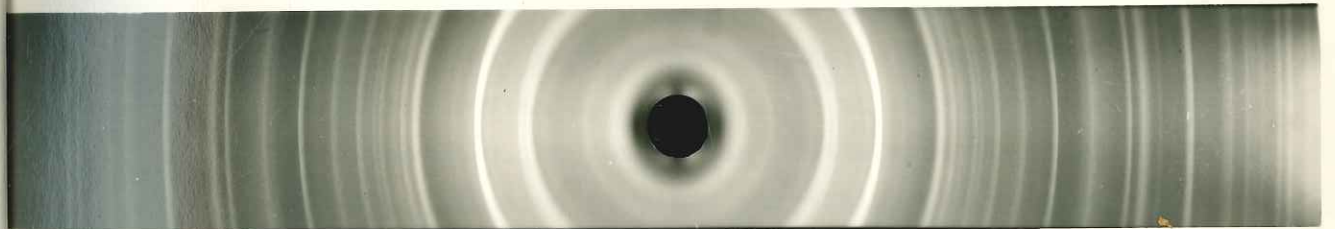
Argile du Lias de Pont-du-Prêtre : Illite >>> Kaolinite

2



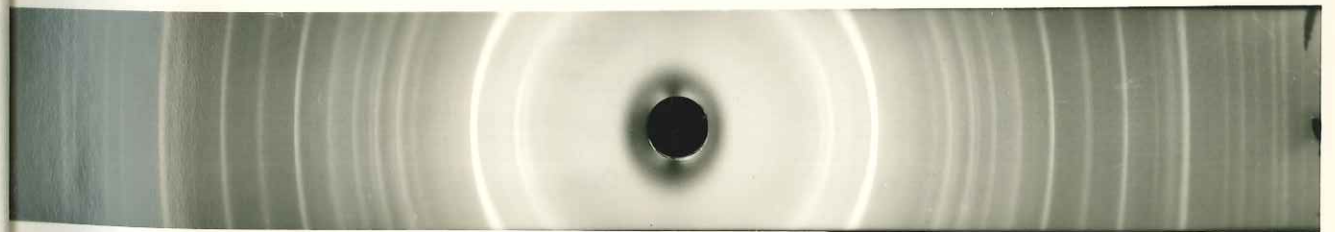
Argile du Rauracien de Genevray-de-Vif : Illite >>>> Kaolinite

3

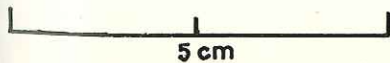


Argile du Berriasien des Combes : Illite >>> Kaolinite

4



Argile du Senonien de Sassenage : Illite seule



$$\lambda = \text{Cu}_2$$

Nivole Fayalès de Jaurès 1958.

SiO ₂	:	52,30
Al ₂ O ₃	:	16,94
Fe ₂ O ₃	:	3,56
FeO	:	0,18
MgO	:	0,79
CaO	:	3,50
Na ₂ O	:	0,85
K ₂ O	:	2,95
TiO	:	0,80
P ₂ O ₅	:	traces
MnO	:	0,12
H ₂ O +	:	6,80
H ₂ O -	:	11,02
Total	:	<u>99,81</u>

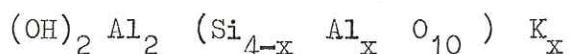
Le pH de la suspension à 2 % est basique : 9.

En formant, au moyen des proportions moléculaires, l'illite d'une part, et la kaolinite d'autre part, on voit que la silice restante, non combinée en silicate, correspond à 17 % de l'ensemble. En soustrayant cette valeur, ainsi que celles de silice, d'alumine et d'eau nécessaires pour former la kaolinite, des chiffres fournis par l'analyse réelle, on peut considérer les pourcentages d'oxydes restants, ramenés à 100 gr de silicate comme appartenant uniquement à un minéral argileux silicaté (illite) dont l'analyse recalculée est la suivante :

SiO ₂	:	47,60
Al ₂ O ₃	:	20,00
Fe ₂ O ₃	:	5,50
FeO	:	0,28
MgO	:	1,23
CaO	:	5,45
Na ₂ O	:	1,32
K ₂ O	:	4,60

H ₂ O +	:	5,30
H ₂ O -	:	8,50
		<hr/>
Total	:	99,78

Cette illite a pour formule structurale :



où Al₂ peut être remplacé par Fe⁺⁺2, Fe⁺⁺⁺3 ou Mg⁺⁺3

K par Ca, Na ou Mg

et x plus petit que 1.

Il y a 10 oxygènes et 2 oxhydriles, donc 22 valences négatives qu'il faut saturer.

D'après la méthode de C.O. Harvey, utilisée par G. Millot (1949 p.116), on peut calculer la formule de ce minéral argileux de la manière suivante :

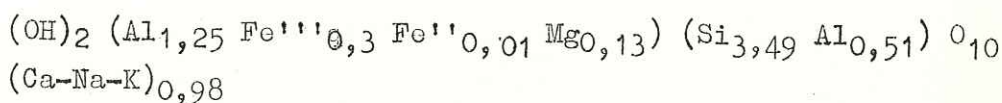
- 1 - on divise le poids de chacun des oxydes donnés en % par le poids moléculaire de ces oxydes : on obtient le nombre de molécules d'oxydes contenues dans 100 gr.
- 2 - on multiplie le nombre de molécules contenues dans 100 gr par le coefficient que possèdent les cations dans chacune de leur combinaison avec l'oxygène : on obtient le nombre d'atomes de cations contenus dans 100 gr.
- 3 - on multiplie le nombre d'atomes de cations contenus dans 100 gr par le nombre de valences électropositives de chaque cation contenues dans 100 gr.
- 4 - on fait la somme du nombre de valences de chaque cation et l'on trouve le nombre total de valences électropositives contenues dans 100 gr.
- 5 - on divise le nombre de valences négatives (ici 22) par ce nombre de valences électropositives pour trouver le coefficient numérique K et l'on obtient le nombre d'atomes nécessaires pour saturer 22 valences.
- 6 - on multiplie le nombre d'atomes contenus dans 100 gr par le

coefficient K et l'on obtient le nombre d'atomes nécessaires pour saturer 22 valences.

7 - on bâtit la formule d'après la formule théorique du réseau micacé.

Tout le silicium est insuffisant pour fournir 4 atomes, on complète avec une partie de l'aluminium. Le reste de l'aluminium, additionné au fer ferrique, au fer ferreux et au magnésium forme avec ces cations la couche octaédrique : le total du nombre de ces atomes doit faire 2 pour la série dioctaédrique ou heptaphyllite. Les ions magnésium restants et les ions calcium, potassium et sodium, forment les cations de la couche intermédiaire dont la somme est comprise entre 0 et 1.

Ce calcul (planche 4) donne, pour la formule de l'illite extraite du calcaire argileux du Lias de Pont-du-Prêtre, le résultat suivant :



Il y a seulement 1,69 ion en position octaédrique et, par ailleurs, 0,98 ion en position intermédiaire.

L'analyse chimique de la phase argileuse permet, d'autre part, de connaître les teneurs en potasse et en magnésie, ainsi que la valeur du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, pour 100 gr de silicate déshydraté : données intéressantes car la composition chimique de la phase argileuse varie en fonction de son milieu de genèse.

Les valeurs de K_2O et MgO sont respectivement 3,54 et 0,94 ; quant au rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ pour 100 gr de silicate déshydraté, il est égal à 3,07.

d) Analyse et formule représentative.

Le calcaire argileux de Pont-du-Prêtre contient 71,5 % de carbonate de chaux, et 2 % de magnésie. Il faut ajouter 1,8 % d'insolubles et 2,20 % de fer calculé en sesquioxyde. Le pH est 9.

PONT-DU-PRETRE

CALCUL DE LA FORMULE DE L'ILLITE EXTRAITE DE LA PHASE
 ARGILEUSE DU CALCAIRE MARNEUX LIASIQUE.

NOM DES OXYDES	%	POIDS MOLECULAIRE	NBRE MOL. D'OXYDES POUR 100g.	NBRE CAT. DANS OXYDES	NBRE ATOMES POUR 100 g.	VALENCE DU CATION	NOMBRE DE VALENCES + POUR 100 g.	COEF. K = $\frac{22}{4,9764}$	NBRE AT. DE CATIONS POUR 22 VALENCES	FORMULE	NBRE ATOMES PAR COUCHES
SiO ₂	47,60	60	0,7933	1	0,7933	4	3,1732	4,40	3,44	Si 3,49	4 COUCHE TE
Al ₂ O ₃	20,00	102	0,1970	2	0,3940	3	1,1820	—	1,76	Al 0,51 Al 1,25	
Fe ₂ O ₃	5,50	160	0,0343	2	0,0686	3	0,2058	—	0,30	Fe ^{III} 0,30	1,69 COUCHE DIC OU HEPTA
FeO	0,28	72	0,0038	1	0,0038	2	0,0076	—	0,01	Fe ^{II} 0,01	
MgO	1,23	40	0,0307	1	0,0307	2	0,0614	—	0,13	Mg 0,13	
CaO	5,45	56	0,0973	1	0,0973	2	0,1946	—	0,40	Ca 0,40	
Na ₂ O	1,32	62	0,0212	2	0,0424	1	0,0424	—	0,16	Na 0,16	0,98 COUCHE INT
K ₂ O	4,60	84	0,0547	2	0,1094	1	$\frac{0,1094}{4,9764}$	—	0,42	K 0,42	

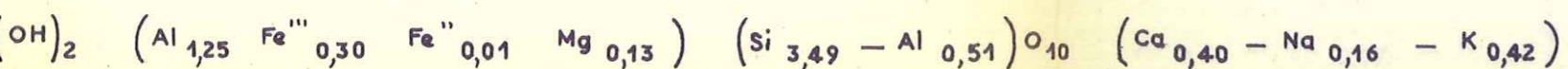
RESULTAT : $(OH)_2 (Al_{1,25} Fe^{III}_{0,30} Fe^{II}_{0,01} Mg_{0,13}) (Si_{3,49} - Al_{0,51})_{0,10} (Ca_{0,40} - Na_{0,16} - K_{0,42})$

PONT-DU-PRETRE

CALCUL DE LA FORMULE DE L'ILLITE EXTRAITE DE LA PHASE

ARGILEUSE DU CALCAIRE MARNEUX LIASIQUE.

NOM DES OXYDES	$\frac{0}{0}$	POIDS MOLECULAIRE	NBRE MOL. D'OXYDES POUR 100 g.	NBRE CAT. DANS OXYDES	NBRE ATOMES POUR 100 g.	VALENCE DU CATION	NOMBRE DE VALENCES + POUR 100 g.	COEF. K = $\frac{22}{4,9764}$	NBRE AT. DE CATIONS POUR 22 VALENCES	FORMULE	NBRE ATOMES PAR COUCHES
SiO ₂	47,60	60	0,7933	1	0,7933	4	3,1732	4,40	3,44	Si 3,49	4 COUCHE TETRAEDRIQUE
Al ₂ O ₃	20,00	102	0,1970	2	0,3940	3	1,1820	—	1,76	Al 0,51 Al 1,25	
Fe ₂ O ₃	5,50	160	0,0343	2	0,0686	3	0,2058	—	0,30	Fe ^{III} 0,30	1,69 COUCHE DIOCTAEDRIQUE OU HEPTAPHYLLITE
FeO	0,28	72	0,0038	1	0,0038	2	0,0076	—	0,01	Fe ^{II} 0,01	
MgO	1,23	40	0,0307	1	0,0307	2	0,0614	—	0,13	Mg 0,13	
CaO	5,45	56	0,0973	1	0,0973	2	0,1946	—	0,40	Ca 0,40	0,98 COUCHE INTERMEDIAIRE
Na ₂ O	1,32	62	0,0212	2	0,0424	1	0,0424	—	0,16	Na 0,16	
K ₂ O	4,60	84	0,0547	2	0,1094	1	$\frac{0,1094}{4,9764}$	—	0,42	K 0,42	



Si on appelle :

- C - la phase carbonatée (calcite ou dolomite)
- I - les insolubles (principalement le quartz)
- Fe - les sels de fer (marcassite, hydroxyde ou magnétite)
- A - la phase argileuse (en donnant entre parenthèses l'initiale des minéraux argileux, jointe au signe marquant leur inégalité)

Le gypse étant désigné par son nom.

On peut dire que les composants cardinaux du gisement liasique de "pierres à ciment" de Pont-du-Prêtre en Valbonnais, ont pour valeur respective :

C 71,5 (calc), I 1,8 , Fe 2,20 (marcas et Hydrox), gypse 0,64, A 23,86 (I >>> K).

On sait qu'une mer relativement profonde s'étendait au lias, dans la région de Grenoble ; ses dépôts sont actuellement représentés, au sommet, par des schistes calcaire-argileux, à la base par des calcaires argileux. Cette étude permet de préciser les conditions de sédimentation de ces derniers : les calcaires argileux de Pont-du-Prêtre se sont déposés sous forme d'une vase argilo-calcaire foncée, en milieu réducteur suffisamment potassique pour permettre une néoformation de minéraux micacés dominante sur celle de la Kaolinite.

RAURACIEN DE GENEVRAY DE VIF

1 - GEOLOGIE DU GISEMENT

Les carrières de la basse vallée de la Gresse, au Sud de Grenoble, sont ouvertes dans les calcaires marneux du Lusitanien (Rauracien), désignés localement comme "complexe de calcaires marneux à ciment de Vif". Elles s'échelonnent, sur les rives du bassin de la Gresse, depuis Vif jusqu'à Saint-Guillaume.

Dans la carrière de Champ-Rond, la plus importante, alimentant les usines de ciment artificiel Vicat à Saillants, ces calcaires marneux, de pendage Nord-Ouest 45°, sont en général d'une composition assez homogène dans l'épaisseur de chaque banc, mais souvent très variable d'un banc à un autre. Les bancs exploitables, bien lités, sont séparés les uns des autres par de minces feuillots très argileux. Cette argile, ordinairement fine, est toujours saupoudrée par du sulfure de fer très divisé.

L'exploitation est uniquement à ciel ouvert. Elle est la seule à subsister dans cet étage, les carrières souterraines de la bordure sud de la Chartreuse étant depuis longtemps abandonnées.

2 - ETUDE MICROGRAPHIQUE DE QUELQUES ECHANTILLONS

Les lames minces ont été faites dans des calcaires argileux provenant de la carrière de Champ-Rond, au Genevray de Vif.

Les premiers échantillons étudiés, correspondant aux assises supérieures, sont des roches homogènes à pâte argilo-calcaire crypto-cristalline, pigmentée en ocre et brun par les oxydes de fer et la marcassite. Par endroits, saillent de petits cristaux de calcite, tantôt isolés, tantôt groupés en veinules, quadrillant le fond argileux. Le quartz détritique est assez abondant (surtout dans la lame 1721) ce sont des grains petits et arrondis, des éclats, et parfois des plages corrodées et souillées d'impuretés ferrugineuses.

Il n'y a pas trace d'organismes visible.

Cette description des bancs supérieurs exploités reste valable pour les assises sous-jacentes, mais cependant il est à noter que dans l'échantillon (lame 1722) pris au bas de la carrière, si la texture de la roche est toujours homogène, la finesse de la pâte s'est accrue en sens inverse de sa pigmentation : la marcassite globuleuse n'est plus dispersée mais réunie en amas et les gros cristaux de calcite se détachent, nombreux, à côté des grains de quartz détritique.

De plus on remarque des restes d'organismes brisés, ou trop peu importants pour être déterminables.

3 - ANALYSE MINÉRALOGIQUE ET CHIMIQUE D'UN CALCAIRE ARGILEUX

C'est immédiatement en dessous de la découverte, dans la carrière de Genevray de Vif, qu'a été pris l'échantillon (lame 1720) servant à cette étude.

a) Examen macro et microscopique.

Roche foncée, relativement tendre, présentant un fin litage et se délitant dans l'eau au bout de quelques jours.

Au microscope, l'aspect général est celui d'un calcaire argileux (planche 2 Photo n° 2). L'ensemble est homogène. Les grains de calcite de la pâte sont petits et possèdent rarement leur forme rhomboédrique ; ils n'apparaissent qu'en bordure de la préparation, car ils sont en général masqués par la phase argileuse amorphe et floconneuse. Parfois, de petits îlots calcaires de 32 à 50 μ s'individualisent au sein de la roche, mais ils sont rares.

La phase détritique, importante, est constituée uniquement par le quartz, en grains dispersés, aux formes les plus diverses, et dont la taille oscille autour de 30 μ . Les minéraux accessoires sont les suivants : très nombreuses sphères concr-

tionnées de marcassite, imprégnation générale ocre de sesquioxyde de fer et quelques cristaux de magnétite.

Il ne semble pas y avoir d'organismes.

b) Etude aux rayons X de la phase argileuse et détermination des minéraux argileux.

En employant le même procédé d'extraction décrit plus haut (p 16) il a été possible d'isoler la phase argileuse du calcaire lusitanien et d'obtenir, par la méthode des poudres de Debye-Scherrer (planche 3 n° 2) un diagramme sur lequel les écarts réticulaires mesurés sont les suivants :

10,71 f et floue - 7,1 tf - 4,48 F - 4,27 F - 3,36 tf - 3,32 TF - 2,57 AF - doublet à 2,27 et 2,23 m - 1,82 F - 1,37 F etc...

En dehors des lignes correspondant à une fraction fine de quartz (15 %), la faiblesse de la raie de base de la Kaolinite, dans ce spectre, laisse supposer que ce minéral n'entre pas pour une part plus grande que 4 à 5 % dans ce mélange, formé en grande partie d'illite.

c) Analyse chimique de la phase argileuse et calcul de la formule des minéraux argileux.

Les résultats obtenus par l'analyse chimique de cette argile sont les suivants (Analyste : N. Parjadis de Larivière Grenoble 1958) :

SiO ₂	:	56,62
Al ₂ O ₃	:	20,06
Fe ₂ O ₃	:	3,87
FeO	:	0,29
MgO	:	2,08
CaO	:	3,60
Na ₂ O	:	0,43
K ₂ O	:	2,32

TiO ₂	:	1,00
P ₂ O ₅	:	traces
MnO	:	0,10
H ₂ O +	:	0,87
H ₂ O -	:	8,84
		<hr/>
Total	:	100,08

Le pH de la suspension à 2 % est pratiquement neutre : 6,8.

En opérant comme pour l'argile de Lias, c'est à dire en éliminant de l'analyse globale, les pourcentages d'oxydes nécessaires pour former l'illite et la kaolinite, on obtient le pourcentage de silice libre. En reprenant les calculs, on obtient, pour la composition de l'illite, les résultats suivants :

SiO ₂	:	50,40
Al ₂ O ₃	:	21,40
Fe ₂ O ₃	:	5,50
FeO	:	0,40
MgO	:	3,00
CaO	:	5,15
Na ₂ O	:	0,60
K ₂ O	:	3,30
H ₂ O +	:	1,00
H ₂ O -	:	9,30
		<hr/>
Total	:	100,05

Cette illite a pour formule (calcul, planche 5) :

$$(\text{OH})_2 (\text{Al}_{1,23} \text{Fe}^{'''}_{0,28} \text{Fe}^{''}_{0,02} \text{Mg}_{0,31}) (\text{Si}_{3,49} \text{Al}_{0,51})_{0,10} (\text{Ca-Na-K})_{0,76}$$

La somme des ions en position octaédrique est de 1,84 : valeur un peu faible pour un minéral de la série heptaphyllite,

GENEVRAY-DE-VIF

CALCUL DE LA FORMULE DE L'ILLITE EXTRAITE DE LA PHASE
 ARGILEUSE DU CALCAIRE MARNEUX RAURACIEN.

NOM DES OXYDES	$\frac{0}{0}$	POIDS MOLECULAIRE	NBRE MOL. D'OXYDES POUR 100 g.	NBRE CAT. DANS OXYDES	NBRE ATOMES POUR 100 g.	VALENCE DU CATION	NOMBRE DE VALENCES + POUR 100 g.	COEF. K $= \frac{22}{5,2646}$	NBRE AT. DE CATIONS POUR 22 VALENCES	FORMULE	NBRE ATOMES PAR COUCHES
SiO ₂	50,40	60	0,8400	1	0,8400	4	3,3600	4,16	3,49	Si 3,49	4 COUCHE TETR
Al ₂ O ₃	21,40	102	0,2098	2	0,4196	3	1,2588	—	1,74	Al 0,51 Al 1,23	
Fe ₂ O ₃	5,50	160	0,0343	2	0,0686	3	0,2058	—	0,28	Fe ^{III} 0,28	1,84 COUCHE DIOCT OU HEPTA
FeO	0,40	72	0,0055	1	0,0055	2	0,0110	—	0,02	Fe ^{II} 0,02	
MgO	3,00	40	0,0750	1	0,0750	2	0,1500	—	0,31	Mg 0,31	
CaO	5,15	56	0,0912	1	0,0912	2	0,1824	—	0,37	Ca 0,37	0,76 COUCHE INT
Na ₂ O	0,60	62	0,0096	2	0,0192	1	0,0192	—	0,07	Na 0,07	
K ₂ O	3,30	84	0,0392	2	0,0784	1	$\frac{0,0784}{5,2646}$	—	0,32	K 0,32	

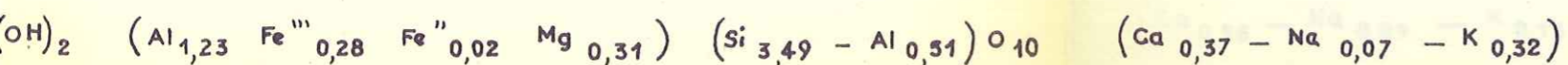
RESULTAT : (OH)₂ (Al_{1,23} Fe^{III} 0,28 Fe^{II} 0,02 Mg 0,31) (Si 3,49 - Al 0,51) O₁₀ (Ca 0,37 - Na 0,07 - K 0,32)

GENEVRAY-DE-VIF

CALCUL DE LA FORMULE DE L'ILLITE EXTRAITE DE LA PHASE

ARGILEUSE DU CALCAIRE MARNEUX RAURACIEN.

NOM DES OXYDES	$\frac{O}{O}$	POIDS MOLECULAIRE	NBRE MOL. D'OXYDES POUR 100 g.	NBRE CAT. DANS OXYDES	NBRE ATOMES POUR 100 g.	VALENCE DU CATION	NOMBRE DE VALENCES + POUR 100 g.	COEF. K = $\frac{22}{5,2646}$	NBRE AT. DE CATIONS POUR 22 VALENCES	FORMULE	NBRE ATOMES PAR COUCHES
SiO ₂	50,40	60	0,8400	1	0,8400	4	3,3600	4,16	3,49	Si 3,49	4 COUCHE TETRAEDRIQUE
Al ₂ O ₃	21,40	102	0,2098	2	0,4196	3	1,2588	—	1,74	Al 0,51 Al 1,23	
Fe ₂ O ₃	5,50	160	0,0343	2	0,0686	3	0,2058	—	0,28	Fe ^{III} 0,28	
FeO	0,40	72	0,0055	1	0,0055	2	0,0110	—	0,02	Fe ^{II} 0,02	
MgO	3,00	40	0,0750	1	0,0750	2	0,1500	—	0,31	Mg 0,31	1,84 COUCHE DIOCTAEDRIQUE OU HEPTAPHYLLITE
CaO	5,15	56	0,0912	1	0,0912	2	0,1824	—	0,37	Ca 0,37	
Na ₂ O	0,60	62	0,0096	2	0,0192	1	0,0192	—	0,07	Na 0,07	0,76 COUCHE INTERMEDIAIRE
K ₂ O	3,30	84	0,0392	2	0,0784	1	$\frac{0,0784}{5,2646}$	—	0,32	K 0,32	



mais qui s'explique par la difficulté d'élimination du quartz, comme impureté. D'autre part, un silicium sur huit est remplacé en position tétraédrique par l'aluminium et la couche intermédiaire possède 0,76 ion.

Pour 100 gr de silicate déshydraté, le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ est égal à 2,82 ; et les proportions de potasse et magnésie sèches sont 2,56 et 2,31.

d) Analyse et formule représentative

L'échantillon de calcaire argileux étudié contient environ 56 % de carbonate de chaux, 1,89 % de magnésie et 10,20 % d'insolubles. Le fer, exprimé en sesquioxyde, équivaut à 3,32 %. Il y a en outre des traces de sulfates (0,54 de SO_4^{2-}). Le pH est 6,8.

La formule représentant ce calcaire (en reprenant les indices nommés p 20) est la suivante :
 C 56 (calc) - I 10,20 - Fe 3,32 (marcas et mag) - gypse 0,54 -
 A 29,94 - (I >>>> K).

Les calcaires argileux rauraciens correspondent donc à la consolidation de vases pélagiques, dans une mer peut-être littorale et tranquille ; il est possible de préciser, grâce à l'étude de leur phase argileuse, que les conditions de sédimentation, dans ce milieu marin pratiquement neutre, furent celles d'une boue calcaire où ne se produisaient pour ainsi dire pas de phénomènes réducteurs capables d'engendrer la genèse des sulfures et celle de la kaolinite.

BERRIASIEN DES ENVIRONS DE GRENOBLE

1 - GEOLOGIE DU GISEMENT DES COMBES, DE COMBOIRE ET DU CHEVALON,
FABRICATION DU CIMENT PROMPT.

Entre les marnes valanginiennes ou "marnes de Narbonne" et les calcaires durs du Tithonique, existent les bancs nombreux du Berriasien.

Ces bancs, au niveau de la cluse de l'Isère, constituent une assise d'une centaine de mètres environ. Ils sont tous formés par des marno-calcaires bleus typiques, à grain fin. Dans l'un d'eux, nous avons trouvé un brachiopode profond : Pygope janitor. Des plissements locaux fournissent très souvent de petites quantités de pétrole, d'ozokèrite (paraffine fossile formée par distillation naturelle des matières organiques) et même de gaz combustible, ce qui laisserait supposer que ce Berriasien est une roche-mère.

Ces bancs se prolongent sur le flanc Ouest du Rachais, tout le long de la Chartreuse, jusque dans les Bauges. Au Sud de Grenoble, le prolongement des couches, interrompu par la vallée de l'Isère, réapparaît au bord du Drac, dans le rocher de Comboire, puis, avec une nouvelle interruption, sur le versant occidental de l'Epérimont. Dans les carrières souterraines du Mont-Jalla, ils ont un pendage Ouest de 60° environ, tandis que dans celles de Comboire, à 6 km au SW de Grenoble, sur les bords du Drac, ces bancs ont la même direction, mais avec un pendage Ouest de 30° seulement.

A Seyssins, les failles découpent le gisement comme un damier, où certaines cases seraient plus hautes que les autres. Une faille très importante, à peu près NS, longe, sur le flanc opposé au Drac, tout le rocher de Comboire. Aux Combes, deux failles à pendage NW de 10 à 20° ont provoqué le glissement de 2 tronçons de la montagne du Rachais, déplacés en se chevauchant

vers le NW par rapport à leur base restée en place, et une autre faille NNW - SSE avec un pendage presque vertical, un effondrement d'une centaine de mètres aux environs de Clémencière. Les autres failles rencontrées par cette exploitation sont disposées en touches de piano, avec des rejets allant de quelques centimètres à vingt mètres maximum. L'une d'elles, cependant, en direction de Quaix, a un rejet de 100 mètres.(1)

L'épaisseur des bancs de marno-calcaires est très régulière, et s'est trouvée vérifiée à mainte reprise, aussi bien dans les vieux travaux de la Porte de France, que dans ceux des Combes, de Lachal ou de Seyssins. Leur succession s'est toujours montrée identique ; ils ont des teneurs variables en carbonate de chaux, et les mêmes teneurs se retrouvent toujours aux mêmes niveaux par rapport au Tithonique.

En partant du Tithonique, on rencontre :

- 1 - sur 1,20 m d'épaisseur, des bancs à 78 % de carbonate de chaux "chaux du mur" (2).
- 2 - une intercalation d'1 mètre de pierres à 71 % : "banc n° 3"
- 3 - un banc d'1,60 m de pierres à 76 % : "mur du petit banc"
- 4 - un banc d'1,40 m de pierres à 70 % : "petit banc n° 2"
- 5 - un banc de 2,60 m de pierres à 76 % : "cariotte"
- 6 - un banc de 3 m à 3,50 m d'épaisseur de pierres à 70 % de carbonate de chaux : "gros banc n° 1"
- 7 - au dessus de ce gros banc, un banc d'1,20 m d'épaisseur, le seul de son espèce, n'a pas une composition absolument régulière sur toute l'étendue du gisement, c'est pourquoi son exploitation est réputée dangereuse.

1 - Nous regrettons de ne pouvoir donner de renseignements aussi précis sur les autres exploitations de la région grenobloise ne possédant pas leurs plans. De même qu'il nous est impossible de publier les plans concernant les exploitations des Ciments de la Porte de France.

2 - Ces noms sont donnés par les exploitants.

- 8 - après ce banc dit "noir" et sur 35 m d'épaisseur, s'étagent des bancs dont la teneur en carbonate de chaux s'échelonne de 80 à 90 % : "bancs de pierres dures".
- 9 - puis, pendant une quinzaine de mètres, on trouve des bancs alternés à 68% et 69 % (l'un d'eux, de 5,50 m d'épaisseur est appelé "banc de pierres tendres"). Ces bancs ne sont que partiellement exploités, nous verrons plus loin pourquoi.
- 10 - après une nouvelle série de bancs durs, on trouve :
- 11 - à 98 m du toit du Tithonique, qui forme le mur de l'ensemble les premiers bancs de marnes dont la teneur en carbonate de chaux ne dépasse pas 60 % : "bancs de pierres argileuses".

La teneur moyenne du gisement des Combes, où cette succession type de bancs a été relevée, est aux environs de 70 % de carbonate de chaux.

Par comparaison, une coupe du grand travers-bancs, étage 275, de l'exploitation des Ciments de Voreppe et Bouvesse au Chevalon (planche 6) indique que la succession de ces bancs d'ailleurs à pendage inverse des précédents (Sud-Ouest 50°), n'est pas rigoureusement la même que dans le Rachais et à Seyssins. Il est à noter cependant ici, l'alternance parfaite des bancs de calcaires non argileux et des bancs de calcaires bleuâtres marneux.

A propos de l'exploitation des Ciments de Voreppe, il est intéressant de remarquer que le Tithonique qui constitue la Crête de Chalais, est représenté par ses assises supérieures : les calcaires sub-lithographiques. Ce sont des calcaires de teinte café au lait ou jaunâtres, à pâte très fine, très durs et à cassure esquilleuse. Quoique bien lités, l'élément marneux fait totalement défaut entre leurs strates. On y trouve très rarement des silex, mais à leur partie moyenne et supérieure, on voit certains de ces bancs se charger de débris spathiques d'organismes à test calcaire, au point de mériter la désignation de calcaires à débris.

LE CHEVALON

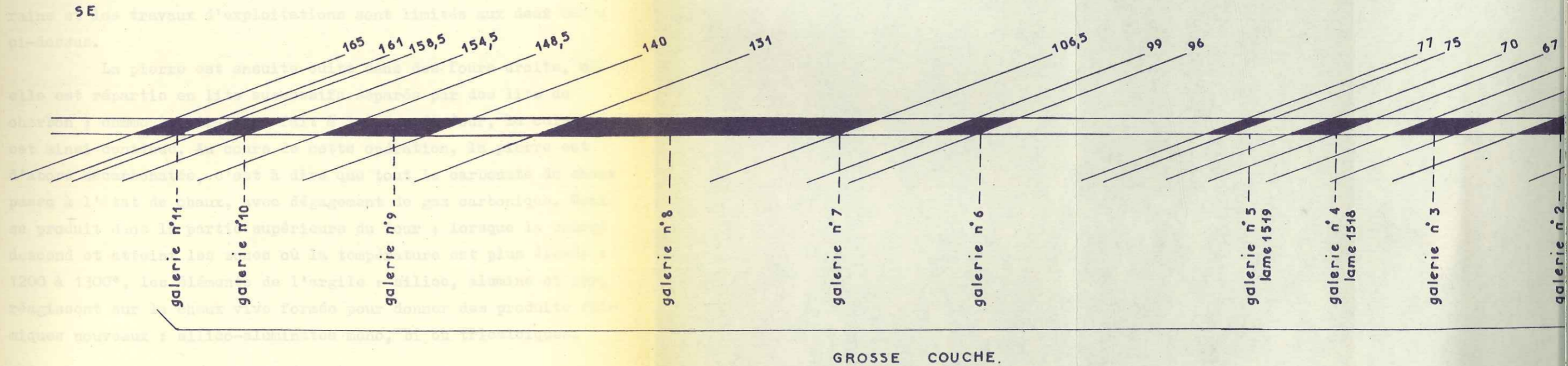
COUPE DU GRAND TRAVERS-BANCS

ECHELLE $\frac{1}{1.000}$

EPAISSEUR DES BANCS DU BERRIASIEN.

□ calcaires blancs non argileux.

■ calcaires bleuâtres marneux.



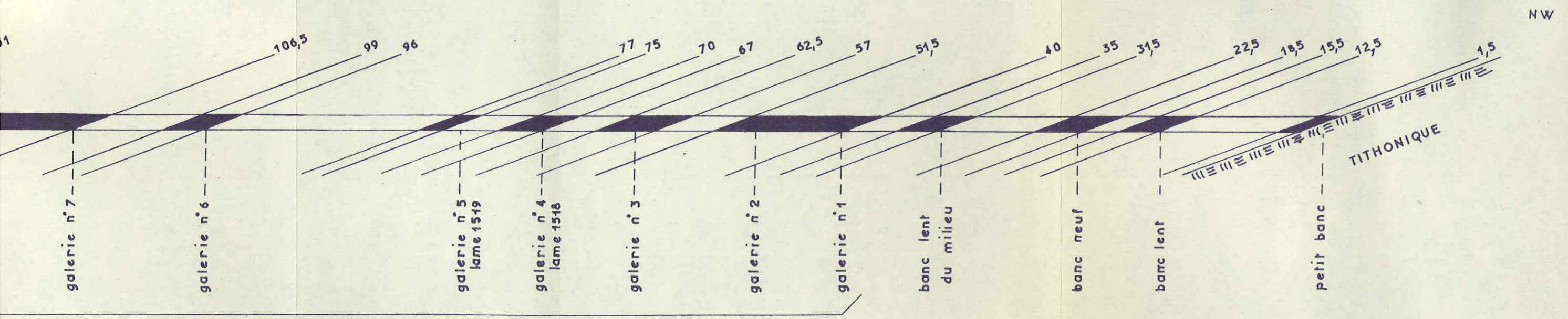
50 mètres

LE CHEVALON

DU GRAND TRAVERS-BANCS ETAGE 275

ECHELLE 1/1.000

EPAISSEUR DES BANCS DU BERRIASIEN.



GROSSE COUCHE.

S^le des CIMENTS de VOREPPE et de BOUVESSE.

Nicolas Payard de Jouvieu 1958.

Enfin, la dernière assise sur laquelle repose le Berriasien, se montre formée par un niveau de calcaires à rognons durs, dont l'horizon, assez constant, correspond à la brèche d'Aizy et a été fréquemment cité sous le nom de pseudo-brèche du Tithonique supérieur (Saint Pancrasse dans l'Isère et la Boissière en Ardèche).

Les calcaires marneux (zone à Hoplites boissieri) du Berriasien sont en parfaite concordance avec les calcaires du Tithonique supérieur.

Aux Combes et à Seyssins, c'est la pierre du gros banc de 3 m et celle du petit banc de 1,50 m, situé sous les 2,60 m de cariotte, qui fournissent le ciment prompt dont les qualités exceptionnelles sont bien connues.

Pour obtenir un produit parfait, il faut que la pierre utilisée soit pure de tout mélange ; elle est exploitée en souterrains et les travaux d'exploitations sont limités aux deux bancs ci-dessus.

La pierre est ensuite cuite dans des fours droits, où elle est répartie en lits successifs séparés par des lits de charbon ; comme le tirage se fait à la base du four, la cuisson est ainsi continue. Au cours de cette opération, la pierre est d'abord décarbonatée, c'est à dire que tout le carbonate de chaux passe à l'état de chaux, avec dégagement de gaz carbonique. Ceci se produit dans la partie supérieure du four ; lorsque la charge descend et atteint les zones où la température est plus élevée : 1200 à 1300°, les éléments de l'argile : silice, alumine et fer, réagissent sur la chaux vive formée pour donner des produits chimiques nouveaux : silico-aluminates mono, bi ou tricalciques.

Ce sont ces derniers produits qui sont hydrauliques et qui, ultérieurement, en présence de l'eau, réagiront pour amener la prise et le durcissement.

Après refroidissement, les "grumes" formés à la cuisson sont simplement moulus et livrés au commerce, après repos dans des silos. L'adjonction d'eau ou de plâtre n'est pas nécessaire pour éviter l'expansion ; en effet, s'il restait un excès de chaux non saturée, elle gonflerait en s'éteignant après la prise du ciment, mais ici ce n'est pas le cas : la pierre du gros banc et celle du petit banc étant si exactement dosées par la nature, leurs silico-aluminatesaturent totalement la chaux.

Toutes les pierres, autres que celles de ces deux bancs particuliers, et qui sont parfois extraites pour des nécessités d'exploitation, étaient autrefois rejetées à l'extérieur et formaient les énormes haldes que l'on voit encore au dessous des Combes ou à la Porte de France.

A l'heure actuelle, ces pierres inutilisables pour le ciment prompt, sont transportées à l'usine de ciment artificiel, où elle servent de correction à la pierre provenant des bancs de Sénonien des carrières de Sassenage. Mais leur tonnage étant insuffisant, de nouvelles exploitations ont été aménagées dans les bancs du toit plus marneux, fournissant, grâce à leur régularité très grande, et à leur grain très fin, des appoints de pierres de mélange ou de correction très intéressants.

2 - ETUDE MICROGRAPHIQUE DE QUELQUES ECHANTILLONS DES COMBES ET DU CHEVALON

Une première série d'échantillons a été prise aux Combes, dans le travers-banc de Lachal et se rapporte aux différents bancs de calcaires argileux exploités.

L'examen microscopique, dans leur ensemble, des premiers bancs de Berriasien appelés : cariotto, gros banc n° 3 et banc noir (lames 1093 - 1094 - 1095), montre des roches pratiquement dépourvues de minéraux détritiques : sont visibles, cependant, de très petits grains de quartz et quelques mouchetures de glauconie. On peut noter la présence constante, en assez grosse

quantité, de marcassite, en amas de structure granulaire ou microglobuleuse.

La microfaune apparait caractérisée par l'importance des Ciliés par rapport aux espèces de petits foraminifères rares et indéterminables, et aux restes de Crustacés Ostracodes. Les Calpionelles essentiellement Calpionella alpina et Calpionella elliptica, sont attribuées au Crétacé car elles voisinent avec de rares Tintinnopsella carpathica (Planche 2 photos n° 3 et 4).

Quant à la pâte, elle est argilo-calcaire foncée, assez fine ou diffuse à débris d'origine parfois organique ; elle est uniforme dans toutes les coupes et indique des roches franchement pélagiques.

Une coupe faite dans un calcaire tithonique (lame 1092) immédiatement sous-jacent aux marno-calcaires berriasiens, révèle, dans une pâte fine, cryptocristalline, un véritable pullulement de Calpionella alpina et de Calpionella elliptica, associées à de rares Radiolaires ; une ou deux formes semblent proches de Tintinnopsella carpathica et peut-être de Stenosemellopsis hispanica.

On pensait autrefois que l'association Radiolaires - Calpionelles était une indication intéressante pour caractériser le Tithonique, mais il semble maintenant que ce critère ne soit pas suffisant, car si l'on observe l'association entre elles des Tintinnides, on s'aperçoit que certaines formes, telles que Calpionella alpina et Calpionella elliptica sont tithoniques et berriasiennes, et que d'autres comme Stenosemellopsis hispanica et Tintinnopsella carpathica ne débutent qu'avec le Crétacé et se prolongent ensuite dans le Valanginien et l'Hauterivien : la limite micropaléontologique ne correspondrait peut-être pas avec la limite lithologique classique, basée sur la différence de faciès existant entre les calcaires très compacts tithoniques et les calcaires marneux plus ou moins friables berriasiens.

Les coupes suivantes, faites dans les bancs de "pierres dures, pierres tendres et pierres argileuses" (lames 1167-1168-1171) sont, par contre, franchement berriasiennes.

Les éléments détritiques, tels que le quartz, ou la glauconie, les minéraux lourds tels que la marcassite, granulaire ou allongée, laissent assez de place à une pâte diffuse plus ou moins argileuse.

La faune est caractérisée par des Radiolaires, des sections transversales surtout de spicules de Spongiaires, des textularidés à test arénacé. Les Calpionelles y sont moins nombreuses que précédemment, mais avec une plus grande variété de formes nettement crétacées, telles que Tintinnopsella carpathica, Stenosemellopsis hispanica, Calpionellites darderi. Une forme voisine de Favelloïdes, trouvée dans la plaque mince faite dans le banc de "pierres argileuses", indiquerait même que l'on est déjà dans le Berriasien moyen.

L'étude microscopique d'une autre série d'échantillons provenant des bancs calcaires du Berriasien du Chevalon, sur la rive droite de l'Isère, au Nord-Ouest de l'arête de la Grande Sure, n'apporte rien de nouveau à l'étude précédente, faite sur le gisement des Combes, si ce n'est la confirmation que les assises correspondant au Berriasien inférieur ont certainement, au moins, 80 mètres d'épaisseur.

Les lames faites dans les calcaires marneux gris des galeries n° 4 et 5, perpendiculaires au grand travers-bancs (lames 1518 - 1519)(1) montrent une pâte homogène argileuse à faune pélagique abondante : Calpionella alpina, Calpionella elliptica, Stenosemellopsis hispanica et Calpionellites sp. Ostracodes et fragments de loges de Foraminifères devenus, de ce fait, indéterminables, se mêlent aux spicules de Spongiaires et aux débris

(1) Les numéros des lames minces sont reportés sur la planche n° 6 et désignent l'emplacement du prélèvement des échantillons.

monocristallins de calcite.

Il n'y a peu ou pas de quartz détritique, aucune trace de glauconie, mais une pigmentation assez nette de marcassite.

Ces roches sont donc en tous points semblables aux calcaires pélagiques à foraminifères, étudiés plus haut. La faune ciliée appartient uniquement au Berriasien inférieur.

3 - ANALYSE MINÉRALOGIQUE ET CHIMIQUE D'UN CALCAIRE ARGILEUX DES COMBES.

Cet échantillon (lame 1171) provient du banc appelé "pierres argileuses" de la galerie souterraine de Lachal aux Combes.

a) Examen macro et microscopique

La roche est un calcaire argileux gris foncé, de texture homogène, se brisant en fragments parallélépipédiques et se délitant dans l'eau au bout de quelques jours.

Au microscope, la pâte calcaire fine apparaît voilée par les minéraux argileux floconneux à contours diffus.

Les petits cristaux de calcite, de forme quelconque, ont une taille oscillant entre 20 et 50 μ . Lorsqu'ils sont assez gros, ils forment des agrégats bien individualisés.

Les éléments clastiques sont rares : quelques grains de quartz de forme irrégulière, anguleuse, dont la taille varie de 30 à 50 μ , sont disséminés à travers la roche.

Quant aux minéraux accessoires, ils sont représentés par des sphères concrétionnées de marcassite dont la grosseur ne dépasse pas 10 μ ; de petites trainées ou plages rouille de sesquioxides de fer et des cristaux de magnétite d'une cinquantaine de μ environ.

Les organismes sont surtout représentés par des Calpionelles, quelques Foraminifères et des Textularidés à test arénacé.

b) Etude aux rayons X de la phase argileuse et Détermination des minéraux argileux.

Sur la fraction argileuse extraite du calcaire des Combes, un radiogramme Debye-Scherrer (planche 3 n° 3) a permis de calculer les écarts réticulaires suivants :

10,71 m - 7,22 f et floue - 4,48 F - 4,27 F - 3,32 TF - 2,57 F - 2,45 m - 2,27 f - 1,82 F etc...

L'ensemble de ces raies montre la coexistence de minéraux du groupe de l'illite (60 % environ) et de la Kaolinite (22 %), associés à une fraction de quartz (18 %) qui a dû échapper à la séparation lors de l'élimination de la phase détritique. En proportions absolues, il y a donc 73 % de minéraux micacés pour 27 % de Kaolinite.

Ces chiffres sont intéressants au point de vue de la genèse de cette roche : en effet, en utilisant la courbe de fréquence des minéraux argileux dans la phase argileuse extraite des roches sédimentaires, établie par G. Millot (1949 p.257), on peut se rendre compte que les minéraux micacés dominants, dans les proportions trouvées, prennent naissance le plus souvent dans les vases marines.

c) Analyse chimique de la phase argileuse et calcul de la formule des minéraux argileux.

L'analyse chimique faite sur cette même fraction argileuse déterminée aux rayons X comme composée d'un mélange illite-kaolinite, donne les résultats suivants (Analyste : N. Parjadis de Larivière Grenoble 1958) :

SiO ₂	:	57,30
Al ₂ O ₃	:	24,48
Fe ₂ O ₃	:	0,04
FeO	:	2,65
MgO	:	1,72

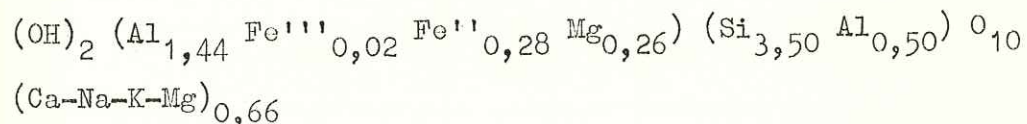
CaO	:	2,50
Na ₂ O	:	0,13
K ₂ O	:	0,65
TiO ₂	:	0,80
P ₂ O ₅	:	0,01
MnO	:	0,02
H ₂ O	:	10,00
<hr/>		
Total	:	100,03

La suspension à 1 % de la roche est alcaline : pH=8,8

L'analyse recalculée de l'illite de la phase argilieuse, après l'élimination, au moyen des proportions moléculaires, de la kaolinite et du quartz, est la suivante :

SiO ₂	:	52,00
Al ₂ O ₃	:	24,48
Fe ₂ O ₃	:	0,40
FeO	:	5,00
MgO	:	3,40
CaO	:	5,00
Na ₂ O	:	0,30
K ₂ O	:	1,30
H ₂ O	:	6,70
<hr/>		
Total	:	98,58

La formule correspondante de l'illite (planche 7) est :



Un silicium sur huit est remplacé en position tétraédrique par l'aluminium ; la somme des ions en position intermédiaire (0,66) est un peu faible car elle est généralement voisine de 0,80 pour les minéraux argileux micacés.

LES COMBES

CALCUL DE LA FORMULE DE L'ILLITE EXTRAITE DE LA PHASE

ARGILEUSE DU CALCAIRE MARNEUX BERRIASIEN.

NOM DES OXYDES	%	POIDS MOLECULAIRE	NBRE MOL. D'OXYDES POUR 100 g.	NBRE CAT. DANS OXYDES	NBRE ATOMES POUR 100 g.	VALENCE DU CATION	NOMBRE DE VALENCES + POUR 100 g.	COEF. K = $\frac{22}{5,4516}$	NBRE AT. DE CATIONS POUR 22 VALENCES	FORMULE	NBRE ATOMES PAR COUCHES
SiO ₂	52,00	60	0,8670	1	0,8670	4	3,4680	4,03	3,50	Si 3,50	4 COUCHE
Al ₂ O ₃	24,48	102	0,2400	2	0,4800	3	1,4400	—	1,94	Al 0,50 Al 1,44	
Fe ₂ O ₃	0,40	160	0,0025	2	0,0050	3	0,0150	—	0,02	Fe ^{III} 0,02	
FeO	5,00	72	0,0695	1	0,0695	2	0,1390	—	0,28	Fe ^{II} 0,28	
MgO	3,40	40	0,0850	1	0,0850	2	0,1700	—	0,34	Mg 0,26 Mg 0,08	2,00 COUCHE OU
CaO	5,00	56	0,0895	1	0,0895	2	0,1790	—	0,36	Ca 0,36	
Na ₂ O	0,30	62	0,0048	2	0,0096	1	0,0096	—	0,09	Na 0,09	0,66 COUCHE
K ₂ O	1,30	84	0,0155	2	0,0310	1	$\frac{0,0310}{5,4516}$	—	0,13	K 0,13	

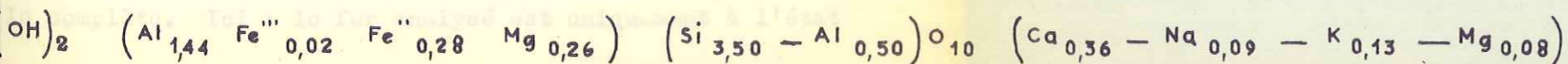
RESULTAT: $(OH)_2 (Al_{1,44} Fe^{III}_{0,02} Fe^{II}_{0,28} Mg_{0,26}) (Si_{3,50} - Al_{0,50})_{O_{10}} (Ca_{0,36} - Na_{0,09} - K_{0,13} - Mg_{0,08})$

LES COMBES

CALCUL DE LA FORMULE DE L'ILLITE EXTRAITE DE LA PHASE

ARGILEUSE DU CALCAIRE MARNEUX BERRIASIEN.

NOM DES OXYDES	%	POIDS MOLECULAIRE	NBRE MOL. D'OXYDES POUR 100g.	NBRE CAT. DANS OXYDES	NBRE ATOMES POUR 100g.	VALENCE DU CATION	NOMBRE DE VALENCES + POUR 100g.	COEF. K = $\frac{22}{5,4516}$	NBRE AT. DE CATIONS POUR 22 VALENCES	FORMULE	NBRE ATOMES PAR COUCHES
SiO ₂	52,00	60	0,8670	1	0,8670	4	3,4680	4,03	3,50	Si 3,50	4 COUCHE TETRAEDRIQUE
Al ₂ O ₃	24,48	102	0,2400	2	0,4800	3	1,4400	—	1,94	Al 0,50 Al 1,44	
Fe ₂ O ₃	0,40	160	0,0025	2	0,0050	3	0,0150	—	0,02	Fe ^{III} 0,02	
FeO	5,00	72	0,0695	1	0,0695	2	0,1390	—	0,28	Fe ^{II} 0,28	
MgO	3,40	40	0,0850	1	0,0850	2	0,1700	—	0,34	Mg 0,26 Mg 0,08	2,00 COUCHE DIOCTAEDRIQUE OU HEPTAPHYLLITE
CaO	5,00	56	0,0895	1	0,0895	2	0,1790	—	0,36	Ca 0,36	
Na ₂ O	0,30	62	0,0048	2	0,0096	1	0,0096	—	0,09	Na 0,09	
K ₂ O	1,30	84	0,0155	2	0,0310	1	$\frac{0,0310}{5,4516}$	—	0,13	K 0,13	0,66 COUCHE INTERMEDIAIRE



Nicole Sajad's de Lavière 1958

Pour 100 gr de silicate déshydraté, le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est égal à 2,12 et les proportions de K_2O et MgO sont respectivement 0,90 et 2,33 ; la magnésie est bien silicatée puisque la roche originelle n'est pas dolomitique.

En se reportant aux diagrammes de variations de G. Millot (1949 p. 260-261) il est facile de s'apercevoir que 2 chiffres sur 3 sont aberrants pour une roche marine ; seul le pourcentage de magnésie est correct.

Mais les variations de composition chimique de la phase argileuse reflétant les variations des mélanges minéralogiques qu'elle contient, il devient possible d'expliquer ces aberrations. En effet, les valeurs trouvées, en général, aussi bien pour la potasse que pour la magnésie et pour le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ dans l'analyse de la phase argileuse des roches marines, sont d'autant plus basses que la proportion de kaolinite dans le mélange argileux, est abondante.

On voit ici que l'interprétation de l'analyse chimique confirme l'indication des rayons X, selon laquelle le pourcentage de kaolinite, dans le mélange argileux, est assez fort. Il est responsable des valeurs relativement basses trouvées.

d) Analyse et formule représentative

Le banc de pierre argileuse de la Porte de France contient en moyenne 54,30 % de calcite et pas de dolomite ($\text{MgO} = 0,1$). 13,40 % d'insolubles (principalement le quartz), un faible pourcentage de sels solubles dans l'eau (0,58 % de SO_4^{3-}), des traces de chlorures et 7,85 % d'hydroxydes libres (sesquioxides de fer et d'aluminium).

Le pH est basique : 8,8. Originellement le milieu était donc réducteur.

Le rôle du rH : potentiel d'oxydo-réduction réglant le degré d'oxydation du fer et présidant aux conditions de la vie dans ce milieu, est aussi important à connaître que le pH et le complète. Ici : le fer analysé est uniquement à l'état

ferreux : d'où la formation de marcassite liée à la gène de la kaolinite ; et d'autre part, les solutions n'étant pas renouvelées dans ce milieu de sédimentation, les faunes benthiques ne peuvent y vivre.

L'absence de dolomite dans les calcaires argileux des Combes a été confirmée en employant la méthode de Malher de coloration sélective. Ce procédé, décrit par C. Meignien (1957) consiste à plonger une surface, préalablement polie, de la roche, dans une solution à 25 % de nitrate de cuivre et à 80°. La calcite prend une teinte bleu ciel, au bout d'une minute, alors que la dolomite reste incolore. Si après lavage de la surface, cette dernière est plongée dans de l'eau oxygénée à 20 volumes, la teinte bleue vire au rouge brun.

Sur une plaque mince de roche, non couverte d'une lamelle, la technique est la même sauf qu'il faut opérer à plus basse température.

Les essais faits sur les échantillons qui ont servi à cette étude, ont montré que tous les carbonates étaient colorés; on peut donc conclure à la seule présence de carbonate de calcium.

On peut représenter de la manière suivante le banc de "pierres argileuses" du gisement de la Porte de France :

C 54,30 (calc) - I 13,40 - Fe 7,85 (marcas) - Gypse 0,58 -
A 23,87 (I >>> K).

A titre comparatif, il est intéressant de noter l'analyse de E. Gueymard sur les pierres à ciment de la Porte de France, citée par Ch. Lory (1873 p.21), et dont les résultats sont concordants avec les nôtres :

Argile :	SiO ₂	:	13,30	}	23,70
	Al ₂ O ₃	:	5,10		
	Fe ₂ O ₃	:	2,60		
	CaO	:	1,70		
	MgO	:	1,00		
Carbonate de chaux				}	76,30
Carbonate de magnésie					
Eau, bitume, etc...					
Total :			100,00		

D'après les études antérieures, le milieu de génèse des calcaires argileux du Berriasien a été défini comme celui d'une mer peu profonde, littorale, vaseuse, où les bancs calcaires alternant avec les bancs plus argileux, indiquent un rythme de sédimentation attribué à la proximité ou à l'éloignement du rivage plutôt qu'à la profondeur des eaux. L'étude de leur phase argileuse permet d'ajouter, on se référant aux courbes de fréquence et aux diagrammes de variation établis par G. Millot que les conditions de sédimentation équivalaient, dans ces eaux alcalines tranquilles, à celles d'une vase argilo-calcaire ; ce milieu était assez anaérobie pour permettre la génèse des sulfures liée à celle de la kaolinite, d'où les teneurs, relativement faibles pour une série marine, que nous avons trouvées pour la potasse et la magnésie.

SENONIEN DE SASSENAGE

1 - GEOLOGIE DU GISEMENT - FABRICATION DU CIMENT ARTIFICIEL

C'est dans la base des calcaires sénoniens, bien caractérisés au dessus des Côtes de Sassenage, qu'ont été ouvertes d'importantes carrières destinées autrefois à produire de la chaux hydraulique, et qui, à l'heure actuelle, fournissent la pierre pour le ciment artificiel à l'usine de Saint-Robert.

Les bancs exploités sont des calcaires bien stratifiés, à grain fin et de teinte claire ; ils se présentent sous forme de "lauzes" c'est à dire de dalles superposées d'épaisseur variable, depuis quelques décimètres jusqu'à 1 m et 1,5 m. Leur inclinaison est de 15 à 20° de pente en direction de l'Est.

Il y a encore une dizaine d'années, ces lauzes étaient exploitées à Scyssinet, par la Société des Ciments de la Porte de France, pour la chaux hydraulique. La pierre était plus jaunâtre et compacte que celle extraite des carrières des Côtes de Sassenage ; d'ailleurs, les bancs exploités appartenaient à un niveau géologique un peu plus élevé, dans la même série des couches.

Aux côtes de Sassenage, les carrières, visibles de la route de Sassenage à Villard de Lans, se présentent comme d'immenses entonnoirs aux parois en gradins sur lesquels, la pierre abattue par les mines, est trainée vers l'orifice d'un puits débouchant au bas de la galerie A.V.C. (1). L'appareil utilisé est un scraper formé d'un treuil à 3 tambours et d'une griffe très lourde, de plus d'un mètre de largeur, commandée par le treuil à l'aide de 3 câbles : l'un attaché directement, les

1 - A.V.C. sont les initiales des trois premiers exploitants de ces carrières : MM. Arnaud, Vendre et Carrière.

deux autres passant sur des poulies de retour.

Dans la carrière A.V.C. un énorme couloir, qu'un homme peut ouvrir ou fermer, permet de charger en quelques instants de très gros wagons de plusieurs m³ tirés par une locomotive électrique.

Une coupe de la carrière de Sassenage par le travers-bancs A.V.C. a permis de noter l'épaisseur et la teneur des bancs exploités :

- 1 - de haut en bas, et sur 17 m d'épaisseur, on rencontre des calcaires à grain fin, ayant comme teneur, de 78 à 83 % de carbonate de chaux : "chaux des Grands Rochers".
- 2 - puis, pendant une douzaine de mètres, d'autres calcaires, mais à teneur plus faible, environ 78 % : "chaux de la Croix de Fer".
- 3 - ensuite, 21 m de calcaires à grain gréseux et à très forte teneur en carbonate de chaux : 86,3 % de moyenne : "Grès".
- 4 - et enfin, de nouveau des bancs de calcaires à grain fin, de 13, 15 et 16 m d'épaisseur, et à pourcentage variable compris entre 73 et 83 %.

Autrefois, seuls les bancs à 76 % étaient utilisés pour la fabrication de la chaux : les bancs à 80 % et au dessus, étaient vendus comme moëllons pour la construction.

Pour la fabrication du ciment artificiel, on part de pierres ayant diverses origines et des teneurs variables en carbonate de chaux. Ces pierres, après avoir été concassées et passées au granulatur, sont mélangées de telle manière que l'ensemble titre environ 82 à 83 % de carbonate de chaux ; mais la teneur en carbonate n'est pas la seule qui doit être régularisée ; celles en silice et en alumine sont également importantes : les

qualités d'un ciment variant beaucoup suivant qu'il est siliceux ou alumineux.

La pierre granulée est alors broyée à l'eau et transformée en pâte liquide, qui est disposée dans de très grands silos, contenant 1 000 tonnes et plus, où la boue est maintenue en suspension à l'aide d'injections d'air comprimé ou d'agitateur qui en opère le brassage et l'homogénéisation.

Suivant les teneurs constatées par le laboratoire plusieurs silos sont réunis pour former un silo de matière prête à la cuisson, ayant la teneur exacte souhaitée.

Cette boue est alors acheminée par une goulotte inclinée vers la partie haute du four tournant. Ce dernier est constitué par un cylindre de 80 à 100 mètres de longueur, et 3,5 m de diamètre, incliné de quelques degrés sur l'horizontale. A son extrémité la plus basse est disposé un énorme chalumeau à charbon pulvérisé donnant une flamme paraissant atteindre une quinzaine de mètres de long.

La boue, arrivant à l'extrémité supérieure, se dessèche d'abord, se forme en petites boules de la grosseur d'une noisette, jusqu'à la hauteur du chalumeau où elle est soumise directement à la flamme et portée à 1 200° environ, ce qui la "klinckerise" c'est à dire la transforme en un produit semi-vitreux.

A l'extrémité inférieure du four, ces klinckers passent dans un refroidisseur d'où leur chaleur est transmise à l'air qui alimente le chalumeau. Après repos dans un hall de stockage, les klinckers sont repris, broyés, et conduits au silo d'expédition.

2 -- ETUDE MICROGRAPHIQUE DE QUELQUES ECHANTILLONS

Un travers-bancs de 400 m environ, ayant son origine dans la carrière A.V.C. aux côtes de Sassenage, et tracé suivant la ligne de plus grande pente des bancs, permet d'échantillonner facilement les différentes assises du Sénonien supérieur.

Il s'agit là d'une alternance de bancs calcaires tantôt à grain fin, tantôt à grain gréseux.

Les trois premières coupes (lames 1158-1159-1160) faites à différents niveaux dans la partie supérieure des "lauzes", correspondent à des calcaires clairs à pâte fine, cryptocristalline.

Les éléments détritiques sont assez abondants : il s'agit surtout de quartz en plages de taille variable, plus rarement on rencontre des débris d'une roche composée de quartz et de biotite ; la glauconie détritique est assez fréquente. Les débris calcaires ayant sans doute une origine organique, sont de petite taille.

Les organismes benthiques sont représentés par des fragments de bryozoaires, très nombreux au début, puis de moins en moins fréquents ; une forte proportion de spicules de Spongiaires, de Rotaliidés calcaires et de rares Miliolidés indéterminables.

Quant aux formes pélagiques, ce sont surtout des Cûmbélinidés, associés à quelques Globigérinidés et Globotruncana se rapportant à l'espèce Globotruncana lapparenti tricarinata, (planche 2 photo n° 6)

Ce sont là des calcaires bio-chimiques à spicules et débris.

La coupe suivante (lame 1161) est un calcaire à texture finement granuleuse, caractérisé par l'abondance de débris de

Bryozoaires auxquels s'ajoutent Rotaliés et Miliolidés, de même que quelques restes d'algues calcaires.

C'est une roche holoclastique où le quartz et la glauconie sont épars dans un ciment clair et fin, renfermant de nombreuses Globigérinidés et Gumbélinidés. (Planche 2 photo n° 6)

Malgré l'abondance des minéraux détritiques et des débris, cette roche n'est cependant pas un grés à proprement parler, car sa nature n'est pas siliceuse : en effet, l'analyse chimique révèle un pourcentage de carbonate de chaux d'environ 86. Il est donc plus juste de parler de calcaire littoral détritique à faciès très légèrement gréseux.

De nouveau après ces calcaires à faciès gréseux, on trouve une succession de bancs calcaires à pâte très fine. Une coupe faite dans l'un d'eux (lame 1162) indique la disparition complète de la glauconie et du quartz détritiques. C'est une formation uniquement pélagique, où les débris d'organismes sont très réduits : fragments de Bryozoaires.

Le ciment contient quelques foraminifères : Gumbélinidés, Lagénidés et Globotruncana tricarinata, associés à de rares spicules de Spongiaires (en section le plus souvent).

3 - ANALYSE MINÉRALOGIQUE ET CHIMIQUE D'UN CALCAIRE A GRAIN FIN.

Pris dans la carrière des Grands Rochers, aux Côtes de Sassenage, ce calcaire correspond au sommet des lauzes (lame 1158).

a) Examen macro et microscopique

C'est un calcaire clair, à pâte fine, ne se délitant pas dans l'eau et de texture homogène.

La phase argileuse, au microscope, paraît presque entièrement masquée par la calcite cryptocristalline ; les autres

corpuscules de calcite monocristalline ont de 25 à 50 μ .

Le quartz détritique abonde en plages régulières de très grande taille comprise entre 150 et 500 μ et à extinction souvent roulante ; l'une d'elles, de plus d'un millimètre, contient des fragments de biotite non altérée.

Quant au quartz développé *in situ*, il a cristallisé en auréole autour de noyau de calcite.

Le minéral accessoire le plus important est la glauconie authigène, en grains ne dépassant pas 150 μ . Les autres minéraux : marcassite et magnétite, forment de petites mouchetures peu abondantes ayant au maximum une quinzaine de μ .

Les sesquioxydes de fer sont en quantité négligeable.

Les fragments de Bryozoaires, Rotalidés calcaires, spicules d'Eponges et quelques Miliolles, représentent la faune benthique par rapport à la faune pélagique, beaucoup moins importante à Globigérines et Gumbélines.

b) Etude aux rayons X de la phase argileuse et détermination des minéraux argileux.

Un diagramme de rayons X (planche 3 n° 4) réalisé à partir d'une fraction fine de la phase argileuse, isolée du calcaire sénonien permet de calculer les équidistances réticulaires suivantes :

4,48 m - 4,27 F - 3,85 tf - 3,35 TF - 2,57 f et floue - 2,45 m - 2,23 m - 1,82 F - 1,53 F - etc...

On remarque ici, comme pour l'argile berriasiennne, les raies caractéristiques de l'illite, mais celles de la kaolinite n'apparaissent pas ; quant aux dernières équidistances mesurées à 1,82 - 1,53 et 1,37, elles correspondent à une fraction cryptocristalline de quartz équivalente à 50 % de l'ensemble.

Les minéraux micacés forment donc la totalité de l'argile : l'absence de structure kaolinique peut s'expliquer par le fait qu'on a affaire ici à une sédimentation en milieu

marin riche en cations Ca, ce qui oriente préférentiellement les minéraux argileux vers une structure micacée dominante.

c) Analyse chimique de la phase argileuse et calcul de la formule des minéraux argileux.

La composition chimique de la phase argileuse révèle les pourcentages d'oxydes suivants (Analyste : N. Parjadis de Larivière Grenoble 1958) :

SiO ₂	:	77,60
Al ₂ O ₃	:	7,30
Fe ₂ O ₃	:	1,70
FeO	:	0,02
MgO	:	1,08
CaO	:	2,60
Na ₂ O	:	0,07
K ₂ O	:	0,54
TiO ₂	:	0,26
P ₂ O ₅	:	0,01
MnO	:	0,01
H ₂ O	:	9,20
Total	:	<u>100,39</u>

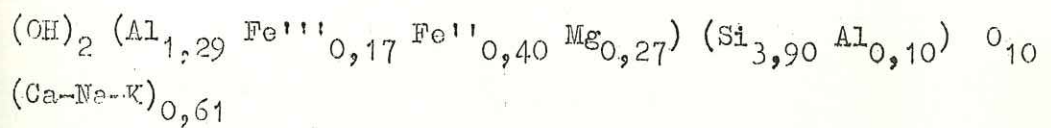
Le pH de la suspension à 1 % est 7,5.

Après avoir attribué, au moyen des proportions moléculaires, les pourcentages d'oxydes nécessaires à la formation d'un réseau micacé, il devient possible d'éliminer la silice restante, et de ramener les chiffres à 100 gr de silicate, afin d'obtenir la composition chimique réelle de l'illite. Cette analyse recalculée est la suivante :

SiO ₂	:	51,40
Al ₂ O ₃	:	15,50
Fe ₂ O ₃	:	3,00

FeO	:	0,70
MgO	:	2,40
CaO	:	5,70
Na ₂ O	:	0,20
K ₂ O	:	1,10
H ₂ O	:	19,00
Total	:	99,00

Cette illite a pour formule (planche 8) :



Il y a un déficit de la somme des ions placés en position octaédrique (1,77) par rapport au chiffre théorique qui est 2. Il existe seulement 0,61 ion en position intermédiaire. L'augmentation de la quantité de Si en position tétraédrique (3,90) et la diminution de la somme des cations en position octaédrique, doivent être attribuées aux impuretés, quartz surtout, qui s'est trouvé mêlé à la phase argileuse et dont l'élimination n'a pas dû être complète lors du calcul théorique de la composition chimique de l'illite.

Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ pour 100 gr de silicate déshydraté est égal à 3,30, ce qui est normal pour une roche marine ; il caractérise, d'autre part, les minéraux argileux micacés. La proportion de potasse sèche est de 1,20, celle de magnésie de 2,50. Le milieu de genèse n'est donc ni très magnésien, ni très potassique.

d) Analyse et formule représentative

Cet échantillon de calcaire sénonien contient, en moyenne, 79 % de calcite et pratiquement pas de dolomite (MgO : 0,18 %), 11 % d'insolubles, une très faible quantité de Fer (0,70 %)

SASSENAGE

CALCUL DE LA FORMULE DE L'ILLITE EXTRAITE DE LA PHASE ARGILEUSE DU CALCAIRE A GRAIN FIN SENONIEN.

NOM DES OXYDES	$\frac{0}{0}$	POIDS MOLECULAIRE	NBRE MOL. D'OXYDES POUR 100g.	NBRE CAT. DANS OXYDES	NBRE ATOMES POUR 100g.	VALENCE DU CATION	NOMBRE DE VALENCES + POUR 100g.	COEF. K $= \frac{22}{4,8246}$	NBRE AT. DE CATIONS POUR 22 VALENCES	FORMULE	NBRE ATOMES PAR COUCHES
SiO ₂	51,40	60	0,8560	1	0,8560	4	3,4240	4,56	3,90	Si 3,90	4 COUCHE T
Al ₂ O ₃	15,50	102	0,1520	2	0,3040	3	0,9120	—	1,39	Al 0,10 Al 1,29	
Fe ₂ O ₃	3,00	160	0,0188	2	0,0376	3	0,1128	—	0,17	Fe ^{III} 0,17	1,77 COUCHE OU HE
FeO	0,70	72	0,0097	1	0,0097	2	0,0194	—	0,04	Fe ^{II} 0,04	
MgO	2,40	40	0,0600	1	0,0600	2	0,1200	—	0,27	Mg 0,27	
CaO	5,70	56	0,1019	1	0,1019	2	0,2038	—	0,46	Ca 0,46	0,61 COUCHE
Na ₂ O	0,20	62	0,0032	2	0,0064	1	0,0064	—	0,03	Na 0,03	
K ₂ O	1,10	84	0,0131	2	0,0262	1	$\frac{0,0262}{4,8246}$	—	0,12	K 0,12	

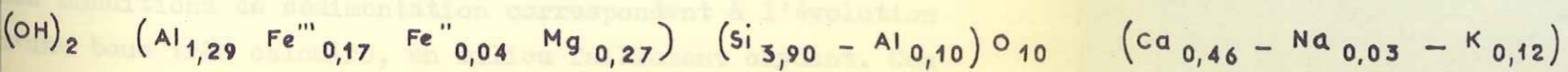
RESULTAT : (OH)₂ (Al_{1,29} Fe^{III} 0,17 Fe^{II} 0,04 Mg 0,27) (Si 3,90 - Al 0,10) O₁₀ (Ca 0,46 - Na 0,03 - K 0,12)

SASSENAGE

CALCUL DE LA FORMULE DE L'ILLITE EXTRAITE DE LA PHASE

ARGILEUSE DU CALCAIRE A GRAIN FIN SENONIEN.

NOM DES OXYDES	$\frac{0}{0}$	POIDS MOLECULAIRE	NBRE MOL. D'OXYDES POUR 100g.	NBRE CAT. DANS OXYDES	NBRE ATOMES POUR 100g.	VALENCE DU CATION	NOMBRE DE VALENCES + POUR 100g.	COEF. K $= \frac{22}{4,8246}$	NBRE AT. DE CATIONS POUR 22 VALENCES	FORMULE	NBRE ATOMES PAR COUCHES
SiO ₂	51,40	60	0,8560	1	0,8560	4	3,4240	4,56	3,90	Si 3,90	4 COUCHE TETRAEDRIQUE
Al ₂ O ₃	15,50	102	0,1520	2	0,3040	3	0,9120	—	1,39	Al 0,10 Al 1,29	
Fe ₂ O ₃	3,00	160	0,0188	2	0,0376	3	0,1128	—	0,17	Fe ^{III} 0,17	1,77 COUCHE DIOCTAEDRIQUE OU HEPTAPHYLLITE
FeO	0,70	72	0,0097	1	0,0097	2	0,0194	—	0,04	Fe ^{II} 0,04	
MgO	2,40	40	0,0600	1	0,0600	2	0,1200	—	0,27	Mg 0,27	
CaO	5,70	56	0,1019	1	0,1019	2	0,2038	—	0,46	Ca 0,46	0,61 COUCHE INTERMEDIAIRE
Na ₂ O	0,20	62	0,0032	2	0,0064	1	0,0064	—	0,03	Na 0,03	
K ₂ O	1,10	84	0,0131	2	0,0262	1	$\frac{0,0262}{4,8246}$	—	0,12	K 0,12	



calculée en sesquioxides et des traces de gypse (0,30 %) et de sulfate.

Le pH est peu alcalin : 7,5. La sédimentation de ces calcaires s'est donc faite dans des conditions voisines de la neutralité.

D'autre part, le milieu de genèse n'est pas favorable à la précipitation de sulfure de fer, puisqu'il n'est pas réducteur ; il explique, au contraire, l'abondance de la glauconie, exigeant pour sa néoformation un cation fer trivalent.

Ces conditions, associées à la présence dans ce milieu de nombreux cations divalents, font que la genèse de la kaolinite se trouve bloquée au profit d'une formation uniquement micacée.

La méthode de coloration sélective calcite-dolomite, décrite précédemment, pour les calcaires berriasiens, a permis de déceler, dans une plaque mince, quelques petits cristaux incolores de dolomite, confirmant ainsi le faible pourcentage de magnésie trouvé à l'analyse.

La formule représentative de ce banc de "lauzes" sénoniennes en reprenant les mêmes dénominations utilisées plus haut, est la suivante :

C 79 (Calc et dol) - I 11,00 - Fe 0,7 (sesq) - gypse 0,30 - A 9(I)

Le milieu de genèse des "lauzes" sénoniennes est celui d'une mer certainement profonde, (condition principale à la survivance des organismes benthiques), faiblement alcaline, aérée, et agitée par des courants responsables de l'importance des éléments clastiques et des débris d'organismes. Ces conditions, jointes au fait qu'il existait, dans ce milieu, de nombreux cations divalents, ont bloqué la genèse de la kaolinite. Les conditions de sédimentation correspondent à l'évolution d'une boue très calcaire, en milieu faiblement oxydant. Ces

conditions confirment, en les précisant du point de vue physico-chimique, celles obtenues par N. Roubichou dans son "étude micrographique du Crétacé supérieur du Vercors" (1956) : à la mer très agitée du l'Albien-Turonien, fait place, dans le Vercors, une mer plus calme, augmentant progressivement de profondeur et encore troublée par des courants au Campanien supérieur.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les tableaux ci-dessous résument les principaux résultats de cette étude :

1 - Composition globale des 4 échantillons étudiés

	<u>Lias</u>	<u>Rauracien</u>	<u>Berriasien</u>	<u>Sénonien</u>
Phase carbonatée	71,50	56,00	54,30	79,00
Insolubles	1,80	10,20	13,40	11,00
Sels de Fer	2,20	3,32	7,85	0,70
Gypse	0,64	0,54	0,58	0,30
Phase argileuse	23,86	29,94	23,87	9,00

2 - Nature et pourcentages des minéraux de la phase argileuse

	<u>Illite</u>	<u>Kaolinite</u>
Lias de Pont-du-Prêtre	76	24
Rauracien de Genevray	94	6
Berriasien des Combes	73	27
Sénonien de Sassenage	100	

3 - Variations de la composition chimique de la phase argileuse

Poids de potasse et de magnésie pour 100 gr de silicates déshydratés et rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$.

	<u>K₂O % sec</u>	<u>MgO % sec</u>	<u>SiO₂/Al₂O₃</u>
Lias	3,54	0,94	3,07
Rauracien	2,56	2,31	2,82
Berriasien	0,90	2,37	2,12
Sénonien	1,20	2,50	3,30

Les résultats exposés ci-dessus permettent de déduire un certain nombre de faits intéressants, en ce qui concerne les conditions de sédimentation.

Dans son étude sur les roches argileuses sédimentaires, G. Millot (1949 p. 253) constate que les conditions de sédimentation sont très variables pour un même milieu de genèse, et ajoute, pour les roches d'origine marine : "Il semble que la forte teneur en carbonates fait augmenter la proportion de minéraux micacés. Celle-ci varie de 70 à 100 %. Que la forte teneur en pyrite, qui caractérise les roches nées en milieu réducteur, augmente la proportion de kaolinite".

D'autre part, dans ses récentes recherches sur l'origine des minéraux des sédiments marins, A. Rivière (1954 p 468) souligne que R.S. Dietz, analysant les vases marines draguées par le Challenger, constata "que la kaolinite domine seulement dans les échantillons recueillis près du rivage. Par contre, l'illite est le minéral abondant des sédiments des zones profondes" et qu'il en conclut donc que l'illite est une argile de néoformation à partir d'un apport détritique en provenance des zones marginales de la mer et du continent.

En s'aidant de ces déductions, ainsi que des résultats obtenus au cours de cette étude, il a été possible de mieux préciser les conditions de sédimentation de chacune de nos roches.

1 - Lias de Pont-du-Prêtre. Roche très calcaire, correspondant à l'évolution d'une vase calcaire sulfureuse, dans une mer relativement profonde, réductrice (pH : 9) et potassique.

2 - Rauracien de Genevray-de-Vif. Dépôt argilo-calcaire, dans une mer peut-être littorale et tranquille (6 % de kaolinite seulement), mais oxydante (pH : 6,8) d'où une très faible tendance à la formation des sulfures, altérés ultérieurement en sesquioxides, et à celle de la kaolinite.

3 - Berriasien des Combes. Alternance de bancs plus ou moins calcaires. L'échantillon étudié, peu calcaire par rapport aux bancs sus-jacents, peut être rapproché de l'échantillon du Lias de Pont-du-Prêtre. Ils sont semblables sur plusieurs points : à peu près les mêmes pourcentages d'illite et de kaolinite dans la phase argileuse ; pH très voisins et basiques ; mais cependant leur composition chimique globale est très différente ; c'est que les conditions de sédimentation de la roche du berriasien sont celles d'une vase argilo-calcaire très riche en matières organiques et en sulfures (pH : 8,8), dans une mer littorale et anaérobie (ce qui explique la plus forte teneur en kaolinite, trouvée dans nos échantillons).

4 - Sénonien de Sassenage. Ce dépôt correspond à une boue très riche en calcaire sédimentée dans une mer pratiquement neutre (pH : 7,5), assez profonde, mais agitée de courants-sous-marins (favorables à la peroxydation du fer et à la genèse de la glauconie) et où la présence de cations divalents, de même que la profondeur des eaux, déterminèrent la seule néoformation d'un minéral riche en silice du type mica.

En ce qui concerne les couches berriasiennes, elles ont une épaisseur dépassant 80 mètres comme le prouvent les analyses micropaléontologiques des lames minces faites dans les échantillons du Chevalon et des Combes : ainsi, la limite tithonique-Berrias ne semble pas correspondre à la limite lithologique classique établie sur la différence de faciès des roches. Leurs calcaires argileux ne sont pas du tout dolomitiques, comme le prouve l'analyse chimique et le confirme la méthode de coloration sélective calcite-dolomite ; par contre les calcaires sénoniens sont légèrement magnésiens.

RESUME DES ANALYSES

- 1 - Analyse globale de la phase argileuse.
2 - Analyse recalculée de l'illite.

	<u>Lias</u>		<u>Rauracien</u>		<u>Berriasien</u>		<u>Sénonien</u>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
SiO ₂	52,30	47,60	56,62	50,40	57,30	52,00	77,60	51,40
Al ₂ O ₃	16,94	20,00	20,06	21,40	24,48	24,48	7,30	15,50
Fe ₂ O ₃	3,56	5,50	3,87	5,50	0,04	0,40	1,70	3,00
FeO	0,18	0,28	0,29	0,40	2,65	5,00	0,02	0,70
MgO	0,79	1,23	2,08	3,00	1,72	3,40	1,08	2,40
CaO	3,50	5,45	3,60	5,15	2,50	5,00	2,60	5,70
Na ₂ O	0,85	1,32	0,43	0,60	0,13	0,30	0,07	0,20
K ₂ O	2,95	4,60	2,32	3,30	0,65	1,30	0,54	1,10
TiO ₂	0,80	-	1,00	-	0,80	-	0,26	-
P ₂ O ₅	Traces	-	traces	-	0,01	-	0,01	-
MnO	0,12	-	0,10	-	0,02	-	0,01	-
H ₂ O +	6,80	5,30	0,87	1,00				
H ₂ O -	11,02	8,50	8,84	9,30	10,00	6,70	9,20	19,00
Total	99,81	99,78	100,08	100,05	100,03	98,58	100,39	99,00
pH	9		6,8		8,8		7,5	

Analyste : N. Parjadis de Larivière. Grenoble 1958.

Provenances : Lias : Galerie au niveau du Pont-du-Prêtre, rive droite de la Bonne.

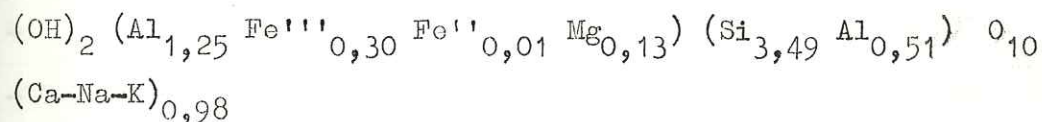
Rauracien : Sommet de la carrière de Genevray-de-Vif, en dessous de la découverte, rive gauche de la Gresse.

Berriasien : Banc de "pierres argileuses" de la galerie souterraine de Lachal, aux Combes, rive droite de l'Isère,

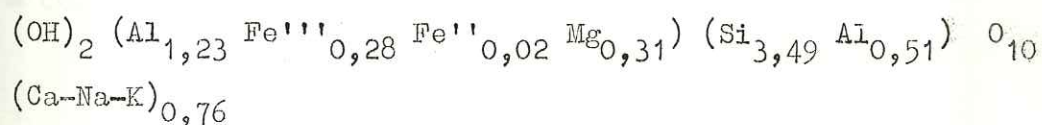
Sénonien : Bancs dits "chaux des grands rochers", au sommet de la carrière de Sassenage, rive gauche de l'Isère.

Formule de l'illite :

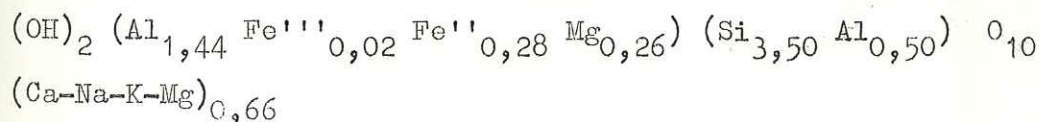
1 - Lias



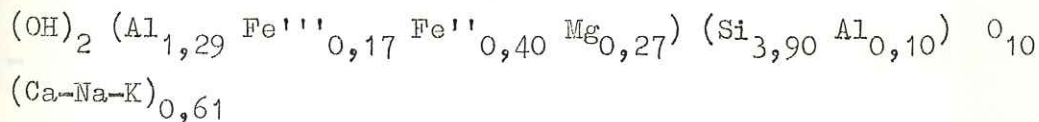
2 - Rauracien



3 - Berriasien



4 - Sénonien



BIBLIOGRAPHIE

Principales abréviations :

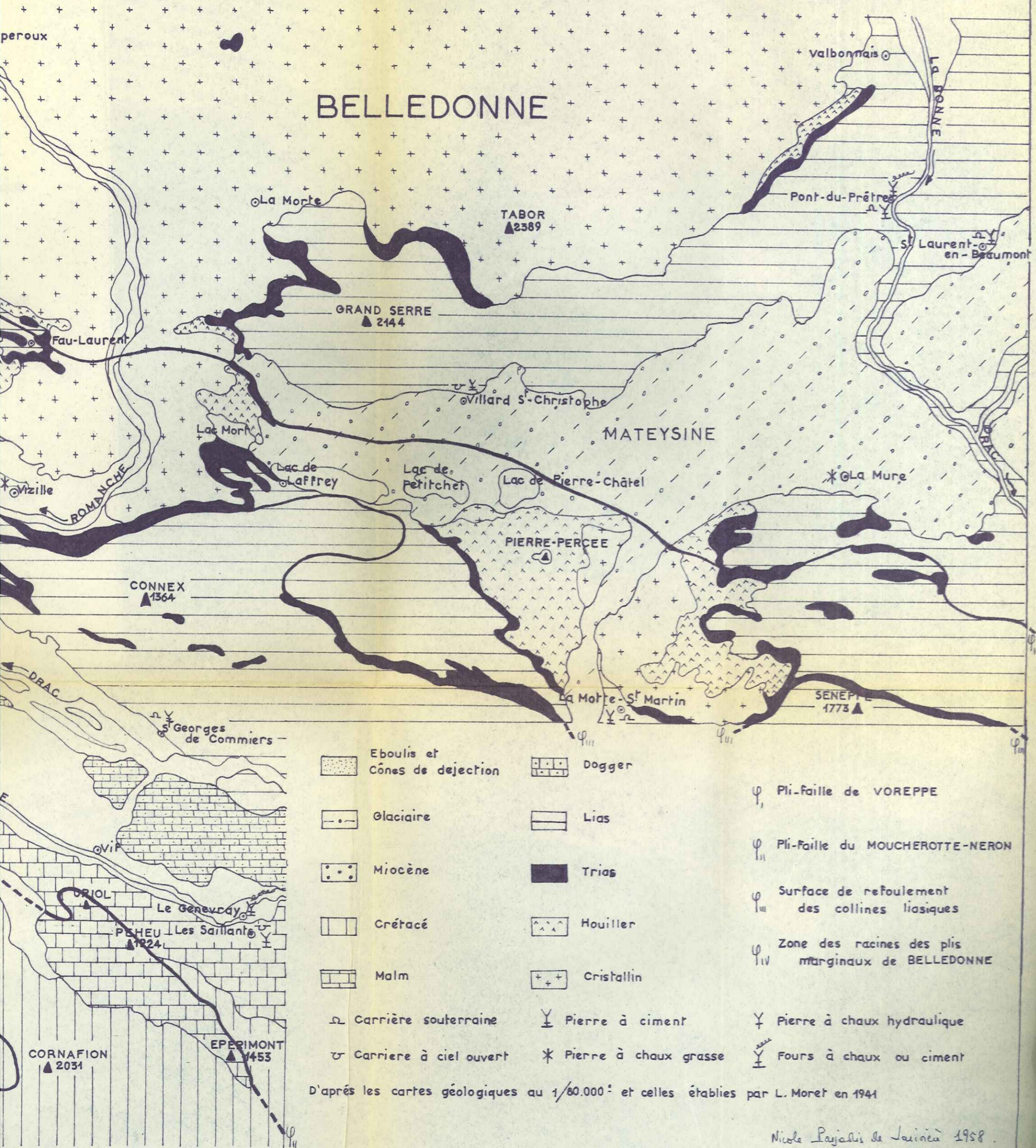
- A.F.A.S. : Association Française pour l'Avancement de la Science.
 B.S.G.F. : Bulletin de la Société Géologique de France
 R.G.A. : Revue de Géographie Alpine
 S.G.I. : Stastique Générale du Département de l'Isère
 T.L.G.G. : Travaux du Laboratoire de Géologie de Grenoble

- 1 - BLANCHARD (R). 1928. L'industrie des chaux et des ciments dans le Sud-Est de la France. R.G.A. XVI. p. 255 - 376.
- 2 - " 1938 - 1950. Les Alpes Occidentales p. 170.
- 3 - CAROZZI (A). 1953. Pétrographie des roches sédimentaires, 1ère édition. Lausanne. 250 pages.
- 4 - COLOM (G). 1948. Fossil tintinnids : Loricated infusoria of the order of the Oligotricha. Journal of Paleontology. XXII. n° 2. p. 233 - 263.
- 5 - GARRIDO (J) et TORRE de ASSUNCAO (C). 1953. Tables pour la détermination des minéraux au moyen des rayons X. Bul. Musée et Labo. Min. et Géol. Fac. Sc Lisbonne. XX - XXI. 6° p. 210 - 218.
- 6 - GIGNOUX (M) et MORET (L). 1930. Un itinéraire à travers les Alpes Françaises. p. 7 - 42.
- 7 - " 1937. Description géologique de la vallée de la Durance. T.L.G.G. XXI. p. 16 - 17.
- 8 - " 1952. Géologie dauphinoise. 2° édition. Paris. 384 pages.
- 9 - GUEYMARD (E). 1831. La minéralogie, la géologie et la métallurgie du département de l'Isère. S.G.I. p. 142 - 144 et 844.

- 10 - LEON (P). 1953. La naissance de la grande industrie en Dauphiné. p. 499 et 629 - 630.
- 11 - LETONNELIER (G). 1938. L'industrie en Dauphiné au XVII^e siècle. Bul. Soc. Arch. Drome LXVI. p. 69 - 75.
- 12 - LORY (Ch). 1873. Notice géologique et chimique sur les pierres propres à la fabrication des chaux hydrauliques et des ciments, dans le département de l'Isère et autres départements de la région des Alpes. 24 pages.
- 13 - MEGNIEN (C). 1957. Différenciation calcite-dolomite et anhydrite-gypse par coloration sélective sur échantillons macroscopiques. B.S.G.F. 6^e série XVII. n^o 1 - 3. p. 27 - 29.
- 14 - MILLOT (G). 1949. Relation entre la constitution et la genèse des roches sédimentaires argileuses. Rev. Géol. app. Prosp. minière. II. n^o 2 - 3 - 4.
- 15 - MORET (L). 1952. Une coupe du "bord subalpin" au Nord de Grenoble : succession de faciès lithologiques. A.F.A.S. p. 290.
- 16 - PIVETEAU (J). 1952. Traité de Paléontologie. 1^{ère} édition. Paris. t. I.
- 17 - RIVIERE (A) et VISSE (L). 1954. L'origine des minéraux des sédiments marins. B.S.G.F. 6^e. IV. p. 467 - 474.
- 18 - ROUBICHOU (N). 1956. Etude micrographique du Crétacé supérieur sur la bordure Nord du massif du Vercors. T.L.G.G. XXXIII. p. 157 - 206.
- 19 - VEYRET - VERNET (G). 1948. L'industrie des Alpes Françaises. Thèse. Lettres. Grenoble.

LA REGION GRENOBLOISE

CHAUX GRASSE ET HYDRAULIQUE



CARTE TOPOGRAPHIQUE ET STRUCTURALE DE LA F

ES EXPLOITATIONS DE CARRIERES A CIMENT ET CHAUX



CARTE TOPOGRAPHIQUE ET GROUPANT LES EXPLOITATIONS DE CARR

