



HAL
open science

Le site d'Orgnac 3 (Ardèche, France). Étude sédimentologique et géochimique. Cadre chronologique et évolution paléoclimatique

Samir Khatib

► **To cite this version:**

Samir Khatib. Le site d'Orgnac 3 (Ardèche, France). Étude sédimentologique et géochimique. Cadre chronologique et évolution paléoclimatique. Archéologie et Préhistoire. Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS, 1989. Français. NNT : . tel-00507416

HAL Id: tel-00507416

<https://theses.hal.science/tel-00507416>

Submitted on 30 Jul 2010

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.

930.120 2448

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

LE SITE D'ORGNAC 3 (Ardèche, France).
ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE ET GEOCHIMIQUE.
CADRE CHRONOLOGIQUE ET EVOLUTION PALEOCLIMATIQUE

par

Samir KHATIB



Thèse présentée
pour l'obtention
du Doctorat du Muséum National d'Histoire Naturelle

QUATERNAIRE : GEOLOGIE, PALEONTOLOGIE HUMAINE, PREHISTOIRE

soutenue le : Mardi 20 Juin 1989

devant la commission composée de :



Membres du Jury :

Président : Henry de LUMLEY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle

Examineurs :

Lucien LECLAIRE, Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle

Michel SERVANT, Directeur de Recherche à l'O.R.S.T.O.M.

Yuji YOKOYAMA, Directeur de Recherche au C.N.R.S.

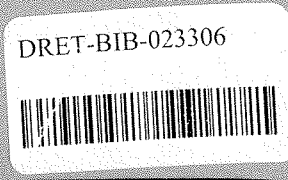
Jean COMBIER, Directeur de Recherche au C.N.R.S.

Bertrand KERAUDREN, Directeur de Recherche au C.N.R.S.

Mireille DELAUNE, Chargé de Recherche à l'O.R.S.T.O.M.

Michel DUBAR, Chargé de Recherche au C.N.R.S.

Alain TUFFREAU, Chargé de Recherche au C.N.R.S.



REMERCIEMENTS

Avant de présenter les résultats de ce travail, je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont aidé à le mener à son terme.

Je tiens à remercier particulièrement Monsieur le Professeur Henry de LUMLEY pour m'avoir accepté dans son Laboratoire et dans ses chantiers de fouilles, et pour les fructueux conseils qu'il m'a prodigués.

J'exprime mes vifs remerciements aux membres du jury:

Monsieur Jean COMBIER pour ses encouragements et son aide qui m'ont servi à la compréhension des phénomènes préhistoriques.

Monsieur Bertrand KERAUDREN pour ses conseils éclairés et les discussions utiles que j'ai eues avec lui.

Monsieur Michel SERVANT qui a bien voulu m'accepter dans son laboratoire et accepter d'honorer de sa présence ce jury.

Madame Mireille DELAUNE pour son aide appréciable au cours de la rédaction de ce travail et pour m'avoir initié aux différentes techniques d'analyses sédimentologiques.

Monsieur Yuji YOKOYAMA avec qui j'ai eu l'occasion de discuter longuement des problèmes de chronologie qui se sont posés au cours de la préparation de ce mémoire et qui m'a fait profiter de sa vaste expérience.

Monsieur le Professeur Lucien LECLAIRE, messieurs Michel DUBAR et Alain TUFFREAU d'avoir acceptés d'être membres de mon jury

Je remercie également Mademoiselle Joelle CARPENA de m'avoir accepté dans son laboratoire à Gif sur Yvettes pour réaliser une datation par la méthode de traces de fission.

Il m'est agréable de remercier également Monsieur MISKOVSKY d'avoir suivi mon travail; ses recommandations ont largement contribué à l'amélioration de cette thèse.

Je remercie Madame HARLE et tout le personnel de L'O.R.S.T.O.M qui m'ont aidé dans ce travail.

Enfin, que tous les étudiants de l'IPH trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude.

RESUME

Les études développées dans cette thèse ont permis de proposer de nouvelles données stratigraphiques, chronologiques et géochimiques.

L'étude sédimentologique a mis en évidence quatre ensembles sédimentaires bien distincts, comprenant 12 niveaux stratigraphiques. Les ensembles, inférieur I et supérieur IV, se sont déposés sous un climat froid et sec accompagné d'actions éoliennes intenses. L'origine des sédiments de l'ensemble inférieur se situe dans le Massif Central (abondance des minéraux métamorphiques). Dans l'ensemble supérieur, les minéraux sont volcaniques et proviennent des éruptions volcaniques du Mont Dore.

Les deux ensembles médians (ensembles II et III) ont été déposés, sous un climat tempéré et humide pour l'ensemble II, et froid et humide pour l'ensemble III. Les sédiments de ces deux ensembles sont des colluvions, qui ont été apportées par ruissellement à partir du recouvrement du plateau.

Grâce à des cendres volcaniques fraîches, piégées dans des terriers de l'ensemble supérieur, nous avons pu faire une datation sur des zircons par la méthode de traces de fission, qui a donné un âge absolu de 298 000 ans.

L'étude géochimique montre, d'une part, une diagenèse de carbonates sous forme de concrétions et d'encroûtements et, d'autre part, une diagenèse de phosphates de calcium, sous forme d'apatite, à partir de l'altération des ossements. Nous avons pu, également, mettre en évidence, dans le niveau supérieur du remplissage, la formation d'un paléosol qui se manifeste par l'altération intense des minéraux volcaniques.

BUT DE CETTE ETUDE

L'intérêt que présente l'étude du remplissage d'Orgnac 3 réside dans les points suivants::

-le gisement par lui-même, qui fait partie des anciens sites préhistoriques d'Europe, habités par l'homme il y a environ 350 000 ans

-essayer d'appliquer à ce type de formation, les différents techniques sédimentologiques et géochimiques pour mieux cerner la mise en place des sédiments et les modifications apportées au milieu par l'homme par apport des éléments étrangers .

-reconstituer l'évolution paléoclimatique pendant une partie du Quaternaire moyen.

Cette thèse est composée de trois parties:

-la première partie est consacrée à l'étude sédimentologique de l'environnement du site.

-la deuxième partie concerne l'étude sédimentologique du remplissage d'Orgnac 3.

-enfin, la troisième partie est consacrée à l'étude géochimique de ce remplissage.

A. CADRE GEOGRAPHIQUE

Le site d'Orgnac 3, se trouve en Ardèche méridionale, sur la commune d'Orgnac, au lieu dit Matte Carlinque, à quelques centaines de mètres de la limite du département du Gard.

Ce gisement s'ouvre à 325m d'altitude sur l'extrémité sud-ouest du plateau urgonien de Bourg Saint Andéol qui est limité par deux rivières: l'Ardèche au Nord, et la Cèze au Sud. Ces deux rivières viennent du Massif Central, et se jettent dans le Rhône.

B. CONTEXTE GEOLOGIQUE

B.1. Crétacé inférieur (urgonien):

Le calcaire urgonien recouvre le Barrémien supérieur sur la rive droite du Rhône; il forme un vaste plateau à surface karstique, doucement incliné vers le Rhône à l'Est de Bourg saint Andéol. C'est un calcaire blanc, compact, plus crayeux entre Orgnac et Bargac (Cotillon et al, 1979).

De nombreux avens et grottes s'ouvrent dans cette formation, en particulier la grotte de Saint Marcel-d'Ardèche et l'Aven d'Orgnac (Fig.1).

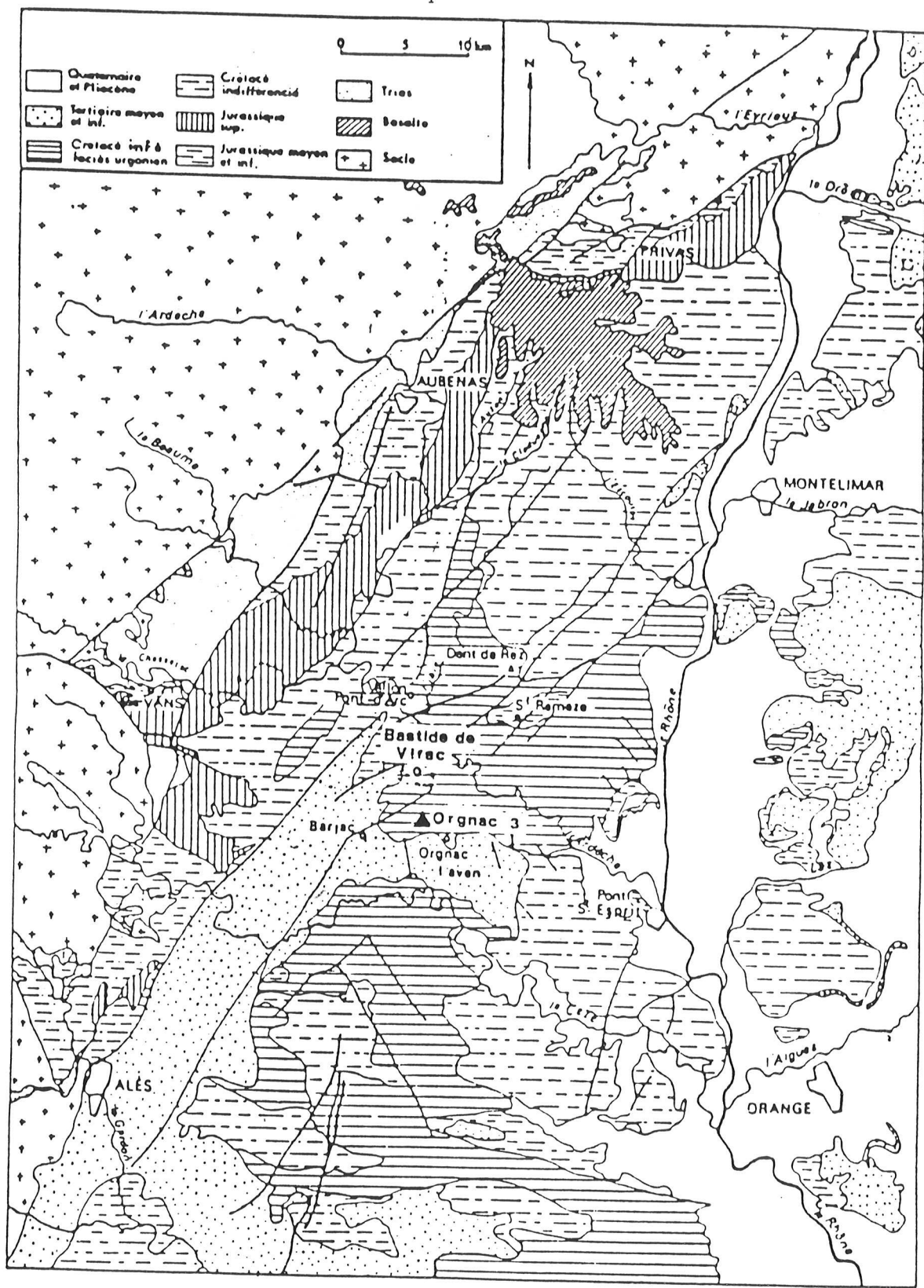


Fig n° 1 : Cadre géologique de la région.

B.2. Crétacé moyen (Cénomanién)

Il affleure sous le Turonien à la Bastide de Virac, où il comprend des marnes ligniteuses.

B.3. Crétacé moyen (Turonien)

On le trouve à La Bastide de Virac sous forme de calcaire gréseux jaunâtre en bancs minces à silicifications de couleur brune (carte géol, Orange, 1/80000).

B.4. Eocène inférieur:

De petits affleurements de sables et argiles bigarrées reposent en discontinuité sur le calcaire urgonien à l'ouest de Pouzol et au nord de Le Garn.

Il est vraisemblable qu'une partie de ces sables et argiles appartient proportionnellement au Crétacé supérieur et à l'Eocène supérieur, voire à l'Oligocène (carte géol 1/80000, Orange).

B.5. Oligocène inférieur (Sannoisien inférieur):

Une puissante série de calcaires blancs mat couvre de vastes surfaces au nord de la Cèze; elle est très fossilifère sur la route de Barjac à Pont Saint Esprit. Ce calcaire contient un niveau de silex (Masson, 1981).

B.6. Oligocène inférieur (Sannoisien supérieur)

Il se présente à Barjac sous forme de calcaires marneux, durs, parfois noirâtres.

Ce sont les formations géologiques les plus récentes dans l'environnement du site d'Orgnac 3.

B.7. Quaternaire:

Il est représenté par :

- les terrasses fluviatiles de l'Ardèche et de ses affluents qui s'étagent du Miocène supérieur à l'actuel (Michou, 1984).

- le dépôt de limons et de loess, surtout en bordure du Rhône.

- des remplissages karstiques (Fig.1).

C.LE SITE D'ORGNAC 3

C.1.Historique de recherches

En 1954, l'Abbé Roux et Pierre Huchard ont fait les premières découvertes de silex taillés sur le plateau du Bois du Ronze. Les pièces se trouvaient dans un sol induré en place sur une vaste zone argileuse où aurait été installée une cabane de charbonniers. Ils venaient de découvrir le gisement préhistorique d'Orgnac 3.

En 1959, J.Combier, J.P.Thevenot et J.Thiaut dégagent une série d'outils pré-moustériens accompagnés de restes de faune, mais c'est en 1962 que J.Combier et son équipe ont mis au jour plusieurs niveaux acheuléens. Le gisement d'Orgnac 3 devenait le premier site acheuléen stratifié connu dans le bassin du Rhône.

Du début de la fouille jusqu'en 1972, J.Combier et son équipe ont dégagé sur une profondeur de 4 à 7 mètres, une surface de 45m.

C.2.Description du site

Le site d'Orgnac forme une cuvette d'environ 40m de longueur sur une quinzaine de mètres de largeur, creusée dans le calcaire urgonien lapiazé (Fig.2)

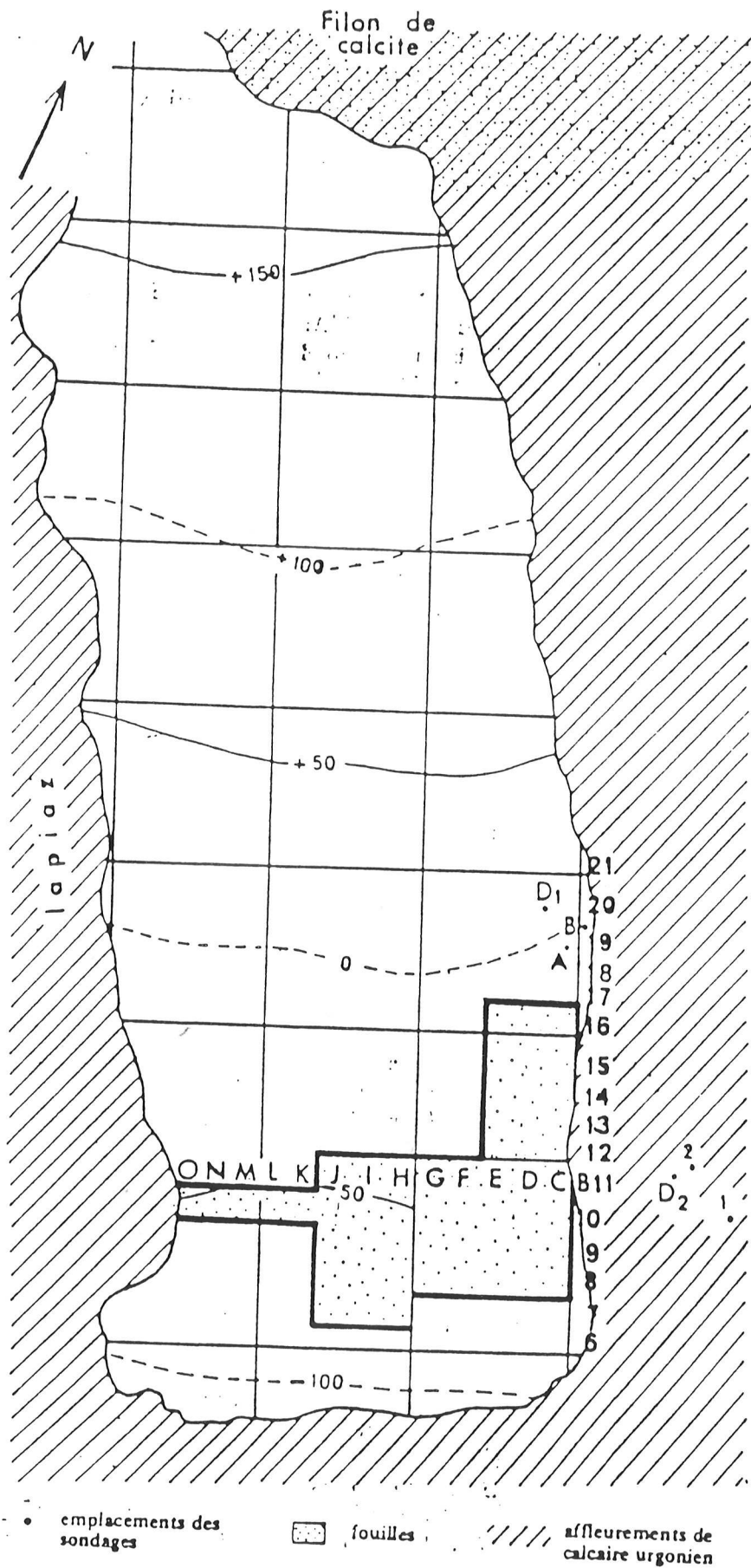


Fig n° 2 : Orgnac 3. Localisation des fouilles et des sondages (d'après Combiere, 1967, complété).

Selon Combier (1967), le gisement d'Orgnac 3 correspondrait à un aven, dont le plafond s'est effondré pendant le Pléistocène moyen.

Pour cerner l'extension du gisement, plusieurs sondages ont été réalisés en 1968 et 1984.

Les fouilles ont atteint le substratum à 7m de profondeur dans les carrés C,D,E (11) , et à 2,5 m dans le carré 011.

Des carottages entrepris par H. de Lumley et J. Combier (1984) ont révélé une épaisseur de remplissage de 6,4 m dans la partie nord du gisement (carotte A, carré C18 et carotte B, carré B19); cette épaisseur diminue jusqu'à 3m dans le carré D20 (carottage E).

Dans la partie Est, sous 4 mètres de calcaire urgonien, on trouve un remplissage de 4m d'épaisseur avec le sondage 1, de 5,5m avec le sondage 2 et de 7m avec le sondage D2.

Dans la partie sud du gisement, l'extension du remplissage est inconnue (Fig.2).

Ces données ont permis à H.de Lumley et J. Combier de considérer que le gisement d'Orgnac correspondrait plutôt à une grotte, dont l'entrée est située dans la partie ouest du gisement; le substratum remontant dans cette même direction avec un pendage de 20 degrés.

C.4. STRATIGRAPHIE

En 1972, Jean COMBIER a divisé le remplissage en 19 niveaux stratigraphiques en fonction de l'observation du sondage de 7m de profondeur. Cette stratigraphie a été basée sur les variations latérales et verticales de faciès et sur la concentration des cailloux (fig.3).

C.5. La faune

La faune existe dans tout le remplissage et varie d'un niveau à l'autre. L'étude des rongeurs qui a été entreprise par JEANNET (1972) a révélé trois espèces principales (*Pliomys episcopalis*, *Arvicola cantiana*, *Clethionomys glareolus*). Ces espèces, reconnues dans le Pléistocène ancien et moyen en Europe, placeraient, selon M. Jeannet, le gisement d'Ornac dans le Mindel et le Riss ancien.

La représentation des espèces de grands mammifères, étudiés actuellement par H. AOURAGHE, varie sensiblement en fonction de la stratigraphie.

Les carnivores sont surtout présents dans l'ensemble stratigraphique I où il n'y a pas de restes archéologiques. Les ossements découverts dans ces niveaux correspondent donc à des repaires de carnivores.

Dans l'ensemble stratigraphique II les ossements de cervidés et de bovidés sont bien représentés. Signalons aussi la présence de quelques restes de rhinocéros, de loup, de lynx, d'ours et d'un singe cynomorphe dans le niveau archéologique 7.

Ce carottage a atteint le substratum (calcaire urgonien) à 6,40m.

Il faut noter que deux immenses blocs ont été traversés par ce carottage:(-450 à -390cm, -265 à -250cm).

- carottage B; localisé dans le carré (B19), côté nord de la zone fouillée. Ce dernier a d'abord atteint un filon de calcite à 6,55m, puis le calcaire urgonien à 6,90m.

Le carottier a rencontré quatre blocs situés respectivement aux profondeurs suivantes: -485 à -450cm, -370 à -350cm, -280 à -250cm, -190 à -160cm.

-prélèvements du centre (zone fouillée): ces prélèvements ont été réalisés sur une grande coupe verticale aménagée par la fouille et appartenant aux carrés G12,F12.Cette coupe a atteint le substratum à 7m

PREMIERE PARTIE
ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE
DE
L'ENVIRONNEMENT DU SITE

CHAPITRE II

ETUDE DE L'ENVIRONNEMENT

1. Nature des prélèvements

Dix échantillons ont été prélevés dans les différentes formations géologiques environnant le site pour déterminer l'origine du remplissage d'Orgnac 3, et mettre en évidence les relations sédimentologiques et géochimiques qui existent entre le gisement préhistorique et son environnement (Fig.4).

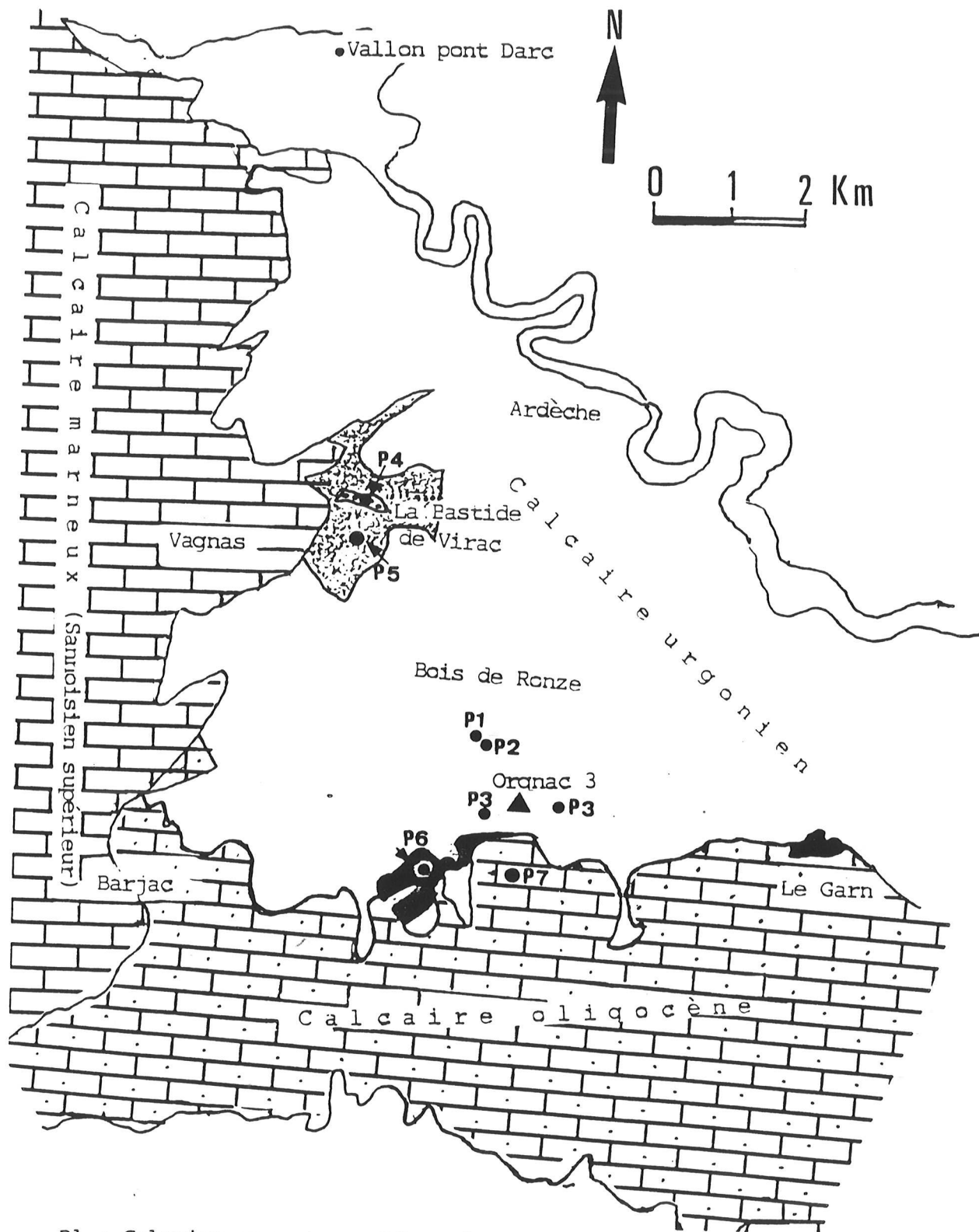
P 1. Le calcaire urgonien

Les parois du gisement sont formées d'un calcaire urgonien compact, de couleur blanchâtre, à filons de calcite.

On remarque des variations de faciès dans ce calcaire; il est lapiazé en surface et, sur le plateau il est de couleur bleutée et beaucoup plus dur que celui qui forme la paroi du gisement.

P 2. Sédiment du plateau:

La recherche de sédiments sur le plateau a été rendue difficile en raison de la construction d'une route et d'un recouvrement par des matériaux allochtones. Une zone préservée a finalement été repérée. Le sédiment recouvre le calcaire lapiazé sur une épaisseur de 50 cm. Il est de couleur rouge foncé et de granulométrie fine.



- P1 : Calcaire urgonien
- P2 : Sédiments du plateau
- P3 : Recouvrement du calcaire urgonien
- P4 : Grès et conglomérat du céno manien (La Bastide de Virac)
- P5 : Calcaire gréseux du turonien (La Bastide de Virac)
- P6 : Argiles bigarrées de l'Eocène inférieur
- P7 : Calcaire oligocène

Fig n° 4 : Localisation de différents prélèvements dans l'environnement d'Orignac 3.

P 3 Recouvrement du calcaire urgonien.

D'autres prélèvements ont été effectués. Sur le flanc sud d'un ancien affluent de la Cèze, ce recouvrement contient de petits graviers de calcaires et des marnes avec des recristallisations, et quelques fragments de calcite filonienne. Ces sédiments sont de couleur rouge foncé.

A 100 m à l'ouest de la paroi nord du site d'Orgnac, nous avons prélevé des sédiments de couleur rouge foncé à noir, qui reposent sur le calcaire urgonien.

P 4. Les formations cénomaniennes.

Ce sont des dépôts lacustres (conglomérats et grès de La Bastide de Virac) situés à environ 5 Km au nord-ouest du site d'Orgnac 3. Les conglomérats comprennent des galets de quartz, de silex et de calcaires cimentés par des sables grossiers de couleur jaune.

Les grès qui surmontent ces conglomérats sont de couleur bleu clair et à ciment carbonaté.

P 5. Les calcaires gréseux turoniens.

Le Turonien est représenté par une grande masse de calcaire gris qui couvre toute la région de La Bastide de Virac.

P 6. Les argiles bigarées éocène inférieur

Dans la région étudiée c'est une formation peu étendue qui affleure près de Pouzole, à l'ouest de l'aven d'Orgnac. Elle présente un faciès argilo-sableux de couleur jaunâtre.

P 7. Le Calcaire oligocène

A 5 km du gisement, vers le sud, on trouve les terrains oligocènes qui pendent dans la direction de la Cèze.

Nous avons fait un prélèvement dans cette formation de calcaire blanc qui contient de petits lits de silex.

2. RESULTATS SEDIMENTOLOGIQUES

2.1. Granulométrie

Cette analyse concerne l'encaissant (calcaire urgonien) et les différents affleurements sédimentaires susceptibles d'avoir fourni des éléments détritiques pour le remplissage (Fig.5).

Calcaire urgonien.

Un bloc de 1010 gr. de calcaire provenant de la paroi du site a été attaqué à l'acide chlorhydrique à froid. Le résidu de décarbonatation est récupéré et pesé. Il ne représente que 0,15% de la roche et est essentiellement argileux.

Nous avons fait la même analyse sur un calcaire situé au sommet du plateau. Un bloc de 1360 gr. a été attaqué, et, dans ce cas, le résidu ne représente que

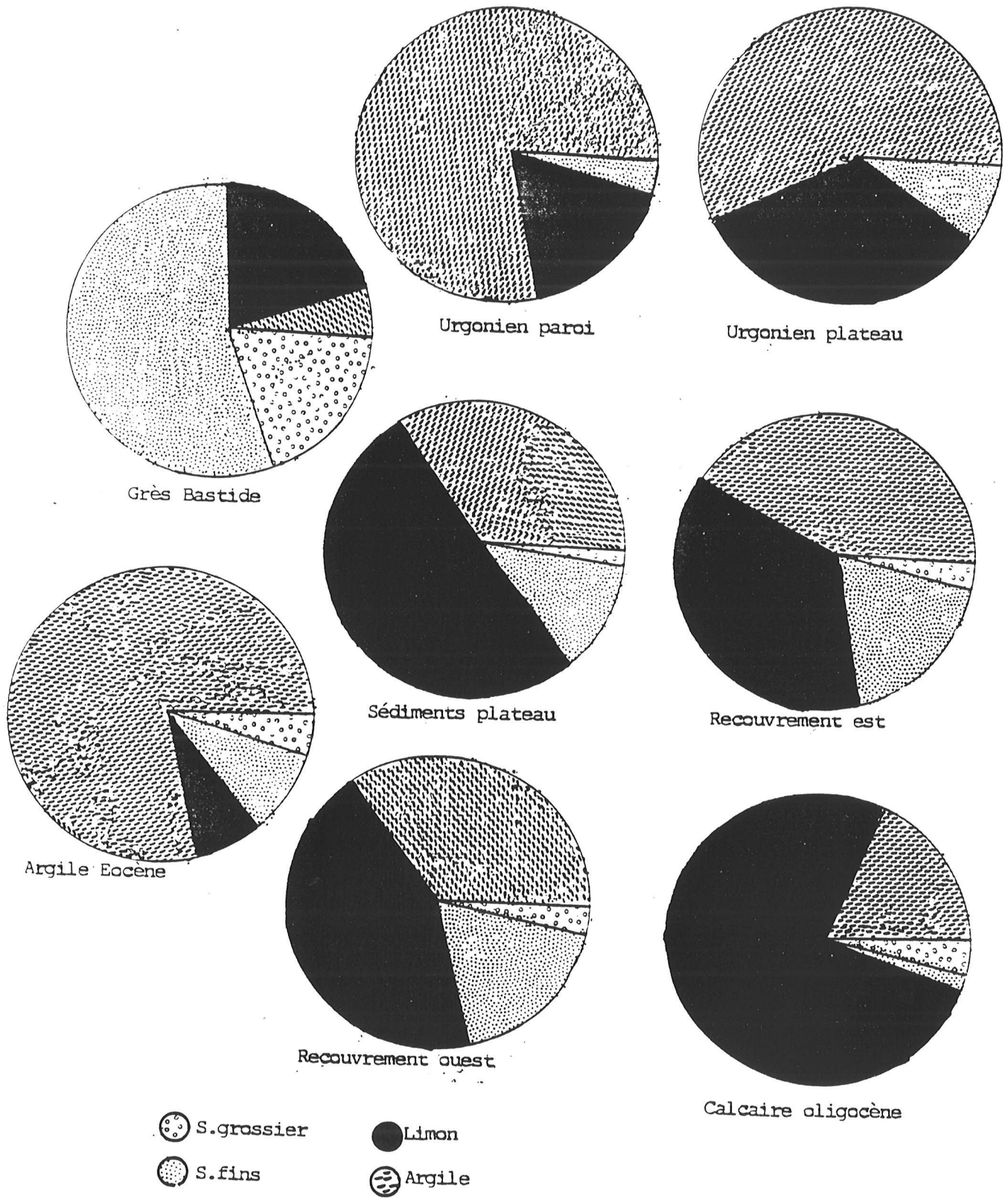


Fig 5 : Pourcentages des différentes fractions granulométriques de l'environnement d'Orgnac.

0,04% du poids total.

La fraction argileuse est ici moins importante, il y a une légère fraction de sables fins.

Tableau II : Granulométrie de la fraction fine des sédiments de l'environnement d'Orgnac 3.

sites	sables grossiers %	sables fins %	limons %	argiles %
Urgonien (paroi)	0	3	20	77
Urgonien (plateau)	0	10	34	56
Sédiment (plateau) 1		14	50	35
Recouvrement du calcaire (Est d'Orgnac) 2		21	39	39
Recouvrement du calcaire (Ouest d'Orgnac) 2		21	48	29
Grès céno-manien (Bastide) 21		55	18	6
Argile bigarrée éocène 5		10	8	77
Calcaire oligocène 3		1	75	21

Sédiments de plateau et recouvrement du calcaire:

Ces sédiments sont caractérisés par la prédominance de la fraction limoneuse sur la fraction sableuse

Grès céno-manien de La Bastide de Virac:

Une forte dominance des sables fins sur les différentes fractions granulométriques est enregistrée dans cette formation.

Argiles bigarrées éocène :

Dans cette formation, Les argiles dominant nettement et ont une granulométrie très fine (plus de 50% est < 1 μ).

Calcaire oligocène:

Comme dans le cas du calcaire urgonien, nous

avons déterminé la teneur en fraction détritique dans le calcaire oligocène. Nous sommes partis d'un poids de 349 gr. Le résidu en représente 0,18% .

Le pourcentage des limons est nettement plus élevé que celui des argiles (Tableau II).

CONCLUSION

L'altération des différentes faciès de calcaire urgonien libère du détritique argileux (Tableau II). Par contre, les sédiments qui recouvrent ce calcaire sont plutôt limono-sableux.

Les sables fins qui sont en faible proportion dans le calcaire, sont, par contre, dans ces formations en quantité non négligeable. Cette différence de granulométrie observée entre le résidu insoluble du calcaire urgonien et les formations qui le surmontent directement semblerait indiquer que ces dernières ne résultent pas de l'altération *in situ* du calcaire. On peut considérer que ces formations limono-sableuses ont été amenées par un transport éolien et ou fluviatile.

L'origine de ces sédiments n'est pas à rechercher au sud du plateau car les formations qui s'y rencontrent (argiles bigarrées éocènes, calcaire oligocène) ont de faibles teneurs en sables.

Il est plus probable que ces apports viennent du NW, où des couches sableuses très étendues (grès et calcaires gréseux de La Bastide de Virac) sont susceptibles d'avoir été le réservoir de ces sédiments. Les informations apportées par les analyses

minéralogiques vont dans le sens de cette hypothèse.

2.2. Minéralogie de la fraction sableuse

Nous avons étudié séparément les minéraux légers et les minéraux lourds (Fig.6).

2.2.1. Minéraux légers.

Calcaire urgonien:

Les sables récupérés dans les deux échantillons (paroi d'Orgnac et plateau) de calcaire urgonien sont des sables fins et, pour cette raison, leur analyse morphoscopique n'a pas apporté beaucoup de précision sur leur histoire. Par contre, nous y avons déterminé des quartz et des feldspaths dans les proportions suivantes:

- calcaire de la paroi : 90% de quartz et 10% de feldspaths.

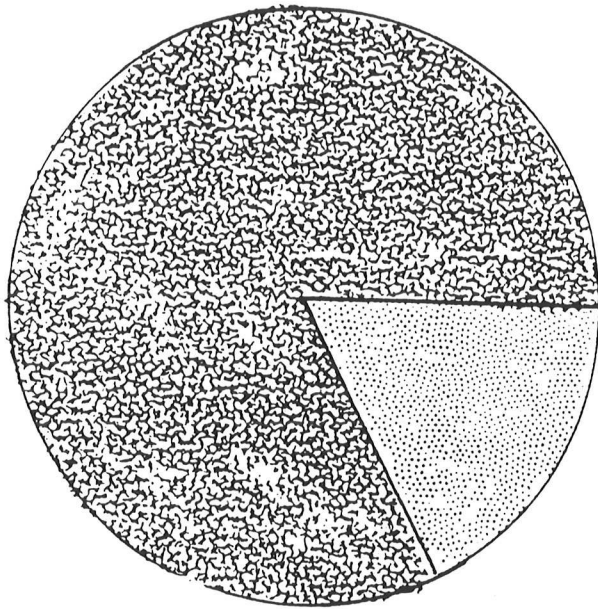
- calcaire du plateau : 81% de quartz et 19% de feldspaths.

Formations de recouvrement du calcaire:

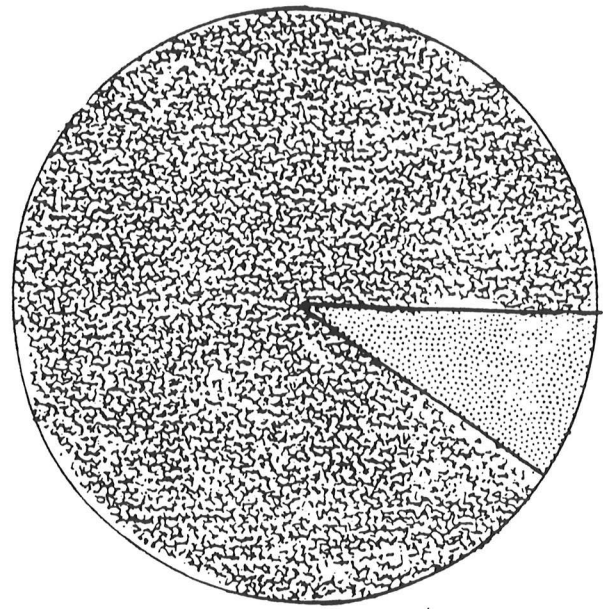
Les sables des sédiments du plateau renferment:

- 69% de quartz
- 18% de feldspaths potassiques
- 2% de plagioclases.
- 5% de débris silicifiés
- 6% de micas.

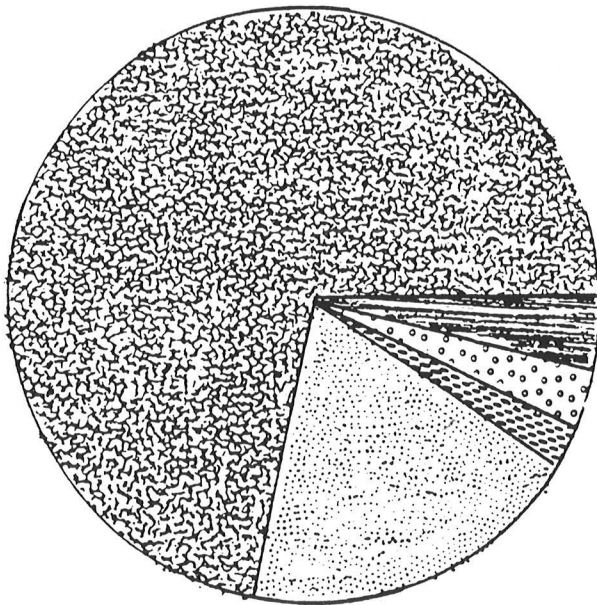
Dans la fraction grossière des sables, les quartz apparaissent éolisés ou brassés par l'eau. Par contre, ceux de la fraction moyenne les quartz sont moins affectés par les remaniements et la plupart des



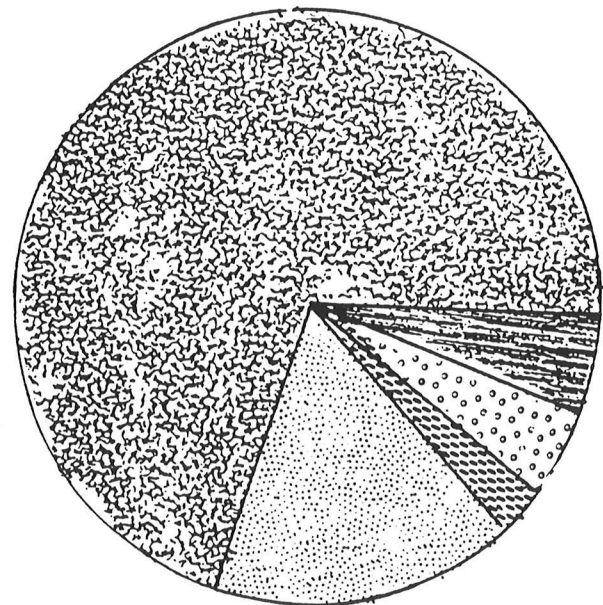
Urgonien du plateau



Urgonien ^{de la} du paroi

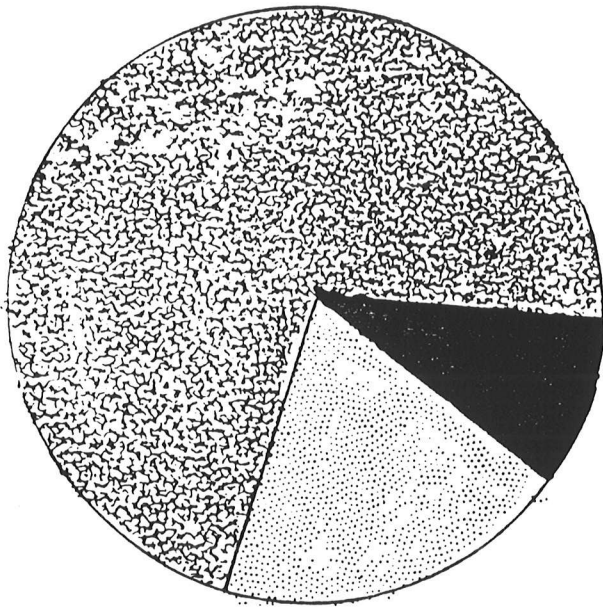


Recouvrement du calcaire

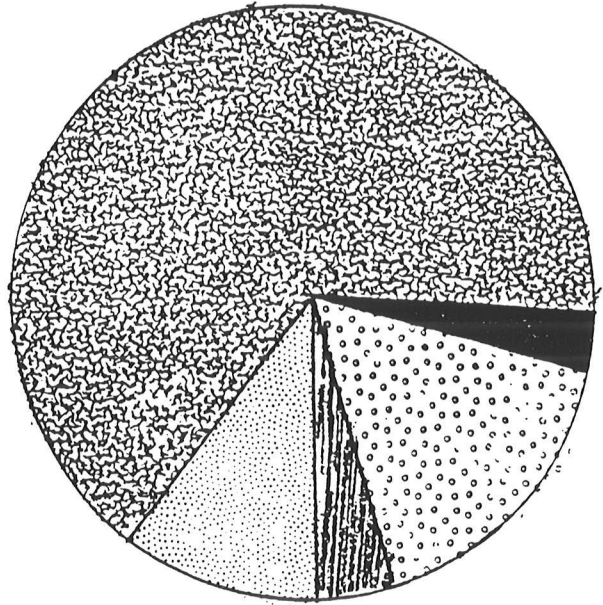


Sédiments du plateau

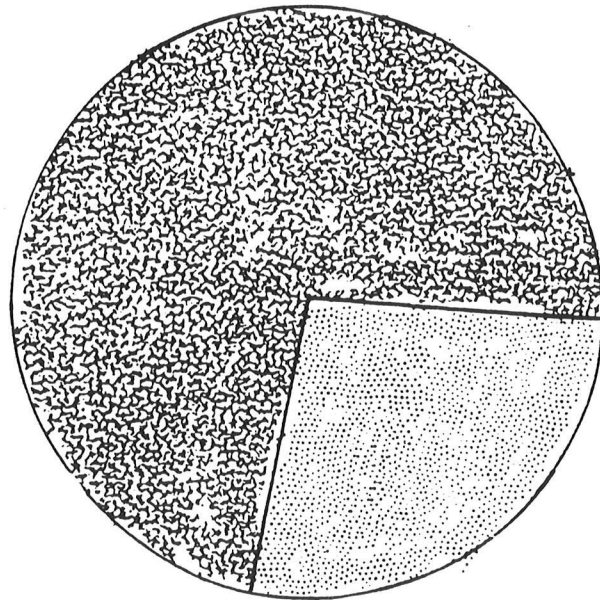
Fig 6 : Les différents pourcentages des minéraux légers des formations géologiques de l'environnement d'Orgnac.









Calcaire gréseux



Grès de La Bastide



Argilè bigarée Eocène

-  Quartz
-  Feldspath potassique
-  Plagioclase
-  Débris silicifié
-  Micas
-  Quartzite

Suite de fig. 6

grains sont anguleux, et parfois cassés.

Les éléments sableux détritiques de pente du plateau présentent les mêmes caractères; nous avons mis en évidence des:

- quartz : il est toujours dominant (69% en moyenne pour les deux échantillons analysés).
- feldspaths potassiques (21%).
- plagioclases (2% en moyenne).
- micas (5% en moyenne).
- débris silicifiés (4% en moyenne).

Dans la fraction sableuse grossière on observe trois populations de quartz : des quartz éolisés, des grains usés par l'eau et des non usés.

-la fraction fine (de 0,315 à 0,040 mm) ne contient que du quartz.

Grès cénomanien de La Bastide de Virac :

Ces sables sont riches en espèces minéralogiques:

- quartz (65%), ils sont toujours abondants; 4% sont des quartz polycristallins.
- feldspaths potassiques (11%).
- micas : 4%
- débris silicifiés : 18%
- quartzite 2%

Nous avons noté que les feldspaths sont en général très altérés et, leur détermination, difficile au microscope, a été rendue plus aisée par coloration (Laduron, 1966).

Les quartz ont subi une longue période de

brassage dans l'eau ce qui leur donne un aspect très arrondi et luisant. L'abondance des grains cassés, témoigne d'un fort courant. Par ailleurs, les grains éoliens sont en faible quantité et sont surtout présents dans la fraction grossière.

Conglomérat de La Bastide de Virac:

Les sables formant la matrice de ces conglomérats présentent les mêmes faciès que les sables des grès cénomaniens.

Calcaire gréseux de La Bastide de Virac

La composition minéralogique de la fraction détritique, est la suivante:

- quartz qui domine largement (69%)
- feldspaths potassiques (21%)
- quartzite (10%)

Les feldspaths sont très altérés et les quartz, après observation morphoscopique, apparaissent émoussés luisants en majorité. Les grains mats ainsi que les grains cassés sont peu nombreux.

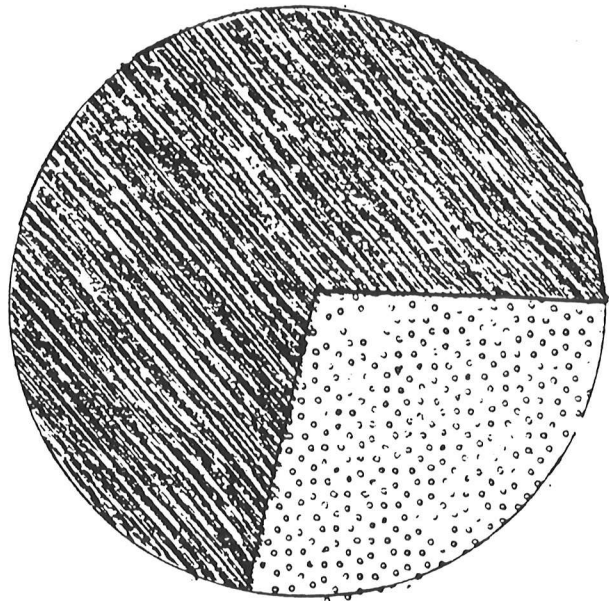
Argile bigarée éocène:

Deux minéraux sont présents dans la fraction légère. Les quartz qui dominant (70%) et les feldspaths potassiques (30%). Micas et débris silicifiés sont totalement absents.

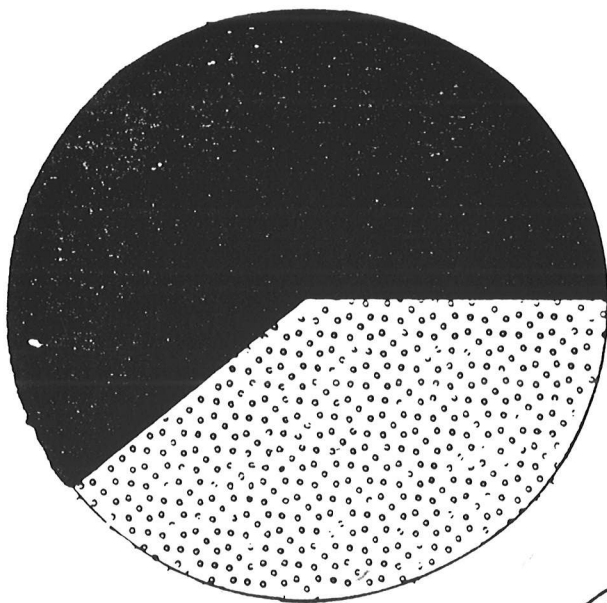
Les grains de quartz présentent plusieurs types morphologiques. L'éolisation a touché 30% d'entre eux, 20% ont été brassés par l'eau et 10% ont été cassés.

Calcaire oligocène:

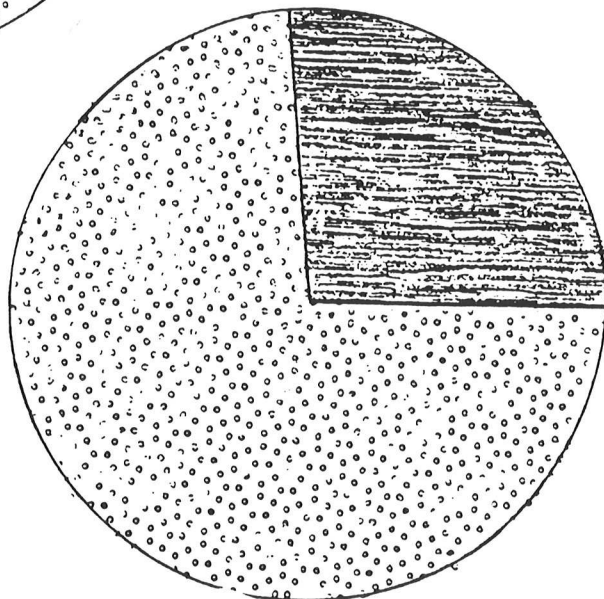
Les sables des formations oligocènes sont



Grès de La Bastide



Argile bigarée Eocène



Calcaire Oligocène

- la kaolinite a un pourcentage de 30%

CONCLUSION

L'association la plus couramment représentée est kaolinite / illite (Fig.8). Seules deux formations sont différentes:

- les sédiments au sommet du plateau avec des chlorites.
- les argiles bigarrées de l'éocène avec des smectites.

L'origine des chlorites du plateau reste indéterminée et la smectite des formations géologiques éocènes indique un milieu confiné, mal drainé.

DEUXIEME PARTIE
ETUDE
SEDIMENTOLOGIQUE
D'ORGNAC 3

CHAPITRE III

ETUDE GRANULOMETRIQUE

PRINCIPE DE LA METHODE

Nous avons étudié la répartition des différentes classes granulométriques dans ce type de formation géologique.

Cette classification est donnée dans le tableau ci-dessous:

largeur	nom de la fraction	
au dessus de 100 mm	blocs	
de 100 mm à 10 mm	cailloux	F.grossière
de 1 cm à 2 mm	granules	
Diamètre		
de 2 mm à 0,315 mm	sables grossiers	
de 0,315 mm à 0,04 mm	sables fins	
0,04 mm à 0,02 mm	limons	F.fine
au dessous de 0,02 mm	argiles	

Tableau V - Classes granulométriques utilisées dans cette étude.

Les résultats sont exprimés en pourcentage pondéraux pour chaque classe en fonction de la profondeur.

Nous avons étudié séparément la fraction grossière (blocs, cailloux, granules), et la fraction fine (sables, limons, argiles).

1. ETUDE DE LA FRACTION GROSSIERE (SUPERIEUR A 2 mm)

Après une étude statistique, qui se fait généralement au moment de la fouille préhistorique, les éléments grossiers sont ensuite étudiés au laboratoire, séparés à l'aide de tamis et mesurés au double-décimètre.

Les échantillons étudiés ici proviennent de carottages et de prélèvements continus, verticaux, sur les coupes. De tels échantillons ne nous donnent pas une vision d'ensemble de la fraction grossière, et ne nous permettent pas de faire une étude statistique générale.

Pour chaque échantillon, nous avons déterminé le pourcentage des grossiers par rapport au pourcentage de la fraction fine, ainsi que la pétrographie et les états de surface de ces éléments (morphoscopie, corrosion, usure, porosité).

Nous pouvons ainsi obtenir des informations sur les conditions de mise en place des sédiments, et avoir une aperçu climatique au moment du dépôt.

1.1. Etude des blocs.

Les blocs sont présents dans presque tout le remplissage, mais ils dominent nettement dans l'ensemble II.

Ils proviennent de la dégradation du plafond; ce phénomène est bien visible dans le niveau IIb (Fig.3), où il marque la première phase de l'effondrement du plafond.

A la base du niveau IIIb, de gros blocs sont

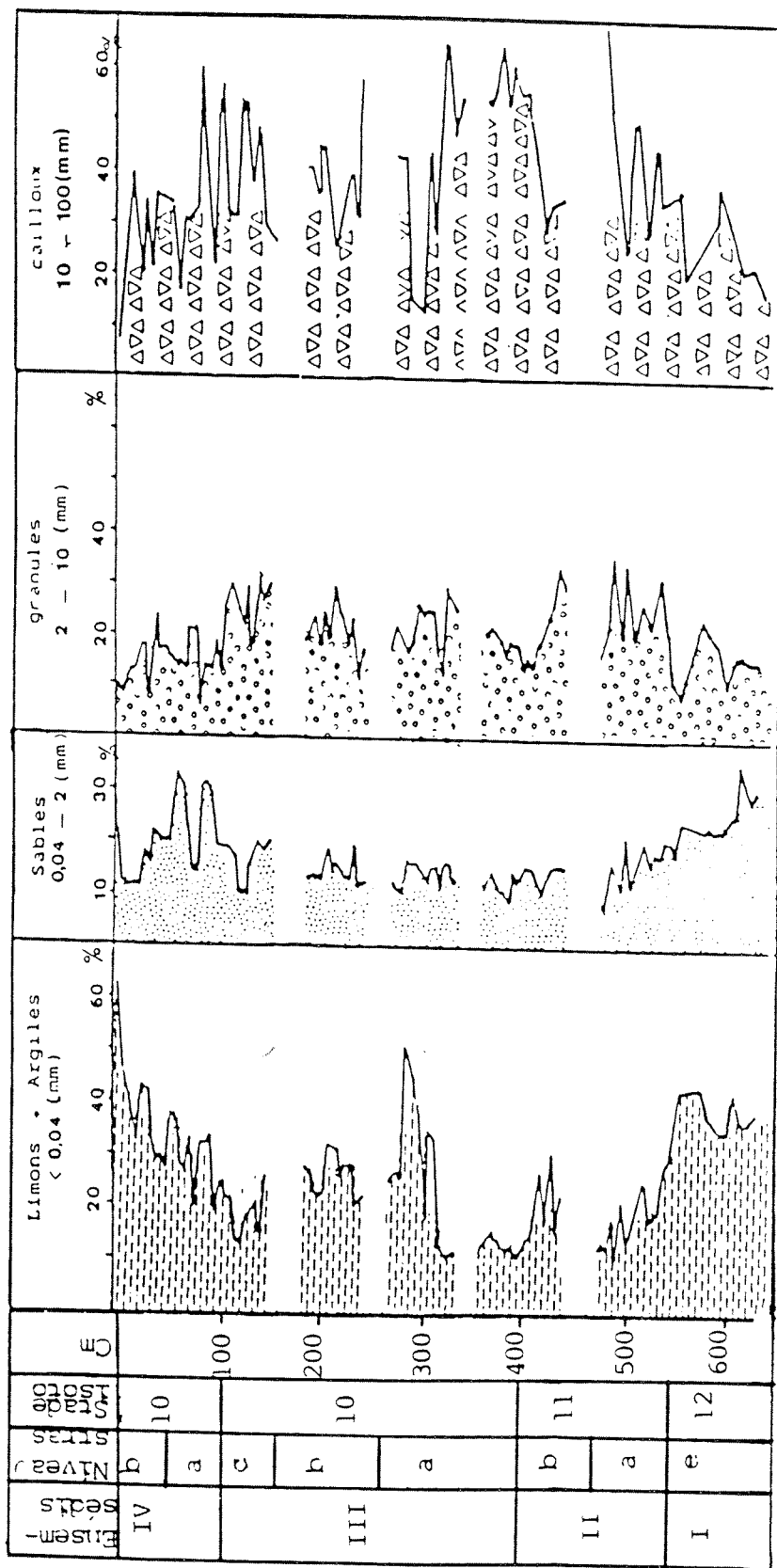


Fig n° 9 : Diagrammes représentatifs de la granulométrie totale de la carotte B.

présents vers la zone de carottage et ils indiquent la deuxième phase d'effondrement du plafond.

Ces blocs sont essentiellement formés de calcaire urgonien et de calcite filonienne.

1.2. Etude des cailloux (1 à 10 cm).

L'abondance de cette fraction est variable dans le remplissage; les pourcentages les plus faibles sont enregistrés dans les ensembles inférieur et supérieur (Fig.9). En allant des zones des carottages vers le centre du site, on remarque une variation plus ou moins nette de la granulométrie; les cailloux grossiers étant plus abondants vers les carottages. Cette fraction est composée de calcaire urgonien, d'un peu de calcite filonienne, de concrétions, et de matériaux archéologiques (silex).

L'étude morphoscopique de cette fraction, faite par E. Debard (1987), signale les éléments suivants:

Plaquettes minces:

Certaines couches ne contiennent aucune plaquette (V.I.J4.D3 à C); les plaquettes minces restent d'ailleurs rares (1 à 4% en moyenne).

Les seuls niveaux où elle atteignent des pourcentages plus importants se trouvent à la base des couches R.S (19%), N.O.P.Q.(9%), J2(10%), et J1(10%).

Cailloux gélivés:

Ces cailloux sont présents dans la partie inférieure du remplissage de v à n, avec des pourcentages variant de 2 à 28% , ainsi que dans les couches k à j3 , et dans la partie supérieure de j2 et

de il jusqu'à ha (niveaux stratigraphiques de J.Combier, (Fig.3).

Indice d'éroussé:

L'indice d'éroussé des cailloux présente des valeurs moins élevées à la base du remplissage. De la couche m2 à la couche i2, on observe des variations en dents de scie. Les indices évoluent très brutalement, passant de valeurs faibles à des valeurs élevées. A partir de la couche il, l'indice d'éroussé reste fort et augmente jusqu'à la couche c, où il est très élevé, supérieur à 40.

1.3. Etude des granules (2 à 10 mm).

Les granules sont présents dans tout le remplissage, et leur teneurs ne dépassent pas 30% ; néanmoins, ils sont en faible proportion à la base et sommet de celui-ci (Fig.9).

Les granules sont composés essentiellement de calcaire urgonien, de calcite filonienne, et de concrétions; cette fraction granulométrique contient également de débris de faune et de charbons de bois.

DISCUSSION

Cette fraction grossière peut être le résultat de deux phénomènes différents et souvent associés:

- une action mécanique qui provoque la fissuration du calcaire par le gel et aboutit à sa fragmentation.
- des phénomènes chimiques; les circulations de l'eau, formant un lapiaz, qui se fragmente ensuite en éclats de calcaire de diamètres variés.

Ensemble inférieur I

L'abondance de cailloux anguleux, et la présence de cailloux gélivés et de plaquettes minces, montrent l'importance des actions mécaniques sous l'effet du froid.

Nous considérons que la principale origine de ces éléments grossiers se situe dans l'environnement immédiat du gisement ainsi qu'au niveau des parois et du plafond. Les silex ont été apportés par l'homme, les roches siliceuses n'existant pas dans les environs du gisement.

Nous n'observons pas de variations latérales importantes dans cet ensemble. La fraction grossière est faiblement représentée par rapport à la fraction fine.

Ensemble II

Il produit à ce niveau une augmentation importante du pourcentage de cailloux et blocs par rapport à l'ensemble I. Ce pourcentage devient très important dans le niveau IIb.

La présence de cailloux à surface peu altérée, de cailloux et blocs peu émoussés, ainsi que la formation de stalagmites, sont la marque d'une certaine humidité qui correspondrait à un climat à la fois tempéré et chaud. Les actions chimiques deviennent importantes et elles provoquent la dissolution du calcaire, surtout dans les zones friables, fragilisant ainsi la roche mère qui tombe dans le gisement par

gravité en éléments grossiers (exemple: l'effondrement du plafond à la base du niveau IIb).

La grande abondance de l'eau consécutive à ce réchauffement climatique, serait la cause de l'altération superficielle des cailloux et de la construction des stalagmites.

Ensemble III

La proportion des cailloux reste importante dans tous les niveaux de cet ensemble. La présence des cailloux anguleux et parfois gélivés dans quelques niveaux est le résultat d'un climat à la fois froid et tempéré. Les actions mécaniques ont joué un rôle important sur la gélifraction des parois et du plafond, produisant une deuxième effondrement de ce dernier dans le niveau IIIb, vers la zone des carottages (partie nord du gisement).

Nous constatons une variation latérale importante dans cet ensemble avec une forte accumulation de cailloux vers la zone de carottages, alors qu'au centre du gisement, ils sont moins abondants.

Nous pouvons expliquer ce fait de deux façons:

* l'action karstique.

Jusqu'au niveau IIIb, la zone de carottage était protégée par un plafond, alors que le centre du gisement était à l'air libre après, qu'à cet endroit, le plafond se soit effondré (base du niveau IIb).

Cette action chimique et mécanique, entraîne la

fragmentation du plafond qui, avec les éléments grossiers venant de l'extérieur, augmente la densité des cailloux dans la zone des carottages, alors que le centre, ne reçoit que les cailloux venant de l'extérieur, et très peu de cailloux des parois.

* l'action de l'homme.

Nous savons que l'homme était présent au moment du dépôt des ensembles II à IV, et il a dû aménager son habitat au centre du gisement, près de l'air libre, réduisant ainsi le nombre de cailloux en nettoyant la surface qu'il occupait.

Ensemble supérieur IV

L'action mécanique produit une forte proportion de plaquettes minces et de cailloux gélivés dans le niveau IVa.

La forte usure des cailloux et des blocs situés à la base de ce niveau, indique un remaniement par l'eau qui provoque également la dissolution des blocs calcaires à l'air libre. Cette action de l'eau sur le remplissage a dû, également, éroder la surface du niveau IVb concrétionné.

Remarque: vers la partie sud du gisement, on observe une accumulation de gros cailloux et de blocs dans les ensembles III et IV; ce phénomène est dû probablement à leur glissement sur le sol, en pente, sous l'effet du ruissellement. Ils se sont accumulés à cet endroit, vraisemblablement le long de la paroi sud du gisement qui n'a pas été encore dégagée.

CONCLUSION

Quel que soit le climat, les phénomènes karstiques qui aboutissent à la dissolution du calcaire et à sa fragmentation n'ont pas cessé d'agrandir la cavité d'Orgnac depuis le début de son histoire jusqu'à son comblement.

La présence d'une quantité énorme d'éléments grossiers dans tous les niveaux stratigraphiques confirme la chute continue des cailloux du plafond et des parois, indépendamment des phénomènes climatiques.

2.GRANULOMETRIE DE LA FRACTION SABLEUSE (2 A 0,04mm).

Cette étude a été effectuée, sur la carotte B et sur les prélèvements du centre, d'une part sur les sables bruts, d'autre part sur les sables décalcifiés.

Nous avons calculé deux indices granulométriques (hétérométrie et assymétrie) en unité α (Pomerol, 1963) et la médiane en mm (voir annexe 1).

Granulométrie des sables bruts

Carotte B

Les analyses granulométriques des sables permettent de distinguer quatre ensembles (fig.10).

Ensemble I

Les sables fins sont dominants de la base au sommet de cet ensemble (51 à 76%).

La médiane est voisine de 0,100mm, alors que l'hétérométrie est faible (2 en moyenne) et l'assymétrie négative.

Ensemble II

Les sables fins diminuent progressivement dans cet ensemble (50 à 40%) . La médiane se situe autour de 0,3mm, avec un maximum au sommet du niveau IIb (Md=0,8mm). L'hétérométrie varie entre 3,2 et 4,2 et l'assymétrie positive dans le niveau IIa, devient négative dans le niveau IIb.

Ensemble III

Cet ensemble diffère du précédent car, on observe ici une prépondérance des sables grossiers (50 à 80%). La médiane est élevée et se situe autour de 0,45mm. L'hétérométrie varie entre 3,3 et 4,6, et

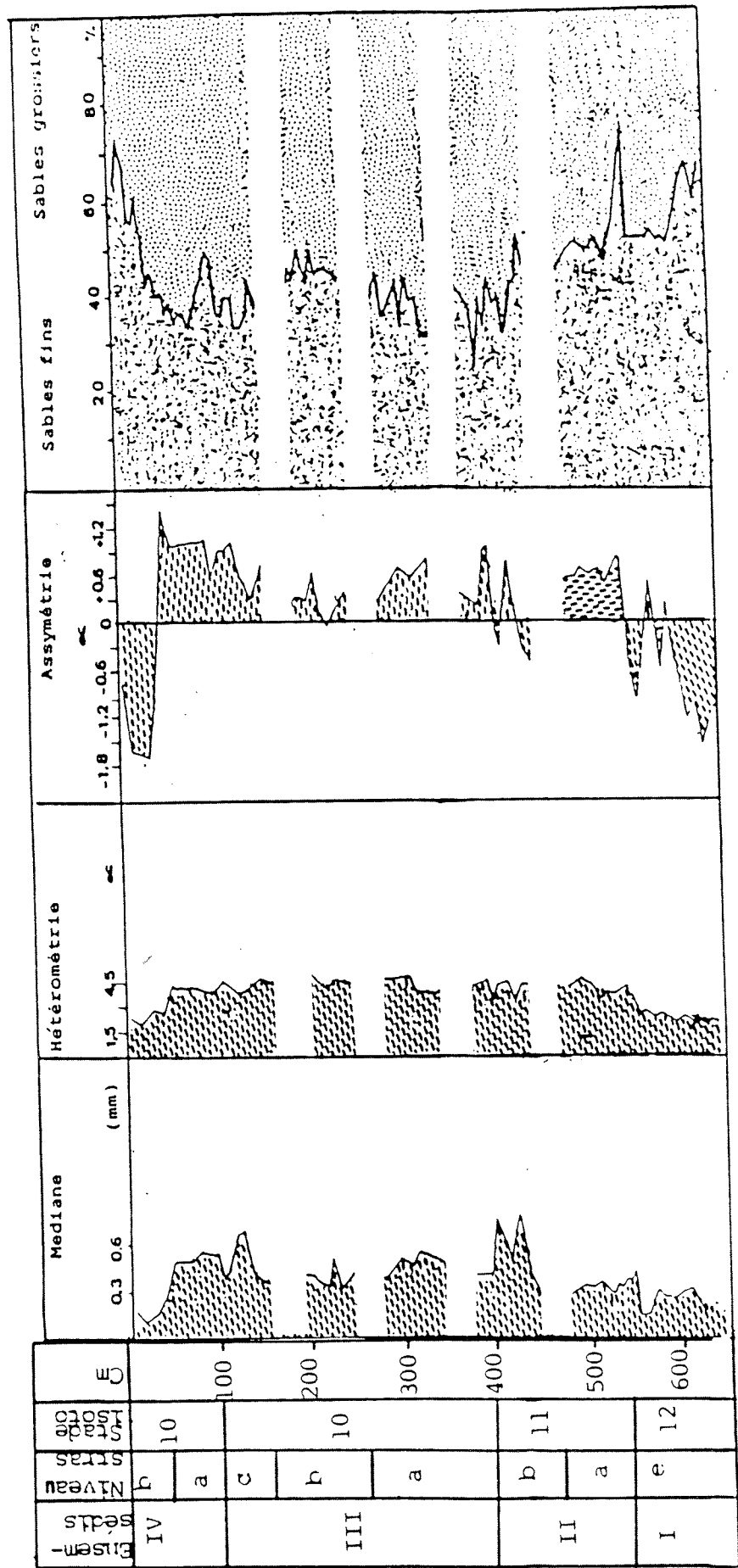


Fig 10 : Diagramme présentatif des variations des indices d'hétérométrie, d'assymétrie (unité α), de la médiane (mm) et le pourcentage des sables fins par rapport au sables grossiers (prélèvement du centre).

l'assymétrie est positive.

Ensemble IV

Les sables fins redeviennent importants dans cet ensemble, où il représentent 47 à 78% du corps sableux.

La valeur de la médiane diminue de la base (0,05) au sommet (0,15mm) ainsi que l'hétérométrie (de 4,5) à 2), et l'assymétrie qui est positive dans le niveau IVa devient négative dans le niveau IVa.

Prélèvements du centre

La granulométrie de la fraction sableuse permet, là aussi, de définir quatre ensembles bien distincts (Fig.11).

Ensemble I

Comme dans le cas de carottage B, cet ensemble est caractérisé par l'abondance des sables grossiers (50 à 74%).

La valeur de la médiane se situe autour de 0,100mm dans les niveaux Ia, Ib, Ic, et autour de 0,160mm dans le niveau Id et Ie.

L'hétérométrie est de 1,8 en moyenne, et l'assymétrie est négative dans tout cet ensemble.

Ensemble II

Seul le niveau Iib est présent dans le centre du gisement; il présente des caractères granulométriques semblables à ceux enregistrés dans la zone des carottages. La proportion des sables grossiers est élevée (75% en moyenne). La médiane se situe autour

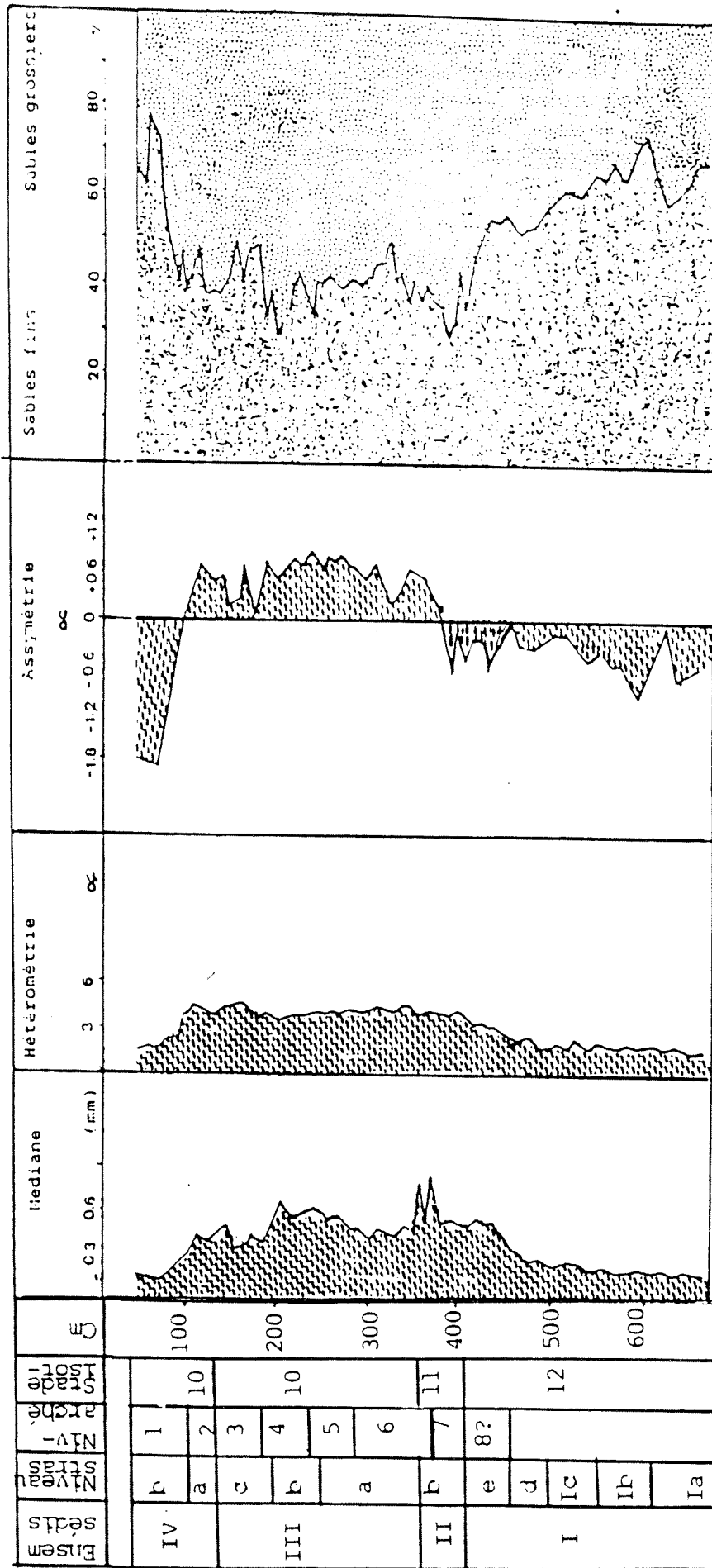


Fig 11 : Diagramme présentatif des variations des indices d'hétérométrie, d'assymétrie (unité α), et de la médiane (mm), et le pourcentage des sables fins par rapport au sables grossiers (carotte B).

de 0,45mm; elle est très élevée au sommet de niveau IIB (0,800mm). L'hétérométrie est de 4 en moyenne et l'assymétrie est positive.

Ensemble III

Nous constatons l'abondance des sables grossiers (50 à 74%), par rapport aux sables fins (26 à 50 %).

Comme dans le carottage B, la médiane est élevée dans tous les niveaux, et se situe autour de 0,450 mm. L'hétérométrie est de 4,2 en moyenne et l'assymétrie est positive.

Ensemble IV

Les sables fins dominant nettement dans cet ensemble (47 à 73 %) et la valeur de la médiane diminue de la base (0,4 mm) au sommet (0,150 mm).

L'hétérométrie va dans le même sens, et diminue de la base (4,5) au sommet (1,6), alors que l'assymétrie, positive dans le niveau IVa, devient négative (-0,05 à -1,95) dans le niveau IVb.

Granulométrie des sables décalcifiés

Les sables décalcifiés (détritique siliceux) présentent la même granulométrie dans tout le remplissage. Ce sont essentiellement des sables fins et leurs médianes se placent autour de 0,1 mm; les hétérométries sont de 1,3 en moyenne, et les assymétries sont négatives. (Fig 12 et 13)

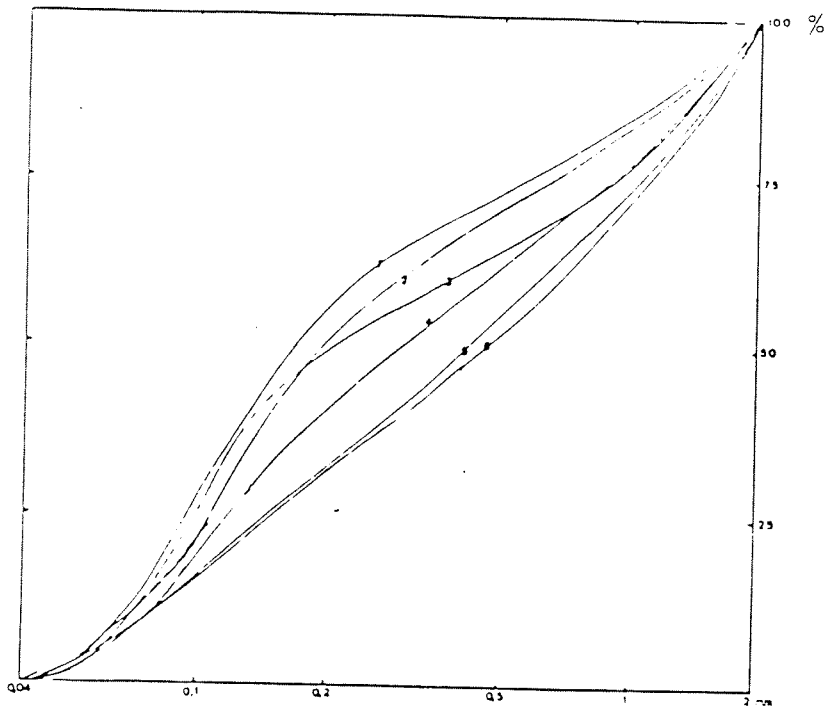


Fig 13 : Courbes granulométriques des sables bruts.

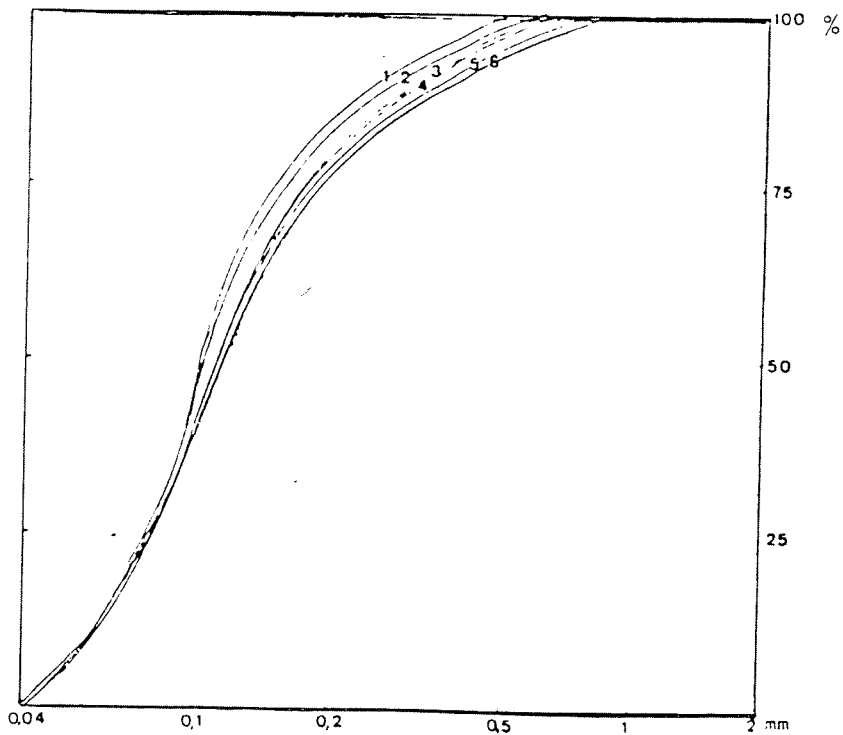


Fig 12 : Courbes granulométriques des sables décalcifiés

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1 = niveau Ie | 2 = niveau IVb |
| 3 = niveau IVa | 4 = niveau IIIb |
| 5 = niveau IIIa | 6 = niveau IIb |

3. GRANULOMETRIE DE LA FRACTION FINE < 2 mm

L'analyse granulométrique se faisait habituellement à la pipette d'Andreasen, mais on utilise maintenant des granulomètres automatiques (Sedigraph 5000 E) qui analysent les particules fines, inférieures à 0,40 mm par sédimentation, et présentent l'avantage de calculer automatiquement les diamètres équivalents, par application de la loi de Stokes (voir annexe 1).

Deux cent soixante échantillons, répartis comme suit, ont fait l'objet de cette étude granulométrique (échantillons décalcifiés):

89 échantillons pour la carotte A (Fig 14)

91 échantillons pour la carotte B (Fig 15)

80 échantillons au centre du gisement (zone fouillée) (Fig. 16).

La granulométrie de cette fraction fine met en évidence des variations sédimentologiques nettes dans ce remplissage (Fig.17).

Les résultats obtenus sont reportés dans les tableaux suivants (Tableaux V,VI et VII), ainsi que d'autres informations concernant la fraction grossière et la couleur des sédiments.

Tableau V : Résumé de la granulométrie total de la carotte A.

niveaux cm	ensembl- sédimen-	niveaux strates	matrice	couleur	observations
-50	IV	IVb	Argilo-sablo-limoneuse	brun noir 2,5 YR 2,5/2	humus superficiel cailloux rares et altérés cailloux émoussés
-100		IVa	Limono-sablo-argileuse	brun clair 2,5 YR 4/6	brèche (niveau consolidé) à cailloux gélivés
-150	III	IIIc	Limono-argilo-sableuse	brun foncé 5 YR 5/6	altération superficielle nombreux cailloux
-200		IIIB	Argilo-limono-sableuse	rouge foncé	nombreux granules cailloux altérés au sommet
-250			Limono-argilo-sableuse	rouge foncé 2,5 YR 4/4	présence d'un gros bloc (-210 / -260 cm) cailloux altérés à la base

La couleur a été déterminée à partir du code Munsell.

Suite du tableau V

-300			Limono-sablo-argileuse	brun clair	cailloux nombreux et anguleux
-350	III	IIIa	Limono-argilo-sableuse	brun foncé 2,5 YR 3/4	altération des cailloux au milieu du niveau
-400					cailloux anguleux
-450		IIb	Limono-sablo-argileuse	2,5 YR 3/4	Très gros blocs
-500	II				
-550		IIa	Argilo-limono-sableuse	brun foncé 5 YR 4/4	présence importante de sables gossiers
-600	I	Ie	Sablo-argilo-limoneuse	brun clair 5 YR 3/3	cailloux rares et très anguleux plaquettes minces cailloux gélivés

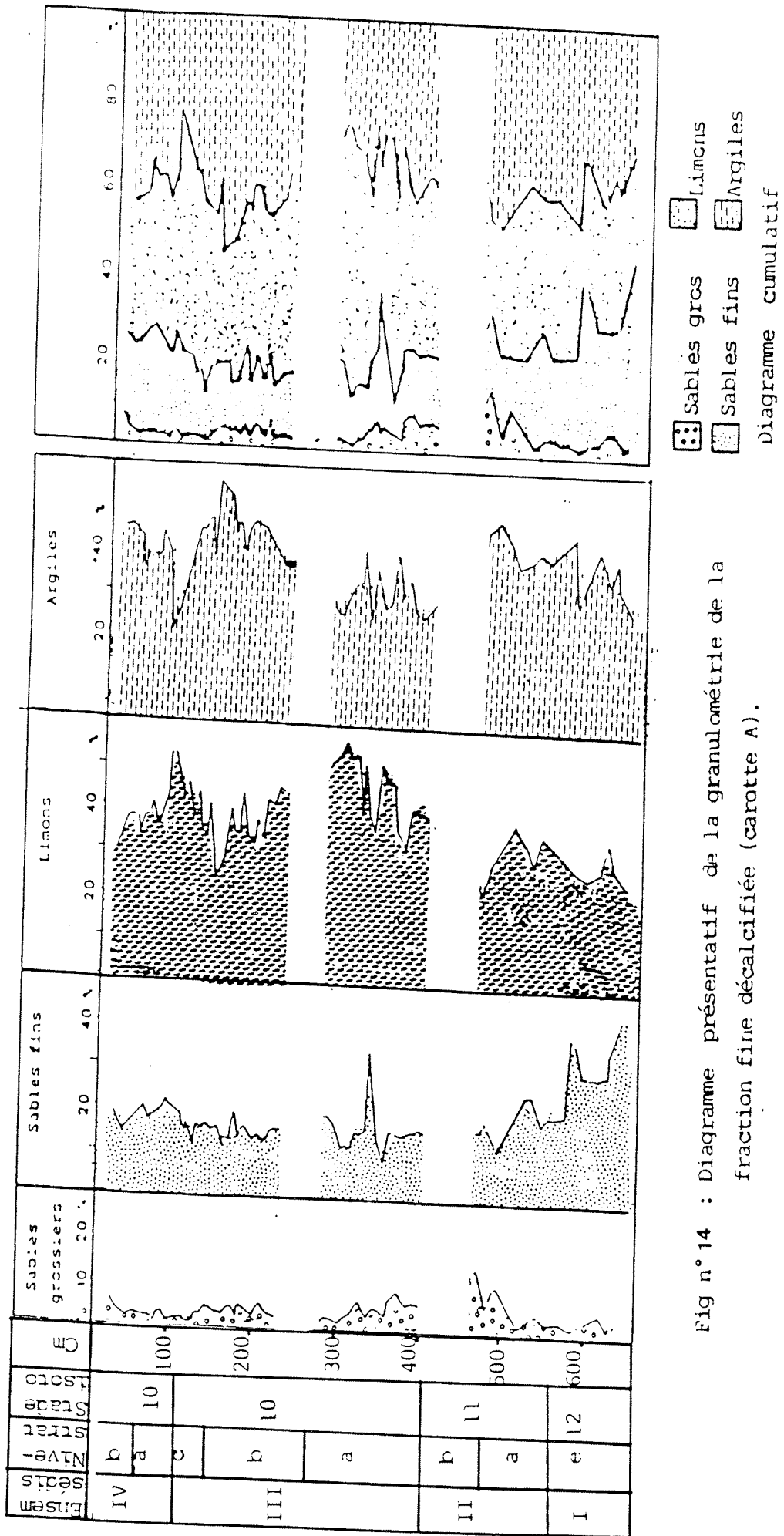


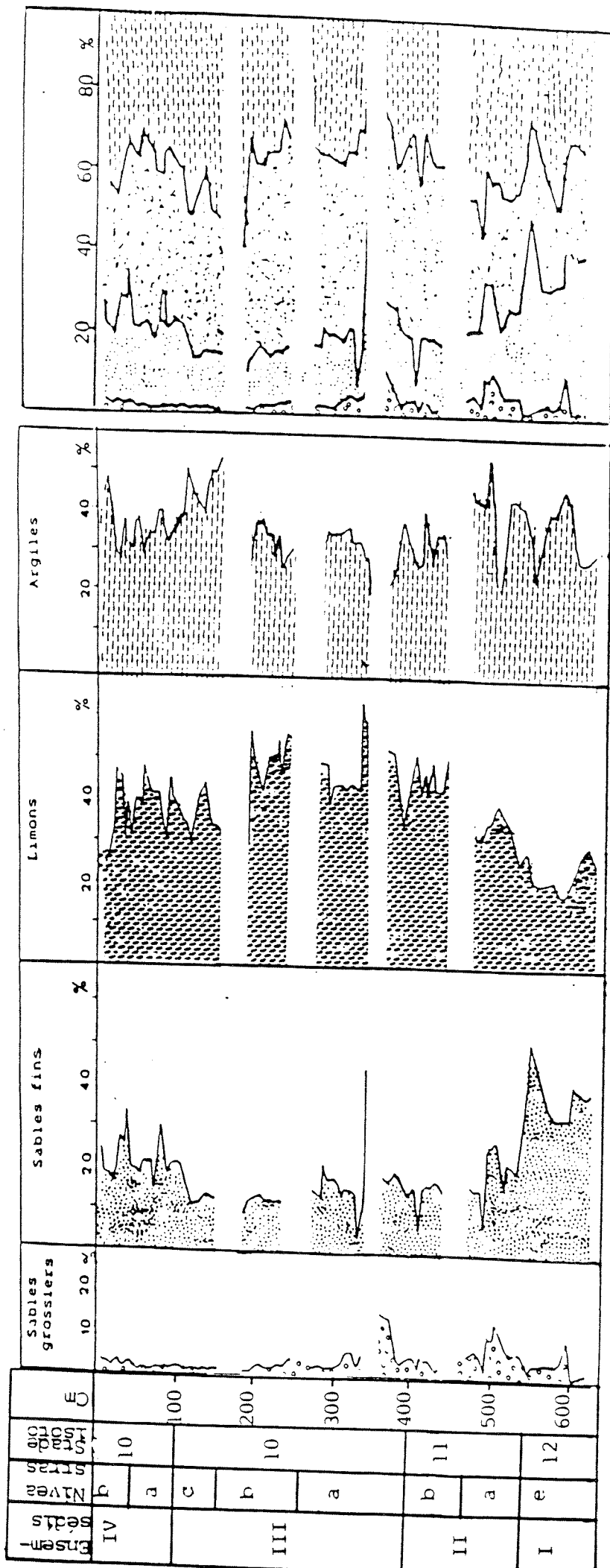
Fig n° 14 : Diagramme présentatif de la granulométrie de la fraction fine décalcifiée (carotte A).

Tableau VI :Résumé de la granulométrie totale de la carotte B.

niveaux cm	ensembl- sédimen-	niveaux strates	matrice	couleur	observations
0		IVb	argilo - sablo - limoneuse	brun noir 2,5 YR 2,5/2	humus superficiel peu de cailloux et altérés cailloux émoussés
-50	IV	IVa	limono - sablo - argileuse	brun clair 2,5 YR 4/6	brèche cailloux gélivés cailloux altérés à la base
-100		IIIc	limono - argileuse	brun foncé 5 YR 5/6	abondance de cailloux anguleux
-150			argilo - limoneuse	rouge foncé	granules abondants
-200	III	IIIb	limono - argileuse	brun foncé 2,5 YR 4/4	abondance de cailloux gélivés et de cailloux anguleux
-250					

Suite du tableau VI

-300	III	IIIa	limono - sableuse	brun clair	présence de gros blocs au milieu du niveau cailloux altérés
-350					augmentation des sables grossiers
-400		IIb	limono - argileuse	brun foncé 2,5 YR 3/4	cailloux altérés présence de gros cailloux cailloux anguleux
-450	II				
-500		IIa	argilo - limoneuse	brun foncé 5 YR 4/4	prépondérance des granules et des cailloux $\phi < 2$ cm
-550					
-600	I	Ic	sablo - argileuse	brun clair 5 YR 3/3	peu de cailloux cailloux abondant de $\phi > 2$ cm cailloux gélivés et plaquettes minces
-650					



-60-

Sables gross
 Limons
 Sables fins
 Argiles
 Diagramme cumulatif

Fig n° 15 : Diagramme représentatif de la granulométrie de la fraction fine décalcifiée (carotte B).

Tableau VII : Stratigraphie totale du prélevement Centre zone feuillée

niveaux cm	Ensemble sédiment	niveaux stratés	niveaux inductif	matrice	couleur	observations				
-50	IV	IVb	1	limono - sablo - argileuse	2,5 YR 2,5/5 brun noir	humus superficiel peu de cailloux et petits blocs émoussés				
-100					2,5 YR 5/6 rouge foncé					
-150	III	IVa	2	limono - sablo - argileuse	brun clair 2,5 YR 4/6	brèche cailloux abondants altérés à la base				
-200					IIIc		3	limono - argileuse	brun foncé 2,5 YR 5/6	altération au sommet présence de gros blocs cailloux abondants à angles émoussés
-250										
-300	IIIa	5a 5b	limono - argileuse	limono - sableuse	brun clair 2,5 YR 3/4	présence de cailloux au sommet et à la base				
					brun clair	cailloux rares				

Suite du tableau VII

-350	III			limone - argileuse		brun foncé 2,5 YR 3/4	présence d'un gros bloc situé au milieu du niveau
-400	II		7				
-450			8?	sablo - argileuse		brun clair 5 YR 3/3	cailloux très anguleux et gélivés plaquettes minces importance des granules
-500				argilo - sableuse		brun foncé 5 YR 4/4	importance de cailloux $4 < \phi < 2 \text{ cm}$ cailloux gélivés plaquettes minces
-550	I						
-600				sablo - argileuse		brun clair 5 YR 5/6	dominance de granules cailloux anguleux plaquettes minces
-650							cailloux rares à la base

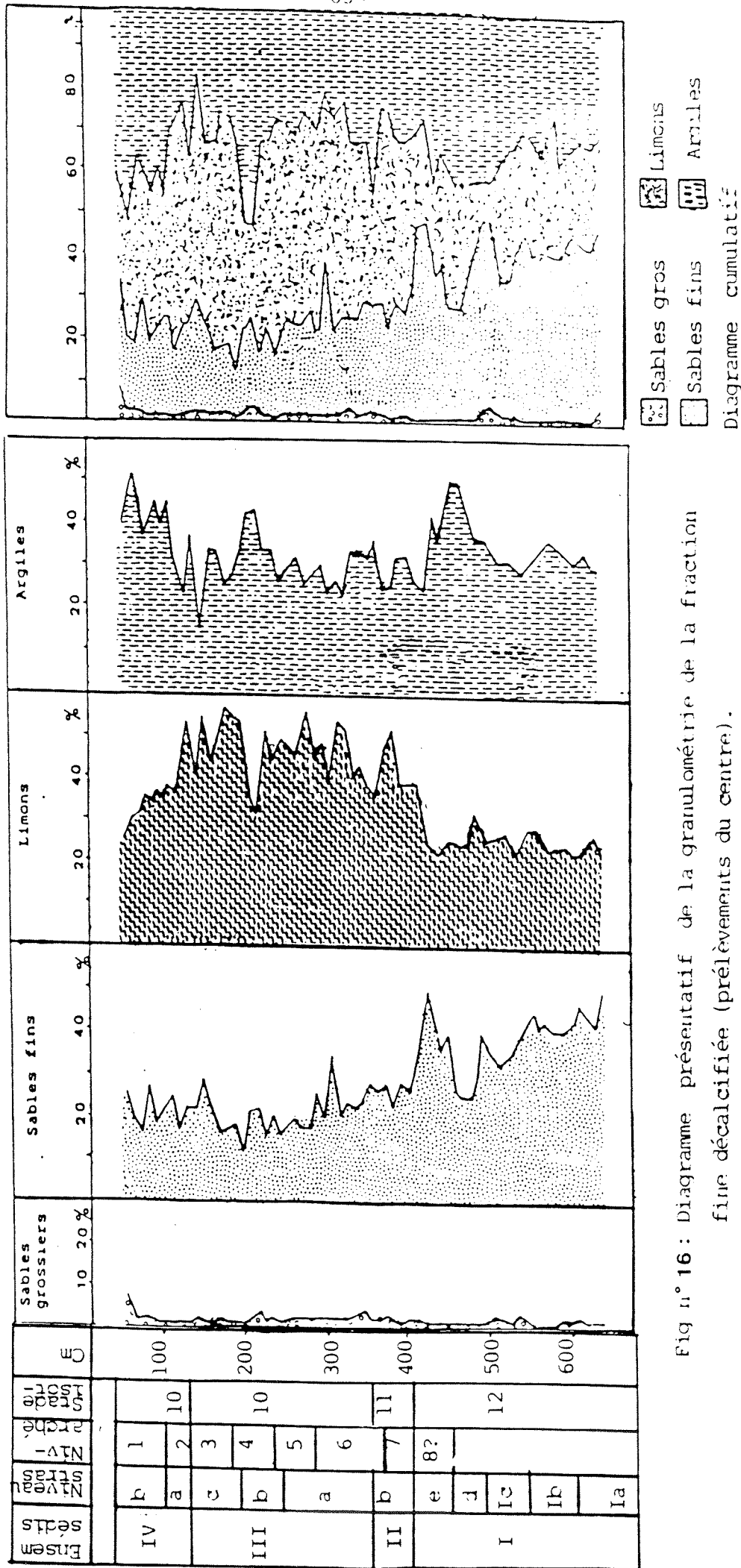


Fig n° 16 : Diagramme représentatif de la granulométrie de la fraction fine décalcifiée (prélèvements du centre).

DISCUSSION

On définit en fonction des variations latérales et verticales des textures granulométriques l'existence des quatres ensembles sédimentaires suivants.

Ensemble I

Cet ensemble a environ 2m d'épaisseur au centre du gisement, alors qu'il ne représente plus que 90 cm dans la zone des carottages. Nous avons donc un pendage de 13 depuis la limite supérieure de l'ensemble jusque vers le nord du site. L'ensemble I est formé d'une alternance de niveaux sablo-argileux et argilo-sableux (Fig.17).

Les courbes granulométriques des sables non décalcifiés ont une concavité tournée vers le haut, avec un bon classement, et ce sont les sables fins qui sont les mieux triés.

Les sables décalcifiés, ont des courbes de même forme, mais avec un meilleur classement, surtout pour la fraction comprise entre 0,04 et 0,15 mm.

Nous avons montré au chapitre II que le calcaire urgonien a une très faible teneur en sables fins, qui ne peuvent donc être à l'origine des sables de cet ensemble. Deux autres origines sont proposées :

1 - Ils peuvent être issus de sédiments anciens contenant une abondante fraction sableuse, déposés sur le plateau et différents de ceux que l'on observe actuellement et qui ont alimenté les ensemble II à IV. Ces sédiments anciens aurait été apportés ensuite dans

N NW

SSE

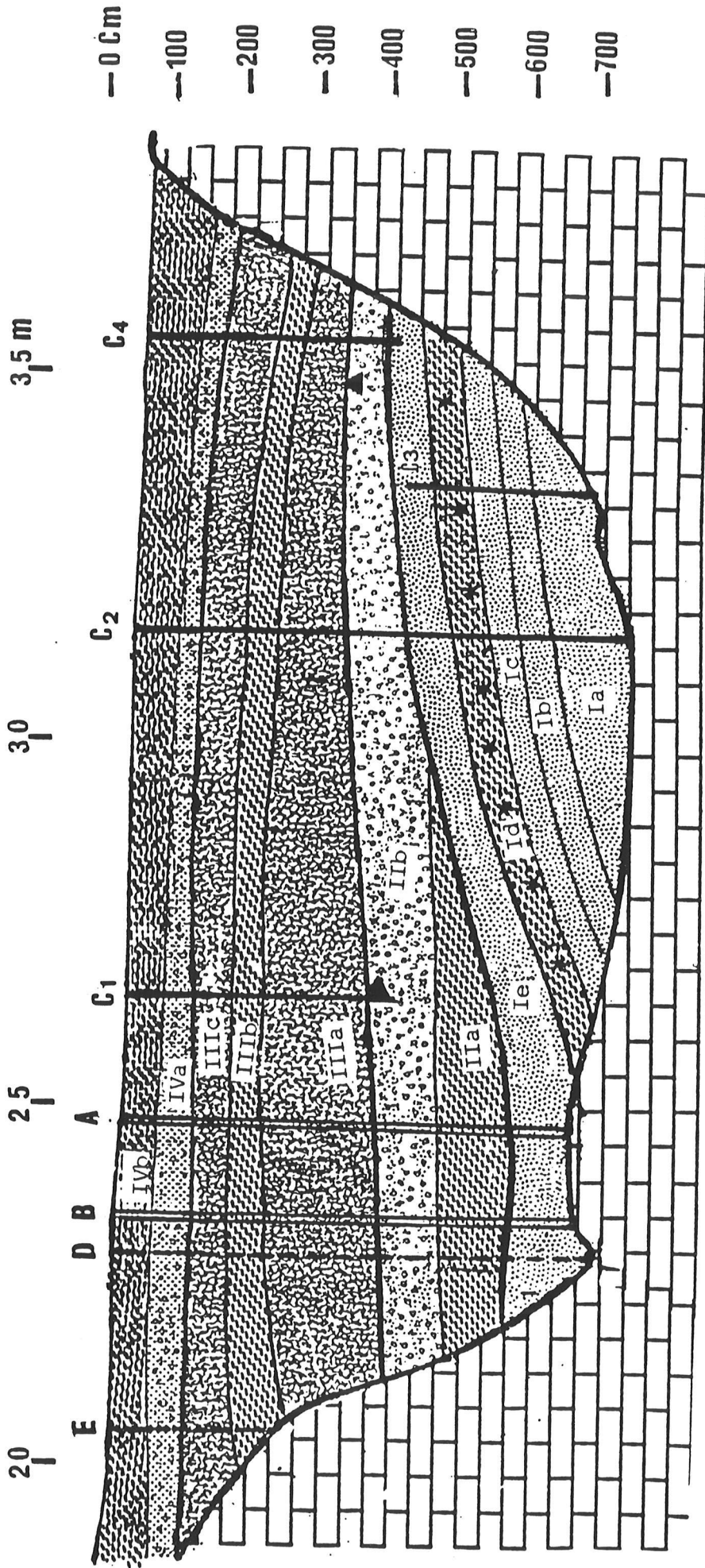


Fig 17: Reconstitution de la stratigraphie d'Orgnac 3 à partir des sédiments inférieurs à 2mm.

- | | | | | | |
|--|--------------------|--|----------------------------|--|----------------------------|
| | Sablo - argileux | | Limono - sableux | | C1, C2 Coupes étudiées |
| | Argilo - limoneuse | | Argile - sableuse | | C3, C4 Coupes non étudiées |
| | Limono - argileux | | A, B Carottes étudiées | | Stalagmites |
| | Calcaire urgonien | | D, E Carottes descriptives | | |

Latation	Stade isotopique	Ensembles sédiments	Sous ensembles	Niveaux strats	Niveaux archés	Altitude g	Lithologie	Granulométrie	Couleur		
298 000 ±55000	9	IV	IVb	a	1	100	Argile plastique rouge	diminution des limons fort pourcentage d'argille	2.5 YR 2.5/2 Brun noir		
			IVa	c	2		Limons sableux induré	diminution des limons pourcentage fort d'argille	2.5 YR 5/6 Brun clair		
339 000 moyen	10	III	IIIc	e	3	200	Cailloutis à matrice limono - argillo - sableuse	moins riche en sable plus fort en limon	2.5 YR 4/4 Brun foncé		
				IIId	f			4a	moins riche en sable très fort en limon	2.5 YR 6/6 Brun foncé	
			g		4b	moins riche en sable fort en limon	2.5 YR 4/6 Brun clair				
			h		5a						
			IIIa	i	5b	300					
				j	6	400	Planchers stalagmitiques et cailloutis à matrice limono - argillo - sableuse	fort pourcentage en limon moyen en sable	2.5 YR 4/6 Brun clair		
			12	II	Iie	k	7	500	Sablo - argillo - limoneuse	fort pourcentage en sable moyen en argille	5 YR 3/3 Brun clair
						IId	l			8?	pauvre en sable et riche argille
					Ic		m		très riche en sable moyen en argille	5 YR 4/4 Brun foncé	
							n		très riche en sable moyen en argille et limon	2.5 YR 3/4 Brun foncé	
Ib	o					très riche en sable moins riche en argille	5 YR 4/4 Brun foncé				
	p										
	q										
Ia	r										
	s										
		I	Ia	t		700					

augmentation des argilles
↓
distribution des sables

Tableau VIII : Résumé granulométrique du remplissage d'Orgnac 3 .

le gisement par ruissellement.

2 - Les sables peuvent être issus de sédiments lointains et déposés dans le gisement par le vent.

Le bon tri des sables de l'ensemble I prouve que ceux-ci ont subi un long transport avant d'être piégés dans le gisement. Il ne s'agit donc pas d'un transport par ruissellement, qui ne provoque pratiquement aucun tri, mais probablement d'un remaniement éolien qui, au fur et à mesure, abandonne la fraction grossière, et transporte la fine plus loin.

Il est toutefois difficile de préciser l'origine exacte des sables de l'ensemble I à partir de cette étude granulométrique. Il est nécessaire, pour ce faire, de lier la granulométrie à des études minéralogiques.

De même la fraction argileuse associée à ces sables, dont la minéralogie diffère de celle des sédiments argileux de l'environnement du gisement (chapitre VI) doit avoir, également, une origine lointaine (périphérie du Massif Central ?).

Ensemble II

Cet ensemble représente une transition nette entre l'ensemble I et les ensembles III et IV.

La fraction sableuse qui est dominante dans l'ensemble inférieur (I), diminue nettement dans l'ensemble II, alors que les limons varient en sens inverse. Il faut noter que le niveau IIa est érodé dans le centre du gisement.

Les courbes granulométriques des sables sont plutôt linéaires. Cette fraction sableuse est moyennement classées, et le tri est meilleur pour les sables fins.

La présence d'une fraction granulométrique fine (limons et argiles avec peu de sables), serait une preuve que les sédiments de cet ensemble proviennent des placages éoliens sur le plateau, et du résidu siliceux du calcaire urgonien, qui, par ruissellement, ont été entraînés jusqu'au gisement.

Ensemble III

Cet ensemble est caractérisé par l'abondance de la fraction très fine (limon - argile).

Un net changement intervient dans la forme des courbes granulométriques des sables par rapport à celles des sables de l'ensemble I; elles sont légèrement concaves vers le bas, voire linéaires.

Les sables sont moyennement classés, sans tri remarquable pour les deux fractions sableuses.

Compte tenu de la texture des dépôts de cet ensemble (mélange de sables grossiers et d'une fraction argilo - limoneuse importante) nous pensons qu'ils ont été amenés par ruissellement par remaniement des sédiments du plateau.

La dissolution du calcaire urgonien, enrichit également le milieu en éléments argilo-limoneux, de couleur brunâtre.

Ensemble IV

Cet ensemble ne dépasse pas 90 cm de puissance dans le gisement. Il se caractérise par un mélange à peu près égal des fractions, limoneuse, sableuse, et argileuse.

Les courbes granulométriques des sables sont concaves vers le haut. Les sables sont bien classés et la fraction fine est la mieux triée.

Nous proposons l'origine suivante pour ces sédiments: une formation limono-sableuse d'origine volcanique s'est déposée sur le plateau pendant un temps court et a été ensuite entraînée par ruissellement jusqu'au gisement. Les caractères morphologiques des cailloux montrent, cependant, que le ruissellement était, à cette époque, moins fort que pour le dépôt de les ensembles II et III.

Cette hypothèse est confirmée par la présence dans l'ensemble IV de minéraux volcaniques non altérés et différents de ceux que l'on observe dans le reste du remplissage. Le bon tri de la fraction sableuse s'expliquerait par un transport dans l'atmosphère.

Ne négligeons pas l'Ardèche qui a du, elle aussi, jouer un rôle important pendant toute la durée du remplissage. Ses dépôts alluviaux ont pu être repris par plusieurs facteurs de transport et amenés jusqu'au site d'Orgnac.

CONCLUSION

L'étude granulométrique du remplissage d'Orgnac

a révélé quatre coupures sédimentaires qui seraient probablement dues à différents facteurs, qui sont essentiellement, le transport et les actions climatiques.

Il semble que dans les premiers temps de l'histoire géologique d'Orgnac, l'intensité du froid et le rôle important du vent pourraient être les responsables directs de la mise en place des sédiments de l'ensemble I, comme en témoignent la présence des cailloux très anguleux (gélivés et plaquettes minces) associés à des éléments fins (sables présentant un bon classement et argiles).

Un changement important intervient dans l'ensemble II; les cailloux et blocs sont corrodés et légèrement décalcifiés. Les éléments fins sont des limons et argiles avec un peu de sables (non triés). Ces caractères semblent indiquer un fort ruissellement consécutif à une humidification du climat. Ce ruissellement serait la cause principale de la mise en place des éléments fins provenant du plateau (résidu éolien) et de la dégradation du plafond sous l'action chimique de l'eau qui a provoqué également la dissolution du calcaire et la corrosion des cailloux.

Ce phénomène semble continuer dans les ensembles III et IV, mais, avec un léger refroidissement, comme en témoignent les cailloux gélivés et anguleux que l'on observe surtout dans le niveau IIIb et IVa. La forte corrosion et la

décalcification des cailloux et blocs que l'on observe, surtout dans le niveau IVb, prouve que le climat humide a pu durer. Ces conditions climatiques ont favorisé un faible ruissellement qui, conjugué à un apport atmosphérique, a alimenté le niveau IVb de l'ensemble IV en éléments fins abondants (sables triés, limons et argiles).

CHAPITRE IV

MORPHOSCOPIE DES QUARTZ

1. METHODOLOGIE

1.A. Principe de la méthode

La taille et la forme des grains de quartz sont définies par le milieu où ils prennent naissance. Il est certain que ces grains peuvent évoluer dans certains environnements, tels que le milieu éolien (chocs dans l'air) et le milieu aqueux (brassage dans les milieux marin et fluviatile à haute énergie), ainsi que dans les horizons pédologiques où sévissent des agents dissolvants.

1.B. Préparation de l'échantillon

Nous avons choisi, dans le cas d'Orgnac, des grains de quartz de diamètres compris entre 0,500 à 0,315 mm pour les raisons suivantes:

- les quartz de diamètres plus petits sont en général rarement usés.

- au dessus de cette taille, le nombre de grains présents dans ces échantillons, n'est pas suffisant pour faire un comptage statistiquement valable.

150 à 200 grains sont montés sur une plaque de verre (30 x 45 mm), et étudiés à la loupe binoculaire.

1.C. Observation des grains

L'observation à la loupe binoculaire permet de déterminer les traces mécaniques visibles sur les

arêtes et les faces des grains; ainsi, des grains bien arrondis et très évolués ont été modelés, soit par le vent, et dans ce cas ils sont ronds mats (Cailleux, 1959), soit par les mouvements de marée sur une plage; ils sont alors émoussés luisants (Cailleux, op.cit.).

Une forte proportion de grains anguleux sera un argument favorable à l'hypothèse de la proximité relative de la roche-mère, ou, tout au moins, de l'évolution peu poussée du dépôt.

2. RESULTATS DE LA MORPHOSCOPIE DES QUARTZ

Nous avons pu distinguer neuf types de quartz présents dans tout le remplissage; (Fig. 18).

1. Emoussé luisant:

Le pourcentage de ce type est assez élevé, surtout dans le niveau Ia (22 à 23%); dans le reste du remplissage, il varie de 6 à 19%.

2. Emoussé moiré:

Ses teneurs sont très variables d'un niveau à un autre (de 0 à 14%).

3. Rond mat:

Dans l'ensemble inférieur du gisement, le pourcentage de ces grains est élevé (11 à 25%), sauf dans le niveau Ia où il sont mal représentés (3 à 4%). Nous remarquons l'absence totale de ce type au sommet du niveau IIIb et à la base du niveau IIIc, alors que dans les autres niveaux, le pourcentage peut atteindre 18%.

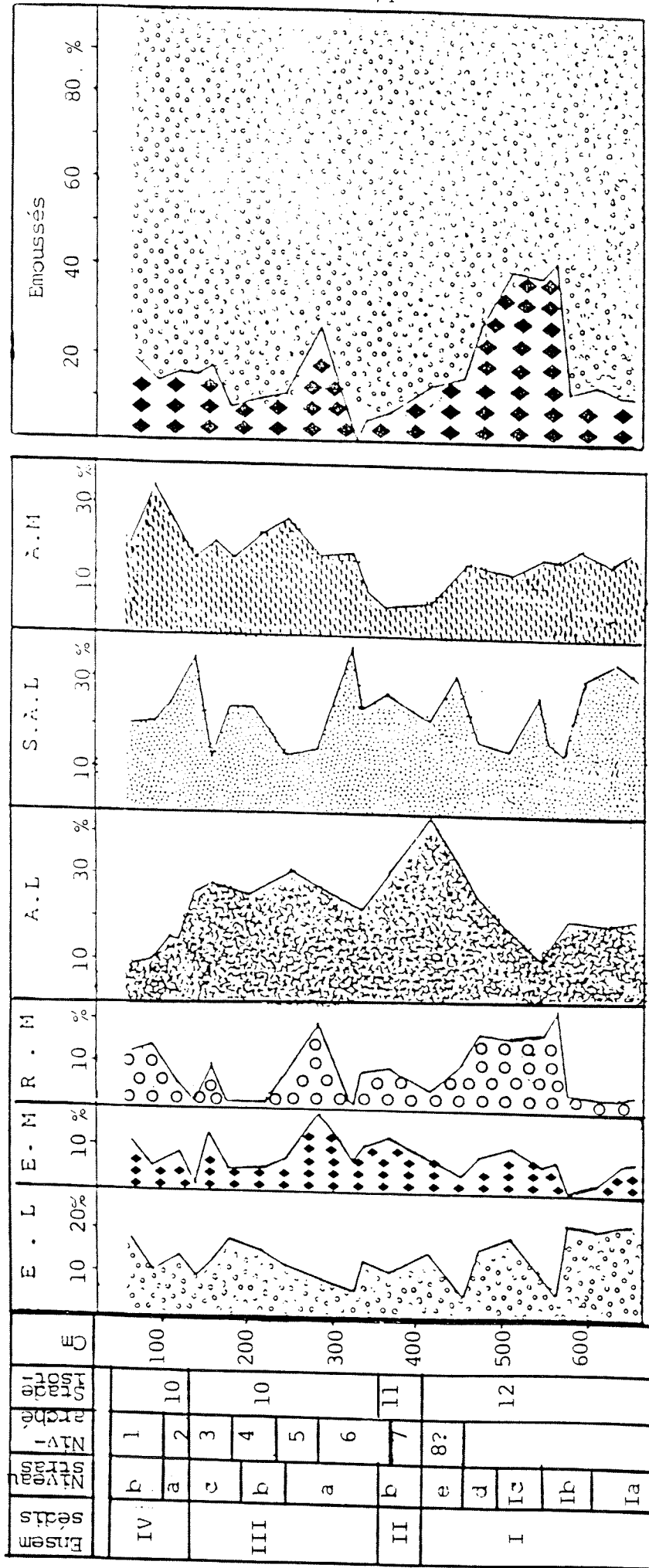


Fig n° 18 :- Diagramme représentatif des différents types
des quartz (prélevement centre).

E.L : Emoussés luisants R.M : Rondsmats A.L : Anguleux luisants
E.M : Emoussés moirés S.A.L : Sub-anguleux luisants
A.M : Anguleux moirés

◆ Quartz émoussés cassés
○ Quartz émoussés non cassés
Pourcentages des quartz émoussés
cassés par rapport aux émoussés
non cassés

4.anguleux luisant:

Dans l'ensemble inférieur, le pourcentage varie entre 8 à 30% . Ce pourcentage devient très important dans l'ensemble II (40% en moyenne). Dans l'ensemble III, le pourcentage oscille entre 30 et 20% , puis il régresse brutalement dans l'ensemble supérieur, où il ne représente que 12% en moyenne.

5.anguleux moiré:

Les pourcentages maximum se trouvent dans l'ensemble supérieur (16 à 35%), et au sommet du niveau IIIa de l'ensemble III (20 à 23%).

6.sub anguleux luisant:

Ce type est bien représenté dans tout le remplissage. Le pourcentage varie de 11 à 35% .

7.sub anguleux laiteux:

Ces grains de quartz sont en très faible proportion dans le remplissage (traces ou pourcentage ne dépassant pas 2%).

8.quartz limpide:

Leur pourcentage ne dépasse pas 2%, dans tout le remplissage; ils se trouvent généralement en traces. Ils sont, soit anguleux, soit émoussés.

9.émoussé cassé:

Nous avons calculé leur teneur par rapport à tous les grains émoussés. La proportion la plus importante se manifeste dans l'ensemble I, où elle varie de 27 à 42%. Par contre, dans l'ensemble II, le pourcentage est très faible et ne dépasse pas 12%. Dans l'ensemble III, seul le sommet du niveau IIIa en

contient un pourcentage assez élevé (27%).

Dans l'ensemble supérieur, le pourcentage est modeste et ne dépasse pas 20%.

DISCUSSION

Ces différents types de quartz présents dans le remplissage, peuvent nous fournir d'importants renseignements sur leur mode de transport, et leurs origines. Nous pouvons les regrouper en cinq types:

1.Emoussés luisants:

Leur forme et leur état de surface sont dus à une très longue action de l'eau (Cailleux, op.cit.).

Ce type de quartz ne peut pas s'être formé sur place dans le gisement, pour les raisons suivantes:

- l'absence totale de réseaux hydrologiques karstiques actifs.

- ce gisement n'est pas soumis à l'action immédiate d'une rivière.

Pour ces raisons, nous admettons que les grains émoussés luisants avaient acquis cet aspect avant qu'ils n'arrivent au gisement.

Ce type de quartz ne peut pas être issu du calcaire urgonien, puisque ce dernier n'en contient pas. Leur origine se situe dans des formations marines où fluviatiles présentes dans l'environnement; ainsi, ils peuvent venir soit du grès où des calcaires gréseux de La Bastide, ou des sédiments déposés par l'Ardèche, dans notre zone d'étude. Dans les formations situées au sud du gisement, les sables de l'Eocène, et le calcaire

Dateation	Strade isotopique	Ensembles sédiments	Sous ensembles	Niveaux strats	Niveaux archéo-	Altitude	Classement des sables	Morphoscope des quartz
298 000 ± 55000	9	IV	IVb	a	1	100	Sable bien classé	Emoussés moirés dominants Emoussé moiré et sub-anguleux luisants
			IVa	c	2		Sables fins) grossiers	
339 000 moyen	10	III	IIIc	e	3	200	Sables mal classés	Fort pourcentage de quartz émoussés cassés et de ronds mats
			IIIh	f	4a			
			IIIi	g	4b		sables fins	
			IIIa	h	5a	300		
			IIIa	i	5b	400		
			IIIa	j	6			
339 000 moyen	11	II	IIb	k	7		Sables bien classés	Fort pourcentage de quartz émoussés cassés et de ronds mats
			IIb	l	8?			
			IIb	m		500	sables grossiers	
			IIb	n				
			IIb	o		600		
			IIb	p				
			IIb	q				
			IIb	r		700		
IIb	s							
IIb	t							

Tableau IX : Résumé des classements des sables et de la morphoscopie des quartz.

oligocène, contiennent peu d'émoussés luisants.

Nous pensons que le pourcentage élevé d'émoussés luisants dans le niveau Ia de l'ensemble I suppose l'existence de sédiments contenant ce type de quartz sur le plateau (probablement des résidus de formations fluviatiles anciennes, où bien le dépôt de grains de quartz apportés par le vent jusqu'au plateau); rappelons que La Bastide est à 5 km de gisement et cette courte distance n'est pas suffisante pour éoliser les grains.

Nous pouvons donc dire que ce type de quartz a une origine lointaine, et qu'il a été transporté par l'eau avant d'être piégé dans le gisement.

2. Ronds mats

Ils sont dus à des actions éoliennes assez longues (Cailleux, op.cit.).

Ce type de quartz n'existe qu'en quantité négligeable dans les formations de l'environnement d'Orgnac et, pour cette raison, nous pensons que leur origine est très lointaine.

Le pourcentage élevé de ronds mats dans l'ensemble I, prouve l'importance du vent à cette époque qui a éolisé ces quartz. Ce phénomène ne se retrouve qu'au sommet du niveau IIIa de l'ensemble III et au niveau IVb de l'ensemble IV.

3. Quartz moirés

Ils ressemblent aux quartz mats, mais ne comportent pas de chocs éoliens. Cet aspect est dû à une fine dissolution de la silice (Tricart, 1959). Ce

type n'a pas été retrouvé dans les formations de l'environnement.

Ceci est très important, car on ne trouve ce type de grains que dans les sédiments du gisement d'Orgnac 3. Cela suppose que:

- soit une formation ancienne ayant subi une dissolution chimique a été une des sources du remplissage, mais cette hypothèse semble peu plausible. En effet, si nous admettons une origine lointaine pour ce type de quartz, cela nécessite un transport éolien où fluviatile de la source jusqu'au gisement, ce qui aurait du forcément faire disparaître le moirage. De plus la plupart des quartz moirés présents dans le remplissage étant anguleux, ils n'ont pas subi un transport prolongé.

- ce type de quartz est le résultat d'une évolution sur place. Cette seconde hypothèse est à retenir, car on constate, par ailleurs, une désilicification des silex sur toute la hauteur du remplissage; ajoutons que la morphologie de l'environnement permet le drainage des précipitations, du plateau vers le gisement, et une stagnation possible de l'eau, qui favorisera la dissolution de la surface des quartz.

4.Quartz cassés

Ce type exprime une forte dynamique du transport, mais ce caractère a-t-il été acquis lors du premier dépôt (environnement), ou a-t-il été acquis au moment du remaniement qui les a amenés dans le

remplissage?. L'observation à la loupe montre que les cassures semblent très fraîches ce qui plaiderait en faveur de la seconde hypothèse. De plus, par simple observation des diagrammes (Fig.18), nous constatons que ce type de quartz, augmente, là, où le type rond mat est bien représenté. Cela suppose que la forte dynamique du vent, serait le responsable direct de la cassure fraîche de ces grains.

5. Anguleux luisant

Ce sont des grains de quartz qui n'ont pas subi de transport très long (Cailleux, op.cit.).

Ils peuvent venir du calcaire urgonien qui contient ce type de quartz mais aussi, de toutes les formations de l'environnement. Leur abondance dans l'ensemble II et III serait liée à la dissolution du calcaire qui libère un résidu détritique composé surtout de quartz .

6. Quartz limpide

Leur aspect est très frais; la limpidité est due à l'absence d'inclusions fluides au moment de leur cristallisation dans le magma. Au microscope, on constate la présence d'inclusions de petits minéraux ayant pris naissance dans un bain silicaté; ce type de quartz est issu du volcanisme des Monts-Dore (Tourenq, 1971).

Ils ont surtout été transportés par l'eau, car il ne présentent pas de choc d'éolisation à leur surface.

CONCLUSION

Cette étude portant sur l'évolution morphologique des quartz d'Orgnac 3, montre qu'il s'agit de grains provenant de différents secteurs de l'environnement, proche ou éloignés du gisement.

Cela nous conduit à considérer que les sédiments allochtones dominent largement dans le remplissage.

1. MINERALOGIE DE LA FRACTION SABLEUSE

1.1. MINERAUX LEGERS ET ELEMENTS LITHIQUES.

Principe de la méthode

La fraction légère des sables est composée de plusieurs espèces minéralogiques; nous avons également étudié, avec cette fraction, les débris lithiques présents dans les sables grossiers. Deux méthodes ont été utilisées pour déterminer ces espèces:

- le microscope optique polarisant: par cette méthode, on détermine les minéraux par leurs caractères cristallographiques, mais, il est difficile, par ce procédé, de distinguer les feldspaths potassiques des plagioclases.

- la coloration sélective des minéraux: cette technique permet de colorer les minéraux potassiques en jaune et les minéraux sodiques, et calco-sodiques en rose (voir annexe).

Pour éliminer les risques d'erreur, il est conseillé d'appliquer les deux méthodes.

Résultats des comptages des minéraux légers et éléments lithiques

Plusieurs espèces minéralogiques ont été observées de la base au sommet du remplissage : quartz, feldspaths, micas, ainsi que des débris de roches

(débris silicifiés et quartzites). Leurs variations verticales nous permettent de dégager une lithostratigraphie qui correspond à celle qui a été mise en évidence par la granulométrie.

Carotte B (Fig. 19).

Ensemble I:

1 - Les quartz dominant sensiblement dans ce niveau, et leur teneur varie entre 41 et 55%.

Nous constatons la présence de quartz microcristallins, et de quartz contenant des inclusions vitreuses.

2 - feldspaths: deux types ont été distingués:

- des feldspaths potassiques qui sont dominants (23 à 33%)

-des feldspaths plagioclases qui sont faiblement représenté (2 à 5%). La plupart montrent en lumière polarisée des zonations claires qui indiquent une origine volcanique.

3 - Les micas sont bien représentés dans cet ensemble (13 à 18 %). Deux types sont présents : de la paragonite (très abondante) et de la biotite dont la plupart des cristaux sont altérés.

4 - Eléments lithiques: on observe des fragments de micaschistes à paragonite, des débris silicifiés, qui atteignent dans cet ensemble leur pourcentage le plus élevé (7 à 11%), ainsi que des quartzites en faible quantité (2%).

Ensemble II:

Dans cet ensemble, on observe une variation nette au niveau de pourcentage des minéraux légers et de débris lithiques.

1- Le quartz devient très abondant et représente 78% en moyenne.

2- Les feldspaths potassiques diminuent beaucoup par rapport à l'ensemble I, et varient entre 5 et 20% .

3- Les feldspaths plagioclases restent en faible proportion (3 à 5%).

4- Les micas qui sont dominants dans l'ensemble I, sont ici, en faible proportion (7% en moyenne).

5- Les débris silicifiés sont toujours en faible pourcentage (2 à 5%), et la teneur en quartzite ne dépasse pas 2% .

Ensemble III:

1 - Le quartz est moins abondant que dans l'ensemble II; il varie de 46 à 73%.

2 - Parmi les feldspaths, ce sont toujours les feldspaths potassiques qui dominant (20 à 34%), alors que les feldspaths plagioclases varient entre 1 et 24%

Nous signalons que dans le niveau IIIa, la

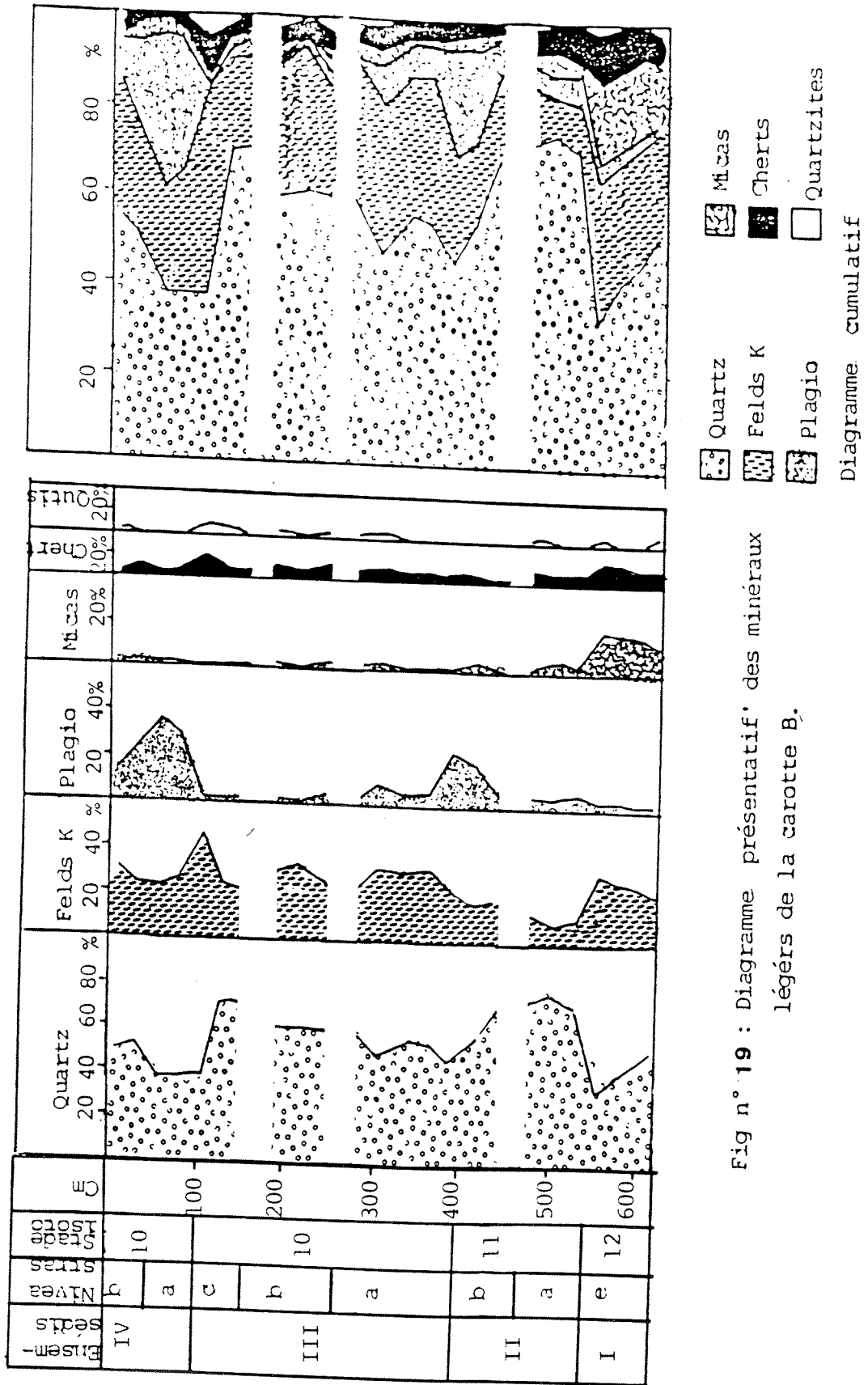


Fig n° 19 : Diagramme représentatif des minéraux légers de la carotte B.

proportion des plagioclases est égale à celle des feldspaths potassiques (19 à 24%).

Comme dans l'ensemble I et II, les plagioclases peuvent avoir une origine volcanique.

3 - Les micas sont toujours moins abondants que dans l'ensemble I, et ils ne représentent plus que 3% de la fraction légère.

4 - Les débris silicifiés ont des teneurs modestes (1 à 6%) et la teneur en quartzites ne dépasse pas 3% en moyenne.

Ensemble IV:

1 - Les quartz montrent un pourcentage stable, voisin de 38% dans le niveau IVa. Ils deviennent très abondants (50 à 52%) dans le niveau IVb.

2 - Les feldspaths sont abondants dans le niveau IVa, mais ici, les plagioclases sont dominants par rapport aux feldspaths potassiques.

Par contre, dans le niveau IVb, le pourcentage des feldspaths diminue, et les feldspaths potassiques deviennent prépondérants.

3 - Les micas et débris de roches (débris silicifiés et quartzites) sont en faible proportion.

Prélevement du Centre (zone fouillée):

Comme dans la carotte B, les minéraux légers permettent de différencier quatre ensembles bien caractéristiques: (Fig 20).

Ensemble I:

1 - Les pourcentages en quartz varient de 26 à 40%.

2 - Feldspaths: ils sont dominants dans ce niveau; les pourcentages des feldspaths potassiques varient entre 20 et 35%, et ceux des feldspaths plagioclases entre 3 et 25%.

3 - Les teneurs en micas sont très variables dans cet ensemble; elles sont de 40% dans le niveau Ib et de 16% dans les autres niveaux.

4 - Dans les débris lithiques les débris silicifiés varient entre 6 et 12% et les quartzites ont des pourcentages faibles (de 1 à 3%).

Ensemble II:

1 - Comme dans la carotte B, on remarque ici, une augmentation nette du pourcentage des quartz (35 à 55%).

2 - Les feldspaths potassiques diminuent par rapport à l'ensemble I, et leur pourcentage reste constant (30%) dans tout cet ensemble, il en va de même pour les plagioclases qui représentent 3% en moyenne.

3 - Les teneurs en micas diminuent de la base (16%) au sommet (5%) de cet ensemble.

4 - Les débris silicifiés et les quartzites sont en faible proportion (1 à 5% pour chaque espèce).

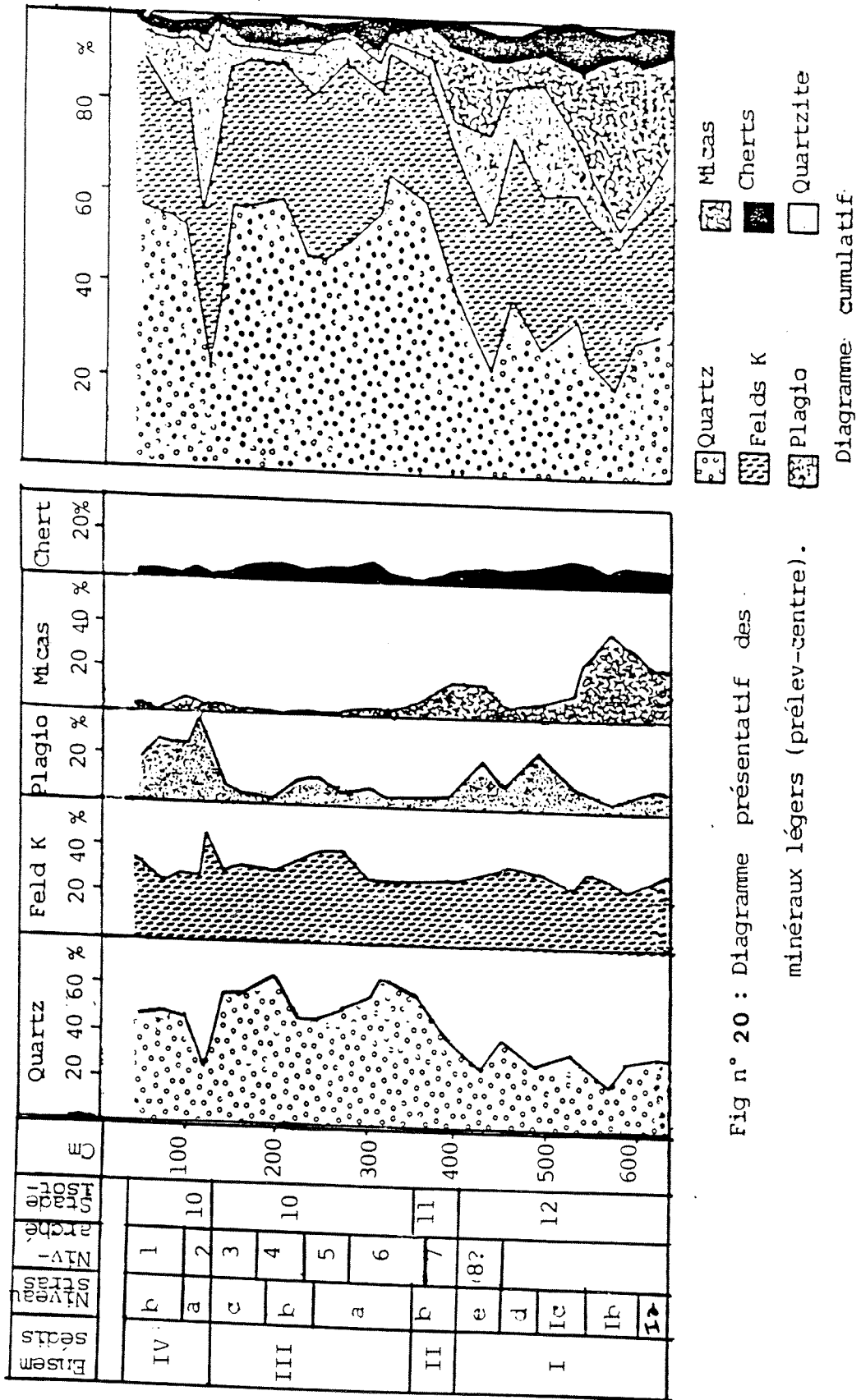


Fig n° 20 : Diagramme présentatif des minéraux légers (prélev-centre).

Diagramme cumulatif

Ensemble III:

1 - Les quartz sont très abondants, et varient entre 42 et 57%.

2 - Les pourcentages en feldspaths sont dominés par celui des feldspaths potassiques (27 à 40%); les teneurs en plagioclases ne dépassent pas 17%.

3 - En ce qui concerne les micas et les fragments de roches, les teneurs sont toujours faibles (les pourcentages en débris silicifiés varient entre 1 et 8%)

Ensemble IV:

1 - Les pourcentage en quartz, dans le niveau IVa, ne dépassent pas 30%. Par contre, dans le niveau IVb, il devient très important (56 à 65%).

2 - Dans le niveau IVa les teneurs en plagioclases (29 à 35%) sont comparables à celles des feldspaths potassiques (26 à 45%). Par contre, dans le niveau IVb les plagioclases sont très peu représentés (6 à 8%) par rapport aux feldspaths potassiques (24 à 34%).

3 - Les autres espèces minérales (micas) et les débris de roches (débris silicifiés, quartzites) sont faiblement représentés.

DISCUSSION

La présence et les variations des teneurs de ces quatre minéraux et des débris de roches dans le remplissage, ainsi que leurs variations verticales et latérales nous renseignent, d'une part, sur l'origine et le transport des sédiments et, d'autre part, sur les phénomènes d'altération qui se sont produits après leur dépôt.

Quartz

Ce minéral peut provenir de plusieurs formations géologiques:

- du calcaire urgonien qui a contribué à fournir une certaine quantité de quartz fins, surtout dans les ensembles II à IV.

- le grès et le calcaire gréseux de La Bastide de Virac, qui ont été la source dominante des quartz dans l'ensemble I, et qui ont fourni les quartz

grossiers de tout le remplissage.

Les quartz polycristallins sont originaires des formations anciennes, éruptives ou métamorphiques (socle du Massif Central).

La présence, dans quelques niveaux, de quartz limpides et contenant des inclusions, prouve l'origine volcanique de ceux-ci (peut-être sont-ils contemporains des niveaux de ponces du Monts-Dore -Tourenq et Clochiatti, 1971).

Le quartz, minéral résistant, donne peu d'informations sur l'altération après le dépôt, par contre, l'abondance de quartz fins détritiques, surtout dans l'ensemble II, peut être considérée comme une preuve indirecte d'une période humide qui dissout le calcaire, libérant ainsi, une certaine quantité de quartz *in situ*, ou à la proximité immédiate du gisement.

Dans le niveau IVb, proche de la surface, l'abondance des quartz fins détritiques, serait le résultat d'un enrichissement relatif dû à l'altération très poussée des feldspaths et des autres minéraux.

Feldspaths

Les feldspaths, plus que les quartz, nous renseignent sur les roches d'origine, ainsi que sur les actions climatiques subies par le sédiment.

Nous avons signalé dans le chapitre II que les différentes formations géologiques formant l'environnement du site d'Orgnac contiennent peu de

feldspaths. Cela nous amène à rechercher une origine plus lointaine pour ce minéral. Nous ne pouvons pas négliger le rôle du grès de La Bastide qui peut fournir une faible quantité de feldspaths potassiques et de très faibles quantités de plagioclases.

La présence de plagioclases zonés nous a amenés à concevoir une origine volcanique pour ces derniers; cette origine est confirmée par les quartz rhyolitiques (limpides) trouvés dans certains niveaux.

Les variations des teneurs en plagioclases dépendent, à notre avis, de phénomènes géochimiques qui sont intervenus après leur mise en place. Nous savons déjà que le plagioclase sodique est moins résistant à l'altération que le feldspath potassique (Jung, 1963); une certaine partie des feldspaths aurait donc été altérée sur place.

L'observation des variations latérales nous montre que le centre du gisement contient toujours moins de plagioclases que la zone des carottages; cette dernière a été protégée par un plafond pendant le remplissage jusqu'à la partie supérieure de l'ensemble III. Le centre du gisement, qui n'est pas protégé, reçoit des précipitations plus abondantes et l'action plus constante des eaux favorise l'altération des feldspaths.

De plus l'étude microscopique montre que la plupart des plagioclases présentent un degré d'altération assez important.

Micas

Le mica présent dans ces sédiments est de la *paragonite* (il diffère de la *muscovite* par le remplacement du potassium par du sodium -Derr et al., 1964), Son origine est essentiellement métamorphique; il proviendrait donc des formations anciennes du Massif Central.

La présence de fragments de micaschistes dans le remplissage, surtout dans l'ensemble I, confirme que l'origine de ces apports est aussi métamorphique .

Des micachistes affleurent à 20 Km au nord ouest du gisement (Peterlongo, 1972).

L'abondance des micas dans l'ensemble I, peut être le résultat d'un transport éolien de direction NW - SE. Mais, les micas ont d'abord été triés par un transport fluvial (rivières Chassezac et Beaume ?) qui les déposent dans la région proche du remplissage; ils peuvent ensuite être facilement mobilisés par le vent grâce à leur forme en feuillet.

Débris siliceux

Ce sont des débris de roches et de coquilles silicifiées . L'origine probable est le grès de La Bastide de Virac, qui en contient 18%.

On les trouve surtout dans l'ensemble I. Le vent provenant du NW, a pu, comme pour les micas, amener ces débris rocheux jusqu'au gisement.

Quartzites

Elles sont issues des calcaires gréseux de La Bastide de Virac, mais peuvent venir aussi de plus loin, par exemple des formations de quartzites situées dans le Massif Central (intercalations de quartzites dans les séries métamorphiques des Cévennes (Peterlongo, 1972)).

CONCLUSION

La plupart des minéraux légers et débris lithiques proviennent des formations géologiques de La Bastide de Virac et du Massif Central.

Nous n'avons trouvé aucune trace de *charophytes* qui caractérisent la formation géologique oligocène située au sud du gisement

Les variations des teneurs de ces minéraux sont dues aux phénomènes de transport qui ont certainement trié les sédiments avant de les déposer dans le site étudié et aux phénomènes d'altération *in situ*.

1.2. MINÉRAUX LOURDS

Cette étude se fait sur la fraction sableuse comprise entre 0,5 et 0,04 mm, préalablement nettoyée par attaque ménagée à l'acide chlorhydrique (10 % à chaud) qui détruit les carbonates et les hydroxydes de fer.

L'échantillon est ensuite lavé sous l'eau distillée, et séché à l'étuve. Puis il est séparé en trois fractions :

FI = 0,500 à 0,315 mm

FII = 0,315 à 0,160 mm

FIII = 0,160 à 0,04 mm

Résultats des comptages de minéraux lourds

Cette étude a été effectuée sur les deux carottes A, et B, et sur le prélèvement du centre (zone fouillée).

Nous avons reconnu 26 espèces minéralogiques, dont 4 ne sont présentes qu'à l'état de trace.

CAROTTE A

Ensemble I:

Tableau X. Fig. 21

Les minéraux les plus abondants dans cet ensemble sont la hornblende, le sphène, et le zircon; leur pourcentage ne dépasse pas 20%. Viennent ensuite l'andalousite, la tourmaline, et l'épidote, avec des teneurs plus modestes, de l'ordre de 8% en moyenne.

Le pyroxène monoclinique, la zoisite, la staurotide, la monazite, sont faiblement représentés (moins de 6% en moyenne).

Nous constatons, enfin, la présence, en faible proportion, de brookite, d'anatase, de rutile, de disthène, de glaucophane, de corindon, (pourcentages inférieur ou égaux à 2%).

Tableau X : Pourcentages des minéraux lourds de la carotte A Orgnac 3

Echan	Zir	Gre	Sph	Tou	Pyr	AyG	Hor	Ho-bas	Epi	And	Sta	Zoi	Rut	Bro	Top	Gla	Ana	Dis	Cor	Mon	Hyp	Bit	Dio
10-15	29	23	4	3	11	5		11	6	1	2	2	1	1	2	1	2	1					
25-30	30	12	4	4	14	9		6	6	3	5	1	1	1	2	1	2	2					
35-40	18	9	9	4	25	8		8	6	3	4	2	2	1	1	1	1	1	1				1
50-57	21	4	12	3	30	1		4	4	3	2	2	2	1	1	2	1	1					1
63-70	20	3	8	4	38	8	1	3	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
83-90	18	4	11	4	46	1		4	3	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1				
90-95	14	3	14	5	48	6		2	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
100-105	18	14	30	4	6	3		5	6	2	3	3	3	+	1	1	2	+					
140-145	19	16	33	5	5	3	+	3	5	2	3	2	2	2	1	1	1	1	1				?
165-170	12	19	28	5	2	8		8	4	3	5	2	2	1	2	2	2	2	1				1
192-198	7	4	24		20	7		4	11	4	4	7	7	4	2	2	2	2	1				1
204-210	10	6	25	2	18	3		4	8	3	3	3	3	+	1	1	3	1					
260-265	15	10	25	3	19	1	+	8	2	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1				
285-290	10	8	31		13	10		10	8	5	3	2	2	2	1	1	1	1					
305-310	10	2	38	7	6	1		12	6	7	1	2	1	1	2	1	1	1	1				
325-330	19	9	39	5	2	+	+	12	1	4	2	1	2	1	1	1	1	1	3	2			
337-345	13	11	20	11	7	5		14	2	9	1	1	1	1	1	1	1	1					
362-367	22	12	26	5	14	1		9	1	3	+	2	2	+	+	+	1	1					
372-379	20	12	30	6	7	1		10	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
450-455	11	11	34	7	4	4		10	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	+				1
461-467	13	13	34	9	3	3		11	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	3	2			
467-472	22	11	31	3	7	2	+	7	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1				
494-500	26	15	20	3	4	3		9	1	5	4	4	4	1	1	1	1	1	1				
510-520	13	19	20	5	6	13		10	4	5	1	2	1	1	1	1	1	1	1				
535-540	16	25	17	6	6	2		12	4	6	3	1	1	1	1	2	2	2					
560-565	16	20	14	5	6	12		8	9	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1				
585-590	11	13	21	10	7	1		5	7	5	2	4	1	1	1	1	1	1	1				
605-611	13	17	14	7	4	20		5	13	1	3	1	1	1	1	1	1	1	+				
621-634	16	14	19	9	5	19		4	8	3	1	1	2	1	2	1	1	1	+				

Les signes + indiquent des pourcentages moins de 0,5%

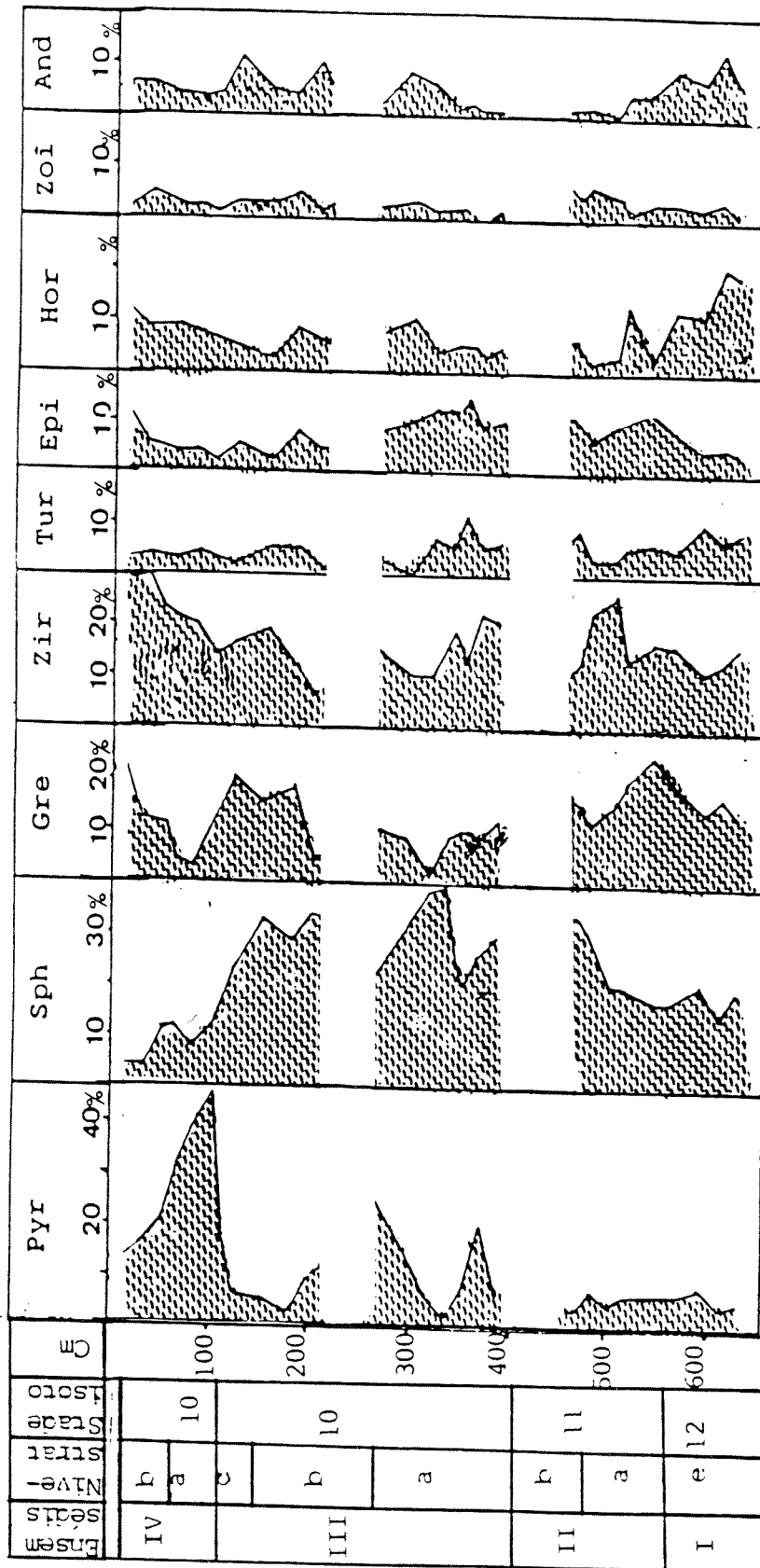


Figure n° 21 : Diagramme représentatif des minéraux lourds de la carotte A.

Ensemble II:

Une coupure minéralogique importante apparaît dans cet ensemble par rapport au précédent. Elle se manifeste par l'augmentation nette du pourcentage du sphène du 17 à 35% , suivie par une augmentation parallèle du pourcentage en zircon (12 à 23%) .

Le grenat présente un maximum du pourcentage (25%) dans le niveau IIa; il régresse jusqu'à 12% dans le niveau IIb.

Hornblende et andalousite qui sont des minéraux dominants dans l'ensemble I, sont ici, en faibles proportions, leur teneurs varient de 3 à 10% pour la hornblende et 0 à 2% pour l'andalousite.

Epidote, pyroxène, tourmaline, staurotide, zoisite, sont modestement représentés, et leur teneur ne dépasse pas 10% pour chaque espèce.

Ensemble III:

Le sphène devient très abondant dans cet ensemble et sa teneur varie de 20 à 39% .

Le pyroxène monoclinique est abondant dans certains niveaux : au sommet du niveau 7 (20%) et au milieu du niveau 5 (24%). Dans le reste de l'ensemble III, il ne dépasse pas 10%.

Les teneurs en grenat et en zircon varient dans le même sens et leur pourcentage se situe entre 3 et 25%.

La hornblende augmente en pourcentage par rapport à l'ensemble II (3 à 10%).

Les autres minéraux (cf. Tabl. X) affichent des teneurs inférieures à 10%.

L'apatite fait son apparition dans cet ensemble mais avec des teneurs faibles (entre 0 et 2%).

Ensemble IV:

Le pyroxène monoclinique devient très important dans cet ensemble, et son pourcentage atteint 45% dans le niveau IVa. Il est suivi par le zircon qui avoisine 30% dans le niveau IVb.

Le grenat varie entre 12 et 22%.

Le sphène diminue de façon marquée et son pourcentage n'est plus que de 4% au sommet de cet ensemble.

Les teneurs en hornblende, épidote, andalousite augmentent par rapport à l'ensemble III (10% en moyenne pour chaque minéral).

Les autres minéraux, y compris l'apatite que l'on retrouve dans cet ensemble, ont des teneurs faibles (1 à 4%).

CAROTTE B

Ensemble I (Tableau XI, Fig. 22).

L'association dominante dans cet ensemble comprend trois minéraux: grenat, sphène, zircon, avec des pourcentages variant de 12 à 20%.

La hornblende et l'épidote varient de façon parallèle, entre 3 et 17%.

Ensemble II:

Comme nous l'avions constaté dans la carotte A le sphène augmente de façon remarquable dans cet ensemble; il varie entre 15 et 30%.

Le grenat et le zircon diminuent sensiblement par rapport à l'ensemble I, et leurs teneurs varient entre 7 et 13% .

La hornblende qui est bien représentée dans l'ensemble I, est ici, en faible proportion (2 à 5%), par contre, l'épidote, zoisite et andalousite augmentent sensiblement par rapport à l'ensemble I, et varient entre 7 et 14% .

Pyroxènes, tourmaline, sont modestement représentés, et leur teneur ne dépasse pas 10% .

Ensemble III:

Dans cet ensemble, le pourcentage du sphène augmente et varie entre 12 et 50% .

Le grenat et le zircon, eux aussi, présentent les mêmes variations que dans la carotte A (7 à 23%) , sauf dans le niveau IIb où le grenat atteint 45% , alors que le zircon ne dépasse pas 4% .

Le pyroxène monoclinique montre deux enrichissements importants dans le niveau IIIa (22 % et 30%). Il est en faible proportion dans le reste des niveaux de l'ensemble III (0 à 9%) .

Au contraire de ce que l'on observait dans la carotte A, la hornblende et l'épidote ne varient pas dans le même sens dans cet ensemble et ont des teneurs modestes (entre 3 et 15%)- Tabl. XI .

Nous retrouvons, comme dans l'ensemble III de la carotte précédente, la faible participation de l'apatite (0 à 2 %) .

Ensemble IV:

Le pyroxène monoclinique enregistre le pourcentage le plus élevé par rapport aux autres minéraux. il varie entre 20 et 50%.

Le zircon peut présenter des concentrations importantes; son pourcentage oscille entre 8 et 30 % .

Sphène et grenat diminuent par rapport à l'ensemble III, le pourcentage est de 8 % en moyenne pour chaque minéral.

Tableau XI : Pourcentages des minéraux lourds de la carotte B Orignac 3

Echan	Zir	Gre	Sph	Tou	Pyr	Ayg	Hor	Ho-ba	Epi	And	Sta	Zoi	Rut	Bro	Top	Gla	Ana	Dis	Cor	Mon	Hyp	Sil	Dio
0-5 cm	20	10	6	2	19	1	16	1	16	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10-15	18	9	7	6	25	+	10	1	13	4	3	2	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+
20-25	8	8	4	5	31	1	13	1	14	6	4	3	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1
25-30	28	7	7	5	22	+	8	2	7	4	3	2	+	+	+	2	1	1	1	1	1	1	1
50-55	30	11	9	2	23	4	7	1	6	+	1	2	1	1	1	+	1	1	1	1	1	1	1
65-70	22	8	5	4	32	4	5	1	7	3	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
75-80	19	1	9	3	50	3	5	1	6	+	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90-95	20	3	14	3	42	7	2	2	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
105-110	12	9	18	2	37	2	10	1	5	3	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
120-125	12	25	19	6	4	+	2	1	7	6	15	3	+	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1
130-135	14	13	31	8	8	+	6	+	4	8	+	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
145-150	15	14	35	6	3	+	6	+	5	8	1	3	1	1	1	+	1	1	1	1	1	1	1
150-158	15	12	40	8	4	+	2	1	5	6	1	2	1	1	+	+	1	1	1	1	1	1	1
185-190	16	18	19	6	4	+	16	1	5	3	3	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
195-200	24	22	20	6	+	+	5	1	4	3	3	5	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
210-215	9	20	24	6	4	1	6	1	11	8	+	5	2	1	+	2	1	1	1	1	1	1	1
230-235	9	16	32	8	1	1	9	1	4	4	1	5	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
240-245	4	45	29	10	4	+	4	+	2	2	2	4	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
273-280	7	17	37	8	4	+	4	+	3	6	2	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
290-295	7	9	12	6	31	1	13	1	5	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
315-320	7	12	11	5	28	+	15	1	6	3	1	5	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
325-330	21	16	16	9	2	+	9	+	5	3	+	6	6	6	+	+	1	1	1	1	1	1	1
340-345	12	17	17	9	1	+	7	+	11	8	2	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
365-370	14	11	21	14	1	+	9	+	7	5	3	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
380-390	23	12	13	3	22	3	5	1	5	3	+	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
400-405	15	14	12	5	15	2	6	+	10	2	1	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
420-425	22	12	14	4	5	+	3	+	13	11	+	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
440-445	23	21	22	6	3	+	3	+	7	6	+	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
480-485	8	12	24	6	5	+	3	+	7	9	3	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
490-495	8	13	26	7	4	+	3	+	8	10	1	15	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
500-505	9	14	26	6	6	+	4	+	10	10	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
515-520	11	9	27	8	5	+	2	+	5	6	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
545-550	9	18	24	3	9	+	7	+	7	7	+	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
560-565	17	18	20	5	3	+	8	+	9	3	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
590-595	17	22	17	3	2	+	5	2	8	6	3	7	2	3	+	+	1	1	1	1	1	1	1
605-611	2	20	14	7	5	+	17	1	12	9	3	2	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1
621-627	18	15	17	11	2	+	7	1	5	7	1	7	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
627-631	20	22	18	6	6	+	3	+	9	9	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1

Les signes + indiquent des pourcentages moins de 0,5

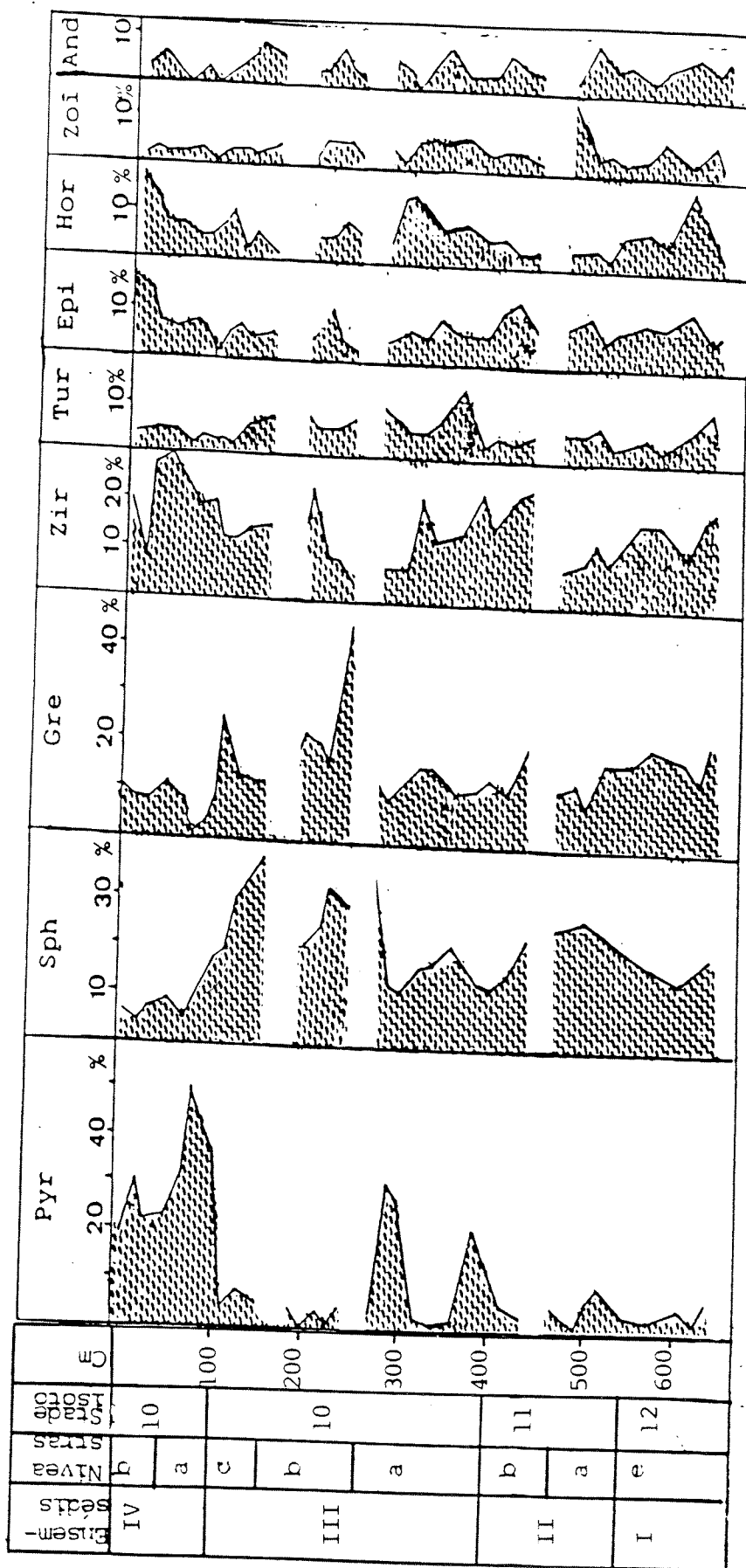


Figure n° 22 : Diagramme représentatif des minéraux lourds de la carotte B.

Nous observons une augmentation de l'épidote et de la hornblende de la base (8%) jusqu'au sommet (16%) de cet ensemble.

Prélèvement du centre

Ensemble I: Tableau XII; Fig. 23.

Le grenat domine légèrement (20% en moyenne), par rapport à l'amphibole (12%), le zircon (15%) et le sphène (12%).

L'épidote, la zoisite, l'andalousite, la tourmaline, le pyroxène monoclinique et la monazite montrent des teneurs moyennes (8% en moyenne pour chaque espèces).

Ensemble II:

La coupure minéralogique qui a été constatée dans les deux carottages, est beaucoup moins nette dans le centre du gisement.

La teneur en sphène augmente de la base (10%) au sommet (14%) de cet ensemble.

Le zircon enregistre le pourcentage le plus élevé de cet ensemble (30% en moyenne).

Le grenat varie peu par rapport à l'ensemble I (18 à 22%).

Ensemble III:

On retrouve également ici une augmentation notable du pourcentage en sphène (10 à 30%); néanmoins, il diminue largement dans le niveau IIIc où il ne représente que 4% du cortège minéralogique.

Le grenat reste stable (teneurs du même ordre que dans les ensemble I et II).

Le zircon diminue sensiblement de la base (30%) au sommet (11%) de cet ensemble.

Le pyroxène monoclinique est très faiblement représenté (3% en moyenne), sauf dans le niveau IIIa où il atteint 8%.

Ensemble IV:

Un changement important intervient dans les pourcentage des minéraux lourds. Le pyroxène monoclinique devient le minéral le plus abondant à la base de l'ensemble IV (56%); néanmoins, il diminue jusqu'à 20% au sommet de cet ensemble.

Le zircon augmente de la base (17%) au sommet (30%) de l'ensemble.

On constate la nette diminution du grenat dans cet ensemble IV, par rapport aux niveaux étudiés dans le reste du remplissage (15% en moyenne).

Tableau XII : Pourcentages des minéraux lourds de prélèvements centra Orgnac 3

Echan	Zir	Gre	Sph	Tou	Pyr	AYG	Hor	Ho-ba	Epi	And	Sta	Zoi	Kut	Bro	Top	Gla	Ana	Dis	Cor	Mon	Hyp	Sil	Dio
10	18	15	7	5	22	1	12		7	5	+	3	1	+		1	1	1	1	1	1	1	1
20	32	14	6	6	10	2	10	1	7	5	+	+	1	1	+	2	2	+	+	+	+	+	+
30	23	15	4	9	10	+	10		10	+	3	4	3	+	+	4	1						
40	12	15	4	7	20		9		10	5	2	6	2	1		2	2						1
50	15	16	7	5	23		8		7	9	1	4		2		1	1	+	+	+	+	+	1
60	31	10	5	6	18		6	1	2	3	+	4		1		3	3	+	+	+	+	+	1
70	15	12	9	4	31	3	5		6	4	+	3		1		1	1	+	+	+	+	+	1
80	25	17	15	5	10		7	1	7	3	+	4	1		1	1	1	+	+	+	+	+	+
90	17	3	5	2	56		5	1	3	1	+	2	+		1	1	1	+	+	+	+	+	+
100	17	22	10	5	2			1	13	5	1	11			1	1	1	+	+	+	+	+	+
110	18	19	24	1	2		8		10	1	+	3	1	+	1	1	1	+	+	+	+	+	1
120	11	24	28	1	4		5		8	5	1	4	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
130	19	16	16	7	1		7	1	9	5	1	9	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
140	17	20	18	7	2		8		11	8	2	2	1		1	1	1	+	+	+	+	+	1
150	9	21	32	4			8	1	1	5	2	2	1		1	2	2						2
160	10	18	25	2	3		15		3	6		5	5	1		5	5						2
170	19	16	20	9	1		5		11	5		3	1	1		1	1						4
180	9	20	31	7	1	+	7		5	8	+	10	1	+	1	1	1						+
190	11	19	20	7	1		7		1	8		4	1	1	1	1	1						1
200	12	14	26	9			9		11	7		2	1	1	1	1	1						2
210	15	16	22	3	1		15		2	11	1	2	2		2	2	2						2
225	13	26	21	5	9		7		4	5		4	2	1		2	2	1					5
235	12	17	14	9	4	1	15		7	6	2	3	1		1	1	4						1
245	14	22	17	9	7		14	1	4	9	2	1	1	1	1	1	2	2	1				1
255	11	12	14	10	4		11	1	10	12		5	1		2	2	2	1	+				1
265	18	16	10	9	6		12		11	8		4	1		1	1	1						1
275	22	15	15	2	2		14		15	5	1	2	1		1	1	1	+					1
285	45	10	6	3	4	1	7		10	4	1	2	1	+	1	1	2						1
295	15	13	24	9	1		15		4	3	1	2	1	1	1	1	2						1
305	14	18	20	5	1		14	1	3	13	+	4	1	+	1	2	2						1
315	8	23	22	8	2		12		8	14	2	3	1	1	1	2	2						1
325	19	17	12	10	1		1		8	10	3	14	1		2	2	2						1
335	22	23	7	6	2		3		14	3	1	14	1		2	2	2						1

Suite du tableau XII.

345	13	19	11	2	2	12	6	7	1	1	1	1	2	1	7	2	1	1	1
355	32	22	11	4	8	7	4	3	1	3	1	2	2	1	3	3	1	1	1
365	12	26	10	9	8	10	7	1	1	3	1	2	2	1	4	4	1	1	1
375	21	14	6	7	2	9	2	1	12	2	1	1	4	1	1	1	1	1	1
385	10	28	20	6	1	6	17	1	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1	1
400	11	17	13	11	2	15	10	+	2	2	2	3	3	1	1	1	1	1	1
415	10	19	11	12	4	15	9	2	2	3	3	1	4	1	1	1	1	1	1
425	11	33	7	8	1	10	8	6	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1
435	4	16	19	9	3	17	5	13	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
445	16	25	17	6	3	5	3	1	7	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1
455	16	25	12	6	4	11	8	1	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1
460	19	17	12	6	2	12	2	+	7	2	+	1	1	1	1	1	1	1	1
465	17	16	11	7	2	16	7	6	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
475	10	12	21	7	3	5	9	15	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
485	14	23	20	5	1	9	7	9	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
495	21	18	18	5	2	7	14	4	2	6	+	+	1	1	1	1	1	1	1
510	22	20	22	4	6	4	6	1	4	6	+	6	1	1	1	1	1	1	1
515	19	16	17	4	4	5	6	1	1	4	1	10	1	1	1	1	1	1	1
530	5	22	18	12	3	11	12	4	1	3	2	3	3	1	1	1	1	1	1
540	12	24	12	4	1	14	6	6	1	7	1	3	4	1	1	1	1	1	1
550	22	26	4	7	2	2	12	3	1	11	+	1	1	3	5	1	1	1	1
560	5	24	16	6	6	6	5	12	14	3	1	1	3	1	6	1	1	1	1
570	16	28	6	9	1	5	15	2	1	13	+	2	3	1	1	1	1	1	1
580	13	23	10	7	3	12	7	2	13	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
590	4	17	19	14	4	21	3	7	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
600	10	20	12	5	1	18	3	13	1	7	1	2	1	1	1	1	1	1	1
610	14	22	10	5	1	12	5	12	5	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
620	9	17	9	5	2	11	9	23	1	8	+	1	1	1	1	1	1	1	1

Signes + indiquent des pourcentages moins de 0,5

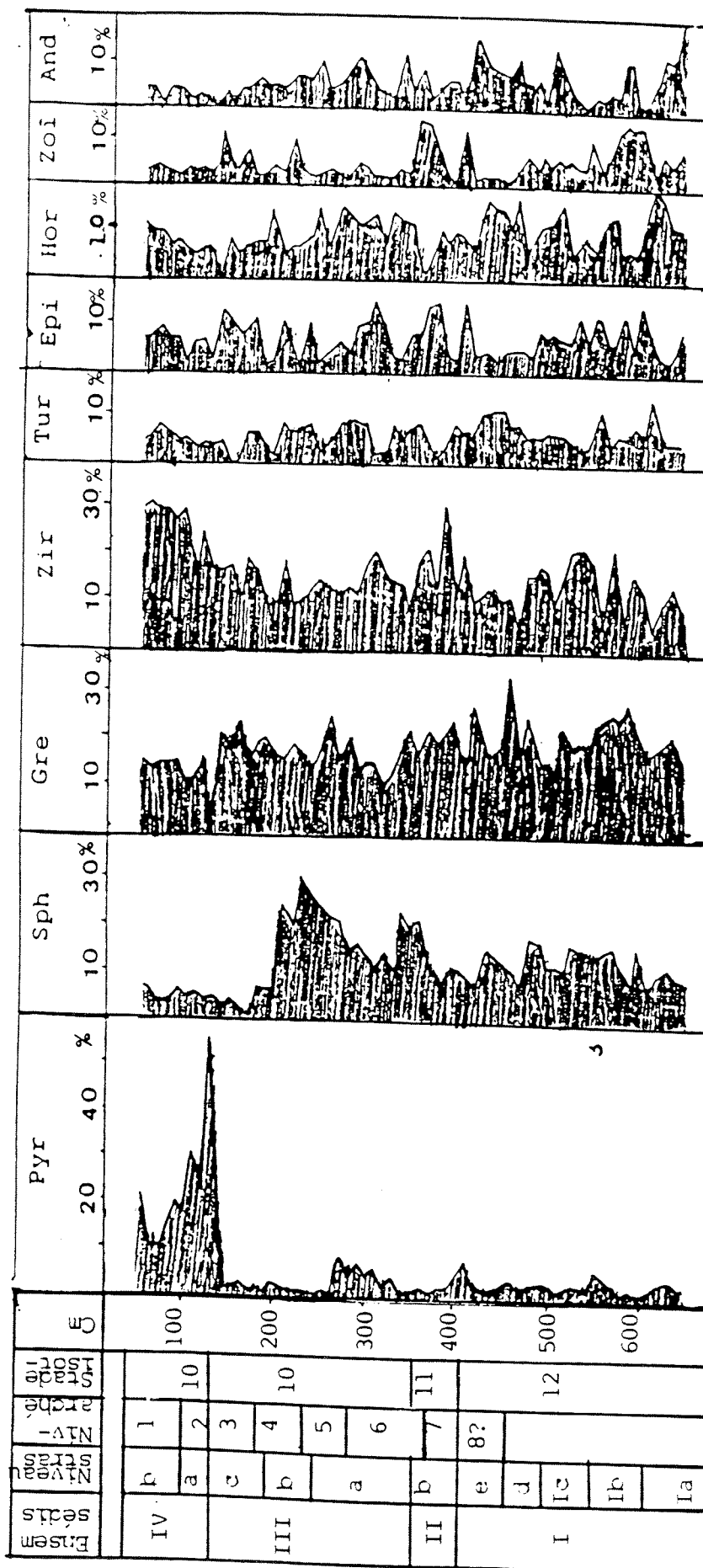


Figure n° 23 : Diagramme représentatif des minéraux lourds du prélèvement du centre.

La hornblende augmente régulièrement de la base (0%) au sommet (12%).

Le sphène, la tourmaline et l'épidote ont des teneurs voisines de 7%.

DISCUSSION

Au terme de cette étude, il apparaît que tous les échantillons analysés présentent les mêmes associations minérales. Nous avons mis en évidence 26 espèces, dont 12 sont communes à tous les niveaux.

L'interprétation de l'évolution des teneurs en minéraux lourds dans le remplissage d'Orgnac 3, ne peut pas se faire sans tenir compte des conditions géographiques locales et de la pétrographie des zones d'alimentation. ^(Fig. 24) Les variations des teneurs en minéraux lourds dépendent également des phénomènes d'altération intervenus après la mise en place des dépôts.

Pyroxènes monocliniques:

Il fait partie du cortège des minéraux présents dans tous les niveaux du remplissage, et il figure sous trois aspects différents:

- augite verte dentelée
- augite brune dentelée (titanifère)
- augite aegyrienne

Ils sont en quantité négligeable dans les ensemble I à III, mais deviennent très abondants dans l'ensemble IV.

Au point de vue morphoscopique, les cristaux des ensemble I à III présentent quelques marques de

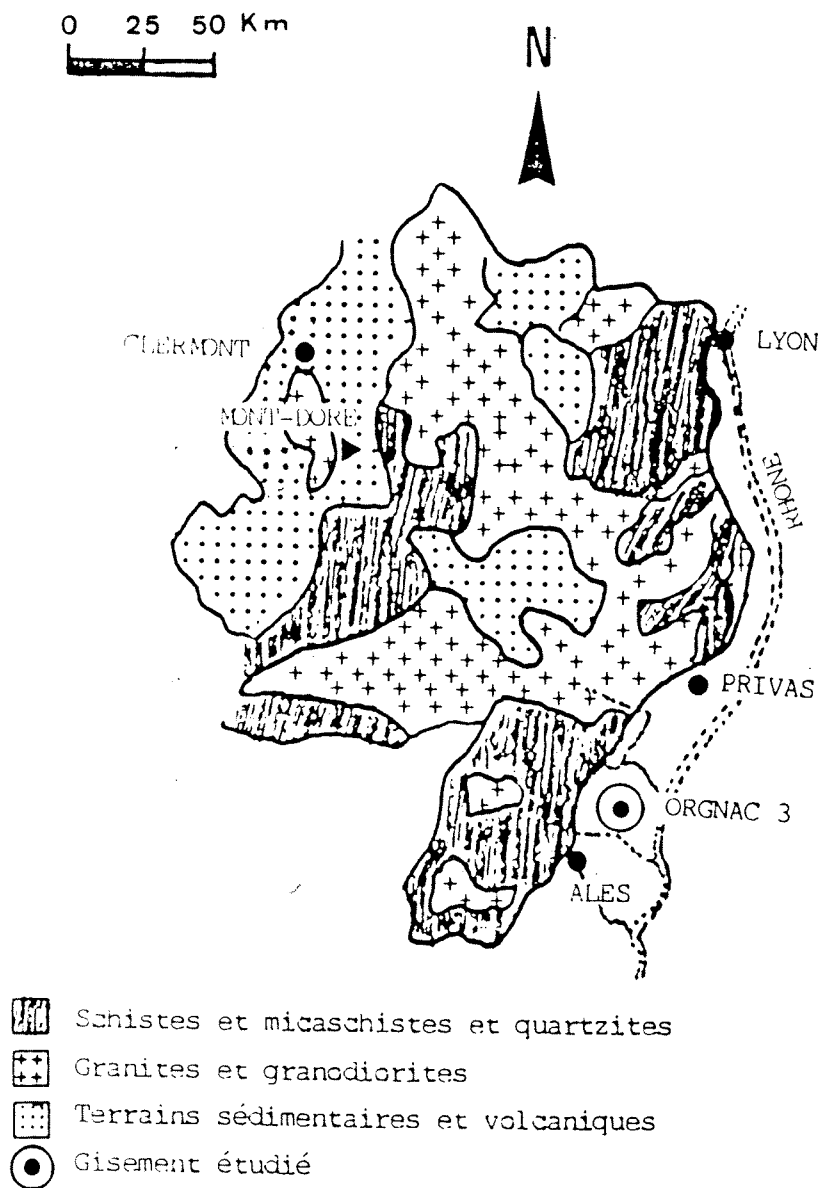


Fig n° 24 : Situation du gisement d'Orgnac 3 par rapport
aux formations géologiques du Massif-Central.

chocs dues au transport; ce phénomène est bien visible sur les augites titanifères, dont les fins denticules sont brisés, et les surfaces des grains dépolies. Dans l'ensemble IV, les cristaux sont parfaitement bien conservés; on ne remarque pas de marques de chocs importants.

Nous avons constaté que ce minéral n'existe nulle part dans les formations anciennes de l'environnement du site. Par contre, on le trouve, en très faible proportion, dans les sédiments subactuels du plateau et ses pentes.

L'origine principale de ces pyroxènes est volcanique. Ils proviennent du Mont Dore dans le Massif Central (Brousse, 1961).

Le transport des pyroxènes sur une grande distance (200 km environ) du Mont Dore jusqu'au gisement n'a pu se faire que par le vent. Ce transport est facilité par la faible dimension des éléments.

Dans l'ensemble IV, les augites proviennent de cendres volcaniques contemporaines du remplissage (voir chapitre VI), c'est la raison pour laquelle ce minéral y est très abondant.

Zircon:

Nous avons pu distinguer trois types de zircon:

- zircon d'origine volcanique (riche en inclusions, limpides et avec formes cristallines nettes)

- zircon d'origine métamorphique (pauvre en inclusions)

- zircon magmatique zoné

Ces deux derniers types sont peu représentés dans le remplissage, alors que le type volcanique est largement dominant.

Ce sont des cristaux, incolores à roses, en forme de prismes terminés par deux pyramides; leur aspect est frais, non altéré, surtout dans l'ensemble IV.

Le zircon existe dans toutes les formations géologiques formant l'environnement du remplissage, sauf dans le calcaire urgonien.

Nous considérerons comme négligeable l'alimentation du remplissage par les terrains existant au sud du gisement (Eocène, Oligocène), car les zircons que nous y avons trouvés sont en majorité d'origine métamorphique, et granitique, ce qui n'est pas le cas des zircons d'Ornac 3.

L'origine principale des zircons peut se situer dans les formations cénomaniennes et turoniennes (La Bastide de Virac) qui contiennent une proportion considérable de zircon de type volcanique. Ils peuvent aussi venir directement du volcanisme du Massif Central.

Les zircons métamorphiques peuvent venir de toutes les formations de l'environnement et également du Massif Central. Il en va de même pour les zircons magmatiques.

L'association du zircon avec les pyroxènes monocliniques dans l'ensemble supérieur prouve l'origine commune de ces deux minéraux. Ils correspondent à une projection volcanique du Mont Dore qui s'est produite il y a -298 000 ans (chapitre VI).

Sphène:

Il est de couleur jaune pâle, de forme arrondie, (bien éolisé ?), ce minéral est d'origine volcanique (Debard et Pastre, 1988).

La proportion des sphènes est très importante dans les ensemble II et III, mais faible dans les ensemble I et IV.

Le sphène ne peut pas venir du calcaire urgonien qui n'en contient pas. Les formations de l'éocène, oligocène, et du céno-manien, contiennent une très faible proportion de ce minéral; ils sont de couleur marron clair et on les retrouve, effectivement, à l'état de traces dans le remplissage d'Orgnac.

Les sédiments du plateau contiennent une faible proportion de sphène; par contre les sédiments des pentes en présentent des proportions considérables.

Nous pensons qu'ils proviennent directement du Massif Central, car les éruptions volcaniques anciennes du Monts Dore sont caractérisées par des sphènes de couleur jaune pâle (Duplaix, 1971), qui peuvent être repris ensuite par le vent, et déposés dans la région de l'Ardèche et sur les pentes du plateau.

Grenat:

Il est de couleur rose, ou vert clair; on remarque sur la surface de quelques cristaux des trous de forme géométrique, résultat d'une altération chimique ou d'un défaut de croissance (Tourenq, 1987).

Ce minéral est d'origine métamorphique; il existe dans toutes les formations de l'environnement que nous avons étudiées. Sa teneur est très faible au sud du gisement, moyenne dans les formations de La Bastide et considérable dans le calcaire urgonien.

Nous pensons que l'origine essentielle des grenats du remplissage d'Orgnac se situe dans les formations de La Bastide et dans le calcaire urgonien (les grenats du remplissage ont des caractères morphoscopiques identiques à ceux des formations présentées ci-dessus et différents de ceux des grenats des formations éocènes).

Amphiboles:

Trois types d'amphiboles ont été décrits dans le remplissage :

- hornblende verte, abondante dans les ensembles II à IV.
- hornblende brune, abondante dans l'ensemble I.
- hornblende basaltique, présente à l'état de trace.

La hornblende verte peut venir de toutes les

formations de l'environnement, mais la faible proportion de ce minéral dans les formations de la Bastide et les formations éocènes nous amène à proposer comme origine plus probable le calcaire urgonien qui en contient une proportion notable.

La hornblende brune est d'origine volcanique (plusieurs cristaux sont dentelés, et seraient originaires du même magma que l'augite dentelée du volcanisme du Mont Dore). Elle est absente dans l'environnement.

La hornblende basaltique se trouve en traces dans les formations du Cénomaniens (La Bastide); elle peut venir également des basaltes du Massif Central.

Epidote - zoisite :

Ces deux espèces minérales peuvent venir de toutes les formations de l'environnement, mais surtout de l'Urgonien.

Les formations de la Bastide possèdent des épidotes incolores, bien roulées, qui ont été retrouvées dans le remplissage d'Ornac.

Les deux minéraux sont d'origine métamorphique et proviennent du Massif Central.

Nous avons constaté une bonne corrélation épidote/hornblende dans les ensembles II à IV ce qui traduit une origine métamorphique pour une partie des dédicaments du remplissage à cette époque. Par contre, dans l'ensemble I, il n'y a aucune relation entre ces deux minéraux.

La dissolution du calcaire urgonien a libéré, sur place, des épidotes et des hornblendes en proportions égales. Dans l'ensemble I, c'est plutôt un transport lointain de ces deux minéraux qui est à l'origine des variations de pourcentage.

Andalousite :

L'andalousite, minéral d'origine métamorphique est absente des formations de l'environnement; néanmoins, elle existe en traces dans les sables éocènes.

L'andalousite ne peut provenir de cette formation pour deux raisons :

- son abondance dans le remplissage qui est nettement supérieure à celle des sables éocènes.

- nous n'avons pas trouvé de rapport avec d'autres minéraux qui pourraient prouver l'existence d'un transport de direction S-N.

Ce minéral provient donc du socle métamorphique du Massif Central, puis a été déposé sur le plateau. Les sédiments subactuels du plateau nous montrent des proportions semblables à celle du remplissage.

Les autres minéraux :

La staurotite, minéral d'origine métamorphique, existe en trace dans les sédiments du plateau, et en pourcentage important dans les formations anciennes de l'environnement. Les staurotides du remplissage présentent les mêmes caractères morphoscopiques que celles des grès conglomératiques de la Bastide.

La sillimanite est un minéral métamorphique, qui n'existe pas dans les formations de l'environnement et comme l'andalousite elle provient probablement du Massif Central.

Rutile, tourmaline peuvent venir de toutes les formations de l'environnement, sauf du calcaire urgonien qui n'en contient pas.

Les grès et calcaires gréseux de la Bastide ont vraisemblablement été la source de la monazite (cette dernière pouvant également venir du calcaire urgonien), de l'anatase, de la brookite, du disthène ainsi que du corindon et de la topaze.

Le glaucophane est d'origine métamorphique (schistes bleus des Alpes). Nous l'avons retrouvé dans le grès de La Bastide, et dans les sédiments actuels du plateau. Nous rattachons sa présence dans le remplissage aux grès de La Bastide.

Diopside, et apatite, sont des minéraux d'origine volcanique, qui sont absents dans les formations de l'environnement. Ils proviennent sans doute de la chaîne volcanique du Velay (Debard et Pastre, 1988).

CONCLUSION

Les minéraux lourds d'origine volcanique, sont abondants dans tout le remplissage d'Orgnac. Mais dans l'ensemble inférieur ils présentent des proportions égales à celles des minéraux métamorphiques.

Dans les ensemble II et III, l'abondance nette

du sphène dans tous les niveaux, montre une certaine stabilité au niveau des zones d'apport détritiques.

Dans l'ensemble IV, l'importance des minéraux résistants est corrélative à l'altération des pyroxènes, amphiboles, biotites qui diminuent régulièrement de la base au sommet, ce qui montre que cet ensemble a subi d'importants phénomènes d'altération.

1.3. MINÉRALOGIE DES ARGILES

Pour déterminer les pourcentages relatifs des différents minéraux argileux présents dans un échantillon, nous avons utilisé la méthode basée sur la mesure de la hauteur des pics (Schultz, 1964; Holtzapffel, 1985) sur des diagrammes glycérolés (Annexe). Nous avons affiné ces mesures à l'aide des facteurs correctifs de Holtzapffel (annexe, Fig 39).

Pour chaque sondage vingt échantillons ont fait l'objet d'une étude minéralogique détaillée des argiles, (Fig 25 - 26 - 27).

Ensemble I:

Dans cet ensemble, trois minéraux argileux (kaolinite, illite et smectites) ont été identifiés et avec des teneurs inégales d'un niveau à l'autre.

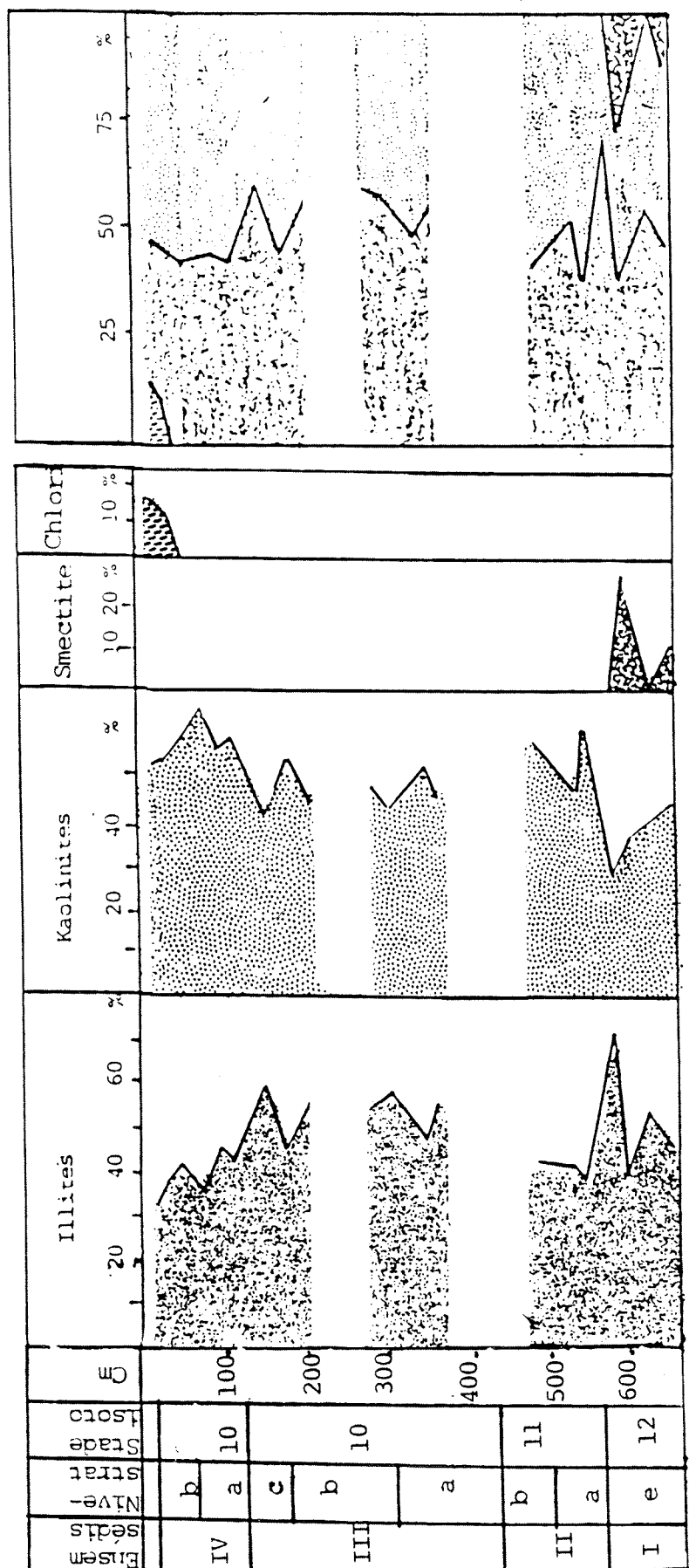
Niveau Ia: seule la kaolinite est présente. L'illite se trouve à l'état de traces.

Niveau Ib: nous observons un changement important:

- l'illite qui est en traces dans le niveau Ia, devient dominante dans ce niveau (40 à 50%).
- La teneur en kaolinite diminue par rapport au niveau Ia (35% en moyenne).
- On note, l'apparition de smectites (11 à 13%).

Niveau Ic: L'illite et la kaolinite sont en proportion égales (50%). La smectite est totalement absente .

Niveau Id: L'illite reste toujours dominante et



Chlorites
 Illites
 Kaolinites
 Smectites
 Diagramme cumulatif

Fig 25: Diagramme présentatif des minéraux argileux (carotte A).

varie entre 45 et 50%.

- La smectite réapparaît dans ce niveau, mais en faible pourcentage (8% en moyenne).

Niveau Ie: Comme nous l'avons montré au chapitre IV, ce niveau est présent dans toutes les sondages.

- l'illite y est plus abondante dans la zone des carottages que dans le centre du gisement

- la kaolinite est plus abondante dans le centre que dans la zone de carottages

- les smectites se trouvent d'une façon discontinue dans ce niveau. A la partie supérieure, elles présentent un plus fort pourcentage dans la zone des carottages que dans le centre du gisement.

Ensemble II:

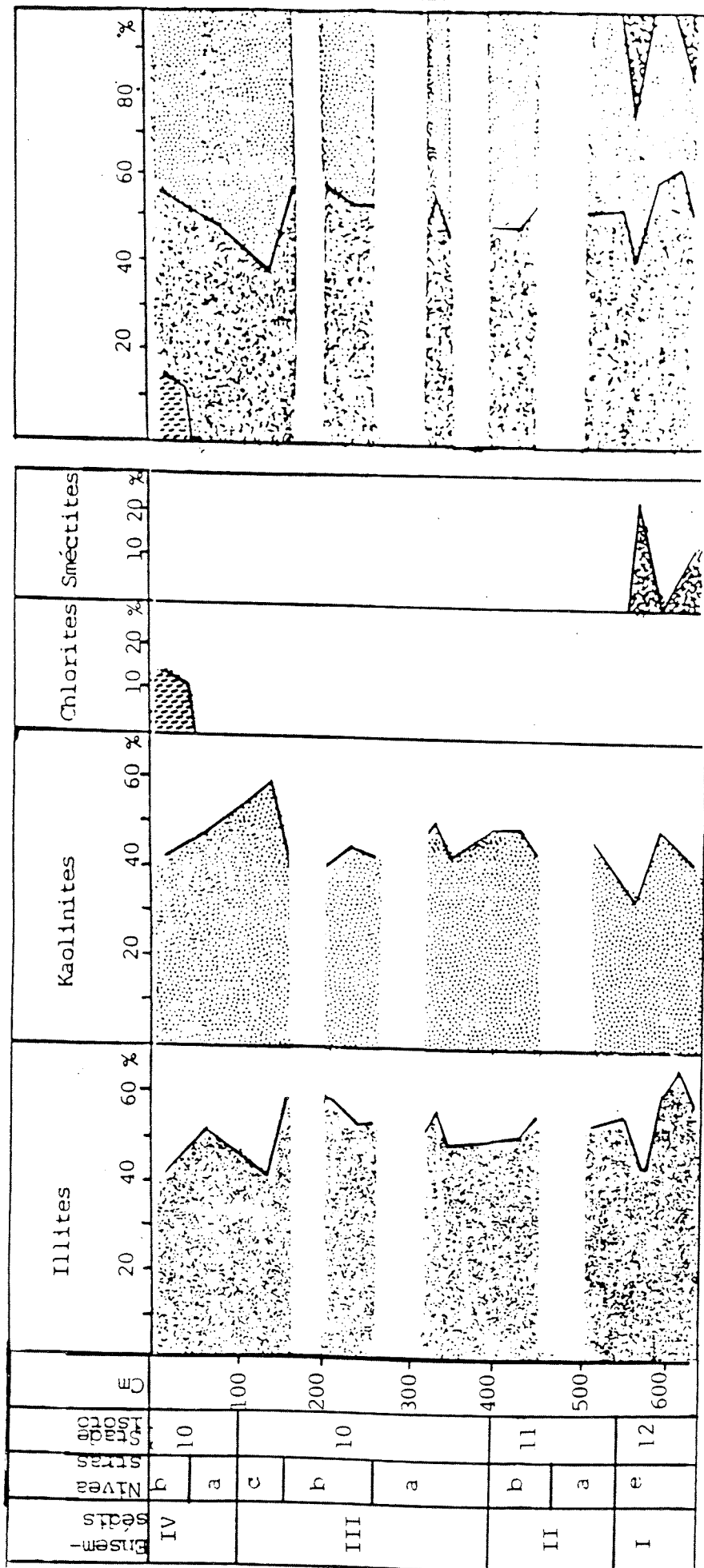
Dans cet ensemble, on remarque une augmentation sensible de pourcentages de la kaolinite par rapport à l'ensemble I. Par contre, l'illite qui dominait dans l'ensemble inférieur, diminue régulièrement dans l'ensemble II.

On note aussi, que la smectite est totalement absente dans tous les niveaux de cet ensemble.

Ensemble III:

Comme dans l'ensemble II, l'ensemble III ne renferme que deux minéraux argileux (kaolinite, illite):

- l'illite est la plus abondante dans la zone des carottages, alors que dans le centre, sa teneur diminue.



Illites

 Kaolinites

 Chlorites

 Smectites

 Diagramme cumulatif

Fig n° 26 : Diagramme présentatif des minéraux argileux (carotte B).

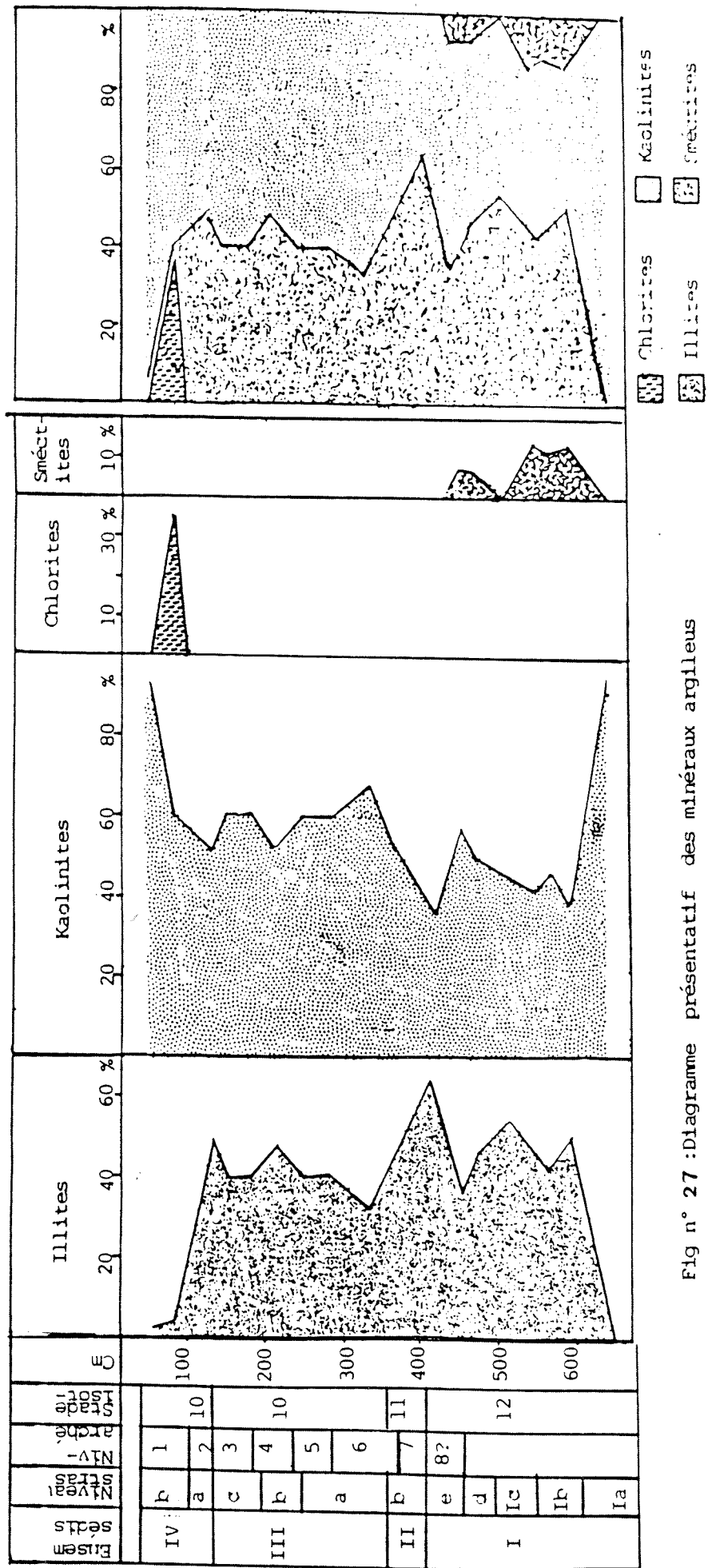


Fig n° 27 : Diagramme présentatif des minéraux argileux (prélèvement centre).

- la kaolinite, au contraire, présente un plus fort pourcentage dans le centre du remplissage.

Ensemble IV:

On retrouve, ici, l'association illite/kaolinite, avec, en surface, l'apparition de la chlorite.

-le pourcentage de l'illite diminue considérablement dans le niveau IVb; il varie entre 5 et 35%.

-La kaolinite domine tout au long de cet ensemble.

- la chlorite fait son apparition au sommet du niveau Ib et on ne la trouve que dans un mince lit de sédiments, épais de 10 cm. Le pourcentage le plus fort est enregistré au centre du gisement (24%).

Cependant, ce minéral ne se trouve plus qu'à l'état de trace à la partie supérieure du niveau Ib,, et la kaolinite reste le seul minéral argileux. L'apparition de la chlorite est un phénomène très ponctuel.

DISCUSSION

L'analyse des minéraux argileux apporte des informations complémentaires aux résultats des précédentes études minéralogiques et granulométriques.

Ensemble I:

Les associations de minéraux argileux présentes dans cet ensemble sont tout à fait différentes de celles que l'on observe dans les ensembles II à IV.

Datation	Stade isotopique	Ensembles sédiments	Sous ensembles	Niveaux strats	Niveaux archéo	Altitude g	Minéraux légers	Minéraux lourds	Minéraux argilleux			
298 000 ± 55000	9	IV	IVb	a	1	100	Fort pourcentage de quartz et de plagioclase	fort pourcentage de pyroxène moyen de grenat et faible de sphène	pourcentage fort de kaolinite, présence de chlorite			
				c			pourcentage assez fort de quartz. pourcentage fort de plagioclase	très fort pourcentage de pyroxène et faible de sphène				
339 000 moyen	10	III	IIIc	e	3	200	pourcentage très fort de quartz et très faible de micas	pourcentage très faible de pyroxène et de sphène, fort de grenat	dominance de la kaolinite sur l'illite			
				f			pourcentage très fort de quartz et assez fort de feldspaths, faible de micas	pourcentage faible de pyroxène et très fort de sphène				
				g	4a	400	pourcentage très fort de quartz, faible de micas	pourcentage faible de pyroxène et très fort de sphène				
				h			pourcentage assez fort de quartz et moyen de micas	pourcentage faible de pyroxène et très fort de sphène				
				i	5a	300	pourcentage moyen de quartz et fort de mica	pourcentage faible de pyroxène et fort de grenat				
				j			pourcentage moyen de quartz, mica, plagio	pourcentage faible de pyroxène et fort de grenat				
k	6	500	pourcentage moyen de quartz et fort de micas et de feldspaths	pourcentage très faible de pyrox moyen de sphène, fort de grenat								
339 000 moyen	11	II	IId	l	7	400	pourcentage moyen de quartz et très fort de micas	pourcentage faible de pyroxène moyen de sphène, fort de grenat	kaolinite) illite			
				m			pourcentage moyen de quartz et très fort de micas	pourcentage faible de pyroxène et très fort de sphène				
				n	8?	500	pourcentage moyen de quartz et fort de micas et de feldspaths	pourcentage très faible de pyrox moyen de sphène, fort de grenat				
				o			pourcentage moyen de quartz et très fort de micas	pourcentage faible de pyroxène moyen de sphène et zircon, grenat				
				p	600	600	pourcentage moyen de quartz et fort de micas et de feldspath	pourcentage faible de pyroxène moyen de sphène et de grenat				
				q			pourcentage moyen de quartz et fort de micas et de feldspath	pourcentage faible de pyroxène et de grenat				
				r	700	700	pourcentage moyen de quartz et fort de micas et de feldspath	pourcentage faible de pyroxène et de grenat				
				s			pourcentage moyen de quartz et fort de micas et de feldspath	pourcentage faible de pyroxène et de grenat				
				t								

Tableau XIII : Résumé minéralogique du remplissage d'Ornac 3.

Il est caractérisé par la présence de smectites qui sont absentes dans tout le reste du remplissage.

Dans les formations de l'environnement, que nous avons étudiées, la smectite n'a été mise en évidence que dans les argiles bigarées de l'Eocène qui n'ont pas alimenté les sédiments du remplissage, comme cela a été confirmé par l'analyse minéralogique des sables et la granulométrie. L'origine de ces smectites est donc à rechercher ailleurs.

Si ces smectites provenaient des sédiments du plateau, par ruissellement, on devrait les retrouver dans les trois ensembles, sauf si il s'était produit un phénomène d'érosion régressive, selon le processus suivant: l'ensemble I est alimenté par l'érosion d'une couche mince, renfermant des smectites. Puis, ce niveau étant complètement érodé, le remplissage, pour les ensembles II, III, et IV, se ferait à partir de couches plus anciennes, sans smectites.

Il est cependant difficile d'admettre que ce minéral provient du remaniement de sédiments du plateau car son apparition dans l'ensemble I se fait d'une façon brutale, sur trois niveaux différents.

On peut attribuer ce phénomène à un changement de sédimentation (changement de direction des apports ou néoformation ?).

On peut aussi considérer que la smectite disparaît par altération *in situ*, mais dans ce cas, des minéraux altérables, tels que les biotites, pyroxènes et amphiboles, auraient du disparaître également.

Les smectites ne sont pas stables dans un milieu bien drainé (Millot, 1964). La présence des smectites dans l'ensemble I, élimine donc l'existence d'un ruissellement important qui aurait provoqué un drainage.

L'origine de ce minéral semblerait donc être le Massif Central d'où elle aurait été apportée par le vent jusqu'au gisement. Cette hypothèse est la plus plausible, car l'origine principale des minéraux lourds et légers est également le Massif Central par action éolienne.

L'illite appartient au groupe des micas et ses fortes teneurs dans cet ensemble vont de pair avec celles des micas dans la fraction sableuse. Cela montre bien l'origine métamorphique de ces illites (micaschistes de Vens).

La kaolinite peut venir de toute les formations de l'environnement, ainsi que du Massif Central.

Ensembles II et III:

Ces deux ensembles ne contiennent plus que de la kaolinite et de l'illite. Nous pensons que l'origine essentielle de ces minéraux est la sédimentation du plateau, et les produits de dissolution du calcaire urgonien (chapitre II).

La minéralogie des argiles actuelles des pentes du plateau (recouvrement est et ouest) est tout à fait comparable à celle des ensembles II et III; néanmoins, les minéraux argileux que l'on trouve actuellement sur le plateau sont différents.

La diminution dans tous les niveaux stratigraphiques des ensembles II et III, du pourcentage des illites dans le centre du gisement, par rapport à la zone des carottages, peut s'expliquer par des phénomènes d'altération sur place. L'illite est un minéral moins résistant à l'altération que la kaolinite (Millot, 1971 ; Caillère, 1962). La circulation d'eau est beaucoup plus forte au centre du gisement (plafond effondré) que dans la zone des carottages (zone protégée par un plafond) et provoque une altération plus rapide des minéraux que dans la zone protégée.

Ensemble IV:

Les minéraux argileux de cet ensemble sont les mêmes que ceux de l'ensemble II et III, sauf au sommet du niveau I qui est caractérisé par la présence des chlorites.

Les chlorites sont absentes dans les formations anciennes de l'environnement; par contre, elles existent dans les sédiments actuels du plateau.

Deux hypothèses sont proposées pour expliquer l'origine de ce minéral:

- la première, est détritique: on considère que les chlorites proviennent du plateau par ruissellement.

Cette hypothèse ne semble pas pouvoir être retenue pour deux raisons: si le plateau avait des sédiments caractérisés par des chlorites, on devrait avoir une homogénéité argileuse dans le niveau IVb, alors que la chlorite n'existe qu'à son sommet, et se concentre beaucoup plus au centre du gisement que dans

la zone des carottages..

L'étude granulométrique ne montre pas une rupture sédimentaire entre la base de niveau IVb et son sommet, cela prouve l'origine unique des sédiments de ce niveau. Donc la chlorite ne peut pas avoir son origine dans la sédimentation du plateau.

-la deuxième hypothèse est diagénétique: nous constatons les caractères suivantes au sommet du niveau

IVb: 1- une diminution des illites

2- une diminution nette des plagioclases, des biotites, et des pyroxènes

3- une altération forte des silex, surtout dans le centre du gisement, où se trouve une forte concentration du matériel archéologique.

Le niveau IVb est un paléosol, formé par altération des sédiments. Les chlorites ont pu se former, soit par altération des minéraux primaires, comme la biotite, le pyroxène, et d'autre minéraux ferromagnésiens, soit par une transformation des illites en chlorites (voir chapitre VIII).

La kaolinite, dans ce niveau, peut aussi se former par diagenèse à partir des minéraux primaires (Millot, 1964) et s'ajoutent aux kaolinites détritiques provenant du plateau. C'est probablement la raison pour laquelle ce minéral est très abondant dans ce niveau.

La présence de la kaolinite comme seul minéral argileux représentatif dans la partie supérieure du niveau IVb, au centre du gisement, peut s'expliquer par une altération forte de minéraux primaires alumineux,

ainsi que de l'illite. Dans ces conditions de lessivage, la chlorite ne peut pas se former (Millot, 1964). Il faut noter que dans ce niveau le pH est presque acide (6,9) et, seule, la kaolinite est résistante (Caillère, 1963) dans ce type de milieu.

CONCLUSION

Le cortège de minéraux argileux de l'ensemble I est très différent de ceux des ensembles II, III et IV; il est d'origine lointaine et déposé dans le gisement par le vent.

Dans les ensembles II et III, une altération lente des illites au centre du gisement est due à l'action plus importante des précipitations.

Dans l'ensemble IV, il se produit une diagenèse des argiles. La forte altération des silex et des minéraux riches en fer, donne naissance aux chlorites.

CHAPITRE VI

CENDRES VOLCANIQUES
ET DATATION

1. LES CENDRES VOLCANIQUES

L' étude des minéraux lourds sur quelques niveaux stratigraphiques du remplissage d'Orgnac 3 a été entreprise, d'abord par J.F.PASTRE et présentée par E.DEBARD (1987). Ils montrent l'existence d' augites et de zircons dans la couche D, niveau 2 archéologique, de l'ensemble IV, provenant des retombées volcaniques issues du Mont-Dore, et qui pourraient correspondre à des projections du Sancy vers - 300 000 ans.

Au cours des fouilles, Jean COMBIER a observé l'existence de sables jaunâtres, différents du reste du remplissage qui est brun foncé. Ces sables sont localisés dans un terrier, dans le niveau 2 archéologique, carré C 7/8 .

Ces sédiments n'ont jamais été analysés pendant la durée de la fouille, et leur origine était inconnue.

An cours de la préparation de cette thèse, nous avons constaté que ces sédiments sont des cendres volcaniques pures. De plus, nous avons pu faire une datation absolue par la méthode de traces de fission sur les zircons.

Granulométrie:

Cette étude a donné les résultats suivants:

- sables grossiers : 2%
- limons : 42%
- sables fins : 41%
- argiles : 15%

Minéralogie de la fraction sableuse:

Minéraux légers:

La composition minéralogique de la fraction légère des sables est la suivante:

- 82% de plagioclases
- 11% de feldspaths potassiques
- 7% de quartz

Les feldspaths présents dans ces cendres sont d'aspect hyalin et certains, parmi eux, sont complètement altérés. Les quartz sont anguleux, transparents et leur surface ne montre pas de chocs liés au transport.

Nous n'avons pas trouvé de verres volcaniques; il est possible qu'ils aient été altérés sur place.

Minéraux lourds

L'étude des minéraux lourds a révélé trois espèces minéralogiques :

- 96% de pyroxènes, dont 95% d'augites vertes dentelées qui ne présentent aucune usure et 1% d'augites brunes dentelées.

- 4% de zircons très limpides avec des formes cristallines nettes et sans traces de chocs.

- traces de hornblende brune dentelée.

Signalons que cette fraction lourde contient,

en outre, une quantité considérable de magnétite d'aspect frais.

2. DATATION PAR LA METHODE DE TRACES DE FISSION

Principe de la méthode:

L'âge d'un minéral peut être déterminé en fonction de la densité des traces de fission naturelles et de sa teneur en uranium.

Pour qu'un minéral soit datable par traces de fission, il faut que le temps écoulé depuis sa formation soit suffisamment long pour qu'il puisse se former un nombre suffisant de traces (annexe 1).

Résultats

Nous avons effectué cette datation sur 22 zircons de diamètre compris entre 0,04 et 0,100 mm. (Tabl. XIII).

Une limite supérieure de 0,100 mm est requise pour obtenir de bons résultats. Pour éliminer les risques d'erreur, le comptage a été effectué sur toute la surface des grains.

Le nombre de traces fossiles observées est très faible; il varie de 0 à 5 traces par zircon. Le nombre de traces induites varie de 85 à 600 par zircon.

La source des traces de fission dans ces zircons est due à la fission spontanée de l'uranium 238.

La valeur moyenne de quantité d'uranium pour chaque grain est de 166 ppm, il s'agit ici de zircons riches en uranium, ce qui nous a permis d'obtenir un

NF

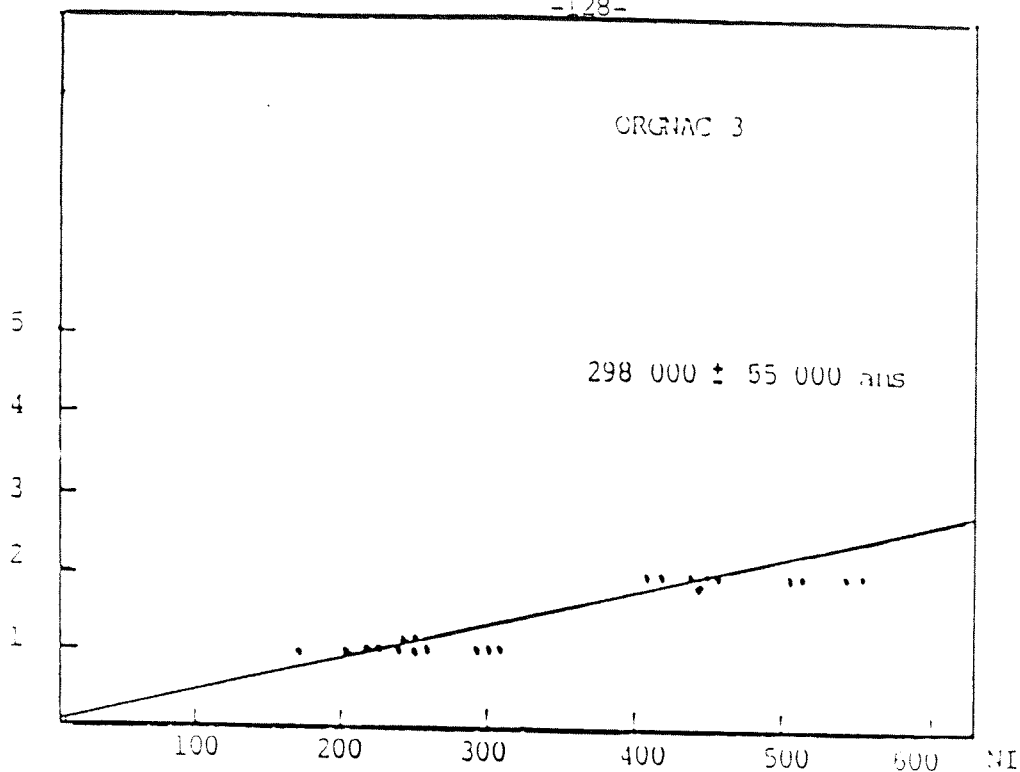


Fig n° 28: Corrélation entre les traces fossiles NF et les traces induites NI.

N°	NF	DF.10 ⁶ t/cm ²	2NI	DI.10 ⁶ t/cm ²	PF/2PI	Age individuel	S.10 ⁶ cm ² surface comp- tée
1	1	0.0269	226	3.04	0.0044	320958 a	17.12
2	2	0.0363	520	4.73	0.0038	279578 a	55.04
3	1	0.024	298	3.58	0.0034	243992 a	41.6
4	1	0.0312	170	2.66	0.0059	426996 a	32
5	2	0.0411	512	5.26	0.0039	283958 a	48.64
6	1	0.0179	268	2.41	0.0037	270873 a	35.68
7	1	0.06	254	7.63	0.0039	286086 a	16.64
8	1	0.0252	264	3.33	0.0038	275192 a	19.68
9	2	0.0339	434	3.69	0.0046	343754 a	38.88
10	2	0.0368	420	3.86	0.0048	345648 a	34.4
11	1	0.0318	228	3.64	0.0044	318058 a	11.36
12	2	0.0385	556	5.36	0.0036	261421 a	31.84
13	2	0.0612	516	7.9	0.0039	281754 a	12.64
14	1	0.03	258	3.87	0.0039	281754 a	13.82
15	1	0.0217	308	3.34	0.0033	336005 a	46.08
16	2	0.0744	414	7.7	0.0048	350737 a	26.88
17	1	0.0504	228	5.75	0.0044	316609 a	19.84
18	1	0.022	304	3.35	0.0033	338910 a	45.14
19	1	0.0381	204	3.89	0.0049	355020 a	26.34
20	1	0.0372	266	4.94	0.0038	273039 a	25.88
21	1	0.0248	272	3.37	0.0037	267231 a	40.32
22	1	0.03	214	3.22	0.0047	339119 a	13.28

Tableau XLV - Les résultats des traces de fission sur 22 zircons.

âge précis, bien que ces grains soient très jeunes dans l'échelle des temps géologique.

L'âge absolu obtenu par cette méthode est de 298 000 ans avec une précision (selon le calcul de POISSON) de $\pm 55 000$ ans.

DISCUSSION

Les caractères minéralogiques du niveau de cendres rappellent ceux des produits de l'activité volcanique du Mont-Dore pour les raisons suivantes:

- les feldspaths hyalins et l'abondance de la magnétite fraîche correspondent aux cortèges minéralogiques trouvés dans les alluvions de la périphérie du Mont-Dore (Bout, 1978).

- la présence de l'augite dentelée caractérise les volcanismes du Mont-Dore (Brousse, 1961). Il s'agit de squelettes des cristaux formés dans la lave acide des sancyites et des doreites qui n'ont pas eu le temps de se refermer, car ils ont été brusquement expulsés du magma au moment des explosions (Bout, 1978).

- la typologie des zircons est semblable à celle des zircon issus du Mont-Dore (Pupin, 1976).

Tous ces faits concordent pour situer l'origine de ces cendres dans la zone volcanique du Mont Dore; elles auraient été transportées par le vent sur quelques centaines de kilomètres jusque dans la région d'Orgnac. Ces cendres se sont alors trouvées mélangées aux autres sédiments reposant sur le plateau; c'est la raison pour laquelle on ne les trouve à l'état pur que

dans des zones protégées (poches et terriers). Ceci montre également qu'au moment du dépôt de ces cendres, le site était à l'air libre.

La théorie admise jusqu'à présent plaçait le niveau archéologique 1 de l'ensemble IV dans l'interstade Riss/Würm (environ -100 000 ans) ce qui supposait une lacune de 200 000 ans entre ce niveau et le niveau archéologique 2 dont on estimait l'âge de dépôt à -300 000 ans (Pastre et Debard, 1987); cet âge a été confirmé par notre datation sur les zircons.

Cette lacune de 200 000 ans avait été avancée du fait que le niveau 2 présentait une consolidation par des carbonates, interprétée comme un arrêt de sédimentation et la formation d'un paléosol plus ou moins érodé. De plus, la limite entre le niveau 2 et le niveau 1, immédiatement supérieur, est soulignée par une surface d'érosion.

Minéralogie de ces deux niveaux

Si l'on compare la minéralogie des sédiments des niveaux archéologiques 1 et 2 (chapitre IV) on constate que, sauf en ce qui concerne l'horizon pédologique de surface, les minéraux d'origine volcanique (augites, zircons à caractères magmatiques) ainsi que les feldspaths du niveau 2 se retrouvent dans le niveau 1 avec des pourcentages identiques; enfin, les minéraux argileux (kaolinite/illite) sont également les mêmes; il n'y a donc pas de hiatus de sédimentation entre ces deux niveaux.

Minéralogiquement ces deux niveaux sont donc

identiques. Puisque les éruptions du Mont Dore n'ont repris leur activité qu'à la fin du Pleistocène supérieur (Bout, 1978), les dépôts du niveau 1 sont donc contemporains de ceux du niveau 2.

Si l'on admet cette hypothèse, l'âge de ce niveau 1 est alors beaucoup plus ancien que celui proposé antérieurement (interstade Riss/Würm) et l'industrie préhistorique peut être attribuée à l'Acheuléen supérieur.

C'est également à cette époque que le comblement du site est terminé.

Une légère contamination par des apports amenés par ruissellement se manifeste en surface (apport d'amphiboles et épidotes) ainsi qu'une altération plus poussée des feldspaths plagioclases.

Phénomènes post-dépôt

Nous avons vu, plus haut, que les minéraux de la fraction légère et les minéraux argileux étaient les mêmes dans les deux niveaux. Cependant les pourcentages en plagioclases sont nettement plus faibles dans les horizons supérieurs du niveau 1; l'altération aurait été plus poussée dans cette zone, proche de la surface, et donc plus sensibles aux actions climatiques.

TROISIEME PARTIE

ETUDE
GEOCHIMIQUE
D'ORGNAC 3

CHAPITRE VII

ETUDE DES CARBONATES
ET DE pH

1. LES CALCAIRES DANS LA FRACTION SABLEUSE (2 - 0,040 mm)

Pour déterminer approximativement le taux des carbonates des sables, on pèse une fraction sableuse brute, qui est ensuite attaquée à l'acide chlorhydrique 25% à 80 C.

Après lavage et séchage, le résidu est récupéré, pesé, et la différence de poids correspond au taux de carbonates dans l'échantillon.

240 échantillons ont été ainsi analysés. A la suite des calculs on ne constate pas de variations latérales et verticales importantes des teneurs en carbonates entre les deux carottes A et B. Par contre, ces teneurs varient au centre du gisement (Fig.29 à 31).

Carottes A et B

Ensemble I

Le centre du niveau Ie, qui est le seul niveau présent de cet ensemble, dans la zone des carottages, est caractérisé par de très fortes teneurs en carbonates (50 à 60%). A la base de ce niveau, le pourcentage est moins élevé (24 à 44%) et, au sommet, la proportion des carbonates ne dépasse pas 22% .

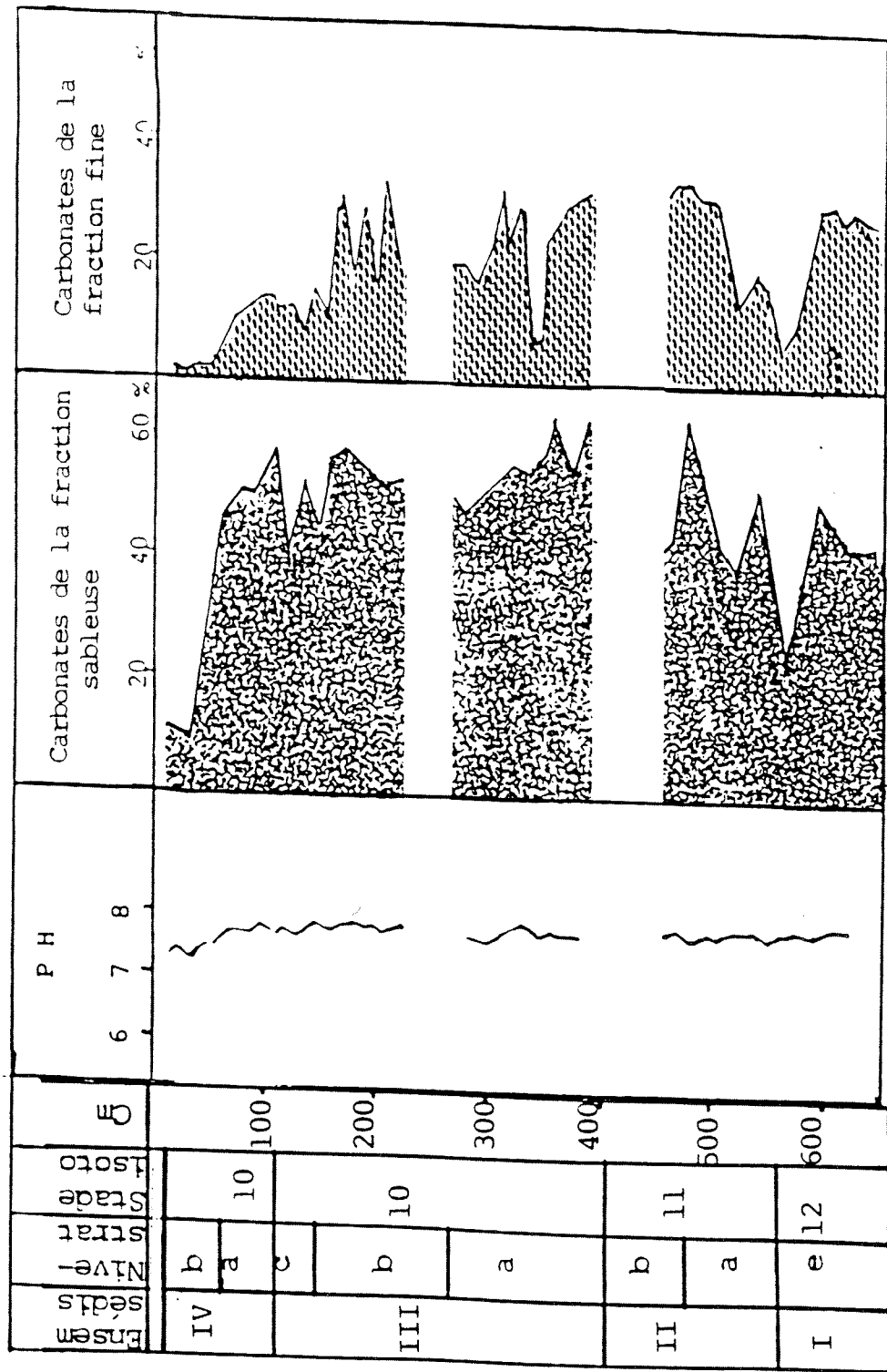


Fig n° 29: Diagramme représentatif de teneurs des carbonates et du P H (Carotte A)

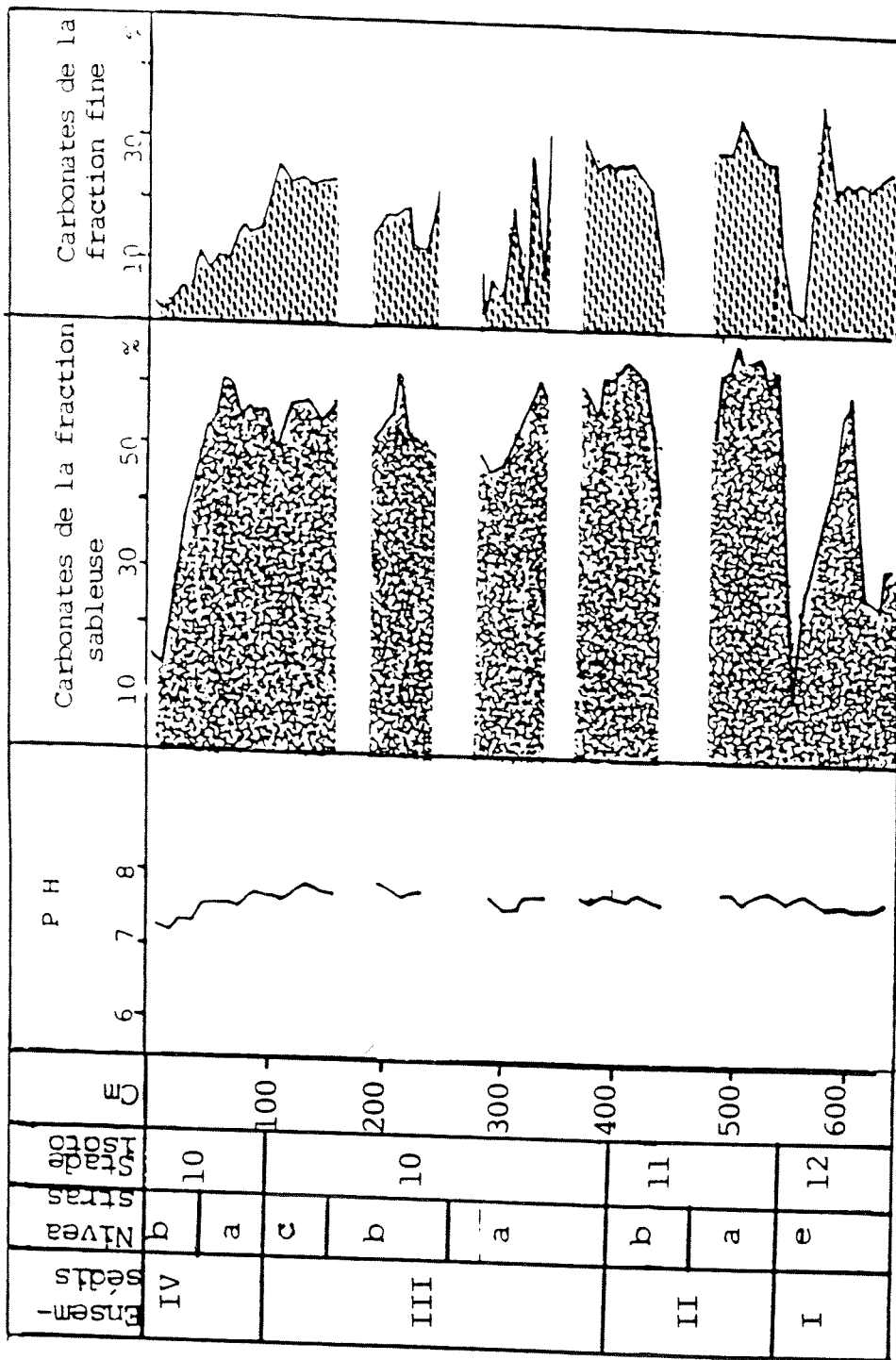


Fig n° 30 : Diagramme représentatif des teneurs des carbonates et du P H (carotte B).

Ensemble II

La proportion des carbonates augmente régulièrement de la base (38%) au sommet (68%) .

Ensemble III

Dans tous les niveaux, les carbonates sont bien représentés (40 à 66%).

Ensemble IV

Les pourcentages en calcaires restent élevés dans le niveau IVa, (55% en moyenne), mais deviennent plus faibles dans le niveau IVb (12% en moyenne).

Prélèvement du centre

Ensemble I

Dans le niveau Ia, la proportion des carbonates diminue de la base (20%) au sommet (32%). Dans le niveau Ib, les pourcentages sont faible (12% en moyenne), alors que dans le reste de cet ensemble, ces pourcentages sont élevés et varient de 29 à 35% .

Ensemble II

La proportion des calcaires reste élevée dans cet ensemble, et varie entre 30 et 38% .

Ensemble III

Nous constatons une homogénéité des pourcentages qui vont de 24 à 40 % dans tous les niveaux.

Ensemble IV

Dans le niveau IVa, les carbonates sont bien représentés (32%); par contre, ils diminuent brusquement dans le niveau IVb (10%) .

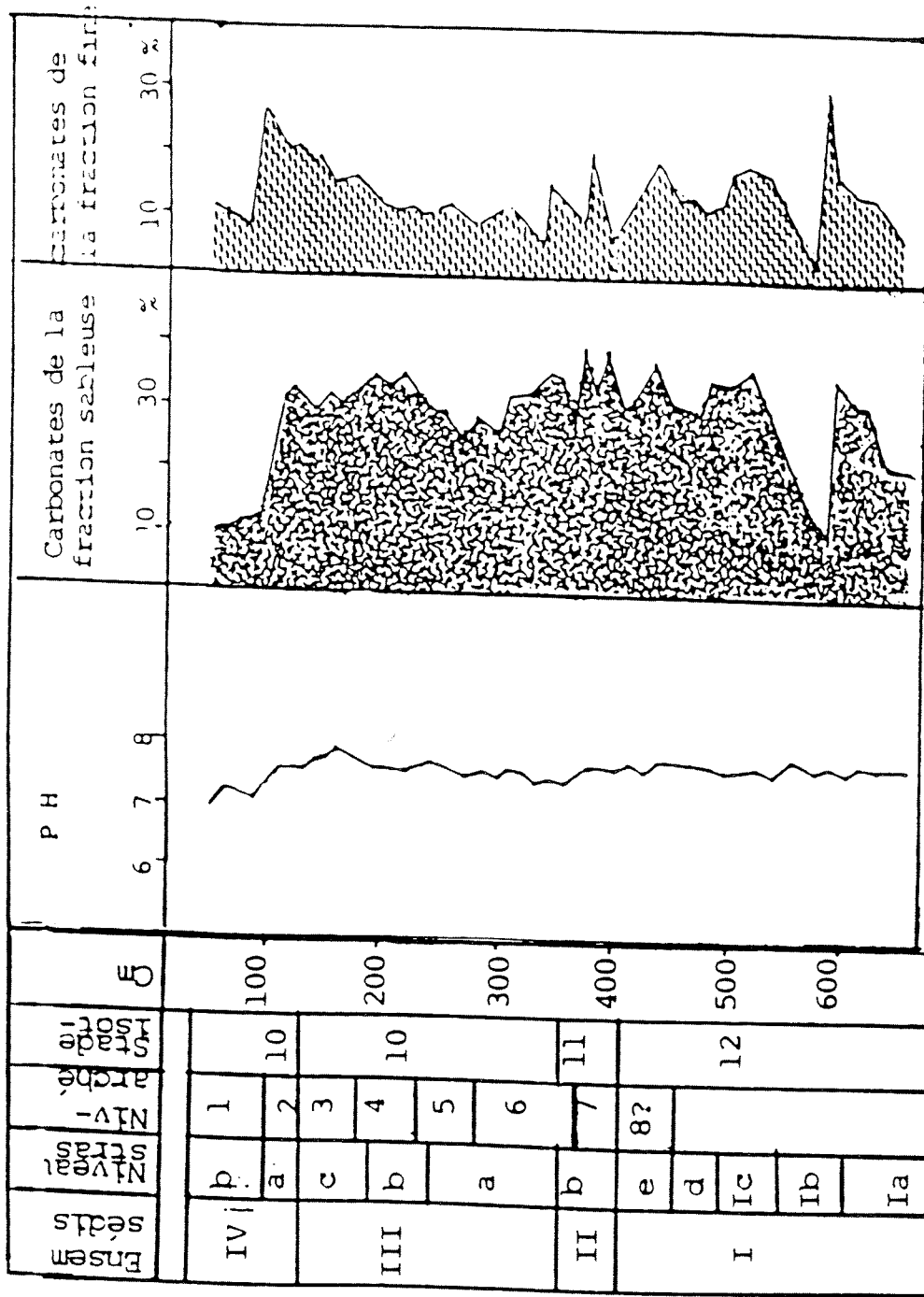


Fig n° 31 : Diagramme présentatif des teneurs des carbonates et du P H (prélèvement centre).

Variation latérales

Ensemble I

La seule variation latérale s'observe au sommet du niveau Ie ; à cet endroit, les pourcentages des carbonates des sables sont beaucoup plus élevés dans le centre du gisement (30%) que dans la zone des carottages (1 à 7%).

Ensemble II et III

La teneur en carbonates est très élevée dans la zone des carottages (55% en moyenne), alors qu'elle est beaucoup moins importante dans le centre du gisement (32% en moyenne).

Ensemble IV

Dans le niveau IVa , c'est toujours la zone des carottages qui possède la plus forte proportion de carbonates, alors que dans le niveau IVb , on ne constate aucune variation importante entre le centre et la zone des carottages; les pourcentages sont semblables (10%).

2.LES CARBONATES DANS LA FRACTION INFÉRIEURE A 0,160 mm

Il est intéressant de définir aussi les carbonates qui se trouvent dans la fraction fine, ceci afin de mieux suivre l'évolution géochimique dans les sédiments.

Nous avons dosé les carbonates par acidimétrie. Cette méthode consiste à déterminer le taux de CO_3Ca après attaque à l'acide chlorhydrique (voir annexes 1).

Cette étude a été réalisée sur tous les

échantillons des carottes A, B et du prélèvement du centre.

Les variations verticales des teneurs en carbonates dans les deux carottes sont tout à fait comparables, alors qu'elles sont différentes au centre du gisement.

Carottes A et B

Ensemble I

Les pourcentages des carbonates sont élevés à la base de cet ensemble (22 à 38%), et diminuent considérablement (1 à 7%) à son sommet.

Ensemble II

La proportion des carbonates reste toujours très élevée (de 32 à 38%) .

Ensemble III

Dans cet ensemble, les teneurs en carbonates sont très variables. Les plus faibles sont observées au milieu du niveau IIIa (7%). Dans le reste du remplissage, les pourcentages varient de 10 à 35%.

Ensemble IV

Le niveau IVa présente des teneurs relativement plus faibles (12 % en moyenne). Dans le niveau IVb, les carbonates sont très peu importants (2% en moyenne).

Prélèvement du centre

Ensemble I

Le sommet du niveau Ia enregistre les plus faibles pourcentages en carbonates de tout le

remplissage (1%). Par contre, au milieu de ce niveau, les taux deviennent très élevés (33%). Dans le reste de cet ensemble, ils varient de 10 à 18%.

Ensemble II

Le pourcentage en carbonates diminue régulièrement du sommet (22%) jusqu'à la base (10%) de cet ensemble.

Ensemble III

Les pourcentages en carbonates varient peu pour tous les niveaux (de 8 à 22%).

Ensemble IV

Dans le niveau IVa , les taux de carbonates sont bien représentés (18 à 27%); ils deviennent moins élevés dans le niveau IVb (9% en moyenne).

Variations latérales

Ensemble I

On ne remarque pas de variations importantes dans cet ensemble.

Ensemble II et III

Contrairement à l'ensemble I, les ensembles II et III sont caractérisés par un changement latéral important. Les teneurs en carbonates sont beaucoup plus élevées dans la zone des carottages (5 à 35%) que dans le centre du gisement, où les pourcentages ne dépassent jamais 22%.

Ensemble IV

A l'inverse de ce qui se passe dans les ensembles II et III, les carbonates sont ici, mieux

représentés dans le centre du gisement que dans la zone des carottages.

DISCUSSION

La forte teneur en calcaires dans le remplissage d'Orgnac 3 est tout à fait normale, car ce dernier s'est développé dans une cavité karstique, où les éléments autochtones, calcaires, ont joué un rôle très important. De plus, l'environnement a pu également fournir une quantité importante de matériaux carbonatés allochtones (Urgonien, Turonien, Oligocène).

Nous constatons que les teneurs en calcaire, augmentent là, où les éléments grossiers sont considérables. Cette corrélation serait due à deux phénomènes différents:

- la fragmentation sur place, des cailloux et des blocs en éclats de diamètres plus petits, par action mécanique et chimique.

- la dissolution des calcaires qui recristallisent sur place et forment des concrétions à partir des eaux riches en bicarbonates (Co_3^{-2}), (Laville, 1971).

Dans la fraction fine inférieure à 0,160 mm, une partie des carbonates est probablement néoformée. Les eaux de circulation, chargées en gaz carbonique, dissolvent lentement les calcaires. Les carbonates transportés en solution dans l'eau, recristallisent dans les pores et les fissures des sédiments, formant, ainsi, un ciment autour des grains minéraux et des

Dateation	Stade isotopique	Ensembles sédimens	Sous ensembles	Niveaux strats	Niveaux archéo	Altitude	Carbonates	Stalagmites	Concrétions			
298 000 ±55000	9	IV	IVb	a	1	100	Décarbonatation		Concrétions			
			IVa	c	2		Forte proportion de carbonates					
339 000 moyen	10	III	IIIc	e	3	200	↑ augmentation des carbonates		Forte proportion de concrétions moins riche en concrétions			
				IIIh	f					4a		
			IIIa		g	4b						
				IIIa	h	5a						
			IIIa		i	5b						
				IIb	j	6						
			IIe		k	8?						
				IIc	l	500				Décarbonatation		600
			Id		m							
			12		I	Ic				n		
Ib	o											
	Ia	p										
Ia		q										
	Ia	r										
Ia		s										
	Ia	t										

Tableau XV : L'évolution géochimique du remplissage d'Orgnac 3.

ossements (ce phénomène a été vérifié par observation microscopique).

La faible teneur en carbonates au sommet de l'ensemble I et dans l'ensemble IV, indique une décalcification importante liée probablement à un lessivage. Les produits de ce lessivage se sont accumulés dans les niveaux inférieurs.

3. ETUDE DES CONCRETIONS

Les concrétions se présentent dans tout le remplissage et ne se trouvent en faible quantité que dans le niveau IVb de l'ensemble IV.

Ces concrétions ont une forme globuleuse, un aspect caverneux; elles sont dures et de couleur jaune brunâtre.

Nous avons constaté que dans la fraction fine, les concrétions dominent les autres constituants, sauf dans les niveaux IIIa et IIIc (ensemble III), où ces dernières sont mieux représentées dans la fraction grossière (0,3 - 0,5 mm).

Sous la loupe binoculaire, la section d'une concrétion montre une structure concentrique plus ou moins nette, comprenant une zone centrale (noyau) moins compacte et une zone périphérique (cortex) compacte.

A l'écrasement, nous remarquons la présence de cristaux de quartz et d'autres minéraux primaires, ainsi que des débris d'ossements. Tous ceux-ci sont localisés dans le noyau et sont cimentés par une fine recristallisation de carbonates.

Après attaque chimique à l'acide chlorhydrique

de ces concrétions, on obtient un résidu siliceux qui représente 20 à 40% du poids total. Cela montre que celles-ci se sont développées sur place par cristallisation de calcite autour des éléments détritiques et des ossements.

Nous avons effectué une étude géochimique sur les concrétions du niveau IVa (ensemble IV), ainsi que sur leur matrice sédimentaire (fig. 32).

Nous voyons qu'elles sont riches en calcium et la faible teneur en MgO indique qu'elles sont faiblement dolomitisées.

La teneur en calcium diminue dans la matrice (fig. 32); il s'agirait donc d'une accumulation, sur place, de carbonates pour former ces concrétions (Miskovsky, 1974).

De plus, la présence de phosphore dans ces concrétions et leur matrice serait la conséquence d'une activité biologique importante, qui aurait joué un rôle dans leur formation. L'étude récente sur des concrétions bactériennes embryonnaires dans des sols quaternaires montre la participation de microorganismes dans la diagenèse du ciment (Adolphe, 1987).

Le gisement d'Ornac 3 est riche en phosphates, liés à l'abondance de la faune. Les microorganismes auraient aidé à la précipitation du carbonate de calcium à partir des eaux de circulation et qui se serait alors fixé autour des débris d'ossements et des grains de quartz. Ces néoformations de concrétions se sont faites en milieu oxydant (présence d'oxydes de fer

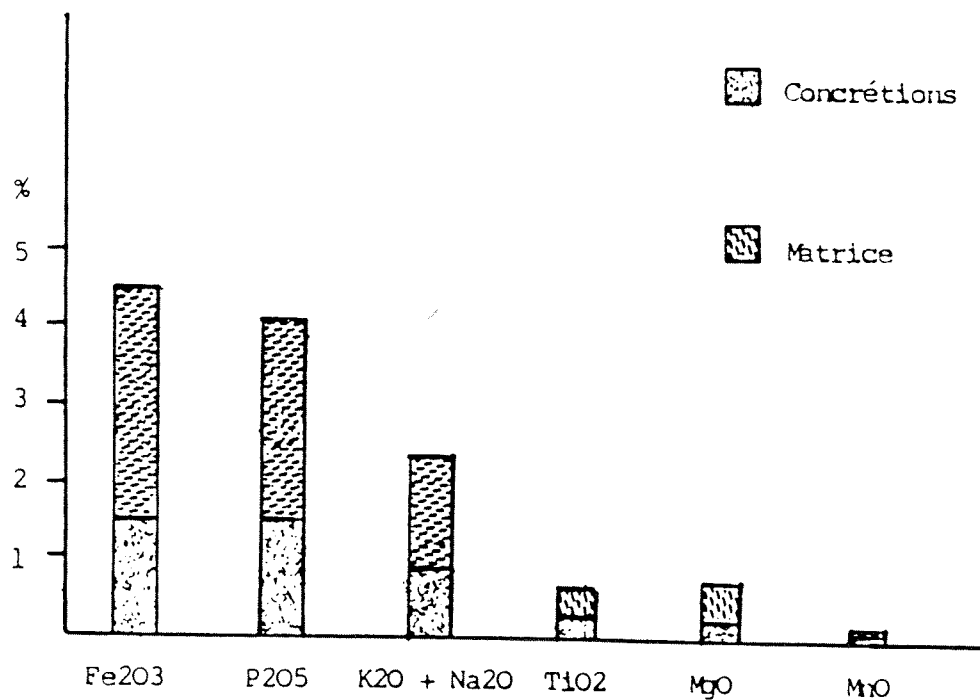
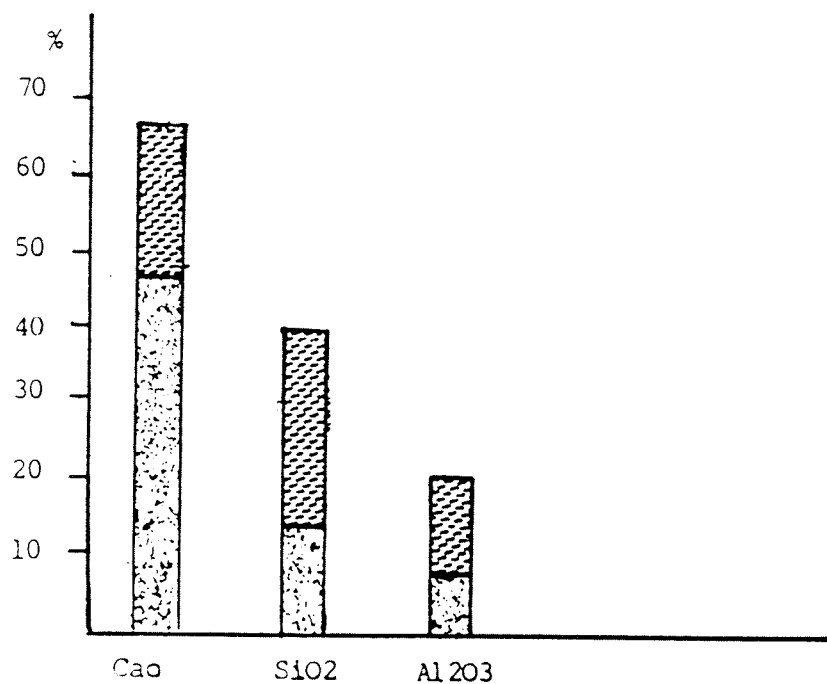


Fig n° 32 : Pourcentages des principaux éléments majeurs de concrétions carbonatés et de leur matrice.

et de manganèse).

CONCLUSION

Les concrétions du remplissage d'Orgnac 3 se sont développées sur place par des phénomènes physico-chimiques, en présence de microorganismes.

La faible quantité de ces concrétions dans le niveau IVb (ensemble IV) peut s'expliquer par un lessivage du calcium; c'est le seul endroit du remplissage où nous avons observé ce phénomène..

4. STALAGMITES

Deux planchers stalagmitiques sont parfaitement bien localisés dans le remplissage d'Orgnac 3.

- le premier est situé dans le carré C 8 (alt: -350 cm). Il recouvre des sédiments limono-argileux à petits cailloux, et est daté de 339 000 ans en moyenne par la méthode U/Th (Shen, 1985).

- le deuxième est situé dans le carré E 12 (alt -330 cm), et s'est développé sur un éboulis de cailloutis à matrice limono-argileuse. Ce plancher a été daté par la méthode de résonance de spin électronique, qui a donné un âge absolu de $309\ 000 \pm 34\ 000$ ans (Falguère, 1986).

De plus, l'étude sédimentologique montre que ces deux planchers se trouvent dans un même niveau litho-stratigraphique (niveau IIB de l'ensemble II). En effet, les sédiments qui se trouvent à la base des deux

stalagmites présentent une homogénéité granulométrique et minéralogique, ainsi qu'une altération superficielle des éléments grossiers (cailloux et granules). Les feldspaths et les autres minéraux primaires montrent également les traces d'une importante altération. Ces sédiments présentant les mêmes caractères sédimentologiques et formant ainsi une même entité, il s'ensuit que les deux planchers stalagmitiques qui les recouvrent se sont formés à une même époque qui pourrait se situer à - 339 000 ans, compte tenu de la marge d'erreur de 34 000 ans de la méthode de E S R.

L'altération présente dans le niveau sédimentaire sous-jacent à ces planchers indique un réchauffement climatique qui pourrait être responsable de la diagenèse de ces stalagmites (Laville, 1971).

L'étude géochimique montre que le niveau stratigraphique IIb (l'ensemble II), qui contient ces stalagmites, a une concentration importante en carbonates de calcium et en phosphates et, comme dans le cas des concrétions, ces derniers pourraient s'être formés grâce à l'activité de microorganismes; ils se développent beaucoup plus facilement à une température élevée qui est également favorable à la précipitation des carbonates. Plusieurs études récentes (Adolphe et Loubiere, 1987) prouvent le rôle important joué par les microorganismes pour l'édification des stalagmites.

CONCLUSION

Les deux planchers stalagmitiques d'Ornac 3 sont localisés dans un même niveau stratigraphique. Ils se sont formés à la même époque, dans un milieu riche en carbonates de calcium et grâce à la présence de microorganismes, sous un climat chaud.

5. MESURE DU PH

Par définition, ce paramètre correspond au logarithme de l'inverse de la concentration des ions hydrogènes dans le milieu (Caillère, 1963).

Pour faciliter les mesures, on choisit des rapports sol sur eau de 1/2,5 ; ainsi 20 gr de sédiments de granulométrie inférieure à 2 mm sont dispersés dans 50 cc d'eau distillée. La mesure doit être effectuée pendant l'agitation de la solution.

Resultats

Dans les deux carottages et dans les prélèvements du centre, les valeurs du pH diminuent régulièrement de la base (7,9) au sommet (6,9) du remplissage (Fig 29 à 31)

Latéralement, aucune variation importante n'est enregistrée dans le gisement. Le pH reste stable entre la zone des carottages et le centre, sauf au sommet du niveau IVb (ensemble IV), où l'on a trouvé une valeur de 6,9 au centre du gisement et une valeur légèrement plus élevée dans la zone de carottage (7,2).

DISCUSSION

Par simple observation des diagrammes (Fig.29 à 31) nous constatons des valeurs plus alcalines du pH lorsque les carbonates sont bien représentés. Par contre, dans la partie supérieure du remplissage, les valeurs du pH et, corrélativement, celles des carbonates sont faibles. Nous pensons que cette partie du remplissage a probablement subi un lessivage, ce dernier étant plus intense au centre du gisement où il a entraîné les carbonates et d'autres éléments chimiques vers le bas. Il s'ensuit que le pH devient neutre et même acide dans les dix derniers centimètres du remplissage; ceci est surtout visible au centre du gisement.

Nous signalons que, dans cette zone à pH presque neutre nous avons constaté une diagénèse de minéraux argileux, notamment de la chlorite, alors que dans la zone à pH acide, au centre du gisement, nous n'avons trouvé que la kaolinite. La présence de ce seul minéral argileux est sûrement liée à l'acidité du sol. En effet dans ces conditions de pH, seule la kaolinite a pu résister à l'altération (Millot, 1971).

Il faut noter que ces valeurs de pH ne correspondent pas réellement aux valeurs du pH au moment du dépôt. Mais nous pensons cependant qu'à l'origine, ce dernier devait être basique, pour les

moment du dépôt. Mais nous pensons cependant qu'à l'origine, ce dernier devait être basique, pour les raisons suivantes:

-le remplissage s'est formé dans un milieu carbonaté où les pH sont généralement alcalins.

-une conservation parfaite des ossements dans tous les niveaux archéologiques, qui auraient été fortement altérés en milieu acide.

-l'importance des minéraux sodiques (feldspaths plagioclases) dont l'altération a pu libérer des ions sodium monovalents, alcalinisant le milieu (Caillère et Hénin, 1963).

CHAPITRE VIII

ETUDE GEOCHIMIQUE

Les résultats des analyses géochimiques (éléments majeurs) montrent, pour certains éléments, des variations importantes entre la zone des carottages et le centre du gisement.

Les différents oxydes ont été dosés sur les sédiments inférieurs à 2mm par:

- Colorimétrie (SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3)
- Emission de Plasma (P_2O_5 , Al_2O_3)
- Emission de Flamme (K_2O , Na_2O)
- Absorption Atomique (MgO , CaO , MnO)
- Volumétrie (FeO)

Les teneurs des différents oxydes dépendent, d'une part, de la composition minéralogique des sédiments, et d'autre part, des phénomènes d'altération intervenus après le dépôt. (Fig 33, 34, 35)

CaO

Les résultats des dosages en CaO confirment de plus grandes teneurs en carbonates dans la zone des carottages que dans le centre du gisement. Ce phénomène avait mis en évidence lors du dosage des carbonates (chapitre VII).

Une partie de cet oxyde (moins de 3% pour l'ensemble du remplissage) entre dans la composition

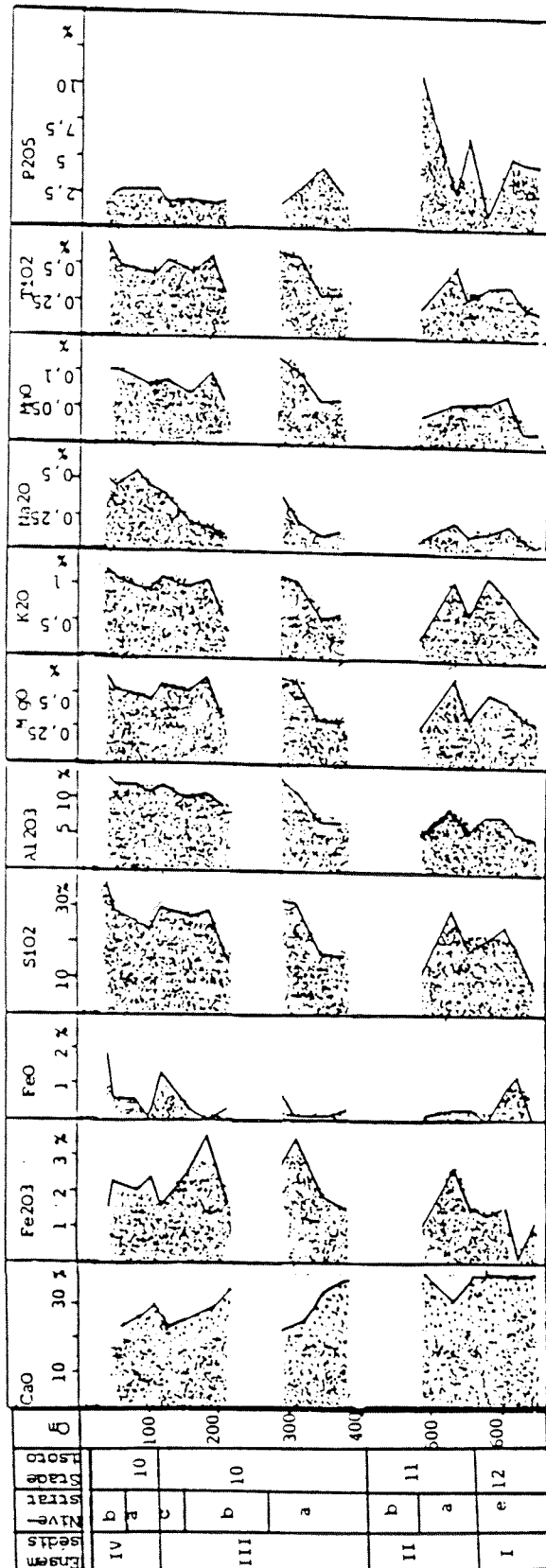


Fig n° 33 : Pourcentages des différents éléments majeurs de la carotte A .

des silicates et phosphates puisque nous observons toujours un excès de CaO après le dosage de CO₂.

En fonction des minéraux déterminés dans ces sédiments (chapitre IV) nous voyons qu'il ne peut entrer que dans la composition des plagioclases et (ou) de pyroxènes du type augite ,éventuellement de phosphates.

Dans le chapitre précédent nous avons interprété la faible teneur en carbonates dans le centre du gisement par un phénomène de décalcification intense lié à l'influence directe des précipitations sur le sol de la grotte, alors que la zone des carottages, protégée par un plafond, où ils ont été conservés et ont formé des horizons d'accumulation.

Dans l'ensemble supérieur, déposé totalement à l'air libre, la grande teneur en CaO dans le niveau IVa pourrait s'expliquer de trois façons différentes:

-la gélifraction des cailloux par effet du froid et l'érosion intense par le vent ont du fournir une quantité considérable de carbonates dans le sol.

-les phénomènes géochimiques postérieurs au dépôt ont altéré les minéraux volcaniques (pyroxènes, plagioclases) libérant différents ions alcalins dont le calcium. Ce dernier par combinaison avec le CO₃ atmosphérique a formé un ciment carbonaté autour des minéraux.

-après les dépôts du niveau IVb, l'altération intense des minéraux et le fort ruissellement provoquent une décalcification et une migration dans le sol, suivie d'une accumulation dans le niveau sous jacent.

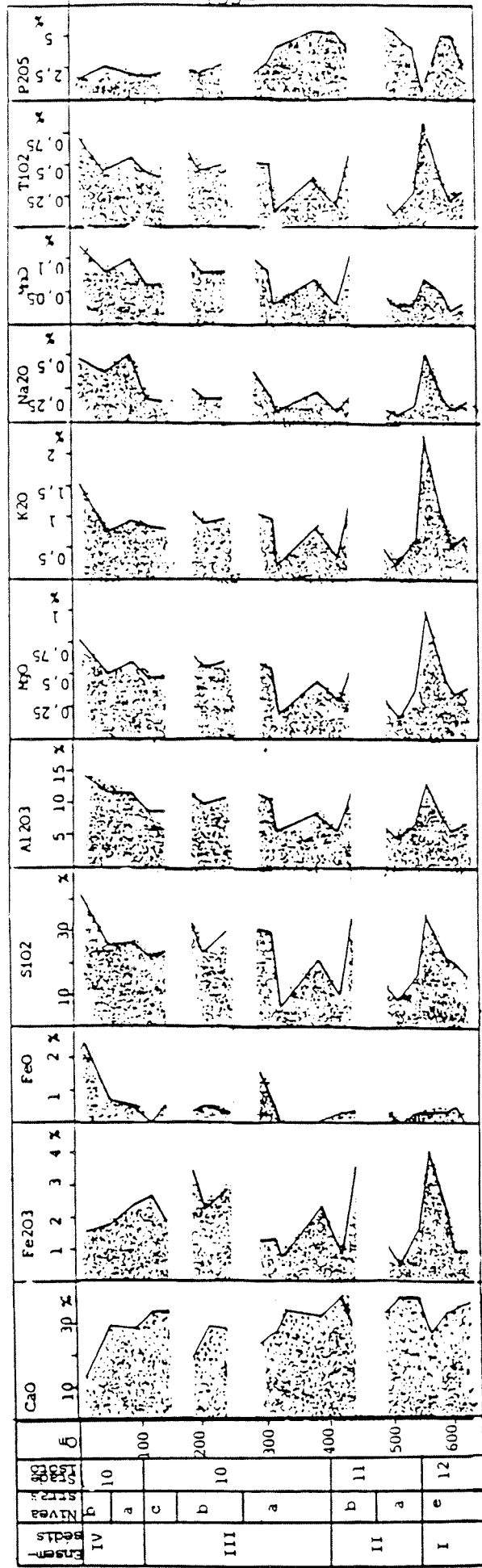


Fig n° 34 : Pourcentages des différents éléments majeurs de la carotte B .

Il sera néanmoins nécessaire de suivre le comportement des carbonates par l'analyse micromorphologique et des observations MEB pour comprendre ces phénomènes de concrétionnement carbonatés . En effet l'étude micromorphologique (Said LAFAR, en cours) montre un diagénèse des carbonates dans le niveau IVa et, également, dans d'autres niveaux.

SiO₂

Les teneurs en silice varient sensiblement d'un niveau à l'autre et la plus forte teneur est enregistrée dans le niveau IVb.

L'observation des diagrammes (fig 33) montre que la diminution brutale de la silice s'accompagne de la diminution des autres éléments chimiques, excepté le calcium. Si l'on ne tient pas compte des carbonates, les teneurs en silice restent à peu près stables dans le remplissage. Les variations irrégulières de la silice dans l'ensemble I sont certainement liées aux variations des teneurs en quartz, argiles et micas qui sont d'origine éolienne (chapitre IV).

La silice augmente dans les niveaux où les quartz sont abondants, et cet enrichissement s'accompagne d'un plus fort pourcentage en éléments alcalins (Na, K); il ne s'agit donc pas ici de phénomènes d'enrichissement par altération des niveaux supérieurs mais d'apports plus importants en matériel détritique.

Dans le niveau IVb (ensemble IV), la forte teneur en silice dépend de la composition minéralogique

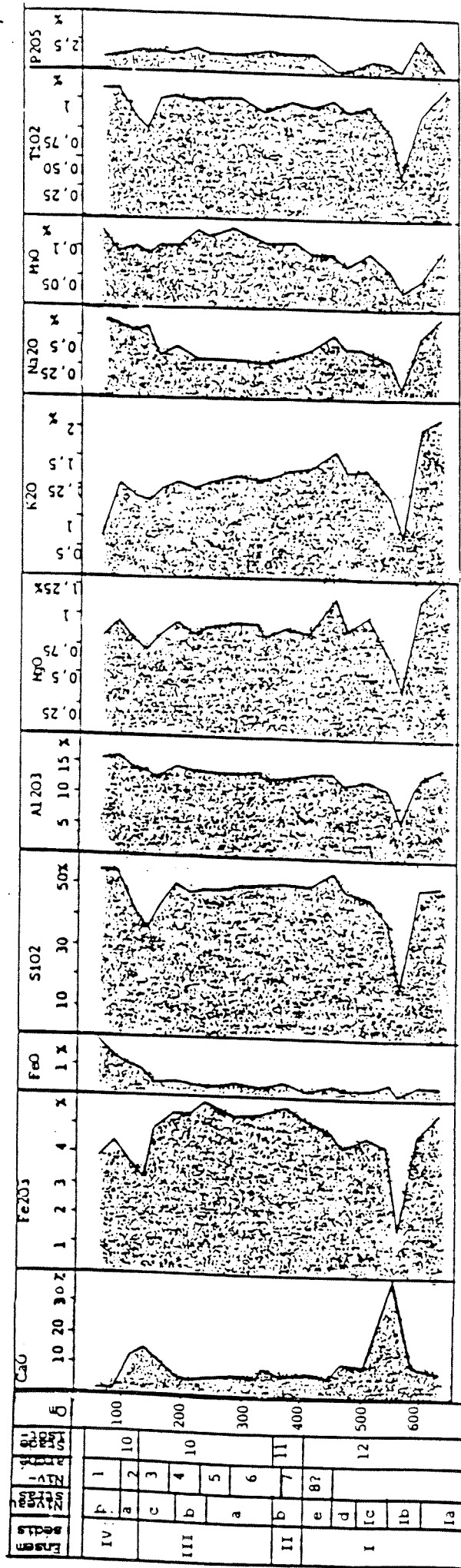


Fig n° 36 : Pourcentages des différents éléments majeurs de prélèvements du centre.

Étages	IV	III			II		I		
Bedits	a	b	c	a	b	e	d	Ic	Ia
N° STRAS	1	2	3	4	5	6	7	8?	12
N° de sondes	1	2	10	10	11	11	11	12	12
500 m	0	100	200	300	400	500	600		

des sédiments. En effet, c'est le seul niveau du remplissage où les argiles sont très abondantes, et c'est aussi dans ce niveau que les matériaux archéologiques sont les plus altérés (Combiere 1976). Une proportion notable de silice, issue de la désilicification des silex, se combinerait au fer et au magnésium libérés par altération des minéraux ferromagnésiens pour donner des chlorites.

FeO, Fe₂O₃

Le fer ferreux se trouve généralement dans les silicates (amphiboles, chlorites ..). Il en va de même pour Fe₂O₃, mais cet oxyde participe également à la formation de goéthite, magnétite, hématite (Leborgne 1965)

Les fortes teneurs en FeO se situent dans les niveaux Ie, IIIb, IVa, IVb, alors que le fer ferrique Fe₂O₃ y est en faible proportion. On constate donc une corrélation inverse entre ces deux oxydes.

Les diffractogrammes ont révélé des traces de magnétite, uniquement dans les niveaux riches en FeO. La goéthite a été enregistrée dans tous les niveaux et toujours en faibles proportions.

La forte teneur en magnétite du niveau IVa s'explique par la présence de cendres volcaniques pratiquement pures; les teneurs diminuent dans le niveau IVb. Mais, cependant, c'est dans ce dernier que les teneurs en FeO sont les plus importantes.

Nous pensons que ceci est le résultat d'une altération de la magnétite et des silicates en présence de matières organiques et sous l'influence de

microorganisme réduisant le fer ferrique en fer ferreux (Le Trensorer, 1972). Ceci explique la diminution du Fe₂₀₃ vers le sommet du remplissage.

Dans les niveaux IIIb et Ie, ces phénomènes de réduction du fer ne s'observent que dans la zone des carottages. Ce ne serait donc pas un phénomène géochimique touchant l'ensemble du remplissage mais plutôt un phénomène localisé (?), ou un phénomène lié à l'accumulation des matières organiques issues de l'altération des ossements. Par ailleurs, le fer ferrique montre trois pics importants dans les niveaux, Ie, IIb, IIIc de la zone des carottages (Fig. 34). Dans ces trois niveaux, les teneurs en fer ferreux sont presque négligeables et ils ne contiennent pas de magnétite. Cependant, la susceptibilité magnétique enregistrée dans ces niveaux est très forte (M. Laurant en cours). La goéte a une susceptibilité magnétique (28 à 42 u.e.m.10 très faible (Segalen, 1964). Ces fortes valeurs seraient, sans doute, liées à la présence de maghémite dont la susceptibilité est (22 000 à 50 000 u.e.m.10 (Segalen, 1964). La disparition de la magnétite dans ces niveaux serait liée à la formation de sols d'habitat (foyers par exemple). En effet, si on chauffe la magnétite à 220 °C, elle se transforme en maghémite (Caillère, et Hénin, 1961). Pour confirmer cette hypothèse en ce qui concerne le gisement d'Orgnac 3, il sera nécessaire de faire une étude détaillée des oxydes et hydroxydes de fer et de leur susceptibilités respectives.

P205

La figure 36 montre qu'il existe une corrélation positive entre P205 et CaO (après calcul des carbonates), correspondant à la présence d'apatite (P205, 3CaO) qui a été mise en évidence par diffractométrie.

Ce phosphate se trouve dans tous les niveaux du remplissage mais les fortes concentrations sont localisées dans les ensembles II et III de la zone des carottages.

La principale source des phosphates serait la transformation des ossements, car le P205 est totalement absent de l'encaissant de la grotte et les pourcentages en apatite de la fraction lourde des sables ne peuvent expliquer ces concentrations parfois très fortes en phosphates.

On les observe dans les niveaux archéologiques 7 à 4 et, surtout, dans la zone des carottages, qui a été protégée par un plafond jusqu'au niveau 4. Les ossements abandonnés par l'homme dans le gisement s'altéraient sur place grâce aux eaux chargées en bicarbonates, le phosphore libéré se combinant immédiatement aux carbonates, pour donner l'apatite (Penaud, 1978).

La grande concentration en phosphates dans la zone des carottages (c'est à dire près de la paroi nord) peut s'expliquer par deux processus: - accumulation artificielle des ossements par l'homme pour nettoyer son habitat.

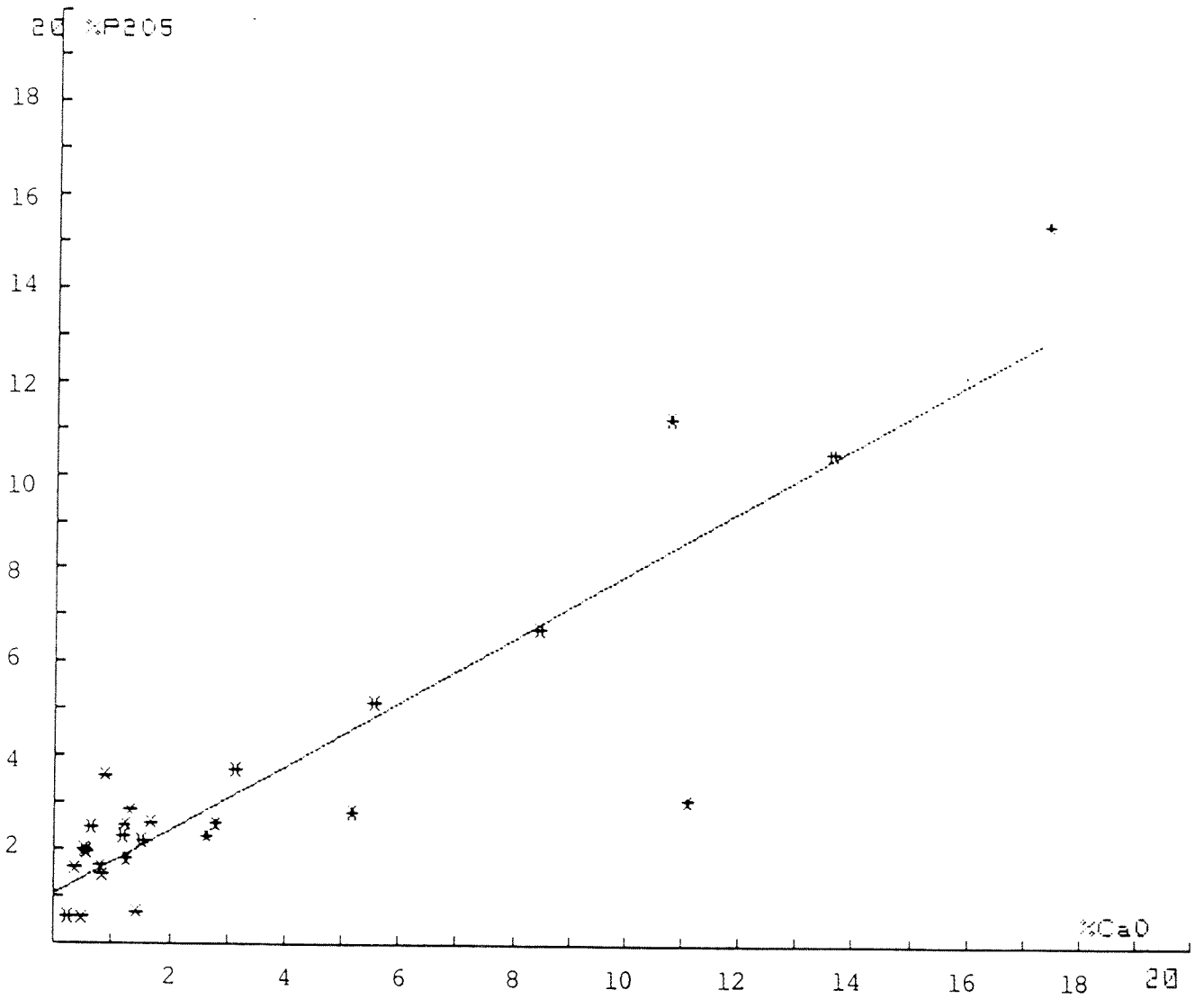


Fig n° 36 :Corrélation entre CaO et P2O5.

AL2O3

Les teneurs en aluminium varient peu d'un niveau à l'autre mais la proportion de cet élément est relativement plus forte dans les niveaux IVb et Ia.

Nous avons montré, par ailleurs, que la kaolinite est le minéral argileux le plus abondant dans ces deux niveaux. Dans le niveau Ia, où la présence des minéraux primaires altérables (feldspaths) est restée très importante, la kaolinite ne peut avoir qu'une origine détritique. Par contre, dans le niveau IVb on constate une chute brutale des teneurs en plagioclases. On peut donc supposer, qu'à cet endroit, la kaolinite provient en partie de l'altération de ces minéraux.

Na2O, K2O

Dans tous les niveaux du remplissage, les éléments alcalins, sodium et potassium, varient dans le même sens sauf dans la partie supérieure du niveau IVb, au centre du gisement, où le potassium diminue brutalement, alors que le sodium augmente.

Ces deux éléments se situent principalement dans les micas, feldspaths, illites et, en plus faible proportion, dans les pyroxènes (Saas et Boudin, 1975).

Dans le niveau Ia, les enrichissements en Na2O et K2O correspondent aux illites et à la présence des micas de type paragonite. Dans les ensembles II et III, les teneurs constantes de ces deux éléments montrent que les minéraux tels que plagioclases, ferromagnésiens sodiques varient peu et qu'il n'y a donc pas eu de

phénomènes d'altération importants pendant le dépôt de ces sédiments.

Au sommet du niveau IVb (centre du gisement) les fortes teneurs en Na₂O et la diminution du K₂O correspondent à la disparition de l'illite.

MgO

Cet élément se trouve en faible proportion dans tout le remplissage. Il est lié aux minéraux ferromagnésiens tels que les pyroxènes et amphiboles ainsi que dans les smectites. Les plus fortes teneurs en MgO enregistrées dans l'ensemble I sont liées à la présence des smectite, absentes dans les autres ensembles. Les faibles teneurs en magnésium confirment, par ailleurs, que ces sédiments ne sont pas dolomitiques.

Dans le niveau IVb, cet élément entre dans la composition des chlorites.

MnO, TiO₂

Les teneurs de ces deux éléments sont très faibles dans tous les niveaux. Les minéraux titanés sont le sphène et l'anatase. Le manganèse est sous forme d'hydroxydes.

Il est probable qu'une faible quantité de titane soit liée au fer ferrique et entre dans la composition de la magnétite et de la maghémite.

CONCLUSION

Centre du gisement

L'évolution verticale des teneurs des différents éléments majeurs, au centre du remplissage, montre la grande homogénéité des dépôts et la forte augmentation du CaO dans le niveau Ib peut être considérée comme accidentelle.

Les seules variations apparaissent dans l'ensemble IV. A ce niveau on constate:

-une nette diminution du CaO et un enrichissement relatif des autres éléments, sauf P205.

-ces phénomènes se traduisent sur le plan minéralogique par la dissolution de la calcite alors que les silicates ne sont pas, ou peu, altérés.

-dans ces niveaux les teneurs en Fe₂O₃ sont légèrement plus faibles que dans le reste du remplissage. Les oxydes et hydroxydes de fer (goéteite) seraient donc, eux aussi, déstabilisés.

-les teneurs en MgO et K₂O sont plus importantes dans l'ensemble I et vont de pair avec l'abondance des paragonites et smectites.

-le FeO de l'ensemble IV caractérise l'enrichissement en minéraux volcaniques.

Zone des carottages

Les teneurs en CaO sont nettement plus élevées que dans le centre (chapitre VII).

Les teneurs verticales en éléments majeurs sont plus irrégulières mais ces oscillations sont liées aux variations des pourcentages en carbonates.

-les enrichissements en MgO et K₂O de l'ensemble I se retrouvent également dans cette zone, ainsi que la disparition du CaO et la diminution du Fe₂O₃ dans l'ensemble IV .

-les teneurs en phosphates sont ici très fortes mais il est possible que les teneurs plus faibles, enregistrées au centre du gisement, soient dues à un phénomène de lessivage responsable, également, de la disparition des carbonates.

CONCLUSION
GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les données sédimentologiques et géochimiques nous ont permis de définir l'origine et la mise en place des sédiments, ainsi que l'évolution géochimique et paléoclimatique dans tous les niveaux du remplissage.

1. STRATIGRAPHIE ET ORIGINE DES SEDIMENTS

Ces nouvelles données sédimentologiques et géochimiques ont mis en évidence, de bas en haut, quatre ensembles bien distincts, contenant 12 niveaux stratigraphiques dont les caractéristiques sont:

Ensemble I (-650 à -425 cm)

Ensemble à cailloutis anguleux, lités. Présence de micas et smectites:

- proportion relativement plus élevée de sables fins et moins élevée de limons.
- sables relativement fins, bien classés; les sables fins sont mieux triés.
- forte proportion de micas et de feldspaths
- peu de quartz anguleux luisants
- relative abondance des smectites
- proportion d'illite supérieure à celle de la kaolinite

Variations à l'intérieur de l'ensemble I

Niveau Ia:

- faible proportion de quartz ronds mats
- forte proportion de quartz anguleux luisants
- très forte proportion des kaolinites
- absence de smectites et traces d'illites
- teneurs relativement plus élevées en Mgo et K2O

Niveau Ib:

- maximum des teneurs en micas du remplissage
- augmentation brutale des quartz ronds mats et des quartz émoussés cassés
- augmentation brutale de l'illite
- diminution brutale de la kaolinite
- forte proportion de smectites

- diminution des carbonates dans la fraction sableuse
- calcite litée abondante (ciment).

Niveau Ic:

- diminution des micas
- augmentation des plagioclases
- comme en Ib, relative abondance des quartz ronds mats et des quartz émoussés cassés
- diminution des smectites

Niveau Id:

- diminution de l'importance des sables fins
- augmentation des plagioclases
- augmentation des émoussés luisants
- fort pourcentages des quartz ronds mats et des quartz émoussés cassés

Niveau Ie:

- très forte augmentation des sables fins
- augmentation brutale de la médiane des sables
- légère augmentation des grenats
- augmentation des micas et des plagioclases
- diminution brutale des quartz ronds mats et des quartz émoussés cassés
- forte proportion de quartz anguleux luisants

Tendances générales:

- diminution des sables fins du bas en haut du remplissage (de Ia à Id) et forte augmentation au sommet (Ie).
- constance des micas et des smectites.

Origine des sédiments:

- forte proportion de cailloux autochtones
- faible proportion d'éléments du plateau (limons)
- forte proportion d'éléments allochtones lointains (micas)

Limite ensemble I/ensemble II

- diminution brutale des sables fins
- augmentation brutale des limons
- sables grossiers plus abondants que les sables fins
- mauvais classement des sables fins
- sables grossiers les mieux triés
- diminution des quartz
- diminution des plagioclases
- disparition des smectites
- teneur maximum en illites

Ensemble II (-425 à -375 cm):

Ensembles limoneux à cailloutis corrodés et planchers stalagmitiques:

- cailloutis corrodés, emballés dans des limons argilo-sableux contenant deux planchers stalagmitiques
- forte proportion des limons
- proportion de sables plus faible que dans l'ensemble I
- sables grossiers plus abondants que les sables fins (valeur maximum de la médiane du remplissage)

- diminution des zircons
- abondance des micas
- teneur minimum du remplissage en quartz anguleux moirés
- faible pourcentage des quartz émoussés cassés
- teneur maximum du remplissage en quartz anguleux
luisants
- disparition définitive des smectites
- teneurs minimum en kaolinite
- forte proportion d'illite

Par ses caractéristiques sédimentologiques, cet ensemble est intermédiaire entre les ensembles I et III.

Il est proche de l'ensemble I par:

- l'abondance des micas
- la relative abondance de l'illite
- la relative raréfaction de la kaolinite

Il est proche de l'ensemble III par:

- la forte proportion des limons
- la diminution des sables fins
- lessables grossiers mieux triés
- l'abondance des quartz
- l'absence des smectites

Origine des sédiments

- dépôts de carbonates = planchers stalagmitiques
- apports allochtones par ruissellement = colluvionnement
à partir des:
 - limons du plateau
 - sables grossiers à quartz, du plateau
 - cailloutis corrodés en position secondaire
 - héritage de micas

Limite ensemble II/ensemble III

- réapparition des cailloutis anguleux
- apparition des gros blocs
- plus forte proportion de sphènes
- forte augmentation des quartz
- diminution brutale des micas
- augmentation des quartz anguleux moirés
- diminution des illites
- augmentation des kaolinites
- augmentation du Fe₂O₃

Ensemble III (-375 à -150 cm)

- Ensemble à cailloutis anguleux et gros blocs effondrés
emballés dans un limon argilo-sableux, riche en quartz
- ensemble très homogène de la base au sommet
- cailloutis anguleux peu corrodés
- proportion relativement forte des limons
- sables fins relativement peu abondant
- sables mal classés et le tri est meilleur pour les
sables grossiers
- forte proportion des quartz
- présence très rare des micas
- proportion relative des quartz anguleux moirés plus
élevée et des émoussés cassés plus faible

- kaolinite plus abondante que l'illite
- pas de smectites et de chlorites
- forte proportion de Fe₂O₃.

Variation à l'intérieur de l'ensemble III

Niveau IIIa:

- grande abondance des cailloux et des blocs
- abondance des pyroxènes
- moins de sphènes et de grenats
- maximum de quartz

Niveau IIIb:

- plus forte proportion d'argiles
- médiane des sables plus élevée
- abondance des sphènes
- légère augmentation des feldspaths potassiques et des plagioclases
- relative diminution des quartz

Niveau IIIc:

- abondance des limons (maximum du remplissage)
- teneur minimum du remplissage en sables fins
- raréfaction des sphènes
- proportion faible des pyroxènes comme dans IIIb
- début de l'augmentation des zircons
- maximum des teneurs en quartz

Tendances générales

de la base au sommet:

- augmentation progressive des limons
- diminution progressive des sables fins
- raréfaction et disparition des micas, sauf au sommet où ils réapparaissent parallèlement à l'augmentation des zircons
- diminution des quartz anguleux luisants
- augmentation des quartz anguleux moirés

Origine des sédiments

Eléments autochtones:

- chute de cailloux et des blocs
- desquamation des parois et du plafond

Eléments allochtones:

- *colluvionnement du plateau très important
 - limons, sables grossiers et quartz
- *apports éoliens à partir du niveau IIIc
 - augmentation des zircons et des micas

Limite ensemble III/ensemble IV

- diminution des cailloux
- raréfaction des limons
- augmentation des argiles
- sables, plus fins, mieux classés et mieux triés
- augmentation des pyroxènes et des zircons
- diminution des grenats
- augmentation des plagioclases
- raréfaction des quartz anguleux luisants
- kaolinite plus abondant que l'illite

Datation	Stade isoptérique	Ensembles sédiments	Sous-ensembles	Niveaux strats		Niveaux arches	Altitude g	Climat	Origine des sédiments	Effondrement du plafond	
				a	c						1
298 000 ± 55000	9	IV	IVb	d	e	1	100	peu humide et froid	Apport éolien et colluvion du plateau (faible ruissellement)	Stabilité climatique	
											2
339 000 moyen	10	III	IIIc	f	g	3	200	Humide et froid	Caillotils anguleux et effondrement du plafond = gel Colluvion du plateau=ruissellement	grande effondrement	
											4a
											4b
											5a
											5b
											6
339 000 moyen	11	II	IIb	j	k	7	400	Humide et tempéré	Planchers stalagmitiques = Evaporation et colluvion du plateau	grande effondrement	
											8?
											8
											8
339 000 moyen	12	I	Ie	l	m	8?	500	Sec et froid	Alternance de niveaux de sables éoliens et de cailloutis Important apport éolien original du Massif Central (Micas, sphène) Cailloutis très anguleux et plaquettes minces = gel	grande effondrement	
											n
											o
											p
											q
											r
											s
											t
											600
											700

Tableau XVI : L'origine des sédiments et l'évolution paléoclimatique

Ensemble IV (-150 à -45 cm, limite du remplissage)

- Ensemble argileux à rares cailloux et à pyroxènes, zircons et plagioclases.
- peu de cailloux et rares blocs
 - très riche en argiles
 - relative abondance des sables fins (médiane basse)
 - sables assez bien classés et le tri est meilleur pour les sables fins
 - les sphènes restent rares comme dans IIIc
 - légère raréfaction des grenats
 - forte proportion des pyroxènes et des zircons
 - forte augmentation des plagioclases
 - légère augmentation des micas
 - légère diminution des quartz
 - diminution des quartz anguleux luisants
 - augmentation des quartz anguleux moirés
 - kaolinite plus abondante que l'illite
 - abondance de FeO

Variation à l'intérieur de l'ensemble IV

Niveau IVa:

- cailloutis non corrodés
- maximum des pourcentages en pyroxènes et en plagioclases du remplissage

Niveau IVb:

- maximum des teneurs en argiles
- medianes les plus basses du remplissage
- maximum de teneurs en zircons
- forte proportion des quartz ronds mats
- teneurs maximum en quartz anguleux luisants
- disparition de l'illite au sommet de ce niveau
- teneur maximum en kaolinite
- apparition de la chlorite
- disparition du CaO

Tendances générales

De la base au sommet:

- diminution progressive des limons
- augmentation des argiles
- diminution de la médiane des sables
- diminution progressive des pyroxènes
- diminution progressive des plagioclases
- augmentation progressive des zircons
- diminution des quartz anguleux luisants
- diminution progressive de l'illite
- diminution des carbonates

Origine des sédiments

Eléments autochtones:

peu de cailloux d'origine locale par effondrement définitif du plafond

Eléments allochtones:

- colluvions faibles: apport du karst (limons et sables quartzeux)

-apports éoliens très importants: plagioclases, pyroxènes, zircons

2. EVOLUTION GEOCHIMIQUE

Plusieurs phénomènes géochimiques postérieurs au dépôt ont affecté le remplissage.

1. Diagenèse des carbonates

1.1. Concrétionnement:

Ces phénomènes de concrétionnement ont été bien marqués dans tous les niveaux stratigraphiques du remplissage excepté dans le niveau IVb.

1.2. Encroutements carbonatés

Par suite d'une forte altération des minéraux calco-sodiques dans le niveau IVa, le calcium libéré s'est combiné avec le CO₂ atmosphérique formant ainsi un ciment de calcite autour des minéraux.

Un nouvel enrichissement en carbonates dans ce niveau, s'est produit par migration des carbonates dissous dans le niveau immédiatement supérieur (IVb).

2. Diagenèse des phosphates

Par altération des ossements, le phosphore s'est combiné au CaO pour former de l'apatite.

3. Formation d'un paléosol

Une évolution géochimique postérieure au remplissage a amené la formation, dans le niveau IVb, d'un paléosol présentant les caractères suivants:

- corrosion des cailloux
- décarbonatation de la fraction fine .
- décarbonatation de la fraction sableuse
- formation d'un encroutement calcaire au niveau IVa (et peut être IIIc)
- diminution du pH de IIIc à IVb
- désilicification des silex
- diminution du CaO et de Fe₂O₃

- forte augmentation du FeO
- diminution relative du MgO et du K₂O
- disparition des illite et augmentation des kaolinites
- néoformation des chlorites
- altération des plagioclases et des pyroxènes
- forte augmentation des argiles

Par ces caractères géochimiques, le niveau IVb n'est pas un simple colluvionnement, mais un niveau "relique" qui a subi de grandes phases d'altération postérieurement au dépôt (stades isotopiques, 9,7,5,1).

Ce paléosol est bien développé dans la partie sud ouest du gisement, contre la paroi sud. A cet endroit, nous remarquons que l'altération a probablement atteint aussi le niveau archéologique 2 et la partie supérieur du niveau 3.

3. EVOLUTION KARSTIQUE

A partir des coupes stratigraphiques réalisées dans le gisement, ainsi qu'à partir des carottages, nous nous proposons de suivre l'évolution karstique durant le remplissage du gisement.

Nous avons observé quatre étapes importantes dans la formation du site d'Orgnac 3:

-première étape: la circulation des eaux météoriques, chargées en gaz carbonique, a formé des fissures dans la masse du calcaire. Ces fissures, sous l'action continue des eaux, se sont agrandies et se sont rejointes, formant ainsi une cavité ouverte à l'air libre par une petite entrée, située du côté ouest du gisement (carré 09,10,11).

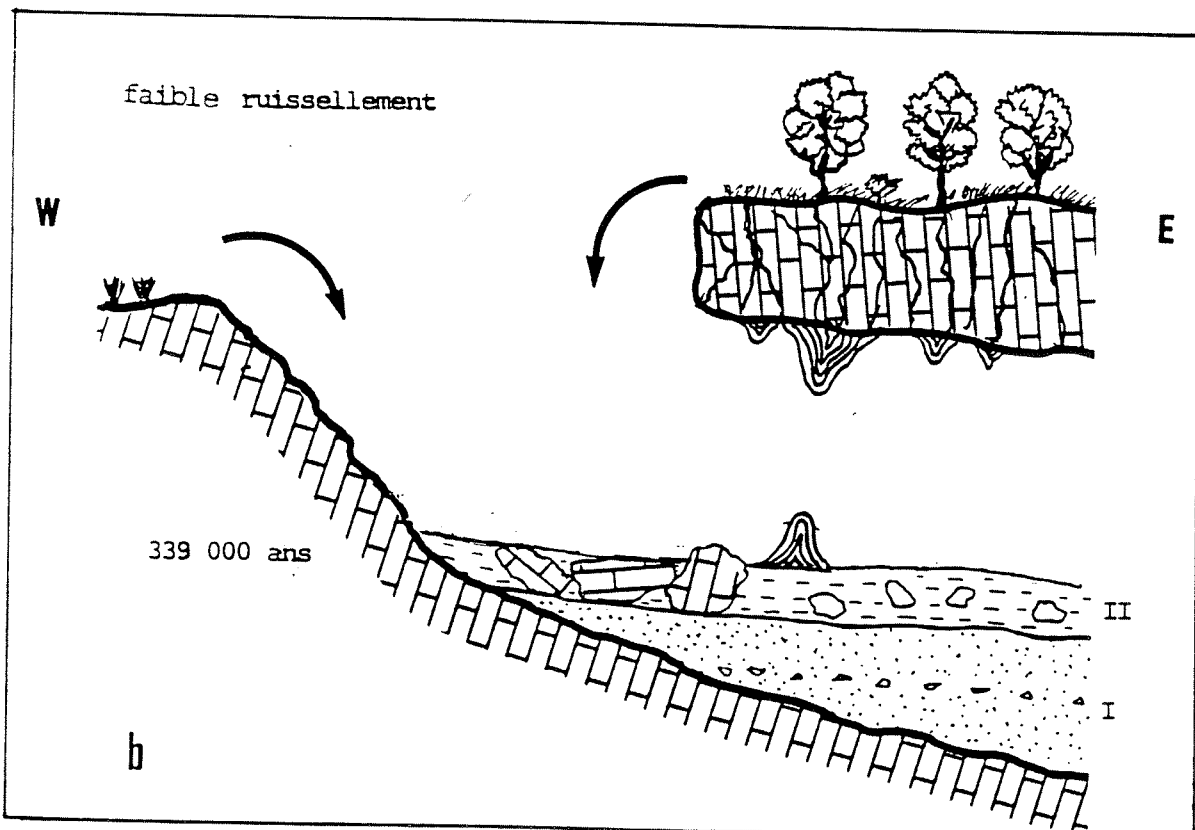
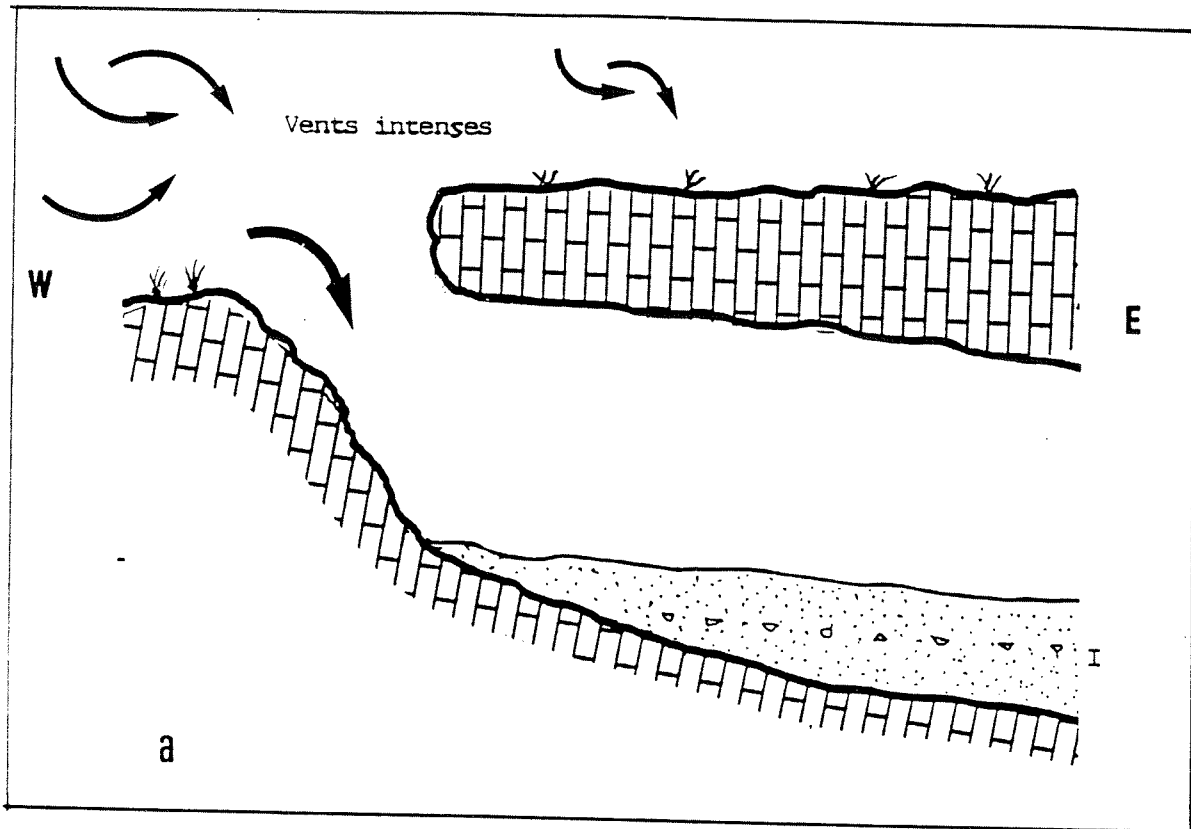
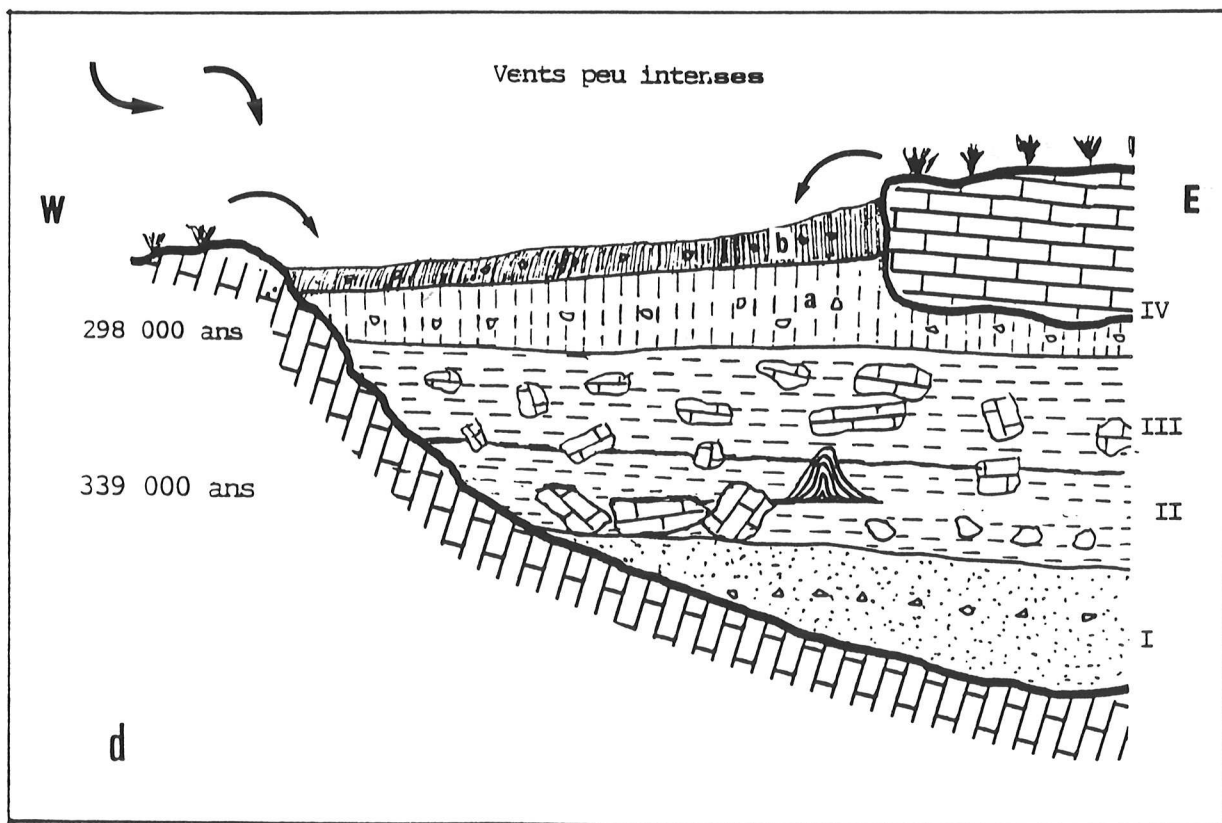
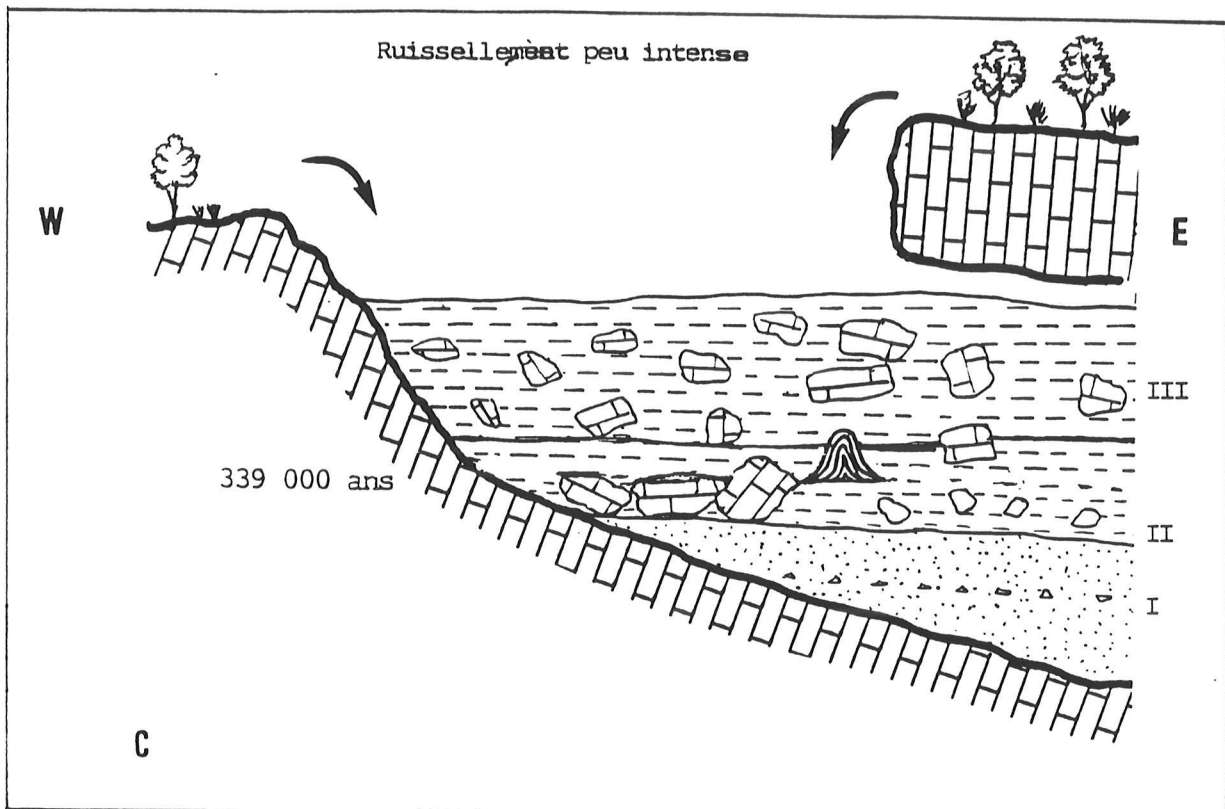


Fig n° 37: Reconstitution schématique du gisement d'Ornac 3:
a: le remplissage de l'ensemble I b: les formations
des stalagmites dans l'ensemble II (339 000 ans).



Suite de figure n° 37 :

c: le remplissage de l'ensemble III après l'effondrement du plafond d: les dépôts de cendres volcaniques dans le niveau IVa de l'ensemble IV

-deuxième étape: la dissolution du calcaire s'est ralentie à la suite d'un changement climatique allant vers un environnement très froid et sec, qui a favorisé les transports éoliens, mis en évidence dans l'ensemble I (fig 37).

Le fort pendage du substratum, de l'entrée vers le fond du gisement, calculé à partir des observations de terrain, explique l'absence de l'homme dans cet ensemble, où les conditions d'installation ne sont pas favorables. Les quelques restes de faunes piégés dans les sédiments de cet ensemble, pourraient être le résultat de leur chute par l'orifice du gisement et leur enfouissement.

-troisième étape: l'humidité redevient importante et les eaux de circulation recommencent à dissoudre le calcaire; c'est à cette époque que se produit l'effondrement du plafond. Le gisement est alors très largement ouvert vers l'extérieur. Des stalagmites se forment tout autour de cette ouverture, au dessous des zones où le plafond a été préservé (fig 37). L'accès à la grotte devient donc, dans ces conditions, plus favorable et l'homme s'installe dans le gisement.

-quatrième étape: pendant le remplissage des ensembles II et III, les phénomènes karstiques ont continué à agrandir la cavité d'Orgnac par effondrement de la partie du plafond qui avait été, jusqu'alors, épargné. Le gisement est totalement comblé à la fin de l'ensemble III (fig 37). A partir de cette époque, l'homme s'installe sur un gisement de plein air où

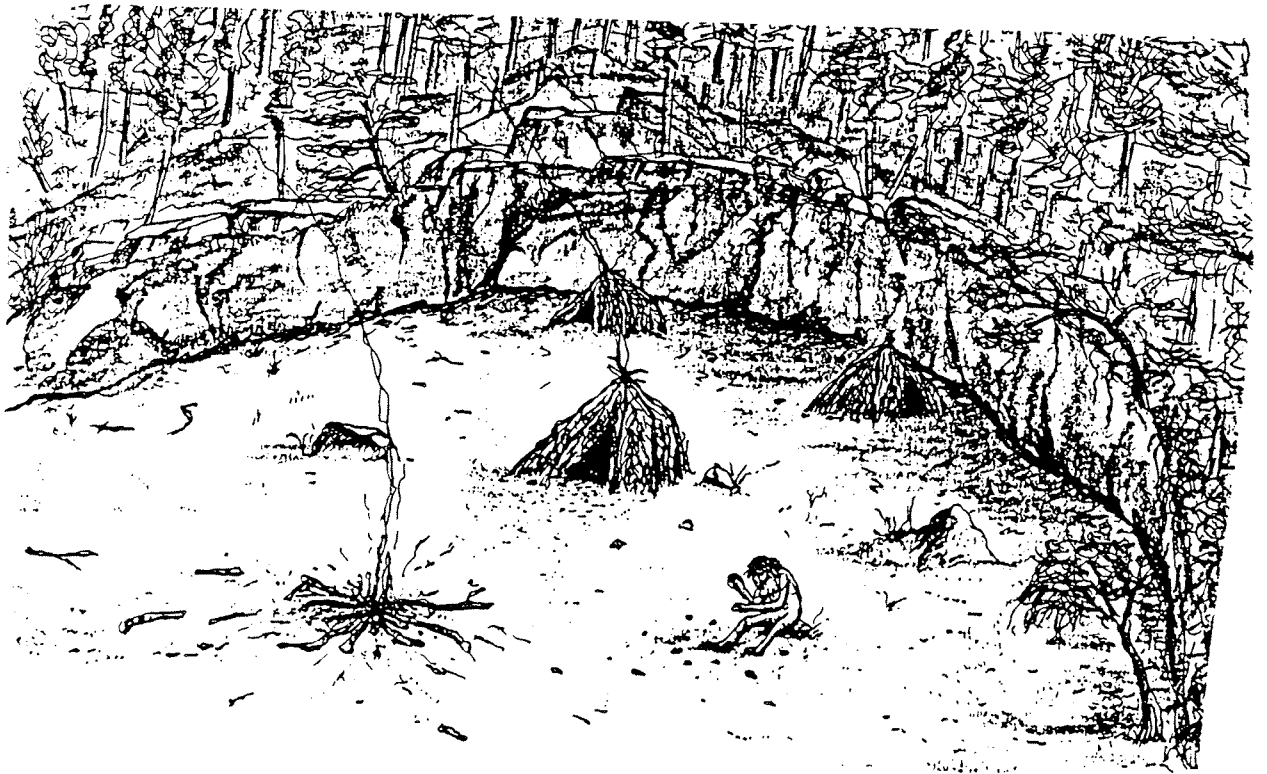


Fig 38 :Reconstitution du gisement d'Orgnac 3 pendant le Prémoustérien
(dessin Gaytant).

subsistent quelques vestiges des parois de la grotte originelle (fig 33).

4.VITESSE DE SEDIMENTATION ET SON INFLUENCE SUR LES SOLS D'HABITAT

Les datations des planchers stalagmitiques placent la partie supérieure de l'ensemble II à - 339 000 ans et celles des cendres volcaniques, à la base de l'ensemble IV, à - 298 000 ans, ainsi, l'ensemble III se serait déposé pendant un temps correspondant à 41 000 ans. Par ailleurs, les données sédimentologiques montrent que cet ensemble est tout à fait homogène sur le plan granulométrique et minéralogique, ce qui supposerait une stabilité climatique durant toute sa mise en place.

De ce fait, nous avons calculé une estimation du taux de sédimentation en fonction de l'épaisseur de l'ensemble III par rapport au temps et nous en avons conclu que ce taux est de 1cm en 184 ans sur toute la surface de la grotte. Nous ne possédons malheureusement pas de données de ce type sur des sites comparables à Orgnac 3 pour évaluer si cette sédimentation était rapide ou lente.

Toutefois, en fonction de ces résultats, nous proposons une chronologie relative pour chacun des niveaux archéologiques situés dans l'ensemble III:

Niveaux archéo	de	à	durée
6	339 000 ans	325 000 ans	14 000 ans
5	325 000 ans	316 000 ans	9 000 ans
4	316 000 ans	306 000 ans	10 000 ans
3	306 000 ans	298 000 ans	8 000 ans

En ce qui concerne les matériaux archéologiques, cette vitesse de sédimentation n'a pas été suffisante pour assurer l'enfouissement rapide et la préservation des ossements et des silex abandonnés par l'homme sur un sol d'habitat. En effet, pour enterrer complètement ces matériaux, il aurait fallu qu'il se dépose 1 à 2 cm de sédiments, sans tassement en 184 à 360 ans. Si la sédimentation n'est pas assez rapide, l'influence directe du climat et des précipitations sur les ossements et les silex les altérera rapidement. Nous pensons donc, c'est ce qui s'est produit pour la plupart des matériaux archéologiques de l'ensemble III, où s'observent, à la fois, une faible concentration des ossements (AOURAGH, en préparation) et une grande abondance des phosphates dans tout les niveaux de cet ensemble. Nous avons observé un phénomène analogue sur les silex, qui, compte tenu de l'ouverture à l'air libre de la grotte et de la stagnation de l'eau de pluie et de ruissellement sur les sols tassés d'habitat ont pu s'altérer assez rapidement (MASSON, 1986)..

5. EVOLUTION PALEOCLIMATIQUE

Ensemble I

A partir des données sédimentologiques et géochimiques, cet ensemble correspond à un climat froid et sec, mais avec de légères variations d'un niveau à l'autre.

Niveau Ia: il correspond à un climat froid et peu sec, se traduisant par des actions éoliennes et un ruissellement faible, comme en témoigne la présence des petits cailloux très anguleux et gélivés associés aux kaolinites résiduelles (issues du calcaire urgonien?) et une forte proportion de micas d'origine lointaine.

Niveau Ib: le climat devient très sec s'accompagnant de phénomènes éoliens intenses; apport maximum de micas provenant de la région de Vens et les teneurs maximum de quartz ronds mats et émoussés cassés en sont la conséquence.

Niveau Ic à Ie: le climat reste toujours froid et sec pendant le remplissage de ces niveaux, car les cailloux sont très anguleux et gélivés et les micas sont toujours bien représentés, mais il est probable qu'une certaine humidité soit intervenue dans le niveau Id, provoquant un faible ruissellement et, de ce fait, une augmentation proportionnelle des argiles résiduelles venant du plateau.

Ensemble II

Un changement climatique important s'est produit au moment du dépôt de cet ensemble; le climat devient tempéré et très humide.

Niveau IIa: les cailloux corrodés et légèrement décalcifiés signalent l'installation de ce climat tempéré et humide, avec des phénomènes de ruissellement plus intenses et un fort colluvionnement des matériaux du plateau (limons, argiles, sables grossiers résidus éoliens, cailloutis corrodés).

Niveau IIb: à la base de ce niveau, le climat reste toujours tempéré, mais très humide, avec toujours un ruissellement important, qui serait vraisemblablement la cause des traces d'érosion observées dans le niveau IIa, dans le centre du gisement. Puis le climat devient franchement chaud et humide: comme en témoignent la formation des stalagmites et la forte corrosion des cailloux et blocs.

Ensemble III

Cet ensemble correspond à une vraie stabilité climatique; le climat devient froid et humide, et selon les données sédimentologiques et géochimiques, l'humidité, dans cet ensemble, est moins importante que dans l'ensemble II.

Niveau IIIa: les cailloux sont, ici, peu anguleux et peu gélivés, annonçant le commencement du refroidissement du climat et la diminution de l'humidité en raison de la faible présence des éléments

fins par rapport aux éléments grossiers qui sont d'origine autochtones (desquamation des parois et du plafond par le gel).

Niveau IIIb:les cailloux sont plus anguleux que ceux de niveau précédent, et les éléments fins (limons, argiles et sables grossiers d'origine plateau) sont en faible teneur par rapport aux éléments grossiers. Tous ces fait montrent bien que le climat est resté toujours froid et peu humide.

Niveau IIIc:le froid devient plus intense que dans les niveaux précédents et l'humidité au contraire plus faible; ceci est attesté par la forte proportion des cailloux gélivés et en plaquettes minces et par l'apport éolien marqué par la forte proportion des minéraux d'origine volcanique.

Ensemble IV

Dans cet ensemble, le climat redevient comme dans l'ensemble I, froid et sec.

Niveau IVa:la forte concentration des cendres volcaniques fraîches originaires du Mont Dore, associées à des cailloux très anguleux et gélivés signalent un climat très froid et sec.

Niveau IVb:le climat devient moins froid et peu humide, et le ruissellement, peu important, provoque une faible érosion de la surface du niveau IVa concrétionné et corrode les blocs tombés du plafond, dans le centre du gisement.

6.STRATIGRAPHIE ISOTOPIQUE D'ORGNAC 3

Les deux datations absolues réalisées dans le gisement nous permettent de situer le remplissage dans la stratigraphie isotopique du Quaternaire.

-l'ensemble II daté à -339 000 ans en moyenne correspond à la limite inférieure du stade isotopique 10 (Vergnaud, 1987), mais les données sédimentologiques et géochimiques indiquent qu'il s'agit d'un réchauffement climatique, ce qui nous permet de situer l'ensemble II dans le stade isotopique 11. Cela suppose que la datation est trop récente pour être affectée à ce stade.

-l'ensemble IV daté à -298 000 \pm 55000 ans, correspond au stade isotopique 9 ou l'équivalent d'un réchauffement climatique (Vergnaud, 1987). Les données sédimentologiques vont dans le sens d'un refroidissement; il est très probable qu'ici aussi, la datation soit légèrement sous-estimée. Cet ensemble pourrait donc toujours être dans le stade isotopique 10. L'altération superficielle de cet ensemble (niveau IV b) correspond au stade chaud 9.

-selon l'échelle isotopique du Quaternaire, nous pouvons situer l'ensemble I, dont les analyses sédimentologiques indiquent un climat très froid et sec, dans le stade froid 12.

Il en va de même pour l'ensemble III qui pourrait être situé dans le stade froid 10, les données sédimentologiques et géochimiques correspondant à un climat froid et humide.

BIBLIOGRAPHIE

- ADOLPHE (J.P.), 1981- Observations et expérimentations géomicrobiologiques et physicochimiques des concrétionnements carbonatés continentaux actuels et fossiles. Thèse de Doctorat d'Etat. Univ. Paris VI, 339p.
- ADOLPHE (J.P.) et LOUBIERE (J.F.), 1987- Etude préliminaire sur les calcins du Nord-Est du Groenland. *Communication aux Symposium "Loess and Périglacial Phenomena, Budapest. Pécsi (M.) and French (H.M.) Eds.* p 275-283.
- ADOLPHE (J.P.), 1987- Formations carbonatées continentales. in *Géologie de la Préhistoire*, p 197-224.
- AOURAGH (H.), 1986- Contribution à l'étude de la faune (cervidés et petits bovidés) d'Ornac 3, Ardèche. Mémoire de D.E.A, M.N.H.N., I.P.H. Paris, 72 p.
- BOUT (P) et de GOER DE HERMEN (A), 1976- Le volcanisme préquaternaire, pléistocène et holocène dans le Massif Central Français. in: *Préhis. Franç.*, vol 1, p. 304-310.
- BOUT (P.), 1978- Problème du volcanisme en Auvergne et Velay. in *Préhist. Franç.*, vol 1, p 304-310.
- BROUSSE (R.), 1961- Minéralogie et pétrographie des roches volcaniques du Massif des Monts Dore (Auvergne). *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.*, t. LXXXIV, p. 131-186.
- CAILLEUX (A.) et TRICART (J.), 1959- Initiation à l'étude des sables et des galets. P.U.F., tome 1, .367 p.
- CAILLERE (S.) et HENIN (S.), 1963- Minéralogie des argiles. Masson Ed., Paris., 355p.
- Carte géologique de la France, 1/80 000, (210, Orange), 1968. 3ème édition, BRGM, Orléans.
- CARPENA (J.) et MAILHE (D.), 1985 -La méthode des traces de fission: son intérêt en géologie. Extrait de: *Méthodes de datation par les phénomènes nucléaires naturels*. Masson Ed p 203-249. .
- COMBIER (J.), 1967- Le paléolithique de l'Ardèche dans son cadre climatique. Mémoire n 4, Bordeaux, 462 p.
- COMBIER (J.), 1976- Le gisement acheuléen d'Ornac III. Livret guide de l'excursion dans le bassin du Rhône paléolithique et néolithique. Congrès (Nice), USIPP.

- COTILLON (P.), FERRY (S), BUSNARDO (R), LAFARGE (D) et RENAUD (B.), 1979- Synthèse stratigraphique et paléogéographique sur les faciès urgoniens de sud de l'Ardèche et du nord du Gard (France S.E). *Géobios, Mém. Sp*, n 3, p 121-139.
- DEER (W.A.), HOWIE (R.A.) and ZUSSMAN J.), 1964- Rock forming minerals. Vol 3: Sheet silicates, p 31-34.
- DEBARD (E.), 1987- Le quaternaire du bas vivarais: dynamique sédimentaire, paléoclimatologie et chronologie d'après l'étude sédimentologique des remplissages d'avens, de porches, de grottes et d'abris sous roches. comparaison avec le Velay oriental. Thèse d'état, Univ. Lyon 1, 456p.
- DEBARD (E) et PASTRE (J.F), 1988-. Un marqueur chronostratigraphique du Pléistocène moyen à la périphérie du Massif Central: la retombée à clinopyroxène vert de Sancy dans le site acheuléen d'Orgnac III (Bas Vivarais, SE France). *C.R.Acad. sci, Paris*, t 306, série II, p1515-1520.
- DUPLAIX (S.), 1958- Détermination microscopique des minéraux des sables. Librairie Polytechnique Ch.Béranger, 96 p.
- DUPLAIX (S.), BRUN (A.) et BONBIER (C.), 1971- Etudes des minéraux lourds des roches et des projections volcaniques de la région du Mont-Gore (Puy de Dôme). *Rev. Géograph. phys. et Géol. dyn.* (2), vol. XIII, fasc.3, pp 279 -292.
- FALGUERES (C.), 1986- Datation de sites acheuléens et moustériens du Midi Méditerranéen par la méthode de Résonance de Spin Electronique. Thèse Doct, M.N.H.N. 173p.
- HOLTZAPFFEL (Th.), 1985- Les minéraux argileux; préparation, analyse diffractométrique et détermination. *S.G.N*, n 12, 136 p.
- JANNET (M), 1972- Les rongeurs d'Orgnac III, Ardèche. Univ. des Sciences de la Terre: p 49-71.
- JUNG (J.), 1958- Précis de pétrographie. Masson Ed. Paris, 314p.
- LADURON (D.), 1966- Sur les procédés de coloration sélective des feldspaths en lame mince. *Ann. Soc.Géol.Belg.*, t. 89, Bull. 8, p 281-293.
- LAVILLE (H.), 1973- Climatologie et chronologie du paléolithique en Perigord: étude sédimentologique de dépôts en grottes et sous abris. Thèse Doctorat d'Etat. Univ. Bordeaux I, 720 p.
- LEBORGNE, 1965- La propriété magnétique du sol, application et prospection de sites archéologiques. *Archéo. physica.*, Vol.1, p 1-20.

- LE TRENSORER (J.M.),1972- :Analyse chimique de remplissages quaternaires. *Bulletin de l'Association Française pour l'étude de Quaternaire*, n 3, p 155-168.
- LUMLEY (H.) de et BOONE (Y.),1976- Les stuctures d'habitat au paléolithique inférieur. *La Préhistoire Française*,t.I,n 1, p 625-634.
- LUMLEY (H.),1976- Cadre chronologique absolu, paléomagnétisme, chronologie paléontologique et botanique, esquisse paléoclimatologique, séquences culturelles. *La Préhistoire Francaise*, t.I,n 1, p 5-23.
- MASSON (A.),1981- Altération des silex préhistoriques: dissolution, néogenèse siliceuse, implication sédimentologique et chronologique. *C.R. Acad. Sci. Paris*,t. 292,p 1533-1537.
- MICHOU (J.),1984- La basse terrasse de l'Ardèche et ses affluents. *Bull. Assoc. Fr. Et. Quaternaire*, Paris, n 17-18-19, p 85-86.
- MILLOT (G.),1964)- Géologie des argiles. Masson Ed., Paris, 499p.
- MILLOT (G.)- (1971):Géochimie des altérations. *Bull.Serv.Carte géol.Als.Lorr.*, t.24, n 4, p 181-217.
- MILLOT (G.), LUCAS (J.) et CAMEZ (T.),1959- Détermination pratique aux rayons X des minéraux argileux simples et interstrafiés. *.Bull.Serv.carte Géol.Als.Lorr*,t.12, fasc 2.
- MISKOVSKY (J.C.),1987- Granulométrie et morphoscopie des pierres. *Géologie de la Préhistoire*, p 389-402.
- MISKOVSKY (J.C.),1974- Le quaternaire du midi méditerranéen. Stratigraphie et paléoclimatologie d'après l'étude sédimentologique du remplissage des grottes et abris sous roche (Ligurie, Provence, Languedoc méditerranéen, Roussillon, Catalogne). *Etudes quaternaires*. Mém.n 3,331p.
- MONCEL (Mh.),1985- Choppers, chopping tools et bifaces du site acheuléen et pré-moustérien d'Orgnac 3. Mémoire de D.E.A, M.N.H.N.,. I.P.H.,Paris.
- MUNSELL ,1954- Soil color chart. Munsell color company, INC, Baltimore, Maryland. U.S.A.
- NAESER (C.W.),1976- Fission track dating. US. Geological survey, open file report, p 76-190.

- PARFENOFF (A.), POMEROL (C.) et TOURENQ (J.), 1970- Les minéraux lourds en grains- Méthode d'étude et déterminations. Masson Ed., Paris, 578 p.
- PENEAUD (P.), 1978- La paragenèse phosphatée de la Caune de l'Arago (Pyrénées Orientales). Thèse de 3ème cycle, Paris VII. 175p.
- PETERLONGO (J.M.), 1972- Le Massif Central. Guides géologiques régionaux. Masson, éd.
- POMEROL (Ch.), 1968- Intérêt et application de l'étude des minéraux lourds. *Rev. géographie physique et de géologie dynamique*, 2, vol.X, fasc.4, pp 383-396.
- POMEROL (Ch.), 1963- Représentation graphique des granulométries de sables exécutées avec la série de tamis AFNOR. *Cahiers géologiques*, n 72-73, p 813- 818.
- PUPIN (J.P.), 1976- :Signification des caractères morphologiques des zircons communs des roches en pétrographie. Base de la méthode typologique. Application. Thèse Doctorat Sc., Univ.Nice, 394 p.
- RIVIERE (A.), 1977- Methodes granulométriques, techniques et interprétations. Masson Ed., Paris, 170 p.
- SAAS (A.) et BOUDIN (R.C.), 1975- Méthodologie utilisée pour l'étude géochimique des remplissages de grottes. In: *approche écologique de l'homme fossile*, suppl. Bull. A.F.E.Q, N 47, p 29-34.
- SCHULTZ (L.G.), 1955- Quantative evaluation of the kaolinite and illite in underclays. *clays clay Min, proceeds. 3rd. natl, conf, Natl Acad sci. Natl, Res, coune. publ. 395, 1954, 421-429.*
- SEGALEN (P.), 1964- Le fer dans les sols. Edition de l'ORSTOM, Paris, 150 p.
- SHEN (G.), 1985- Datation des planchers stalagmitiques de sites acheuléens en Europe par la méthode des déséquilibres des faibles de l'uranium et contribution méthodologique. Thèse Sc., Univ. Paris-VI., 162p.
- SOULIE- MARSCHÉ (I.), 1987- Les charophytes. In : *Géologie de la Préhistoire*, p 669-683.
- TOURENQ (J.), 1972- L'augite, indicateur stratigraphique et paléogéographique des épandages détritiques en provance du Massif Central au Cénozoïque. *C.R. Acad. Sci, Paris*, t.275, sér. D, p 9-12.

- TOURENQ(J.) et CLOCHIATTI (R.),1971- Présence de quartz des ponces du Mont-Dore, d'âge Pliocène, dans les argiles sableuses du Bourbonnais. *C.R.Acad.Sci.Paris*, t.373, sér.D, p 2453-2455.
- TOURENQ (J), 1987-Minéraux lourds. in *Géologie de la Préhistoire*. p479-497.
- TRICART (J.) et CAILLEUX (A.),1969- :Le modelé des régions sèches. SEDES, Paris, 472 p.
- VERGNAUD-GRAZZINI (C.),1987- Stratigraphie isotopique-isotopes stables de l'oxygène et du carbone. *Géologie de la préhistoire*, p 1011-1029.

Ouvrages consultés pour la rédaction de ce Mémoire.

- ABDESSADOK (S),1985- Etudes sédimentologique de l'ensemble supérieur du remplissage pléistocène moyen de la grotte du Lazaret et minéralogique de la fraction légère de quelques formations quaternaires du Mont Boron à Nice. Thèse de 3e cycle.Univ,Paris-VI. 217p.
- AVIAS (J.),1976- Le volcanisme quaternaire en Vivarais.in: *Préhistoire Française*, vol.1, p 297-303.
- BEINER (M.),1983- Etude des minéraux lourds de la Caune de l'Arago et de son environnement. *Bull.Assoc.Fr. Et. Quaternaire*, Paris, n 13, p 19-23.
- BIROT (P.),1970- L'influence du climat sur la sédimentation continentale. Centre de Documentation Universitaire, Paris-V, 219 p.
- BLANC (J.J.), 1972- Sur la sédimentation argileuse dans les cavités karstiques. *Ann. Spéléo.*, t.27, p. 317-328.
- BONTE (A.),1963- Les remplissages karstiques. *Sedimentology*, 2, p 59-73.
- DUCHAUFOUR (Ph.),1965- Précis de pédologie. Masson, Ed.
- ERHART (H.),1956- La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Masson.Ed., Paris, 90 p.
- MISKOVSKY-RENAULT (J.),1986- L'environnement au temps de la préhistoire. Méthodes et modèles, Masson Ed.,Paris, 183 p.
- PEDRO (G.),1976- Sols argileux et argiles. Eléments généraux en vue d'une introduction à leur étude. *Bull.Ass.Fr Sols*, (7), XVII, n 6, p 930-938.

- PEDRO (G.), 1965- La classification des minéraux argileux. Ann. agron., n 16, hors série 1, 103p.
- RENEAULT (Ph.), 1976- Les remplissages karstiques. Généralité et historique des recherches. Ass. Sédim..Fr., Réunion inter-groupe sur les remplissage karstiques, Foix, 6p.
- ROUBAULT (M.), 1963- Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Lamarre-Poinat. Ed., Paris, 365 p
- ROUIRE (J.) et ROUSSET (C.) , 1973- :Causse, Cévennes, Aubrac. Guides géologiques régionaux. Masson Ed., Paris.
- VERGER (F.), 1963- Les techniques d'analyses granulométriques. Mémoires et documents. t.IX, fasc.1, CNRS, 64p.

ANNEXES

1. METHODOLOGIE

2. TABLEAUX ET
FIGURES

1.METHODOLOGIE

1.GRANULOMETRIE

1.1.GRANULOMETRIE ET MORPHOSCOPIE DES CAILLOUX:

La granulométrie des cailloux est une opération que peut s'effectuer directement sur les terrains, et qui consiste à classé les cailloux en neuf catégories selon que leur plus grande largeur est compris entre 1 et 2, 2 et 3, 3 et 4, 4 et 5, 5 et 6, 6 et 7, 7 et 8, 8 et 9, 9 et 10. Pour réaliser ces mésures, nous utilisons un double diamètre sauf pour les tailles 1 à 2 et 2 à 3, pour les quelles, il existe des tamis commercialisés.

Des diagrammes peuvent être monter, indiquant les variations des pourcentages de ces différentes catégories, calculé en poids.

Morphoscopie des cailloux

Une fois séparées, les cailloux dont la largeur est comprise entre 1 et 10 cm sont classés à nouveau selon leur forme en cinq groupes:

- polyèdres : cailloux polyédriques, sphériques ou sub-sphériques.
- prismes : cailloux prismatiques, cylindriques et sub-cylindriques.
- plaquettes épaisses : cailloux présentant deux faces parallèles et dont la plus grande épaisseur est supérieure au quart de la largeur .

- plaquettes minces : cailloux présentant deux faces parallèles et dont la plus grande épaisseur est inférieur au quart de la longueur .

- plaquettes gélivées : ces sont des cailloux en plaquettes très minces, dont l'un des bords est tranchant qui serait le résultat d'un éclatement par le gel.

Pierres craquelées en surface

Ces cailloux ont une surface craquelée. Leur faces sont découpées en fragments anguleux, séparés par des fissures de 1 à 3 cm. Cet aspect peut être du à deux phénomènes:

- soit par dessiccation: un cailloux corrodé en surface, et placé dans un milieu très sec, peut se craqueler et les bords des différents fragments se recourbent vers l'extérieur.

- soit par le gel, cela nécessite des alternances de gel et de dégel, et la présence d'eau.

Indice de corrosion

Les cailloux dont le largeur comprise entre 3 et 10 cm sont repartis en cinq groupes.

- cailloux non usés : leurs arrêtes sont tranchantes, et leurs surfaces très fraîches.

- cailloux usés: les arrêtes sont légèrement émoussées.

- cailloux légèrement corrodés: les arrêtes sont émoussées, et les faces sont douces au toucher.

- cailloux corrodés: ils sont superficiellement légèrement décalcifiés et blanchissent les doigts lorsqu'on les frotte fortement.

- cailloux très corrodés sont décalcifiés et blanchissent facilement les doigts au toucher.

A partir de ces données, on peut calculer l'indice de corrosion (de Lumley et Miskovsky, 1969).

$$IC = D + E / A + B + C + D + E$$

A : Non usé
B : Usé
C : légèrement usé
D : corrodé
E : très corrodé

Plus les valeurs de l'indice d'émoussé sont élevées, plus les cailloux sont corrodés

Laville (1975) propose un autre indice d'usure (indice d'émoussé), il classe les cailloux en quatre groupes; cailloux non émoussés, peu émoussés, émoussés, très émoussés. Comme on a calculé l'indice de corrosion, on peut calculer l'indice d'émoussé.

Porosité:

La différence de poids entre un échantillon sec et le même échantillon saturé d'eau, permet de mesurer la quantité d'eau susceptible d'être absorbé par des cailloux. Cela donne des informations sur l'intensité des phénomènes de dissolution.

1.2.GRANULOMETRIE DE LA FRACTION SABLEUSE (2 A 0,04mm)

Pour chaque échantillon un poids de 200 gr. est lavé soigneusement à l'eau sur un tamis de maille

0,04mm. Le refus de ce tamis est séché à l'étuve à 105 c et pesé. Il est ensuite agité dans un séparateur mécanique pendant cinq minutes sur une colonne de dix tamis de type AFNOR dont la maille est en progression géométrique à comme raison $10 \sqrt{10}$. Chaque refus de tamis est pesé et son poids consigné sur une fiche, les sommations partielles et les pourcentages cumulatifs sont calculés et ces derniers sont représentés graphiquement sur une feuille de papier semi-logarithmique où l'on porte.

-en ordonnée, les poids cumulés du refus de tamis.

-en abscisse, le diamètre des grains en mm.

Sur chaque courbe cumulative obtenue on détermine trois points particuliers:

- le premier quartile Q_1 , point de la courbe pour lequel 75% du matériel est d'une taille supérieure à celui de la taille considérée et 25% d'une taille inférieure.

- le deuxième quartile Q_2 (ou Médiane MD) point de la courbe pour lequel 50% du matériel est d'une taille supérieure et 50% d'une taille inférieure.

-le troisième quartile Q_3 , pour lequel 25% du matériel est d'une taille supérieure et 75% d'une taille inférieure.

Calcul des paramètres granulométriques:

Parmi toutes les choix de mesure de calcul proposées pour les diamètres, nous avons choisi celle de l'unité α (Pomerol 1963), qui permet de calculer deux indices représentatifs:

1. L'indice d'hétérométrie inter-quartile :

$$Hq = (Q1 - Q3) / 2$$

On a ainsi:

$Q < 1,5$ très bien classé

$1,5 < Q < 2,5$ bien classé

$2,5 < Q < 4$ faiblement classé

$4 < Q$ mal classé

2. L'indice d'assymétrie inter-quartile:

$$Asq = (Q1 + Q3 - 2MD) / 2.$$

- si Asq est positif, la fraction grossière est la mieux classée .

- si Asq est négatif, la fraction fine est la mieux classée .

- si Asq est nul, la courbe est symétrique.

1.3.GRANULOMETRIE DE LA FRACTION FINE (INFERIEUR A 2mm).

Principe de la méthode:

Le principe de la méthode est basé sur l'application de la loi de Stokes. On détermine la vitesse de chute des particules dans un liquide de densité et viscosité connus. Les dimensions des particules sont calculés à partir de la formule:

$$W = g(d - d) \cdot x / 18$$

Technique d'analyse par Sédigraph 5000 E.

Le Sedigraph 5000 E analyse les particules fines par sédimentation, et présente l'avantage de calculer automatiquement les diamètres équivalents, par application de la loi de Stokes.

L'échantillon mis en solution est traversé par un faisceau étroit de rayons X dont l'intensité transmise varie au cours du temps et dépend de la concentration des particules en suspension. La mesure se fait à une profondeur qui décroît avec le temps. En effet, afin de limiter la durée de l'analyse, la cellule de sédimentation est continuellement vers le bas, de sorte que la hauteur de chute diminue avec le temps.

Préparation des sédiments:

La granulométrie de la fraction fine inférieure à 2 mm nécessite un traitement chimique afin d'obtenir la dispersion des argiles.

20 gr. environ de sédiment brut inférieure à 2 mm, sont nécessaire pour réaliser ces analyses.

La plupart des particules dans les sédiments, sont réunis par un ciment de carbonates, et de matières organiques. La destruction de matières organiques s'effectue à chaud en présence d'eau oxygénée à 110 volume pendant 48 heures. Après détruire complète de matières organiques, on effectue un attaque à l'acide chlorhydrique à 15% à froid, afin d'éliminer les calcaires. La solution ensuite est lavée à l'eau distillée à plusieurs reprises jusqu'à l'apparition d'un début de défloculation.

Puis la solution est passée sur un tamis de 0,04 mm qui retient la fraction sableuse, et qui est ensuite mis à l'étuve pour sécher, et peser.

On ajoute 30 cc d'héxamétaphosphates à 40 gr/l, sur la solution inférieure à 0,04 mm, pour défloculer la suspension. La dispersion est complétée par agitation mécanique pendant 16 heures. Une partie de cette solution est placée dans le compartement du Sedigraph pour faire les analyses. En effet, pour obtenir des bons résultats; il faut que la concentration de la solution enregistrée par le Sedigraph soit entre 25 et 35. Cela peut être obtenue par dosage de 5 gr. de sédiment traités dans 100 cc d'eau distillée.

Après les analyses, on sépare la fraction limoneuse (40 à 2 microns) de la fraction argileuse inférieure à 2 microns.

La fraction argileuse est ensuite centrifugée, et séchée à l'étuve.

2. MINERALOGIE DES ARGILES

La méthode utilisée pour la détermination des minéraux argileux est la diffraction des rayons X. Le principe de cette méthode est basé sur le fait que lorsqu'un faisceau de rayons X est dirigé sur un cristal, il se produit une déviation du rayon incident qui est diffracté par les plans réticulaires, à condition que la loi de BRAGG ($n\lambda = 2d \sin \theta$) soit respectée:

n = l'ordre de réflexion

λ = la longueur d'onde du faisceau incident

θ = l'angle d'incidence du rayonnement X sur le minéral.

d = la distance entre deux plans réticulaires

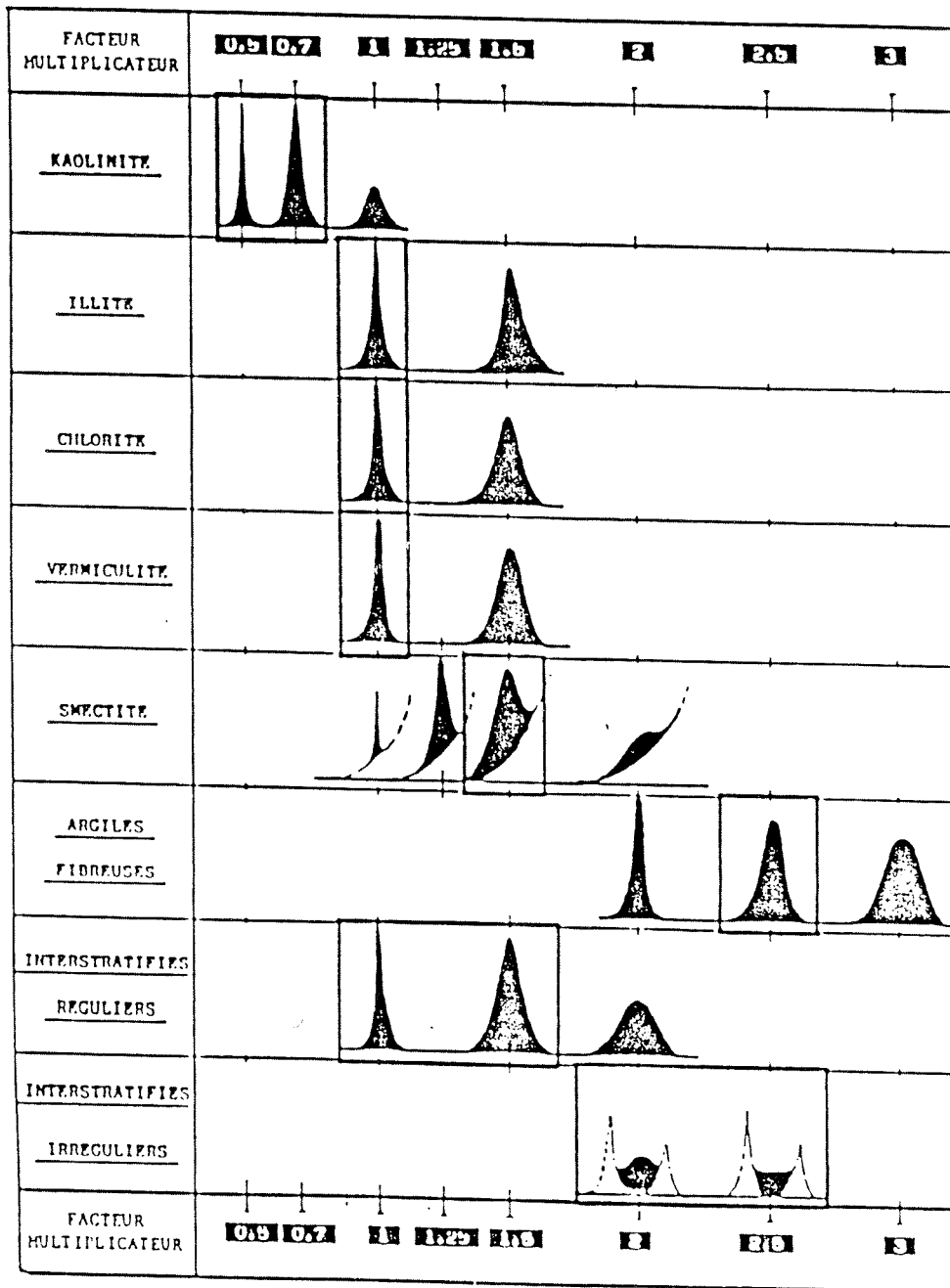


Fig n° 39 : Analyse semi-quantitative des minéraux argileux à partir de préparations orientées. Valeurs des facteurs multiplicateurs proposés pour les différents minéraux argileux, en fonction de la forme de la réflexion principale (Holtzapffel, 1985).

Sur les diffractogrammes, chaque réflexion se traduit par un pic dont le sommet montre la position angulaire (θ) et dont la hauteur ou la surface correspond à l'intensité de la réflexion. La loi de BRAGG donne, pour une anticathode déterminée (CO Ka), la correspondance angle-écart réticulaire pour l'identification des différents pics correspondant aux minéraux.

On utilise deux types de diffractogrammes pour identifier les minéraux argileux:

- un diagramme de poudre, obtenu à partir d'une lame de verre recouverte d'une mince couche de fraction inférieure à 2 microns et broyée.

- diagramme sur agrégat orienté; dans ce cas, on dépose quelques gouttes d'argiles diluées dans l'eau, sur une plaque de verre. Dans ce cas les argiles se déposent sur leur face basale ce qui permet d'avoir une meilleure réponse sur les diffractogrammes; on prépare trois lames :

1- une lame orientée sans traitement.

2- une lame chauffée à 490 C pendant 4 heures pour distinguer la chlorite de la kaolinite qui est détruite.

3- une lame glycérolée sur laquelle les écarts réticulaires des minéraux gonflants sont augmentés (14 A à 18 A).

3.DOSAGE DES CARBONATES

la méthode utilisée, est le dosage des carbonates qui consiste à déterminer le taux de Ca Co₃ par acidimétrie.

Mode opératoire:

- préparation d'une solution de HCL concentré à 9%
- une solution de NaOH est également préparée de la façon suivante:40 gr.de NaOH cristallisé contenu dans un bécher, on ajoute 1000 cc de l'eau distillée et on porte à l'ébullition

- préparation du blanc de la façon suivante:sur 2,1198 gr. de CaCO₃ pur contenu dans un bécher, on ajoute de l'eau distillée et on porte à l'ébullition jusqu'à 150 °C puis on rajoute 10 gouttes de bromophénol (colorant bleu)

- étalonnage avec l'acide chlorhydrique, goutte à goutte jusqu'à ce que le contenu change de couleur (du bleu au jaune)

- sur la pipette on lit le volume d'acide chlorhydrique descendu:

$$t_1 = 40/V_1$$

V₁ = volume d'acide

$$2,1198 \text{ gr de CaCO}_3 = 40 \text{ mill équivalent}$$

- préparation ensuite 40 ml de HCL en ajoutant également 10 gouttes de bromophénol qui colore la solution en jaune, puis on titre avec la soude jusqu'au changement de couleur (du jaune au bleu)

$$t_2 = 40.t_1/V_2 \quad V_2 = \text{volume de NaOH}$$

- puis on calcule le pourcentage de CaCO₃ de la manière suivant:

$$50,04465 \cdot t \cdot V(R) \cdot 100 / 10 \cdot P$$

P = poids de sédiment utilisé 1gr = 100 mg

4.DATATION PAR LA METHODE DE TRACES DE FISSION

Méthode des mesure des âges:

Deux méthodes de travail peuvent être adoptées pour le comptage des traces fossiles:

- la méthode du détecteur interne (Naeser 1967):

Cette méthode ne peut s'appliquer qu'aux minéraux où l'uranium est distribué de façon homogène. On sépare l'échantillon en deux population, dans l'un on procède au comptage des traces fossiles après révélation. Dans l'autre, on efface thermiquement les traces fossiles puis, après irradiation, on compte les traces induites. Cette méthode peut s'appliquer au sphène, apatite.

- la méthode du détecteur externe (Carpena et Mailhe 1985).

On effectue le comptage à partir d'un même population, on procède à la révélation, puis au comptage des traces fossiles; puis lors de l'irradiation, on applique au contact des échantillons un détecteur auxiliaire qui à la propriété d'enregistrer les traces fossiles. Ce dernier peut être s'appliquer sur les zircons.

Préparation de l'échantillon

Après une séparation des minéraux lourds, le trie des minéraux à dater s'effectue à la pince sous

loupe binoculaire. Le nombre des grains est fonction de concentration en uranium, (100 à 150 grains) sont nécessaires.

Le montage des zircons se fait dans un téflon FEP en pastilles de 0,5 mm d'épaisseur: l'inclusion est effectuée à chaud sur une plaque chauffante. Le polissage des pastilles en téflon se fait exactement comme celui des pastilles d'époxy. Une fois polis, les minéraux sont attaqués chimiquement afin de révéler leur densité de traces fossiles. L'attaque chimique se fait dans un mélange de 16 gr. de NaOH et de 24,9 gr. de KOH, à 230 C (de 25h à 48h).

L'irradiation est effectuée ensuite, après avoir accolé sur la face polie des minéraux un détecteur externe qui enregistrera les traces induites par les neutrons thermiques. Ce détecteur externe (une feuille de muscovite) est ensuite attaqué chimiquement.

Comptage des traces

Le comptage des traces s'effectue au microscope optique en lumière transmise et/ou réfléchi. Pour le comptage des traces dans les zircons nécessite un grossissement de 1600 fois (160×10).

5.DOSAGE DES ELEMENTS MAJEURS

Absorption atomique

La spectrométrie d'absorption atomique est une méthode d'analyse élémentaire qui utilise la propriété d'être excités par apport d'une énergie extérieure sous forme de photons de fréquence bien définie. On pourrait le faire intervenir avec la longueur d'onde correspondante qui nous donne ensuite l'élément équivalent.

Spectrométrie d'émission de flamme.

C'est une méthode d'analyse spectrale d'émission qui utilise la flamme comme source d'excitation. Une solution introduite dans une flamme, émet des rayonnement caractéristiques des atomes correspondant à certains éléments de la solution.

Spectrocolorimétrie

Cette méthode permet de déterminer la concentration d'un corps coloré en solution où la concentration d'une substance susceptible de former une combinaison colorée.

Elle est régie par la loi de Bert-Larbert qui stipule qu'au cours de la pénétration d'une épaisseur de solution colorée par un faisceau monochrométrique, une partie des rayons lumineux est absorbée par la solution. C'est cette absorption d'intensité lumineuse qui est mesurée.

Emission de plasma

Les plasma sont des gaz plus ou moins ionisés. Ils sont créés par apport d'énergie de la source à un

gaz dit plasmagène, se trouve principalement l'argon. Les échantillons à analyser sont introduit dans les plasmas, où ils sont transformés en vapeurs atomiques et ioniques, et excités par les constituons des plasmas. L'intensité d'une raie est praportionel à la quantité d'atomes éméteurs par unité de volume du plasma. Cette intensité correspondant à certains éléments.

2. TABLEAUX ET
FIGURES

Tableau XVII : Pourcentages des minéraux légers de la carotte B

Echant	Quartz	Feldspaths		Micas	Cherts	Quartzite
		Potassi	Plagioc			
10-15	55	31	13	2	3	1
25-30	51	24	20	3	2	—
50-55	38	23	35	3	1	—
75-80	38	27	30	2	3	—
90-95	37	26	32	1	4	—
105-110	38	46	—	1	10	5
120-125	70	23	1	1	3	2
145-150	71	21	3	1	4	—
185-190	60	30	1	2	5	2
210-215	61	34	1		4	—
240-245	60	25	3	3	6	3
273-280	59	22	1	2	5	1
290-295	55	30	5	2	4	3
315-320	48	33	9	3	6	1
325-330	48	34	6	4	6	2
340-345	56	32	7	1	4	—
365-370	55	33	7	1	4	—
380-390	46	24	24	2	4	—
420-425	57	18	19	3	3	—
440-445	70	20	7	1	2	—
490-495	73	13	5	2	6	1
515-520	75	9	5	5	6	—
545-550	70	12	7	3	8	—
560-565	32	32	5	18	11	2
590-595	41	28	3	18	10	—
605-611	47	26	3	17	7	—
627-631	53	23	2	13	7	2

Tableau XVIII. Pourcentages des minéraux légers (prélèvements centre)

Echant	Quatrz	Feldspaths		Micas	Cherts	Quartzite
		Potassi	Plagioc			
10	56	34	6	1	3	—
40	55	24	16	1	3	1
70	53	28	15	2	2	1
80	30	26	35	4	4	1
90	22	45	29	2	1	—
110	57	29	7	3	2	1
140	57	32	4	1	5	1
170	59	30	3	1	7	—
195	47	36	10	3	4	1
220	46	39	10	1	3	1
240	50	40	6	1	3	1
285	57	27	7	2	8	—
290	66	27	2	2	3	—
330	59	28	5	7	1	—
370	40	31	6	16	6	—
410	29	31	20	16	7	2
430	40	35	10	6	6	3
470	29	32	25	7	7	—
510	35	27	10	16	12	—
520	26	30	9	25	10	—
555	20	30	3	40	6	1
580	30	26	5	35	9	—
600	33	30	8	22	7	—

Tableau XIX : Pourcentages des différents éléments majeurs (carotte A):Orgnac 3

Echant	H2O-	H2O+	SiO2	P2O5	Al2O3	K2O	Na2O	CaO	Fe2O3	MgO	MnO	TiO2	FeO
25-30	3,15	21,77	35,95	2,25	12,89	1,23	0,50	17,28	3,61	0,67	0,10	0,67	1,69
35-40	2,64	23,24	29,15	2,64	11,60	1,11	0,45	23,79	3,01	0,57	0,10	0,50	0,63
63-70	2,76	24,10	25,64	2,63	11,84	1,00	0,45	27,91	2,56	0,49	0,09	0,45	0,45
83-90	2,07	25,29	23,75	2,33	10,63	0,96	0,46	30,52	2,41	0,49	0,08	0,43	traces
100-105	2,52	24,44	29,50	1,85	11,81	1,11	0,40	22,99	3,10	0,58	0,09	0,51	1,35
140-145	1,29	25,19	27,17	2,03	9,83	1,03	0,20	28,75	2,96	0,54	0,07	0,46	0,24
165-170	1,85	23,30	29,37	1,78	11,43	1,08	0,18	25,42	3,51	0,62	0,10	0,55	traces
192-198	1,21	31,91	14,93	1,84	7,64	0,58	0,13	38,60	1,97	0,37	0,06	0,29	0,27
270-275	2,63	22,05	32,21	1,81	12,52	1,13	0,40	22,03	3,56	0,64	0,12	0,58	0,81
295-300	2,20	21,55	31,37	2,85	10,97	1,06	0,19	25,37	3,61	0,61	0,10	0,56	0,09
330-337	1,35	29,33	16,72	4,43	7,21	0,53	0,11	36,75	1,97	0,34	0,06	0,29	0,09
363-367	1,30	31,20	15,94	2,50	7,06	0,58	0,16	38,88	1,84	0,36	0,06	0,31	0,27
467-472	1,60	26,58	10,13	11,13	5,36	0,29	0,10	43,30	1,18	0,26	0,04	0,18	0,09
510-520	1,63	22,86	29,99	2,69	9,27	1,17	0,22	27,94	3,00	0,64	0,06	0,50	0,27
535-540	1,38	26,89	17,89	6,57	6,40	0,63	0,12	38,70	1,92	0,38	0,06	0,27	0,27
560-565	1,06	29,01	21,18	1,05	7,63	1,18	0,16	35,96	2,33	0,53	0,06	0,37	traces
586-590	2,84	24,18	25,35	5,44	7,86	0,81	0,19	32,43	2,59	0,47	0,07	0,36	0,90
605-611	1,08	29,64	16,83	5,05	6,19	0,51	0,09	39,64	1,47	0,35	0,02	0,23	1,26
621-634	1,83	32,48	9,97	4,71	5,01	0,36	0,07	44,46	1,12	0,29	0,02	0,17	traces

Tableau XX : Fourcentages des différents éléments majeurs (carotte B) Orqnac 3

Echant	H2O-	H2O+	SiO2	P2O5	Al2O3	Fe2O3	K2O	Na2O	MgO	MnO	TiO2	FeO	CaO
10-15	3,50	19,82	41,73	1,69	14,47	4,37	1,56	0,49	0,77	0,12	0,74	2,52	9,25
50-55	2,00	24,88	25,70	2,59	11,64	2,63	0,77	0,38	0,52	0,08	0,44	0,72	28,60
90-95	1,96	22,43	31,63	1,84	11,53	3,05	0,93	0,51	0,60	0,10	0,55	0,54	24,19
120-125	1,24	26,96	23,37	1,70	9,29	2,66	0,85	0,18	0,49	0,06	0,43	traces	33,40
145-150	1,40	26,79	23,94	2,08	8,67	2,49	0,82	0,15	0,48	0,06	0,39	0,54	33,60
185-190	2,08	20,21	34,46	2,25	12,29	3,86	1,11	0,24	0,65	0,10	0,60	0,36	23,04
210-215	1,69	25,57	24,10	2,20	9,94	2,93	0,92	0,18	0,54	0,08	0,46	0,54	31,73
240-245	1,96	21,58	30,15	2,73	10,88	3,35	0,96	0,19	0,59	0,08	0,50	0,36	28,75
290-295	2,49	23,85	30,52	1,98	11,96	3,15	1,06	0,37	0,60	0,10	0,52	1,62	24,30
315-320	2,07	22,50	29,60	2,93	10,78	3,13	0,97	0,20	0,55	0,08	0,49	0,54	26,90
325-330	0,81	34,93	7,15	4,16	5,50	0,80	0,20	0,08	0,18	0,03	0,12	traces	46,49
380-390	1,94	25,59	21,50	5,36	8,58	2,46	0,82	0,22	0,44	0,07	0,38	traces	33,32
420-425	1,16	31,58	11,06	5,14	5,91	1,33	0,35	0,07	0,28	0,03	0,20	0,36	42,65
440-445	2,19	18,10	35,21	4,15	11,57	4,01	1,31	0,19	0,61	0,10	0,57	0,36	22,08
490-495	1,50	27,98	15,38	6,07	6,95	1,71	0,51	0,11	0,32	0,05	0,26	0,36	38,58
515-520	0,90	32,79	8,76	5,29	5,00	0,88	0,23	0,05	0,19	0,03	0,13	0,36	44,27
545-550	1,19	28,65	17,19	3,81	6,93	1,83	0,66	0,13	0,41	0,03	0,28	traces	40,13
560-565	2,40	11,48	36,66	0,79	14,05	4,65	2,31	0,52	1,03	0,07	0,84	0,36	26,60
590-595	1,84	23,52	22,76	5,07	7,99	2,60	0,98	0,16	0,49	0,05	0,40	0,36	34,07
605-611	1,78	29,64	20,66	5,05	6,20	1,48	0,52	0,09	0,35	0,02	0,23	0,36	34,67
627-631	1,06	30,20	16,87	2,43	7,15	1,64	0,72	0,15	0,40	0,03	0,29	0,54	38,50

Tableau XXI : Pourcentages des différents éléments majeurs (prélèvements centre) Orgnac 3

Echant	H2O-	H2O+	SiO2	P2O5	Al2O3	Fe2O3	K2O	Na2O	MgO	MnO	TiO2	FeO	CaO
10	3,63	10,67	54,98	1,17	16,12	5,92	1,71	0,64	0,84	0,13	1,10	1,86	2,89
40	4,50	8,63	55,09	1,33	16,59	8,86	1,54	0,58	0,99	0,09	1,09	1,26	2,86
70	4,07	15,44	41,07	1,88	14,00	4,61	1,35	0,56	0,76	0,10	0,84	0,96	14,28
90	3,69	18,80	36,06	1,59	13,57	4,09	1,28	0,59	0,72	0,09	0,76	0,77	17,48
110	3,49	14,11	43,97	1,54	13,04	5,36	1,49	0,34	0,84	0,11	1,00	0,44	13,10
140	4,38	10,41	50,52	1,48	14,86	5,91	1,61	0,40	0,95	0,11	1,03	0,45	7,61
170	4,36	11,28	47,72	2,22	14,01	5,78	1,52	0,33	0,86	0,13	0,98	0,44	9,89
195	4,42	11,00	49,19	1,64	14,16	6,15	1,60	0,34	0,93	0,12	1,03	0,29	7,87
240	4,18	11,07	50,40	1,44	13,86	5,90	1,68	0,33	0,98	0,13	1,02	0,53	7,63
285	4,98	10,17	51,15	1,77	13,83	5,69	1,65	0,30	0,94	0,12	0,95	0,26	8,82
290	4,80	10,29	50,98	1,87	12,38	5,79	1,67	0,28	0,84	0,11	0,94	0,26	9,27
330	5,28	9,77	50,58	1,88	14,49	6,14	1,77	0,32	0,94	0,11	1,00	0,45	7,70
370	5,67	10,22	49,51	1,91	13,39	5,36	1,86	0,38	0,91	0,09	0,97	0,16	9,62
410	4,03	9,87	54,82	0,32	14,04	5,35	2,23	0,53	1,19	0,09	1,01	0,41	7,15
430	4,21	12,39	48,70	0,37	11,86	4,59	1,76	0,41	0,91	0,07	0,90	0,29	12,72
470	4,91	11,87	47,21	1,21	12,94	5,08	1,80	0,43	1,03	0,09	0,98	0,27	11,49
505	3,99	19,10	37,88	0,98	10,87	4,08	1,39	0,33	0,77	0,07	0,77	0,54	19,18
520	2,23	31,14	15,87	0,30	5,54	1,73	0,62	0,06	0,37	0,03	0,36	0,10	40,75
555	3,13	11,96	50,38	2,75	13,01	5,15	2,06	0,51	1,17	0,05	0,93	0,41	10,69
600	2,78	10,13	51,54	0,30	15,28	6,14	2,59	0,67	1,37	0,10	1,14	0,44	9,25

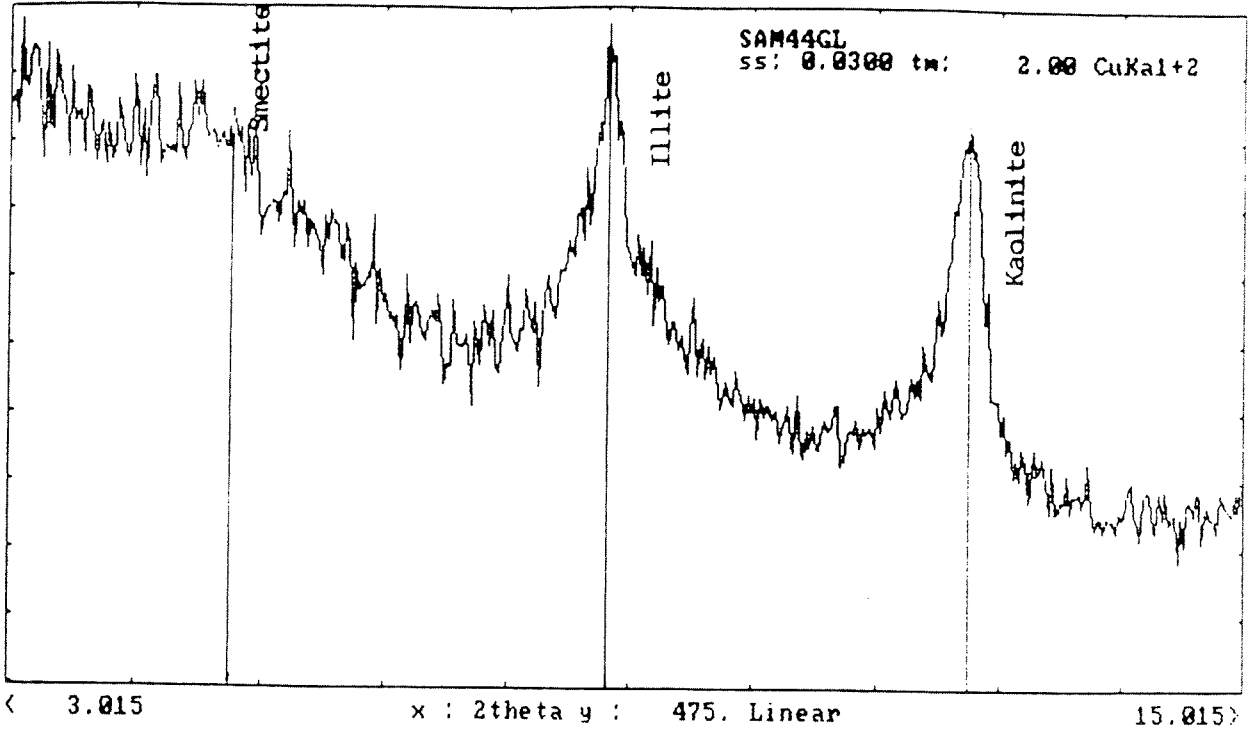


Fig 40 Diagramme clycérolé (niveau 1b)

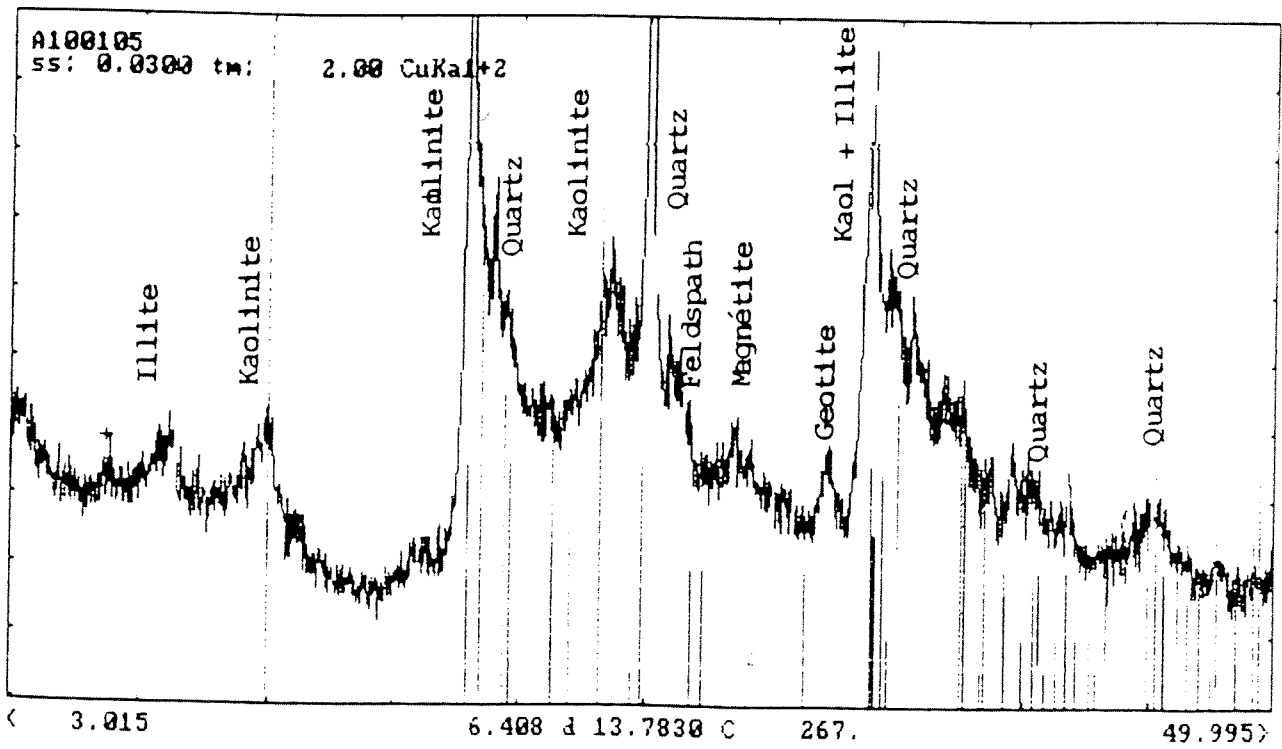


Fig 41 Diagramme de poudre (niveau 1e)

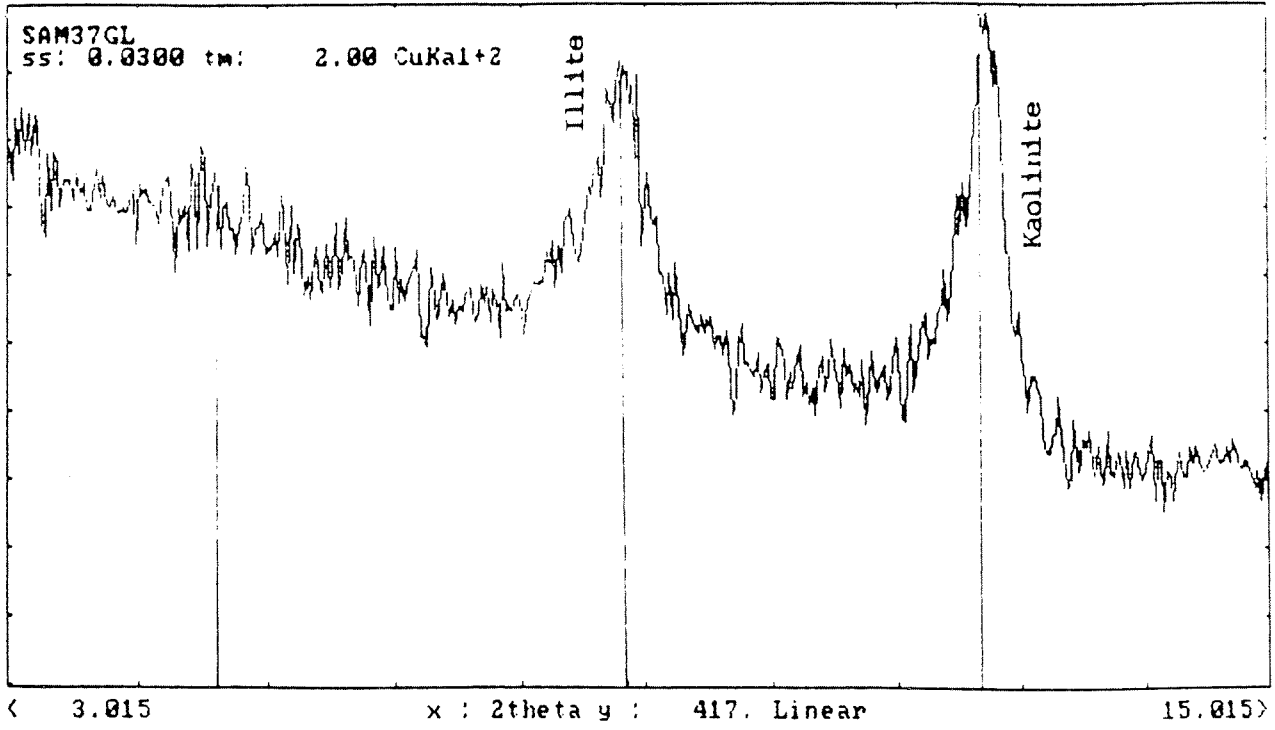


Fig 43 Diagrammes glycérolé (niveau IIb)

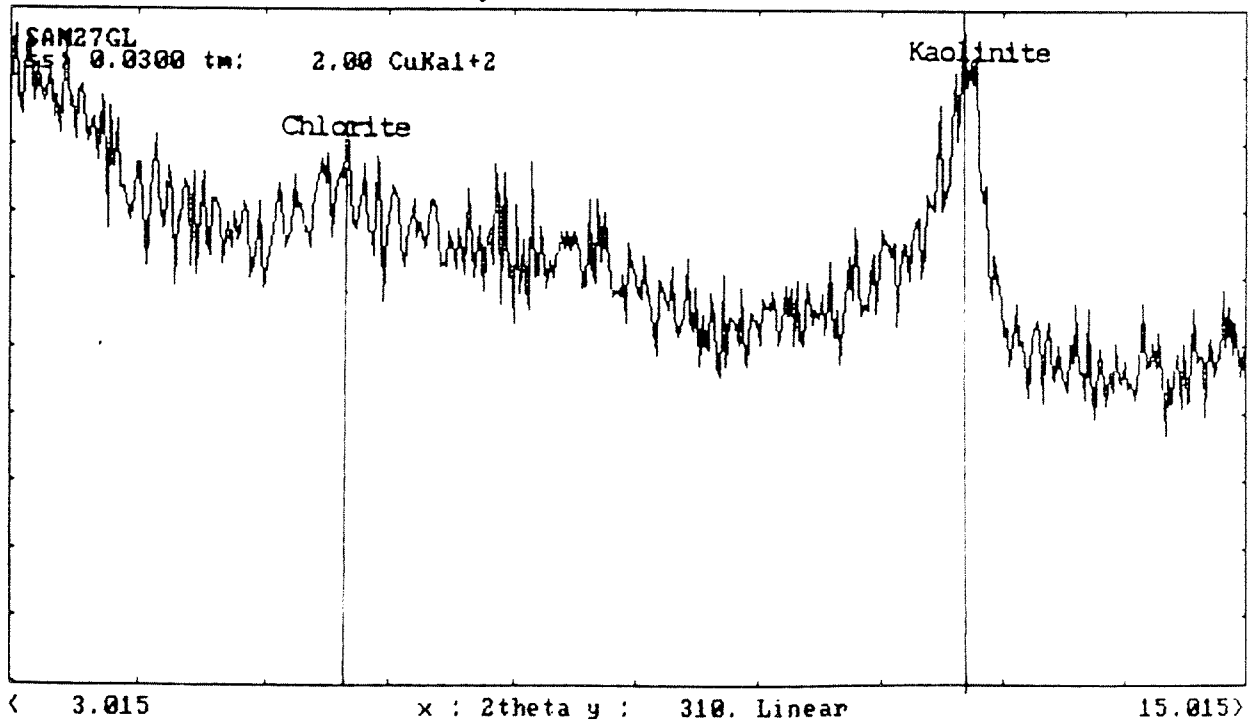


Fig 44 Diagramme glycérolé (niveau IVb)

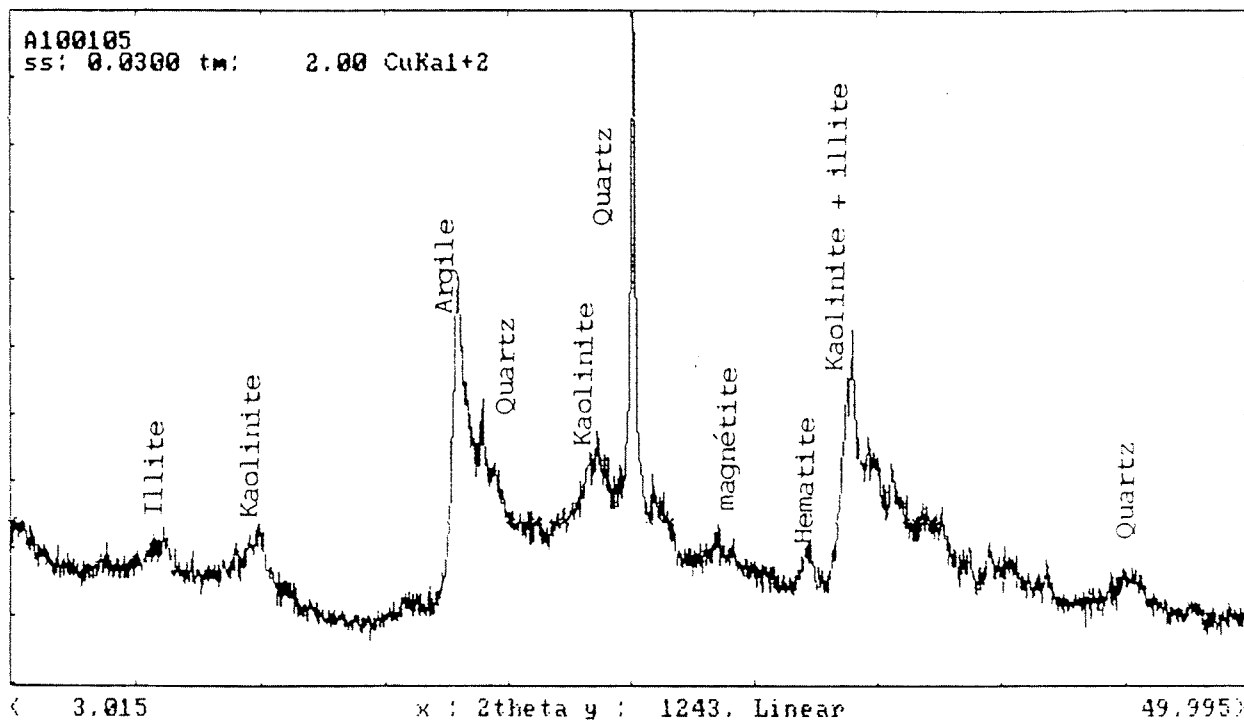


Fig 45 : Diagramme de poudre (niveau III b).

TABLE DES MATIERE

Résumé	1
But de cette étude ..	2

Chapitre I Introduction

Cadre géographique.....	3
Contexte géologique.....	3
Le site d'Orgnac 3.....	6
Localisation des prélèvements.....	13

Première partie

Chapitre II Etude de l'environnement

Nature des prélèvements.....	15
Résultats	
Granulométrie.....	18
Conclusion.....	21
Minéralogie de la fraction sableuse.....	22
Minéraux légers.....	22
Minéraux lourds.....	27
Conclusion.....	33
Minéralogie des argiles.....	34
Conclusion.....	38

Le gisement d'Orgnac 3

Deuxième partie (Etude sédimentologique)

Chapitre III: Etude granulométrique

Principe de la méthode	39
Etude de la fraction grossière.....	40
Granulométrie de la fraction sableuse	48
Granulométrie de la fraction fine.....	54
Discussion.....	64
Conclusion.....	69

Chapitre IV: Morphoscopie des quartz

Méthodologie	72
Résultats.....	73
Discussion.....	76
Conclusion.....	81

Chapitre V: Etude minéralogique

Minéralogie de la fraction sableuse.....	82
--	----

Minéraux légers.....	82
Discussion.....	87
Conclusion.....	91
Minéraux lourds.....	92
Discussion.....	103
Conclusion.....	111
Minéralgie des argiles.....	113
Discussion.....	118
Conclusion.....	124

Chapitre VI: Cendres volcaniques et datation

Cendres volcaniques.....	125
Datation.....	127
Discussion.....	129

Troisième partie (Etude géochimique)

Chapitre VII: Etude des carbonates et du pH

Les calcaires dans la fraction sableuse.....	132
Les carbonates dans la fraction fine.....	137
Discussion.....	140
Etude des concrétions.....	142
Conclusion.....	145
Stalagmites.....	145
Conclusion.....	147
Mesure du pH.....	147
Discussion.....	148

Chapitre VIII: Etude géochimique (éléments majeurs)

Etude géochimique	150
Conclusion	162

Conclusion générale

Stratigraphie et origine des sédiments.....	164
Evolution géochimique.....	168
Evolution karstique.....	171
Vitesse de sédimentation.....	176
Evolution paléoclimatique.....	178
Stratigraphie isotopique d'Ornac 3.....	181
Bibliographie.....	182
Annexes	188
Tableaux et figures.....	202
Table des matières.....	210