



**HAL**  
open science

**Contribution à l'étude sédimentologique du remplissage karstique de la Caverna Delle Fate (Ligurie Italienne).  
Essai chronostratigraphique**

Vincent Bichet

► **To cite this version:**

Vincent Bichet. Contribution à l'étude sédimentologique du remplissage karstique de la Caverna Delle Fate (Ligurie Italienne). Essai chronostratigraphique. Archéologie et Préhistoire. 1987. dumas-00745145

**HAL Id: dumas-00745145**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00745145>**

Submitted on 24 Oct 2012

**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.



MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

CONTRIBUTION A L'ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE  
DU REMPLISSAGE KARSTIQUE  
DE LA CAVERNA DELLE FATE (LIGURIE ITALIENNE)  
ESSAI CHRONOSTRATIGRAPHIQUE

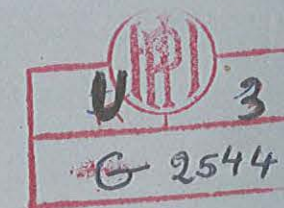
PAR

VINCENT BICHET

MÉMOIRE DE D.E.A.

QUATERNAIRE : GÉOLOGIE, PALÉONTOLOGIE HUMAINE,  
PRÉHISTOIRE

PRÉSENTÉ LE 19 OCTOBRE 1987





MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

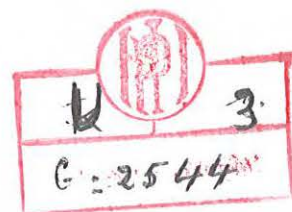
CONTRIBUTION A L'ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE  
DU REMPLISSAGE KARSTIQUE  
DE LA CAVERNA DELLE FATE (LIGURIE ITALIENNE)  
ESSAI CHRONOSTRATIGRAPHIQUE

PAR

VINCENT BICHET

MÉMOIRE DE D.E.A.

QUATERNAIRE : GÉOLOGIE, PALÉONTOLOGIE HUMAINE,  
PRÉHISTOIRE



PRÉSENTÉ LE 19 OCTOBRE 1987



## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Monsieur le Professeur H. de LUMLEY pour m'avoir confié ce travail et m'avoir accueilli à l'Institut de Paléontologie Humaine.

Mes remerciements s'adressent également à toute l'équipe italienne: G. VICINO, Conservateur du musée de Finale, G. GIACOBINI, Professeur à l'Institut d'Anatomie de Turin, F. d'ERRICO, Chercheur à l'I.P.H. à Paris et bien d'autres, fouilleurs et amis qui ont largement contribué à l'élaboration de ce travail.

Je ne saurais oublier les chercheurs des laboratoires qui m'ont accueillis et aidés, en particulier Mme DELAUNE à l'O.R.S.T.O.M., P. GUILLORE et M.A. COURTY à l'I.N.A.-PG. Que tous soient ici remerciés.

## AVANT-PROPOS

L'étude sédimentologique de la Caverna delle Fate s'inscrit dans le cadre d'une étude globale actuellement en cours. Cette étude a pour objectif de préciser le contexte et les conditions de l'occupation humaine de la grotte et plus généralement de la présence néandertalienne en Ligurie.

Mais la fouille et l'étude du gisement de la Caverna delle Fate ont de particulier qu'elles ne concernent que les "témoins" préservés d'un remplissage fouillé il y a aujourd'hui un siècle.

Les nouvelles fouilles entreprises depuis cinq ans, à l'origine de cette étude, sont une tentative bien difficile de reconstituer un puzzle dont il manque bon nombre de pièces.

L'étude des processus sédimentaires à l'origine du remplissage ne peut donc être abordée qu'au travers d'une information très fragmentaire qui limite considérablement le champ de nos investigations.

---

## Chapitre I. : GENERALITES

---

### 1.1 : SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le gisement moustérien de la Caverna delle Fate (Caverne des Fées) est situé à environ six kilomètres au nord-est de la ville de Finale Ligure, dans la province de Savone, en Ligurie italienne (fig.1).

Au coeur du massif de la Pietra di Finale, la cavité s'ouvre vers le Sud-Ouest, sous la crête rocheuse du Bricco di Peagna, à 280 mètres d'altitude, sur le haut-plateau des Manie.

Elle est constituée par une vaste salle d'entrée, suivie d'un diverticule dont le développement atteint 300 mètres. Le gisement s'étend sur les premiers mètres du diverticule.

La grotte fait face au promontoire rocheux du Rocca di Corno et domine d'une centaine de mètres le fond de la vallée où coule la rivière Ponci.

### 1.2 : LE CADRE PREHISTORIQUE

Les gisements paléolithiques sont relativement nombreux en Ligurie italienne et sur la Côte d'Azur. Le site de la Caverna delle Fate s'inscrit dans un contexte préhistorique riche et varié (fig.2).

Bien que l'essentiel du gisement soit moustérien, la présence d'outils acheuléens dans les vieilles brèches du porche de la grotte et peut être dans les basses couches de son remplissage, en font également l'un des rares sites ligures du Paléolithique Inférieur.

Les gisements du Paléolithique Moyen sont plus nombreux et parmi les plus proches de Fate, Arma delle Manie est l'un des plus caractéristiques. Outre plusieurs niveaux de Paléolithique Supérieur, son remplissage a livré une industrie de type moustérien assez semblable à celle de Fate (VICINO et Al.1976).

Fate reste toutefois l'unique site ligure à avoir livré des restes humains néandertaliens.

### 1.3 : HISTORIQUE DES TRAVAUX A FATE

L'intérêt porté par les préhistoriens au gisement de la Caverna delle Fate ne date pas d'aujourd'hui puisque sa découverte remonte à 1876. Les premiers travaux sont effectués sur le site cette même année par A. ISSEL et un rapide sondage révèle déjà la richesse en faune du remplissage.

C'est en 1887 et durant plus de vingt mois, que le Père G.B. AMERANO, supérieur au collège de Finalmarina, réalisera à Fate de véritables excavations (AMERANO 1889). C'est lui qui révélera la réelle dimension du gisement.

Il écrit, en 1889 lors du Congrès d'Anthropologie de Paris, qu'il y a là "un très grand ossuaire d'ours, peut être le plus grand de toute l'Italie" et qu'il doit être "très en dessous de la vérité en évaluant le nombre des ours de cet ossuaire à plus de quinze cents". Il établit un inventaire complet de la faune qu'il récolte et dresse une stratigraphie sommaire du gisement sur ses carnets.

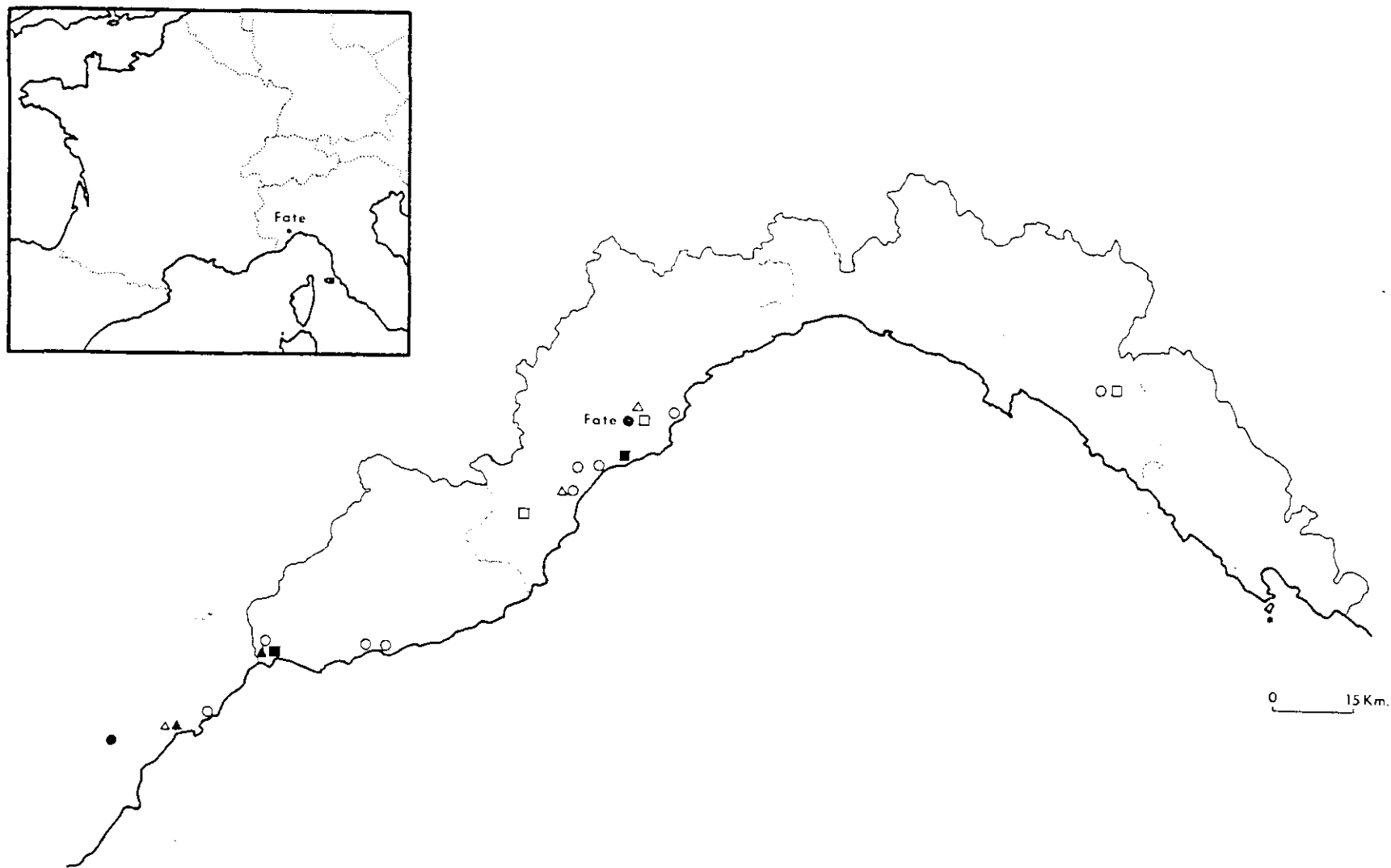


Fig. 1 et 2 - Cadre géographique et préhistorique de la Caverna delle Fate.  
 ( d'après del LUCCHESI et Al. 1985)

△ Paléolithique inférieur  
 ○ Paléolithique moyen

□ Paléolithique supérieur  
 ▲●■ avec restes humains

Mais la découverte essentielle d'AMERANO est sans conteste "la présence d'une station paléolithique associée à cet ossuaire".

Il récolte en effet nombre de pièces d'industrie qu'il attribue déjà au Moustérien. Ces investigations, pourtant, se heurtent aux connaissances de son époque et malgré des observations souvent judicieuses, il hésite à trancher quant à la contemporanéité des faunes et de l'Homme de Fate.

Il rapporte le remplissage de la grotte à "la grande période des alluvions quaternaires" et réduit la dynamique sédimentaire à des apports alluviaux allochtones chariant quantité d'ossements. Une vaste "inondation" qui aurait comblé de sédiment les vallées et dont il ne resterait des témoins que dans les grottes.

C'est finalement sans aucun doute qu'il affirme que l'Homme, bien que très ancien, n'a habité la grotte qu'après l'alluvionnement.

AMERANO fouillera ainsi la quasi totalité du gisement, sur parfois quatre mètres d'épaisseur, jusqu'aux niveaux qui lui semblent stériles. Conscient de la destruction qu'engendre une telle fouille, il laissera tous les sédiments remaniés dans la cavité, témoignage de ces travaux mais également pour assurer aux générations futures une information pense t-il plus complète sur le gisement.

Les collections de Fate, récoltées par AMERANO, seront dispersées dans bon nombre de musées d'Italie et la Caverna delle Fate retrouvera son calme pour presque un siècle.

En 1981, lors de l'examen des collections AMERANO, déposées au Musée des Antiquités de Turin, G. GIACOBINI découvre parmi la faune plusieurs restes humains provenant semble t-il de Fate.

La découverte de ces restes osseux néandertaliens justifie dès 1983 l'ouverture d'un nouveau chantier de fouille dans la Caverna delle Fate par une équipe franco-italienne (Direction des Antiquités de Ligurie; Institut de Paléontologie Humaine de Paris, Musée de Finale Ligure, Laboratoire de préhistoire du Lazaret (Nice), et Institut d'Anatomie de Turin).

L'objectif de cette campagne, est de découvrir de nouvelles pièces osseuses ou lithiques et d'établir une stratigraphie complète du gisement afin d'y positionner les fossiles humains (ECHASSOUX et Al.1987). Tout le remanié d'AMERANO est d'abord retiré de la grotte puis tamisé. De nombreuses pièces d'industrie y sont récoltées, ainsi que plusieurs pièces osseuses humaines dont un fragment crânien qui peut être raccordé au frontal (le Fate I) de la collection AMERANO, garantissant ainsi l'origine des collections de Turin.

La fouille des couches en place sous le remanié et de quelques "témoins" oubliés par AMERANO, a permis la mise à jour de plusieurs foyers, de faune et de quelques pièces d'industrie en position stratigraphique normale.

#### 1.4 : LES DONNEES ARCHEOLOGIQUES

##### 1.4.1 : La Faune

La faune à Fate est abondante. Actuellement disséminée dans plusieurs musées, son étude n'est que partielle.

Elle est dominée par Ursus spelaeus, mais représentée également par:

- . Felis spelaea
- . Felis pardus



- . Crocuta spelaea
- . Vulpes vulpes
- . Canis lupus
- . Bos primigenius
- . Arctiomys marmota
- . Capreolus capreolus
- . Capra ibex
- . Sus crofa
- . Cervus elaphus
- . Mustela martes
- . Dicerorhinus mercki
- . Felis sylvestris
- . Oryctolagus cuniculus
- . Equus caballus

Cette faune est assez proche de celle des niveaux moustériens d'Arma delle Manie. Elle est typique du premier stade würmien (de LUMLEY 1969).

#### 1.4.2 : Les restes humains

Les treize pièces osseuses humaines, provenant de la Caverna delle Fate, présentent pour la plupart des traits néandertaliens typiques.

Parmi les pièces les plus caractéristiques, citons le frontal d'un enfant de 8-10 ans au taureau nettement marqué (le Fate I), une hémimandibule d'enfant (le Fate II) et un fragment mandibulaire adulte (le Fate III). Les autres pièces correspondent à des fragments d'os crâniens divers, quelques dents et une phalange de la main d'un individu adulte.

"Ces restes humains sont morphologiquement très proches des autres restes néandertaliens découverts en France méridionale (Hortus), en Espagne (Carigüela, Gibraltar) et en Italie (Archi, Circé). Ces affinités pourraient suggérer l'existence d'une population néandertalienne méditerranéenne dotée de caractères propres" (GIACOBINI, de LUMLEY M.A.1984).

Ces restes humains ont été datés d'environ 80 000 ans B.P.(voir chapitre 8.3).

#### 1.4.3 : L'industrie lithique

L'industrie moustérienne de Fate, environ 2 000 pièces, est typique d'un moustérien de débitage levallois (faciès non levalloisien)(de LUMLEY 1969).

Mis à part quelques belles pointes moustériennes et une grande majorité de racloirs, les outils retouchés sont peu nombreux. Cette industrie se caractérise essentiellement par des éclats non retouchés (fig.3).

La matière première la plus utilisée est le quartzite. Viennent ensuite le quartz, le calcaire, le silex et le jaspe (ECHASSOUX et Al. 1987).

Cette matière première, mis à part le silex et le jaspe, semble avoir une origine très locale puisque de vastes affleurements de poudingue miocène, à proximité de la grotte, alimentent les alluvions du Ponci en galets très divers de quartz, quartzite, etc...

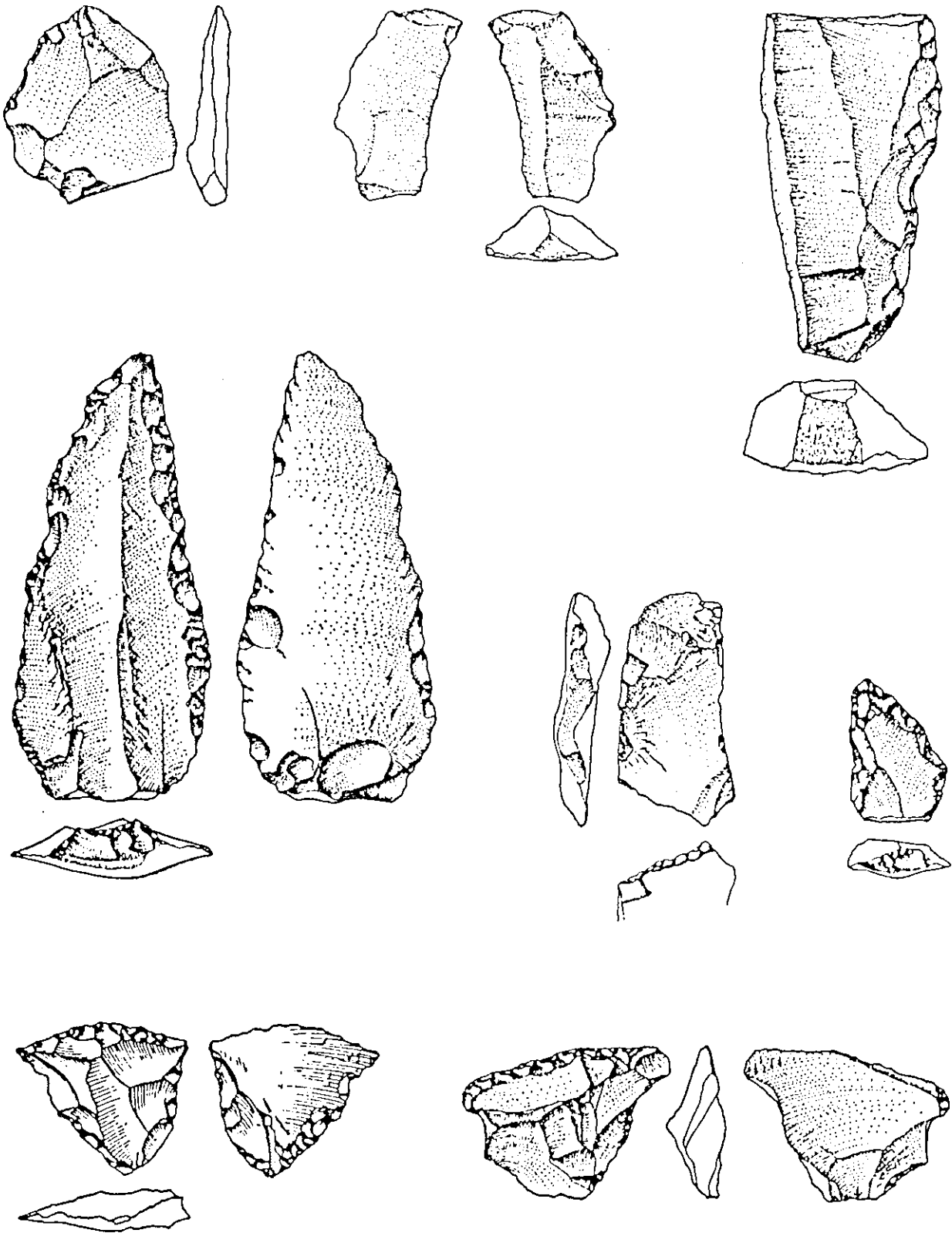


Fig. 3 - Industrie lithique de Fato.  
( dessin F. d'ERRICO )

Outre l'industrie moustérienne, Fate a livré en 1987, dans les basses couches du remplissage archéologique, un très beau biface, semblable aux bifaces acheuléens de la grotte du Lazaret (Nice, France). Cet outil est probablement à mettre en rapport avec les brèches à outils acheuléens de la salle d'entrée de la grotte.

### 1.5 : LE CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le réseau de la Caverna delle Fate se développe sur 300 mètres à la base des calcaires miocènes de la Pietra di Finale. Cette unité bien particulière et de très faible extension (quelques km<sup>2</sup>), repose sur le vaste ensemble structural Briançonnais-ligure qui borde à l'est, les premiers contreforts de l'Arc alpin (fig.4). Le Briançonnais-ligure est constitué par un ensemble complexe d'unités formées de séries allant du Paléozoïque à l'Eocène (HACCARD 1975).

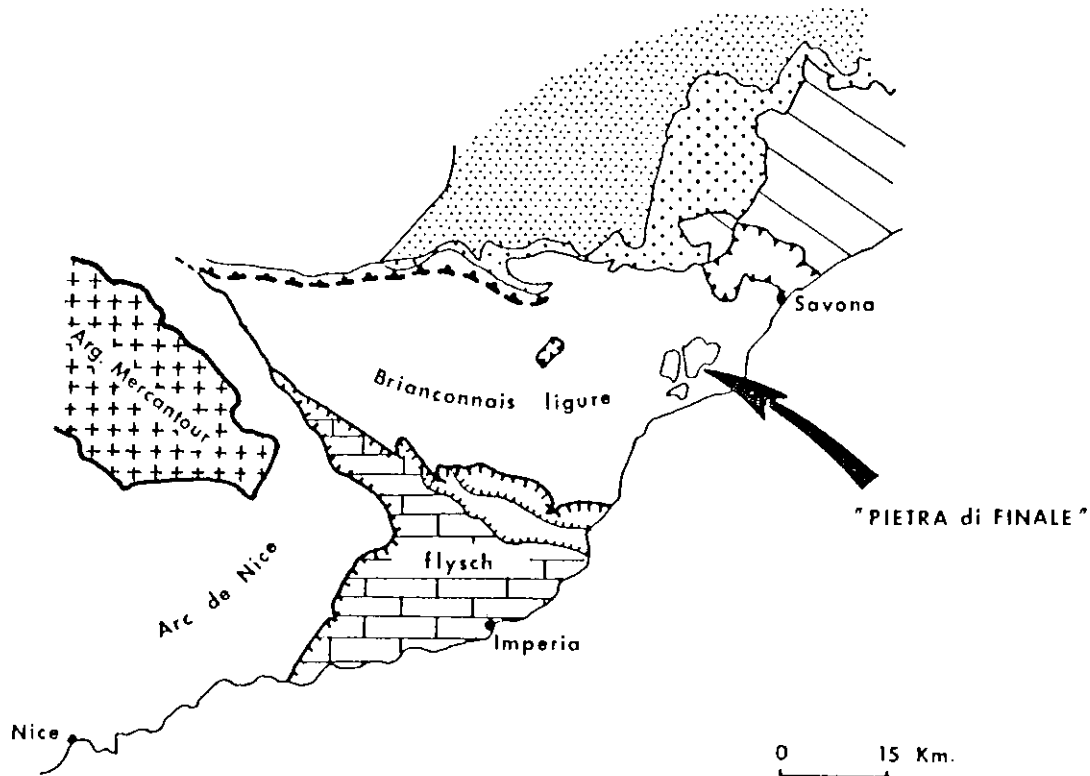


Fig. 4 - Cadre géologique structural de la Pietra di Finale.  
( d'après HACCARD 1975 modifié. )

### 1.5.1 : Lithostratigraphie des formations tertiaires de la Pietra di Finale

Le calcaire de Finale Ligure (Pietra di Finale) et son substratum tertiaire concordant, sont transgressifs sur les faciès briançonnais plissés, antétertiaires (BONI et Al. 1967).

#### - Le substratum tertiaire:

Essentiellement composé par des faciès marneux et des faciès classiques grossiers, il est généralement très discontinu et n'existe que localement.

Il affleure sur une centaine de mètres à l'entrée de la grotte. C'est ici un conglomérat polygénique à ciment quartzeux. Les éléments qu'il contient sont très hétérogènes et hétérométriques, il s'agit pour la plupart de galets de roches cristallines ou cristallophylliennes (quartzites, quartzites phylliteuses, micaschistes, rares roches magmatiques, etc...) et de quelques calcaires et dolomies. Leur taille est variable, elle est au maximum de l'ordre du mètre. La puissance de l'affleurement au niveau de la grotte est d'environ cinq mètres.

L'âge de cette formation est probablement oligocène terminal ou miocène pré-langhien, aucune faune ne permet de préciser d'avantage.

C'est très certainement dans les faciès de désagrégation de ce conglomérat (alluvions du Ponci), que les néandertaliens de Fate puisaient la matière première de leur industrie.

#### - Calcaire de Finale Ligure:

Le Calcaire de Finale Ligure est constitué de cinq membres successifs, rarement en succession verticale continue mais toujours concordants avec le substratum tertiaire sous-jacent.

Le plus vaste géographiquement et géologiquement est le membre de Monte Cucco. C'est à la base de ce faciès que se développe le réseau karstique de Fate.

Il s'agit d'un calcaire de type molasse, bioclastique, vacuolaire, riche en éléments terrigènes et d'âge miocène langhien-serravalien.

Puissante d'une trentaine de mètres, cette vaste structure monoclinale subhorizontale forme l'essentiel des falaises du Finalese.

### 1.5.2 : Paléogéographie de la Pietra di Finale

Les rapports géométriques entre la molasse, le substratum tertiaire et les faciès briançonnais, ainsi que les différents lithofaciès, ont permis d'établir avec précision la paléogéographie du bassin miocène de la Pietra di Finale (BONI et Al. 1969).

Il s'agissait probablement d'une ancienne plateforme d'abrasion marine, terminée vers l'intérieur par une falaise en marches d'escalier. Liée à des phénomènes alternés d'érosion et de dépôt, cette disposition particulière du substratum a favorisé les fortes variations latérales de faciès et la discontinuité de certains dépôts, en particulier des faciès tertiaires de base (poudingue).

La forte sédimentation carbonatée et la faune récifale de la molasse (Codiacées), semblent indiquer que le bassin miocène du Finalese, peu profond, était constitué d'un golfe séparé de la mer par un seuil favorisant les dépôts calmes de milieu fermé.



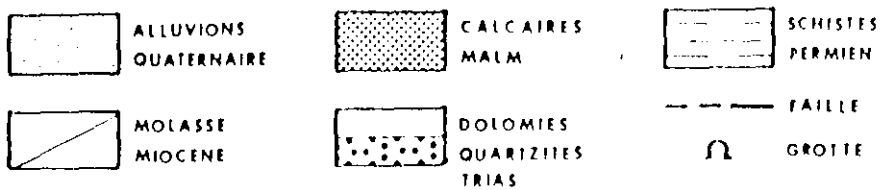


fig. 5 - Carte géologique simplifiée des environs de la Caverna delle Fate.  
( d'après BONI et AL. 1969 modifié )



Handwritten notes or a signature in the bottom right corner of the page.

### 1.5.3 : La dolomie triasique du substrat briançonnais

Le haut-plateau de Manie où se développe le karst de Fate, n'est pas uniquement constitué de molasse miocène. Cette entité géomorphologique se compose, outre la molasse, d'un important niveau de dolomie triasique qui jouxte dans le paysage les calcaires miocènes, à proximité directe de la cavité (fig.5).

Ce Trias est aussi largement karstifié que la molasse. Il est probable que le réseau de Fate, coté Sud, s'établisse en partie dans cette formation (système fissural, diaclases, etc...). Il est donc nécessaire, pour l'étude du remplissage, d'envisager avec précision la nature des affleurements avoisinants.

La dolomie triasique, dite de San Pietro dei Monti, est constituée à Manie de bancs épais de calcaire dolomitique grisâtre, très pauvre en éléments terrigènes grossiers. Localement le faciès évolue en une brèche monogénique intraformationnelle.

---

## Chapitre II. : LE RESEAU ET L'ENVIRONNEMENT KARSTIQUE

---

### 2.1 : LE RESEAU KARSTIQUE

#### 2.1.1 : Développement du réseau de Fate

Le réseau karstique de la Caverna delle Fate est un réseau subhorizontal qui se développe sur environ 300 mètres selon un axe principal Nord-Ouest / Sud-Est (fig.6).

Il s'est formé, à l'origine, à la faveur du contact entre le pou-dingue tertiaire et la molasse miocène du membre de Monte Cucco. Son évolution verticale, faible, par dissolution et régulation mécanique des voûtes, est à l'origine de sa morphologie actuelle.

Un réseau karstique est un phénomène complexe et la spéléogénèse liée à une multitude de facteurs qui évoluent souvent différemment selon chaque partie du réseau. Par ces caractères morphologiques, le réseau de Fate est toutefois relativement homogène.

Il débute par une vaste salle d'entrée (Sala d'ingresso), longue de vingt mètres, large de six et haute de dix, orientée Nord-Est / Sud-Ouest.

A l'extrémité de cette salle, à deux mètres de hauteur, un étroit boyau circulaire mène au bout de quelques mètres, à un élargissement où la galerie mesure quinze mètres de long pour six mètres de large, mais où la hauteur de la voûte n'excède pas deux mètres cinquante. La cavité prend alors une orientation Nord-Ouest / Sud-Est. Cette zone est appelée le "Corridor 3". C'est ici qu'est situé le gisement.

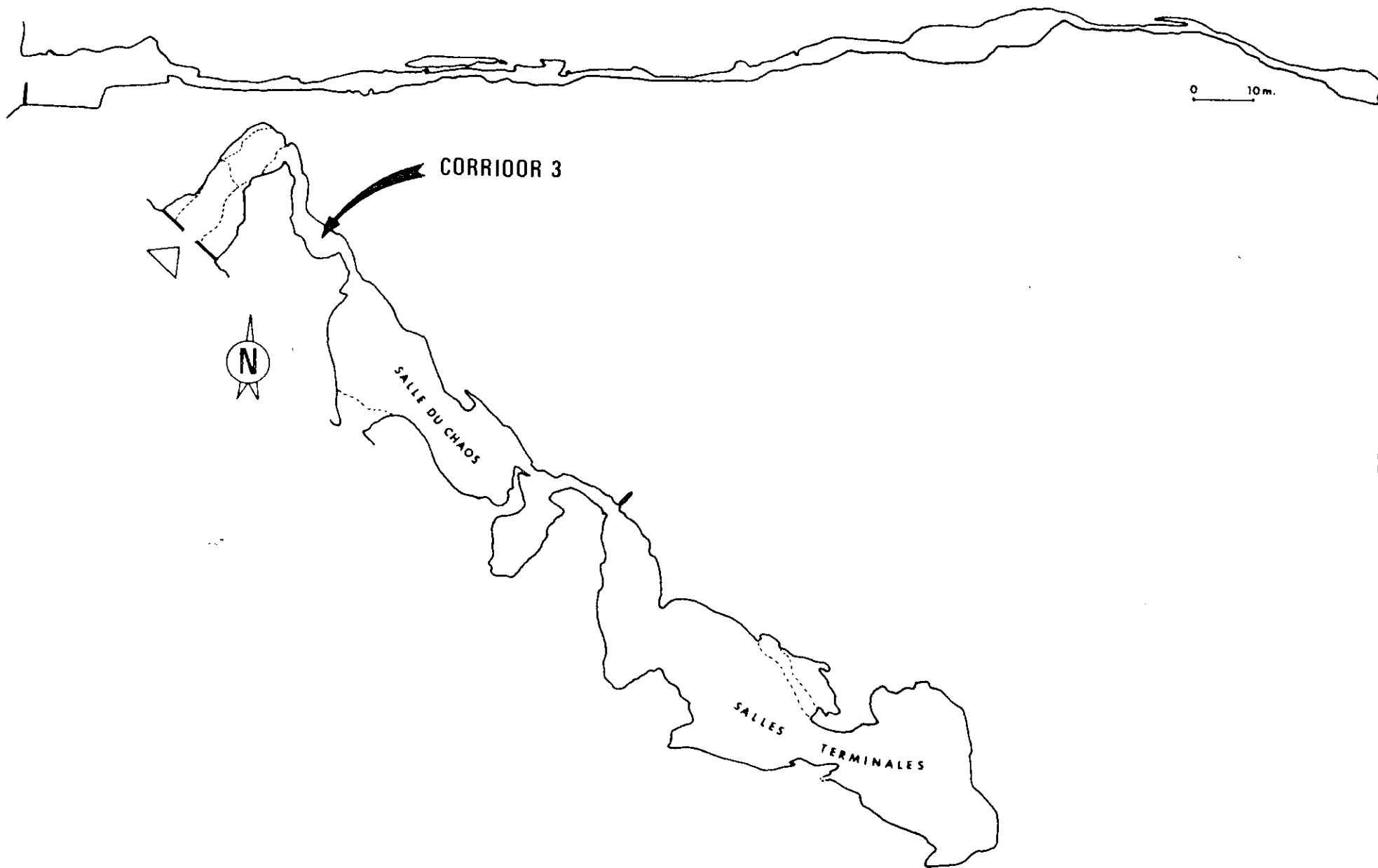


Fig. 6 - Plan et coupe développée du réseau karstique de la Caverna delle Fate



Le réseau se poursuit, au delà du Corridor, par une salle importante dont l'essentiel du volume est occupé par un amas considérable de blocs de plusieurs mètres cubes. Une entrée secondaire de la cavité abouti au plafond de cette salle. Elle se termine par une étroite galerie basse qui débouche dans les salles terminales du réseau.

### 2.1.2 : La salle d'entrée

La salle d'entrée est quasiment dépourvue de tout remplissage et le substrat (poudingue tertiaire) affleure dans la première partie sous une mince couche de sédiment sableux, d'où provient un gros nucléus de quartzite.

Le remplissage de ce porche fut vidé au cours de ces derniers siècles par les bergers locaux, pour y établir un enclos. Il n'est pas exclu également que l'appel gravitaire ait, de tout temps, favorisé la vidange. La salle s'ouvrait à l'origine sur une pente très forte. Elle débouche aujourd'hui sur une vaste terrasse artificielle constituée des déblais de la fouille.

Il ne reste du remplissage qu'un témoin basal dans la partie médiane de la salle, formant un net ressaut. On peut y distinguer :

- A la base un cailloutis siliceux à matrice argileuse, indurée, apparemment stérile.
- Au sommet un épais niveau sableux jaunâtre, lité, où s'exprime une reprise géochimique (paragénèse phosphatée en nodules).

Les brèches à outils acheuléens, surmontées d'un plancher stalagmitique, forment un lambeau de remplissage accroché en paroi, dans la partie supérieure de la salle.

Du point de vue spéléogénétique, la morphologie de la salle semble avoir évolué à partir d'un régime hydrique actif, vers un élargissement de la voûte par dissolution liée aux agents atmosphériques, à l'origine de vastes cloches karstiques.

Il est probable que cette salle, bien exposée à la lumière du jour, devait constituer un abri parfait pour l'homme préhistorique. La fouille des témoins du remplissage, liée à une étude des phénomènes de dynamique sédimentaire, pourrait peut-être nous renseigner plus largement sur son occupation, malgré l'information très fragmentaire.

### 2.1.3 : Le Corridor

La zone du Corridor a été divisée en trois parties. La partie majeure du gisement s'étend au niveau du Corridor 3 (fig.7).

Cette salle (ou plutôt ce large couloir) de dimensions réduites, est une zone actuellement très sèche de la cavité, où règne un fort courant d'air.

Les concrétions sont rares, localisées sur la paroi Sud.

Nous verrons dans le développement de notre étude, quelles sont les caractéristiques du remplissage.

### 2.1.4 : Le réseau amont

La première salle du réseau amont est également très sèche. La température actuelle y est généralement basse, surtout en

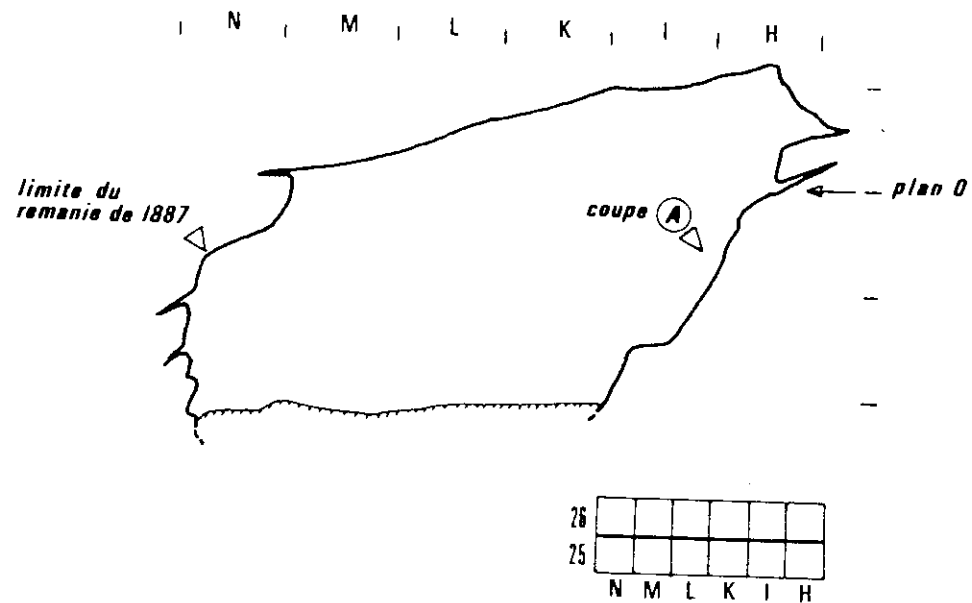
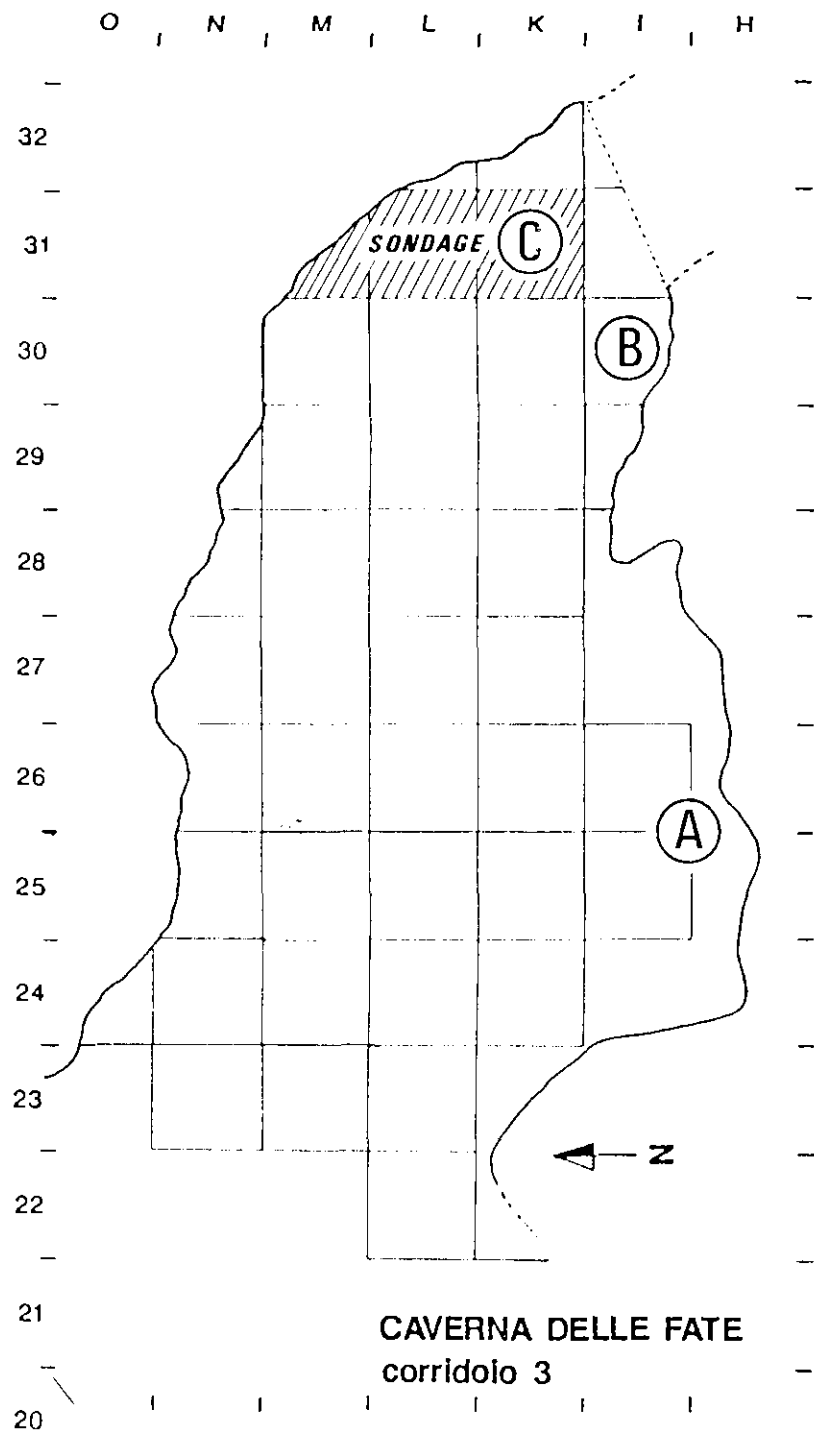


Fig. 7 - Position des coupes étudiées dans le Corridor 3 et section transversale de la galerie.

hiver, du fait du courant d'air établi par la seconde entrée de la cavité.

Le sol de la salle est occupé par un vaste chaos de blocs de molasse effondrés du plafond. Cet amas est dû à une forte régulation mécanique au niveau de la voûte.

La formation d'une cavité, par dissolution des calcaires et élargissement d'un interstrate ou d'une diaclase, au coeur d'un massif, provoque un déséquilibre mécanique de la voûte (les contraintes deviennent anisotropes) ou plutôt un rééquilibrage constant des équilibres par la chute de blocs de la voûte et des parois. Ce processus est favorisé par la nature de la roche, largement diaclasée (blocs préparés par la dissolution fissurale) (RENAULT 1970).

Le déséquilibre ne semble pas encore stabilisé, ce qui laisse supposer une relative jeunesse du réseau. Cette idée est corroborée par les traces d'une fracturation très fraîche des parois en certains points du réseau (Corridor 3, salle du chaos) liée à un phénomène de détente générale.

Un affleurement de la brèche intraformationnelle de la dolomie triasique existe au fond de la salle, sous le chaos de blocs. Cet affleurement souligne la proximité des faciès triasiques vis à vis du réseau karstique.

Les salles du fond du réseau sont isolées de la partie antérieure par une étroite galerie basse, longue d'une vingtaine de mètres. L'ambiance et la nature des dépôts dans les salles terminales soulignent bien les disparités rencontrées en divers points d'un même karst et la prudence nécessaire lors de l'interprétation paléoclimatique des dépôts d'un remplissage.

Le degré hygrométrique est nettement plus élevé et la température plus haute que dans le reste du réseau, du fait de l'absence totale de courant d'air. Il n'existe pas de communication directe entre cette partie du réseau et l'extérieur.

Il en résulte un concrétionnement nettement plus important et la formation actuelle de forts enduits calcitiques sur les parois.

Le sol des salles terminales est couvert d'un épais dépôt argileux (dépôt de karst profond) sédimenté par ruissellement pelliculaire.

La morphologie générale des parois de la cavité n'indiquent, à aucun endroit, une érosion ou une formation des conduits par les eaux courantes d'une rivière souterraine (karst actif). La morphologie actuelle de la grotte semble liée à une évolution atmosphérique des formes karstiques.

L'étude du remplissage du Corridor 3 nous confirmera toutefois l'existence de dépôts liés au karst actif. Cette phase, certainement précoce dans l'activité karstique, n'a d'influence que sur la morphologie basale du réseau, masquée par les dépôts de la rivière souterraine puis du karst évolué (le terme de karst évolué sous entend l'arrêt des actions du cours d'eau souterrain sur les galeries et leurs dépôts. Il nous semble préférable au terme de karst fossile puisque de nombreux phénomènes sédimentaires se produisent encore durant cette phase. Un karst devient réellement fossile lorsque ses conduits sont totalement colmatés et abandonnés de toute circulation).

## 2.2 : LE MODELE KARSTIQUE SUR LE PLATEAU DE MANIE

En surface, sur le plateau, le modelé karstique est bien exprimé. Plusieurs dolines typiques marquent la direction du réseau de Fate. Elles soulignent l'importance des échanges surface / réseau.

Il n'existe pas à proprement parlé de lapiaz sur les calcaires miocènes et triasiques du plateau. Un sol pédologique se développe à leur surface. Il est en général peu épais (quelques centimètres) mais peu atteindre une plus forte épaisseur dans les zones déprimées et les infra-ctuosités où l'apport colluvial est plus important.

---

## Chapitre III. : ETUDE STRATIGRAPHIQUE ET SEDIMENTOLOGIQUE DU REMPLISSAGE DU CORRIDOR 3

---

### 3.1 : METHODOLOGIE ET NATURE DE L'INFORMATION

Les travaux d'AMERANO dans le Corridor 3 ont, nous l'avons vu, considérablement perturbé les données stratigraphiques du remplissage archéologique originel. Les terres remaniées, abandonnées dans la cavité, n'ont pu apporter d'indices sédimentologiques sérieux. Elles n'ont assuré qu'une très bonne couverture protectrice des derniers niveaux en place, face aux agents anthropiques destructeurs que sont les clandestins!

Du remplissage ancien, AMERANO n'a laissé qu'une coupe en paroi, complètement calcifiée (coupe A), une masse d'argiles d'un mètre cube environ, protégée par un plancher stalagmitique (coupe B) et la base des couches archéologiques soit une épaisseur de vingt à quarante centimètres de sédiments sur quarante mètres carrés, discordants sur un épais remplissage stérile intact (dépôts du karst actif).

Le travail du géologue et du préhistorien est donc de reconstituer avec prudence, à partir de cette information très fragmentaire, les données originelles du remplissage, c'est à dire d'établir en premier lieu une chronostratigraphie complète afin d'y replacer, dans la mesure du possible, le contenu archéologique et paléontologique. La première partie de cette étude consiste donc en l'observation et l'interprétation des coupes stratigraphiques disponibles. L'extension réduite des "témoins" et l'absence latérale des dépôts compliquent considérablement l'élaboration d'une chronologie fiable.

Ce travail est la condition préalable à une étude sédimentologique plus classique où l'association de méthodes d'analyses physiques (granulométrie, morphoscopie, minéralogie), chimiques (teneurs en carbonates et phosphates, PH) et micromorphologiques, nous permet, sur les bases stratigraphiques, de préciser la dynamique de sédimentation du remplissage et d'en tirer des informations d'ordre paléoclimatologique.

Enfin, l'origine du matériel sédimentaire peut être envisagée au travers de l'étude des formations encaissantes (molasse, dolomie) et des formations superficielles du plateau.



### 3.2 : LITHOSTRATIGRAPHIE DU REMPLISSAGE ET CORRELATIONS STRATIGRAPHIQUES

#### 3.2.1 : Localisation des coupes et sondages (fig.7)

Un sondage profond de 3,05 mètres, dans les carrés M31, L31 et K31 permet d'étudier l'intégralité de la base du remplissage, jusqu'au substratum rocheux du Corridor (coupe C).

Les parties supérieures sont accessibles au niveau des coupes de I30 (coupe B), détruite par la fouille de 1987, et de H25, H26, I25, I26 (coupe A, calcifiée).

Les coupes C et B, très proches l'une de l'autre, peuvent être corrélatées sans difficultés. Nous les avons donc regroupées sur nos graphiques.

La coupe A (H et I 25-26), plus distante des deux premières, est plus difficilement corrélatable aux précédentes. Nous verrons plus loin quels sont les critères de corrélation envisagés.

#### 3.2.2 : Lithostratigraphie descriptive

La description des niveaux successifs du remplissage est établie de la base vers le sommet, des couches les plus anciennes aux couches les plus récentes.

##### A.- Coupes C et B (fig.8 et 9)

- Substratum : molasse très altérée avec cortex d'altération épais (0,10m) où se développe un enduit de manganèse.
- Couche Q : Epaisseur 0,15m. Niveau sableux riche en galets pluricentimétriques de quartz, quartzite, schistes etc...Seuls les quartz et quartzites ont résisté à l'altération. Les autres, (galets calcaires, schistes, etc...) sont totalement pulvérisés, bien que leurs formes originelles soient conservées. On note également la présence de galets mous d'argiles roulés.
- Couche P : Epaisseur 0,20m. Sable fin très homogène, parfaitement trié, essentiellement quartzueux et à teneur nulle en carbonates. La teinte générale du niveau passe de jaune à la base à brun rouille au sommet (oxydes de fer).
- Couche O : (0,05m) Lit de cailloutis centimétriques, très semblable à la couche Q. Seuls les éléments très siliceux sont conservés.
- Couche N : Cette couche ne présente pas de discontinuité majeure. Seule la variation verticale progressive du faciès nous incite à établir trois niveaux différents. A la base (niveau Nc 0,10m), on distingue une alternance de lits sableux et argileux jaunâtres très fins. Un lit d'argiles brunes, plus épais, apparaît en position médiane du niveau. Le niveau Nb (0,25m) est constitué de la même alternance mais les lits sont généralement plus épais et les niveaux sableux lenticulaires et déformés (figures de charges ?).

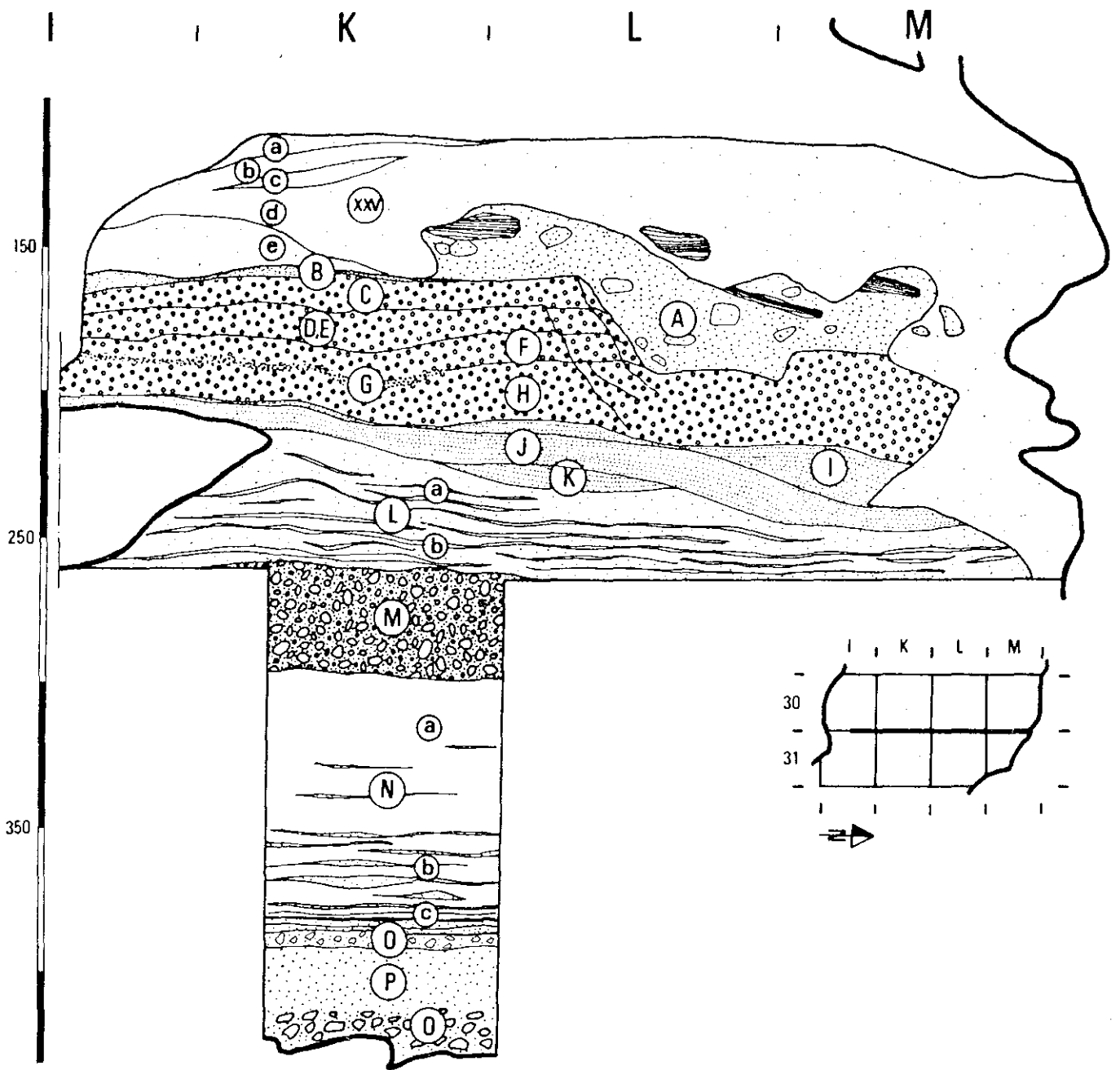


Fig. 8 - Coupe schématique du sondage ( coupe C ).

La nature des sables est identique à celle de la couche P. La disparition progressive des lits sableux aboutit, dans la partie supérieure, à un épais niveau argileux (Na 0,5m), jaunâtre à la base puis brun chocolat au sommet, très gras et homogène.

Ce niveau argileux est très finement lité, localement, il existe dans ces argiles, des microlits sableux.

La teneur en carbonates de ce niveau est de 0%. Il est en réalité constitué de 75% d'argiles et de 25% de silts (analyse au Sédigraph de l'échantillon brut dispersé dans l'Hexamétaphosphate de Sodium).

- Couche M : (0,35m) Cette couche est identique à la couche Q, les éléments sont toutefois plus hétérométriques. L'altération des roches phylliteuses ou carbonatées est identique. Présence également de galets argileux roulés. La matrice argilo-sableuse est rougeâtre. Aucun tri ni litage n'existe, les matériaux de la base semblent un peu plus triés (cailloutis).
- Couche L : (0,30m) La couche M passe par une transition nette à la couche L. La base de cette couche (niveau Lb) est une alternance de lits argileux et de lits sableux horizontaux, en lentilles souvent déformées. Cette alternance est irrégulière. On passe progressivement au sommet à un niveau identique mais globalement plus sableux (niveau La).
- Couche K : (0,15m) C'est un dépôt lenticulaire isolé, constitué de sables fins lités.
- Couche J : (0,20m) Un cailloutis de base vient tronquer la couche K sous-jacente. Il est surmonté par des sables plus fins, bien classés et lités, dont le pendage, d'abord subhorizontal, passe à 30°N à proximité de la paroi Nord de la cavité.
- Couche I : C'est un niveau sableux homogène, à litage horizontal, très fin, qui comporte parfois des lits plus argileux. Sa puissance augmente vers la paroi Nord de la grotte où il repose en discordance sur la couche J.
- Couche H : (0,25m) Couche de sables lités, horizontaux (lits millimétriques) et granoclassés. Niveau très régulier.
- Couche G : (0,10m) Association de deux lits de sable grossier, granoclassé et très pauvre en éléments fins. Cette couche disparaît latéralement, elle n'existe sur la coupe qu'au niveau du carré K.
- Couche F : (0,10m) Alternance de lits demicentimétriques de sables grossiers et de sables fins. Stratification horizontale.
- Couche D+E : (0,15m) Niveau sableux lité. Le litage, horizontal, devient oblique vers la paroi Nord. (progradation).
- Couche C : (0;10m) Dépôt de sables assez grossiers mais triés, riche en éléments fins et d'aspect rougeâtre.
- Couche B : (0,05m) Niveau de silts et de sables fins très bien classés.
- Ensemble A : L'ensemble A recoupe en discordance (lacune d'érosion) les couches B, C, D+E, F et H. C'est un ensemble essentiellement argileux où l'on distingue plusieurs éléments tels que des galets argileux roulés, des niveaux d'argiles litées souvent basculées, dans une matrice argileuse brune rougeâtre.

Tous ces niveaux, de la couche Q à l'ensemble A, appartiennent aux dépôts du karst actif (rivière souterraine). Nous développerons plus loin quels sont les phénomènes de dynamique sédimentaire qui leur sont liés.

La partie supérieure du sondage correspond approximativement à la base des couches archéologiques :

Couche XXV : Cette couche, d'une puissance moyenne de 0,40 mètre, correspond aux "argiles jaunes" définies lors de la fouille. Le seul indice archéologique découvert dans ce niveau, est un bloc de quartzite allochtone, trouvé lors de la réalisation du sondage, à la base de la couche.

Ces argiles jaunes sont généralement considérées comme étant stériles, jusqu'à présent, aucune faune ni industrie ni ont été découvertes. L'essentiel de cette couche n'a cependant pas été fouillé.

Les argiles jaunes reposent en discordance (lacune d'érosion) sur les dépôts du karst actif. Elles plongent littéralement au niveau de la paroi Nord (érosion favorisée par le ruissellement de paroi).

C'est un ensemble de limons argileux, beige à ocre, dont la couleur tranche avec le brun rouge des dépôts du karst actif sous-jacents.

L'aspect du sédiment est grumeleux, peu compact. Des variations locales de couleur et de texture nous incite à le diviser en plusieurs niveaux :

XXVe : Niveau très grumeleux, hétérogène, riche en glomérules blancs de quelques millimètres à un centimètre (nodules phosphatés).

XXVd : Ensemble brun ocre où existent quelques blocs de molasse miocène complètement altérés et quelques nodules phosphatés.

XXVc : Zone beige clair plus concrétionnée.

XXVb : Niveau très semblable à XXVd

XXVa : Limons argileux beige beige clair, très homogènes et sans variation latérale.

Couche XXIV : Ce sont les "argiles brunes rougeâtres" de la fouille. Cette couche est d'une étonnante homogénéité. C'est un limon argileux brunâtre, peu compact, dont la limite inférieure (sommet des argiles jaunes) apparaît à la base de la coupe B (I30) et qui existe, comme les argiles jaunes sur toute la surface du Corridor.

Ce niveau marque une nette augmentation des traits anthropiques et faunistiques. Un foyer a été découvert à la base de la couche (carré I31) à proximité de la coupe. D'autres, plus éloignés, ont été également mis à jour dans cette couche.

Ce niveau d'occupation humaine apparaît surmonté par un niveau "à ours" riche en ossements, parfois en connexions anatomiques.

Un biface de type acheuléen a été découvert dans cette couche, dans le carré I25.

La puissance des argiles brunes est variable, elle est d'environ 0;50 mètre au niveau de la coupe B (fig. 9). Elle devait être beaucoup plus importante à l'extrémité Ouest du Corridor (AMERANO 1889) où sa puissance semble liée à un soutirage karstique.



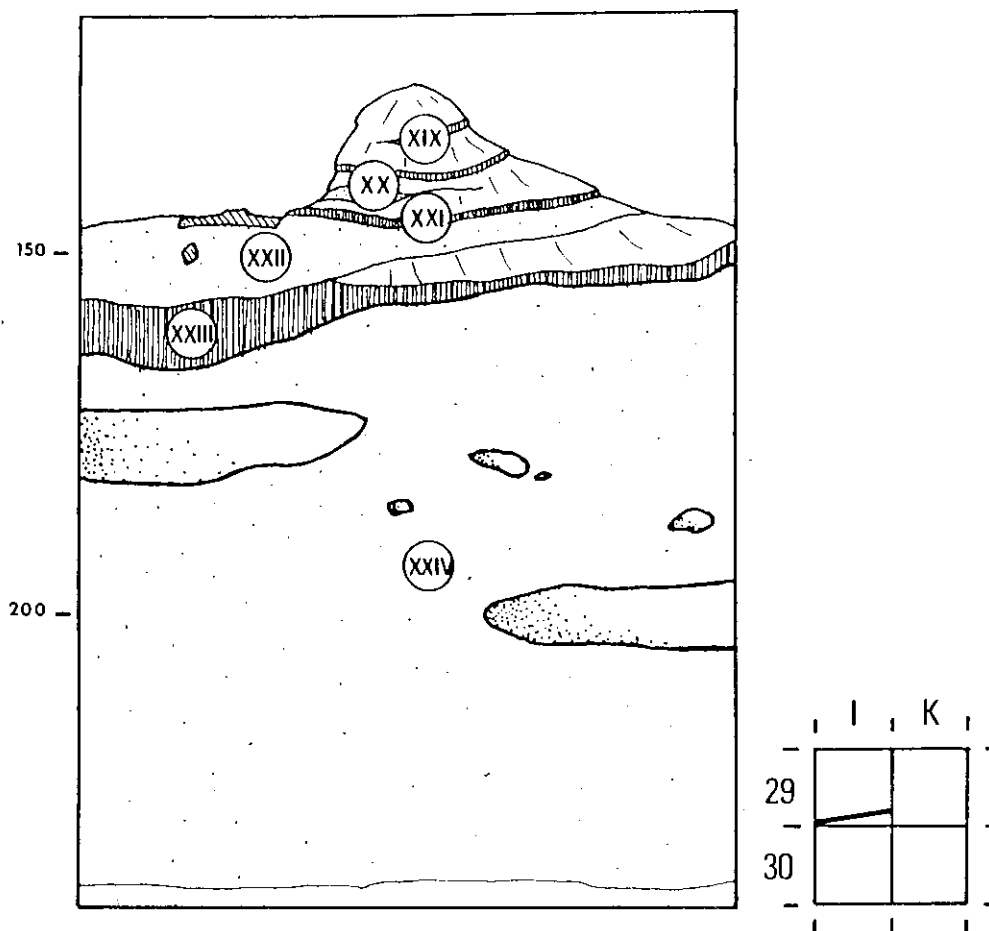


Fig. 9 - Coupe B. Schématique.

Peu de blocs de molasse apparaissent dans la coupe. Ils sont généralement altérés et seuls les plus gros ont résistés. Leurs angles sont émoussés. La fouille de la base des argiles brunes en place ( la majeure partie de la couche a été remaniée par AMERANO ) laisse cependant supposer la présence de nombreux blocs de molasse au sein de cet ensemble.

- Couche XXIII : Plancher stalagmitique microcristallin peu épais (0,10m).
- Couche XXII : Couche limono-argileuse brune. Ce niveau a livré une pièce d'industrie en stratigraphie et une faune riche et variée (carré I30). Cette couche ainsi que la base du plancher sus-jacent, sont riches en coquilles de gastéropodes, malheureusement très fragiles et difficilement prélevables. Il s'agit probablement des genres *Zonitidae* ou *Oxychilus* (détermination M. DUBAR) sans interet comme marqueurs paléoclimatiques, puisqu'il s'agit d'animaux très fréquents dans les endroits ombragés, les trous, les caves, les grottes, etc...

- Couche XXI : Plancher stalagmitique (0,05m).  
Couche XX : Petite intercalation limono-argileuse brune (0,03m).  
Couche XIX : Plancher stalagmitique (0,10m).

Les trois planchers stalagmitiques successifs (couches XXIII, XXI, XIX) de la coupe B sont de même nature. Ils correspondent à une stalagmite à l'aplomb d'une zone diaclasée de la voûte (drainage des eaux de percolation du karst).

#### B.- Coupe A : Litho et chronostratigraphie

C'est une coupe particulière et complexe. Sa position en paroi, dans une zone de ruissellement (diaclasses) aboutit à une stratigraphie à la fois horizontale et verticale où les concrétionnements en draperies alternent avec des niveaux de dépôt argileux.

L'interprétation chronostratigraphique doit tenir compte d'observations en coupe longitudinale (fig. 10) et transversale (fig. 11). La faible extension latérale du dépôt conservé, ne nous permet pas d'aboutir à une coupe synthétique absolue. Nous proposons donc une chronostratigraphie hypothétique, établie en regard des deux directions de coupe étudiées.

Un fort concrétionnement illuvial a complètement calcifié l'ensemble des niveaux de la coupe A.

- Couche XVIII : Couche limono-argileuse, brune, riche en blocs de molasse. Présence de faune et d'industrie (biface). Sédiment très calcifié.
- Couche XVII : Lit de blocs à matrice limono-argileuse brune, très concrétionnée, qui passe latéralement vers l'Est à un plancher stalagmitique plus nettement individualisé.
- Couches XVI, XV, XIV : Couches aux limites pas toujours très précises. Niveaux à gros blocs de molasse dans une matrice limono-argileuse brune, riche en faune. L'ensemble des couches est très induré par la calcite.
- Couche XIII : Plancher stalagmitique constitué de calcite très blanche en grands cristaux, surmontée d'une calcite microcristalline grise et d'un petit lit argileux. Ce plancher est tronqué à l'extrémité opposée à la paroi. Il apparaît comme étant le témoin en paroi d'un plancher plus vaste partiellement détruit avant le dépôt des niveaux postérieurs (lacune d'érosion).
- Couche XII : Plancher stalagmitique de calcite litée microcristalline. Apparence très impure de la calcite, brunâtre.
- Couche XI : Plancher stalagmitique en pseudo draperies concentriques de calcite microcristalline beige à brune.
- Couche X : Partie supérieure du plancher XI. Stalagmite à encroutements concentriques bruns jaunâtre.
- Couche IX : Plancher peu épais qui couvre en draperie le plancher X-XI. La calcite est sombre, grisâtre.
- Couche VIII : Plancher impur avec sédiment argilo-sableux à la base.

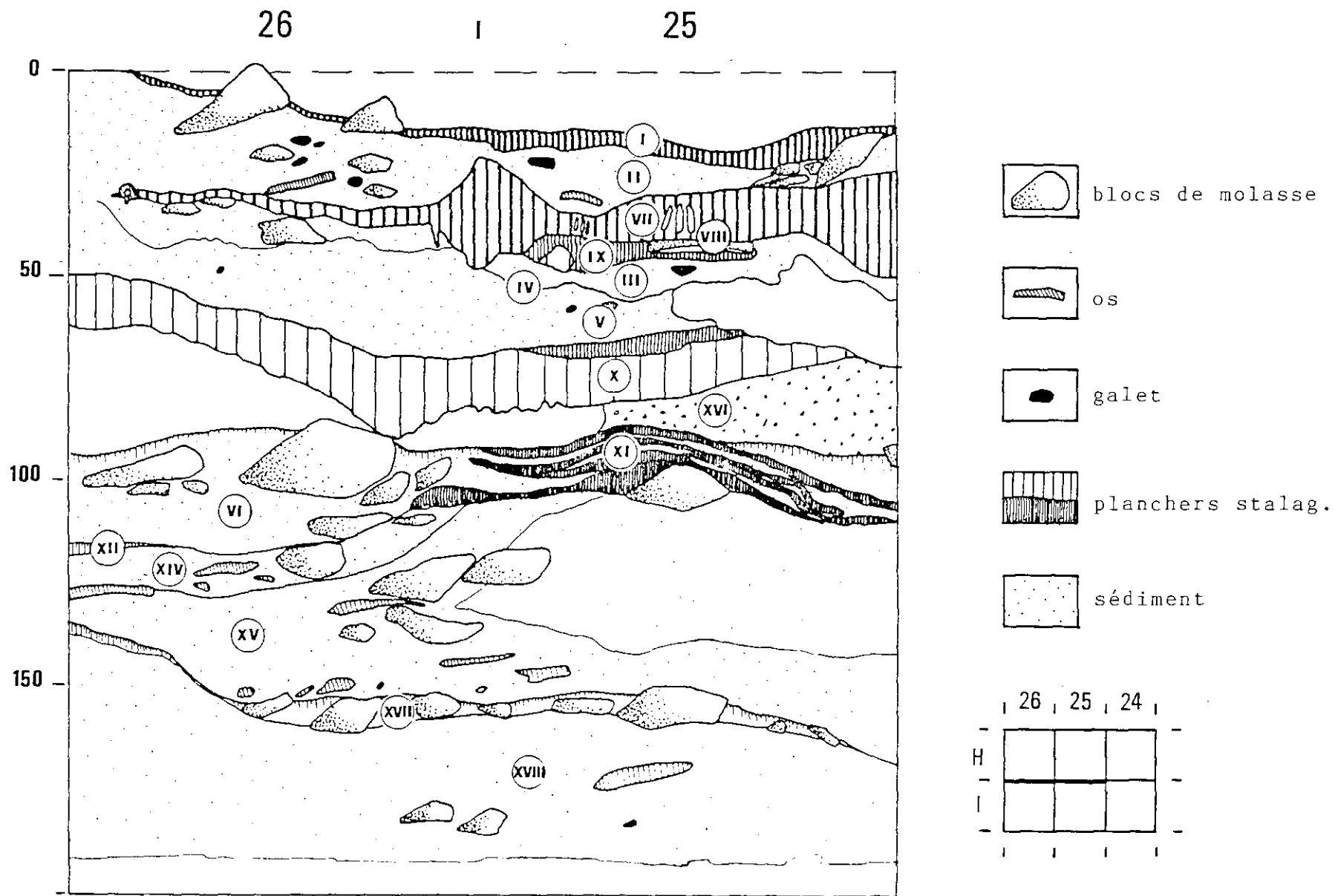


Fig. 10 - Coupe A longitudinale.

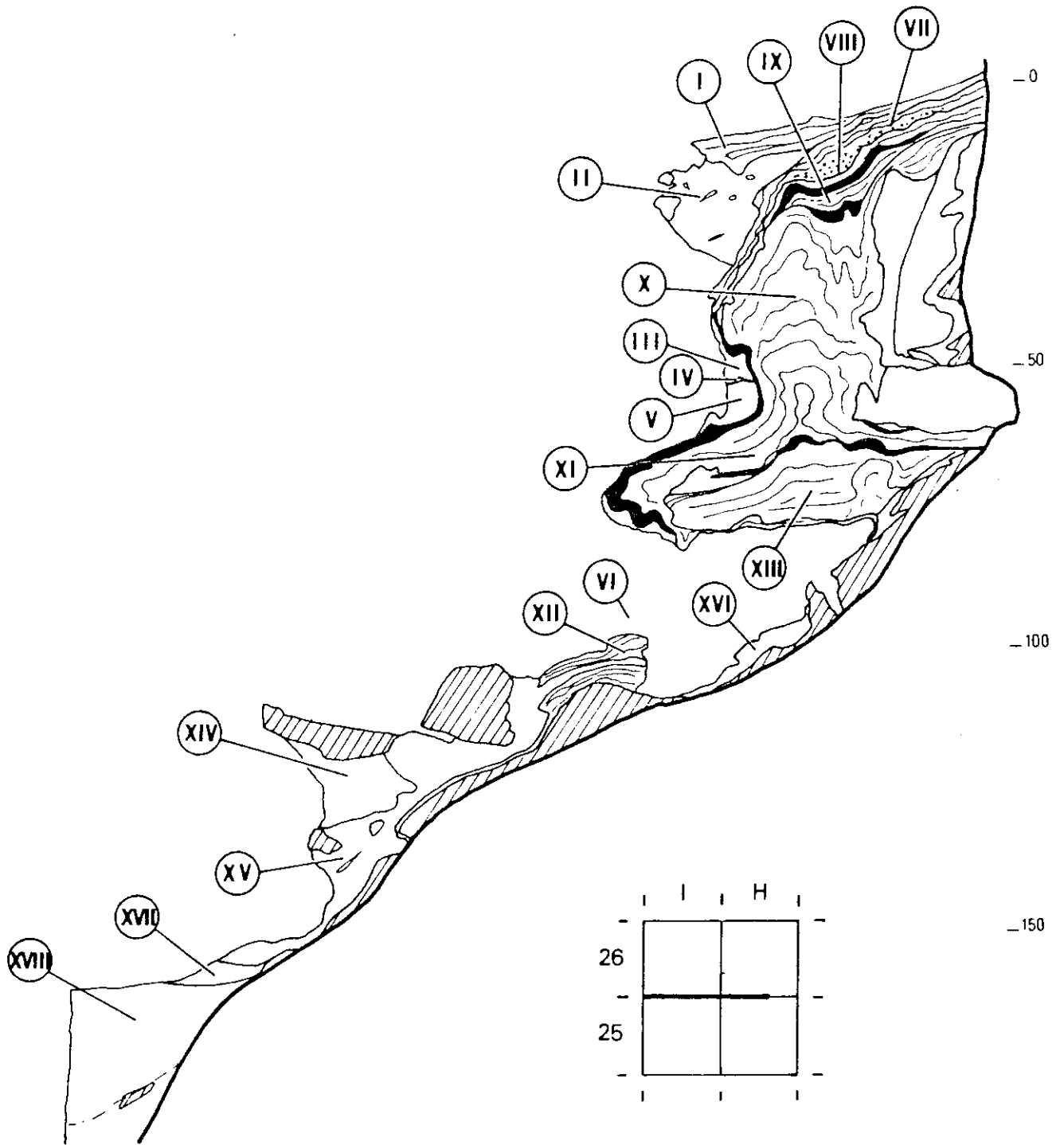


Fig. 11 - Coupe A transversale.

- Couche VII : Plancher lité, brun sombre  
Couche VI : Dépôt de gros blocs de molasse avec sédiment limono-argileux diffus (non prélevable).  
Couche V : Couche de limons argileux bruns  
Couche IV : lit centimétrique de calcite très "sale", beige brune.  
Couche III : Sédiment limono-argileux brun, identique à la couche V.  
Couche II : Dépôt limono-argileux brun, à blocs de molasse, industrie et faune.  
Couche I : Plancher supérieur bien lité, avec alternance de sédiments bruns, très fins, et inclusion de blocs de molasse.

### 3.2.3 : Corrélations stratigraphiques

Les corrélations stratigraphiques entre les coupes A et B, peuvent être réalisées par l'observation des traces de planchers stalagmitiques restés accrochés à la paroi Sud du Corridor, malgré la fouille d'AMERANO.

Par ce biais, il est possible de corréliser la couche XXIII de la coupe B avec la couche XVII de la coupe A. L'analogie des niveaux sous-jacents (XXIV et XVIII, argiles brunes), confirme cette corrélation. Le plancher XXI (coupe B), est également corrélable avec le plancher XII (coupe A).

La trace de ce plancher, commun aux deux coupes, se retrouve à la même altitude, sur la paroi Nord du Corridor. Son épaisseur est de quelques centimètres. Avec lui, restent accrochés des lambeaux bréchifiés de la couche à faune sous-jacente.

Ces deux corrélations nous permettent d'établir et de proposer un log stratigraphique synthétique du remplissage du Corridor 3 de la Caverna delle Fate (fig. 12).

Le travail de terrain et ces observations nous permettent d'orienter de manière plus précise l'étude sédimentologique du gisement.

## 3.3 : ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DU REMPLISSAGE

### 3.3.1 : Echantillonnage

A Fate, trois types d'échantillonnages ont été réalisés sur le remplissage :

- Un échantillonnage en vrac des sédiments, niveau par niveau dans les couches supérieures du karst actif, les argiles jaunes, les niveaux supérieurs de la coupe B et les niveaux à sédiment de la coupe A, tout les cinq centimètres dans les argiles brunes homogènes.
- Un échantillonnage pour étude micromorphologique, de sédiments non déstructurés et orientés, soit avec une boîte de KUBIENA, soit directement lorsque le sédiment est suffisamment cohérent.

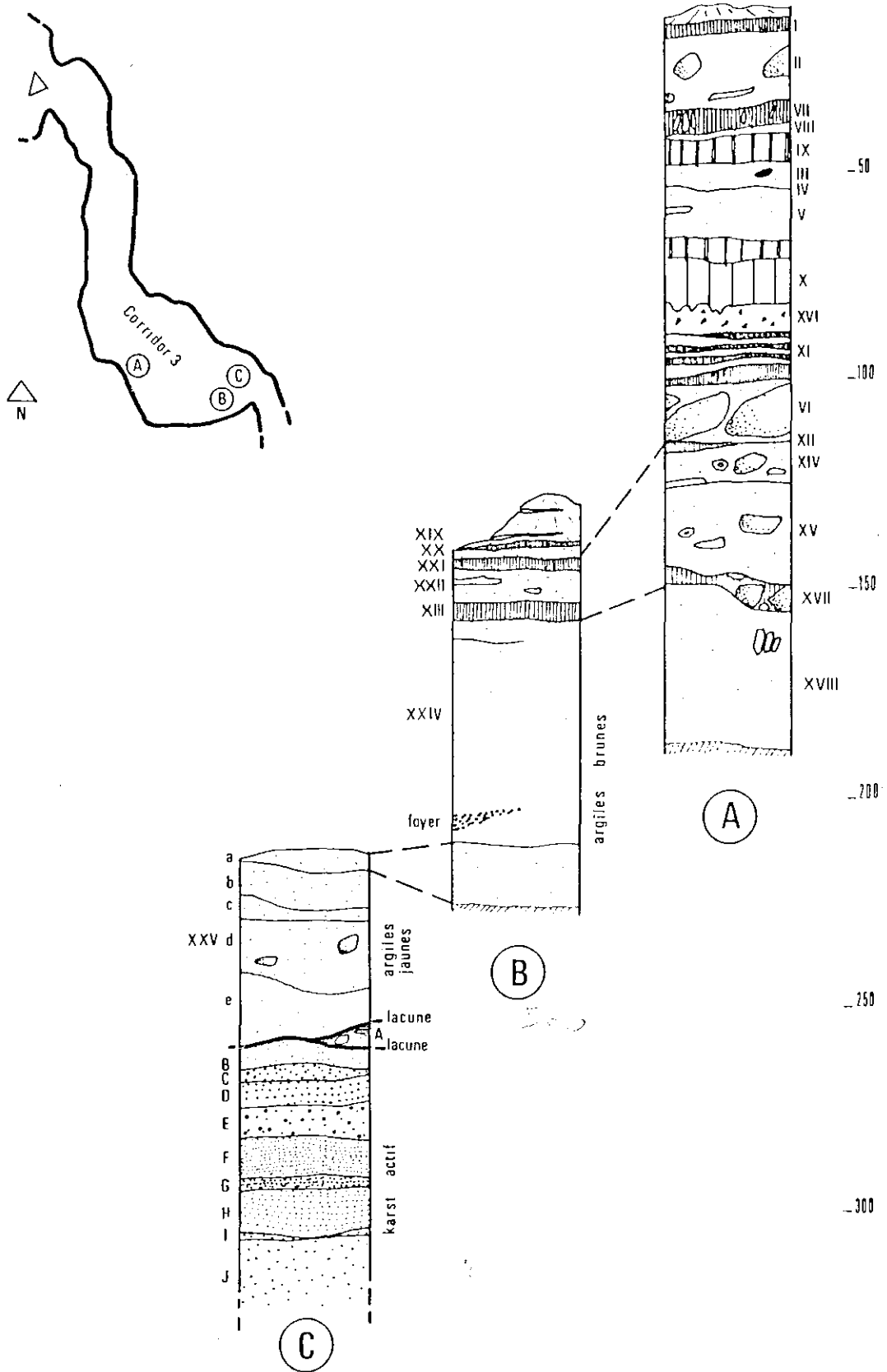


Fig. 12 - Log synthétique et corrélations stratigraphiques des trois coupes étudiées.

Cet échantillonnage a été réalisé sur les couches XXIII, XXIV, XXV et B, C, D, E, F des coupes B et C.

- Un échantillonnage sur les planchers stalagmitiques de la coupe B pour datation (en cours).  
L'échantillonnage des divers planchers de la coupe A, non encore datés, devra être réalisé dans l'avenir afin de confirmer, ou d'infirmer, la chronologie proposée lors de la présente étude.

Remarque : L'échantillonnage en vrac du sédiment, doit être représentatif du faciès sédimentologique de la couche. A Fate, environ 500 grammes de sédiment ont été prélevés à chaque fois. Un tel prélèvement ne permet d'aborder que l'étude des fractions moyennes et fines du sédiment.

### 3.3.2 : La fraction grossière : blocs et cailloux

L'étude des fractions grossières (blocs et cailloux) n'a pu être envisagée sur le terrain, ni au laboratoire, pour diverses raisons :

- Les coupes dont nous disposons, très réduites, en particulier les coupes B et C, comportent peu de blocs ou cailloux issus de la molasse encaissante. Seuls les gros éléments ont résistés à l'altération post sédimentaire. Tous les cailloux de molasse de diamètre inférieur à deux ou trois centimètres environ ont été altérés, et n'existent plus qu'à l'état de fantômes dans le sédiment.
- La majorité des blocs et cailloux ont été évacués de la cavité sans observations préalables, lors de la reprise du chantier 1983 et 84 (évacuation du remanié).
- Les blocs restant en stratigraphie ne peuvent être extraire sans détruire les coupes. Il est donc impossible de réaliser des mesures morphologiques statistiques sur cette fraction.

On peut toutefois noter que les blocs et cailloux étaient très nombreux dans le remanié et que les blocs observables dans les coupes sont altérés (coupes B et C) ou émoussés (coupe A). D'après les parois et des blocs de la coupe A, il apparaît que cet émoussage soit lié à la préparation des blocs par dissolution fissurale sur les parois de la cavité (CAMPY 1982).

La chute des blocs peut être alors engendrée par simple appel gravitaire, ou sous l'impulsion de phénomènes cryoclastiques.

Cependant, aucun indice ne permet de définir d'impact périglaciaire sur la fraction grossière du remplissage du type craquelures, plaquettes de gel, etc... (MISKOVSKY 1974, LAVILLE 1975, CAMPY 1982).

### 3.3.3 : Granulométrie

#### A.- Méthodologie

Nous avons utilisé pour l'étude granulométrique des sédiments meubles la nomenclature proposée par FOLK (1968) et les

paramètres établis en échelle  $\phi$  par FOLK et WARD (1957), pour deux raisons essentielles :

- Cette nomenclature est la plus utilisée en sédimentologie.
- Les paramètres proposés sont ceux, parmi les nombreux paramètres granulométriques, qui envisagent avec le plus de précision l'intégralité des courbes cumulatives (extrémités et partie médiane).  
Ils sont de plus parfaitement adaptés à l'étude des formations de type fluviatil (donc à l'étude des dépôts du karst actif de Fate) et semblent convenir aussi bien que les indices de CAILLEUX à l'étude des remplissages de grotte en karst évolué.

Un prélèvement de sédiment meuble, peut être réparti en diverses fractions granulométriques, à savoir :

- . blocs ou cailloux : fraction supérieure à 20mm (-4 $\phi$ )
- . graviers : fraction comprise entre 20mm et 2mm (-4 $\phi$  et -1 $\phi$ )
- . sables : " " " 2mm et 0,05mm (-1 $\phi$  et +4,33 $\phi$ )
- . silts : " " " 0,05mm et 0,002mm (+4,33 $\phi$  et +9 $\phi$ )
- . argiles : fraction inférieure à 0,002mm (+9 $\phi$ )

Pour des raisons techniques, nous avons abaissé la limite inférieure des sables à 0,040mm.

L'expression des résultats granulométriques est exprimée par des diagrammes globaux et des courbes cumulatives sur papier  $\frac{1}{2}$  logarithmique (abscisses de progression logarithmique pour le diamètre des particules et ordonnées de progression arithmétique pour les pourcentages) (CAILLEUX 1954, RIVIERE 1977).

Nous avons utilisé les paramètres suivant :

- Paramètres de position :

- . Md : valeur du diamètre en unité  $\phi$  des particules correspondant à 50% de la courbe cumulative.
- . Mz : moyenne graphique (mean size) faisant intervenir trois points de la courbe cumulative

$$Mz = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

- Paramètres de dispersion :

- .  $\sigma_i$  : écart type (inclusive graphic standard deviation) concernant 90% de la distribution.

$$\sigma_i = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}$$

- Paramètres de forme :

- . SKi: coefficient d'assymétrie (inclusive graphic skewness) ou assymétrie globale qui correspond à la moyenne de l'assymétrie centrale de la courbe et celle des extrémités.

$$SKi = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2 \phi_{50}}{2 (\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2 \phi_{50}}{2 (\phi_{95} - \phi_5)}$$



. KG : coefficient de Kurtosis ou d'acuité qui mesure l'applatissage ou l'angulosité de la courbe.

$$KG = \frac{\phi 95 - \phi 5}{2,44(\phi 75 - \phi 25)}$$

Préparation et fractionnement de l'échantillon :

L'étude des sédiments de la coupe A et des coupes B et C, ne peut être envisagée de la même manière. La nature calcitée des niveaux de la coupe A nous empêche de travailler sur le sédiment brut.

Une étude globale est réalisée sur le sédiment brut lorsque cela est possible. Puis l'échantillon est décarbonaté et à nouveau analysé. Pour l'étude de la coupe A, seule la seconde analyse est réalisée. Cette seconde analyse a pour intérêt :

- de connaître approximativement la teneur en carbonates et en phosphates du sédiment (sans distinction possible) et leur répartition dans les différentes classes granulométriques.
- Par comparaison des résultats des deux analyses, de visualiser la réalité des apports en granules et fragments de la molasse.
- de pouvoir comparer les courbes et les données des trois coupes, la coupe A ne pouvant être étudiée que sur les sédiments décarbonatés.

L'échantillon est agité par rotation dans l'eau distillée pendant douze heures environ. Cette opération aboutit à une bonne désagrégation du sédiment, homogène pour tous les échantillons.

Il est ensuite lavé sur un tamis à mailles régulières de 0,040mm. Le refus est séché à l'étuve et la fraction fine récupérée par décantation puis séchage.

La fraction supérieure à 0,040mm (sables + graviers + cailloux) est ensuite tamisée par vibrations sur une colonne de tamis de mailles croissantes et de progression logarithmique.

Chaque refus est pesé puis les différentes fractions sont regroupées. l'ensemble est alors attaqué par HCl à 30%, à chaud, jusqu'à cessation de l'effervescence et destruction totale des carbonates (+ phosphates). Le sédiment est à nouveau lavé, séché et finalement tamisé une seconde fois (le poids des fines obtenues lors de l'attaque est décompté pour le calcul du taux global de carbonates + phosphates).

Les fines de diamètre inférieur à 0,040mm, récupérées lors du lavage de l'échantillon brut, sont attaquées par H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> afin de détruire la matière organique, agent flocculant. On y ajoute ensuite quelques gouttes d'HCl pour favoriser la flocculation et le rinçage à la centrifugeuse des particules fines jusqu'à déflocculation. L'échantillon est ensuite séché puis dispersé dans l'Hexamétaphosphate de Sodium à 0,12%.

La granulométrie de la fraction fine est réalisée automatiquement par le Sédigraph (analyse de la chute des particules selon la loi de Stokes par un faisceau de rayons X. Traçage d'une courbe cumulative sur papier  $\frac{1}{2}$  log.).

Les résultats obtenus peuvent être cumulés à l'étude de la granulométrie globale.

## B.- Etude granulométrique des coupes C et B

### . Granulométrie globale (fig.13)

#### - Les dépôts du karst actif :

Ils sont caractérisés par un fort pourcentage de la fraction sableuse au détriment des limons (silts) et argiles, et par de brusques variations liées au caractère évolutif du vecteur de sédimentation.

#### - Les dépôts du karst évolué :

Le passage aux couches archéologiques, c'est à dire aux dépôts du karst évolué, est marqué par l'augmentation puis la constance des rapports entre les différentes classes granulométriques. Il s'agit alors essentiellement de matériaux fins, principalement des sables, limons et argiles. Les graviers sont peu nombreux et les cailloux très rares. Ils n'existent que dans quelques niveaux où ils correspondent en réalité à des concrétions illuviales, liées à des circulations post sédimentaires très localisées.

La transition entre les argiles jaunes et les argiles brunes est marquée par une légère diminution du pourcentage des graviers et des sables dans les argiles brunes, au profit des argiles, et par une disparition des concrétions illuviales (qui subsistent au niveau de l'échantillon n°28).

### . Granulométrie de la fraction sableuse

L'observation des courbes granulométriques de la fraction sableuse (fig.14) souligne une nette disparité entre les formations du karst actif et celles du karst évolué.

Les dépôts du karst actif sont généralement bien triés et l'analyse des paramètres confirme cette impression (fig.15 et 16). L'assymétrie (SKi) est globalement positive avec tri plus net du coté des particules grossières au détriment des fines (sables fins et très fins). L'écart type est réduit et correspond à des dépôts relativement bien triés, Les fortes variations du Kurtosis (KG acuité) et de la moyenne graphique (Mz) soulignent l'instabilité du milieu et les variations importantes d'une dynamique de sédimentation contrastée.

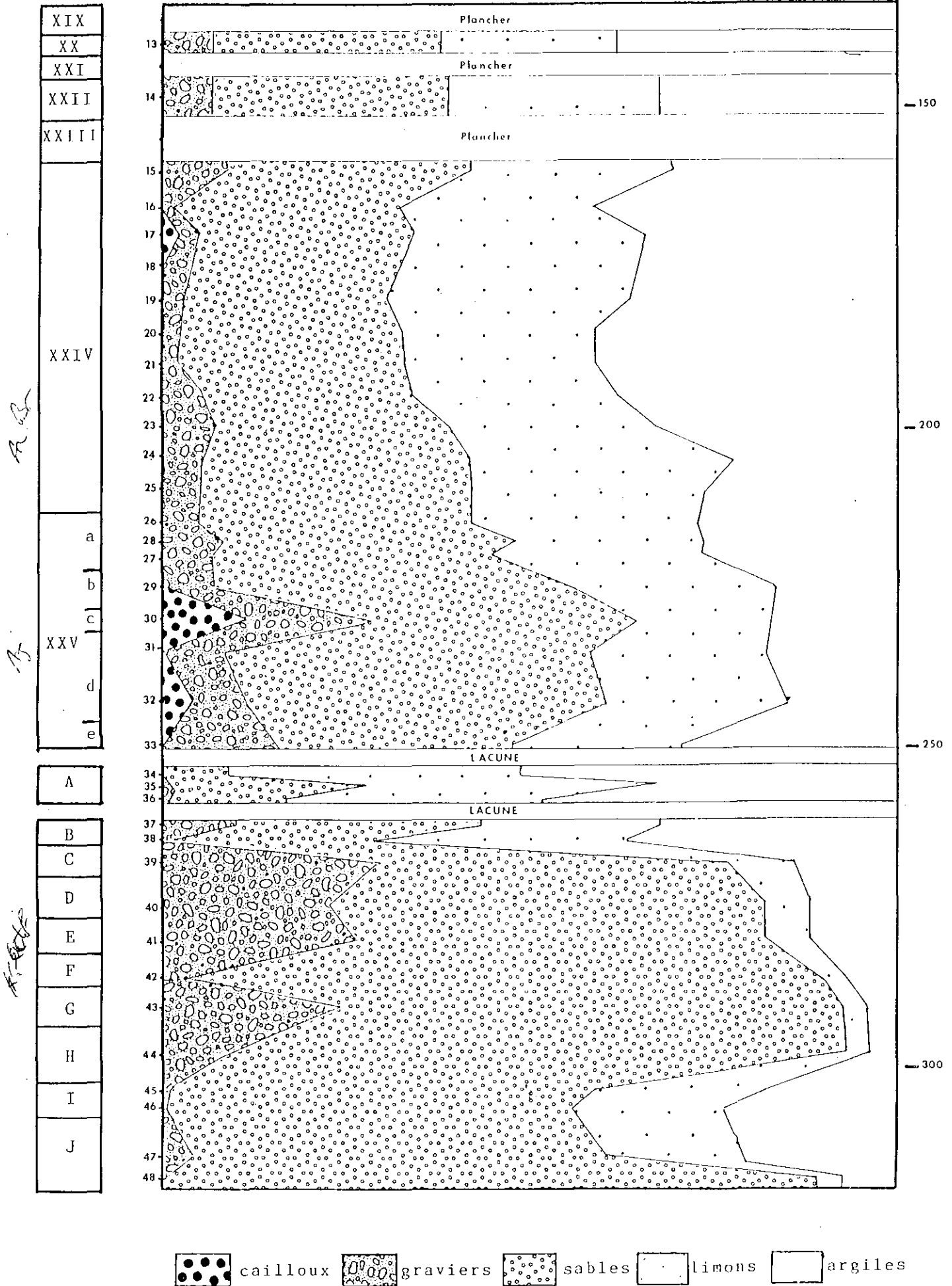
Les paramètres des couches du karst évolué, par contre, sont très homogènes. Ils trahissent un sédiment très mal trié (écart type élevé) dont la moyenne graphique est située dans les sables fins. L'assymétrie est légèrement négative avec un plus grand étalement du coté des fractions grossières. Les variations au sein de cet ensemble sont rares et de très faible amplitude.

Notons pour terminer que dans les deux types de dépôts (karst actif et karst évolué), la fraction fine inférieure à 0,040mm ne présente aucun tri particulier.

### . Granulométrie de la fraction supérieure à 0,040mm décarbonatée

L'attaque de la fraction supérieure à 0,040mm par HCl, aboutit à une perte pondérale d'environ 15 à 25% pour les dépôts du karst évolué, et de 5 à 10% pour le karst actif. Ces pourcentages sont relativement faibles, et la morphologie des courbes granulométriques de la fraction sableuse du résidu insoluble est quasiment identique à celles obtenues sur le sédiment brut (fig.14).

0 50 100 %



cailloux graviers sables limons argiles

Fig. 13 - Coupes B et C. Evolution verticale de la granulométrie globale.

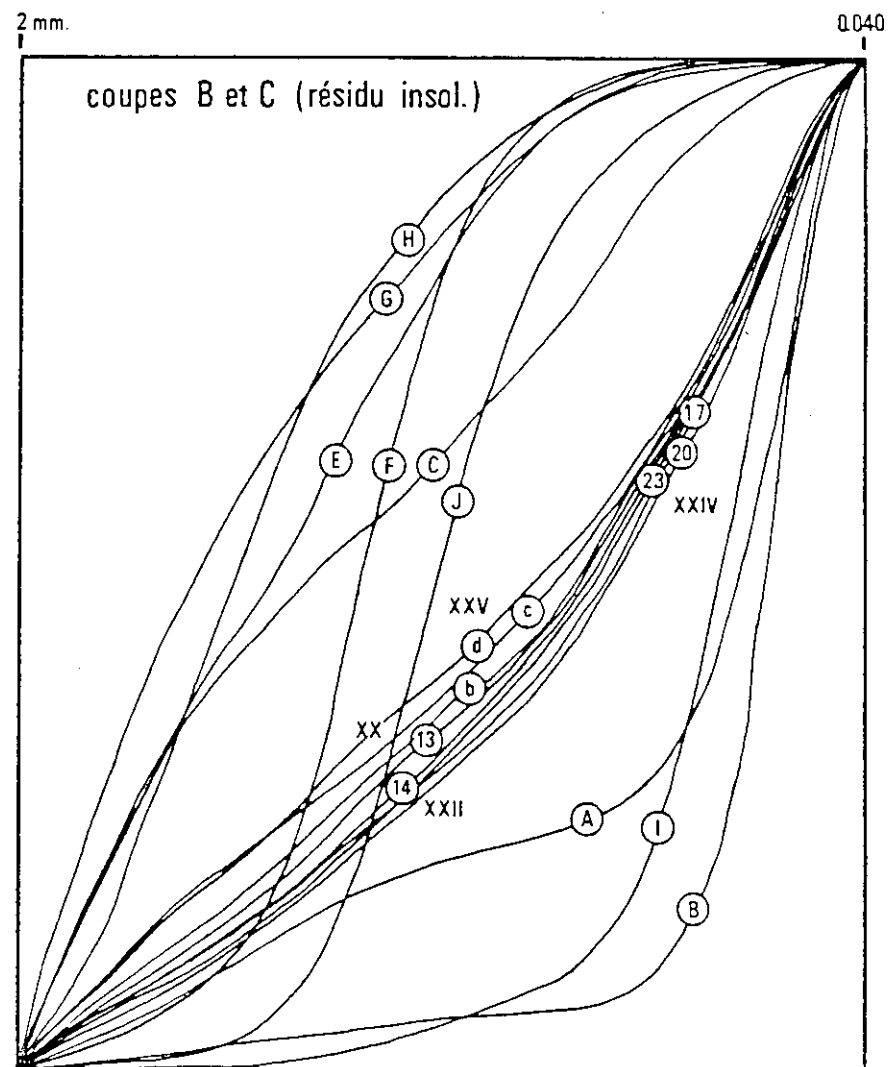
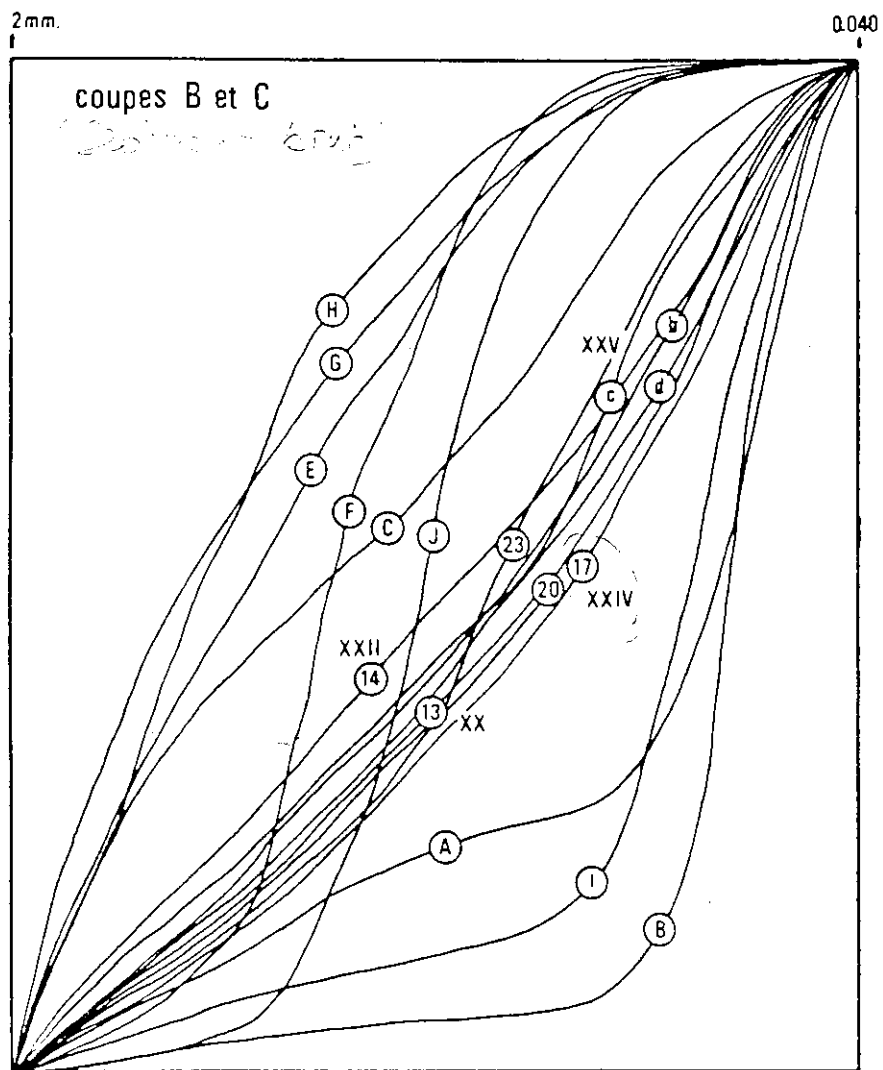


Fig. 14 - Coupes B et C, courbes granulométriques de la fraction sableuse ( échantillons bruts et résidus insolubles ).

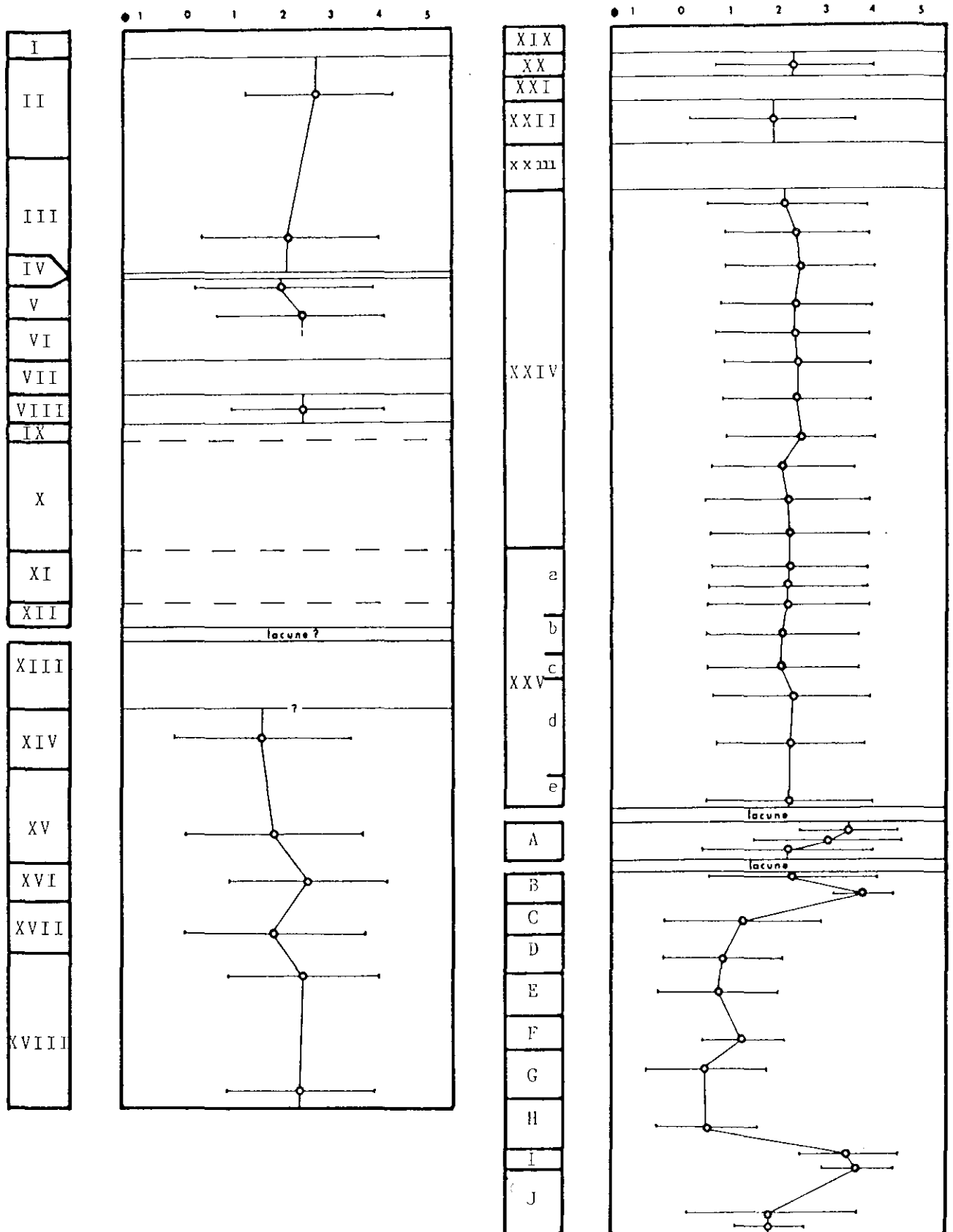


Fig. 15 - Coupes A, B et C évolution verticale de la moyenne et de l'écart type.

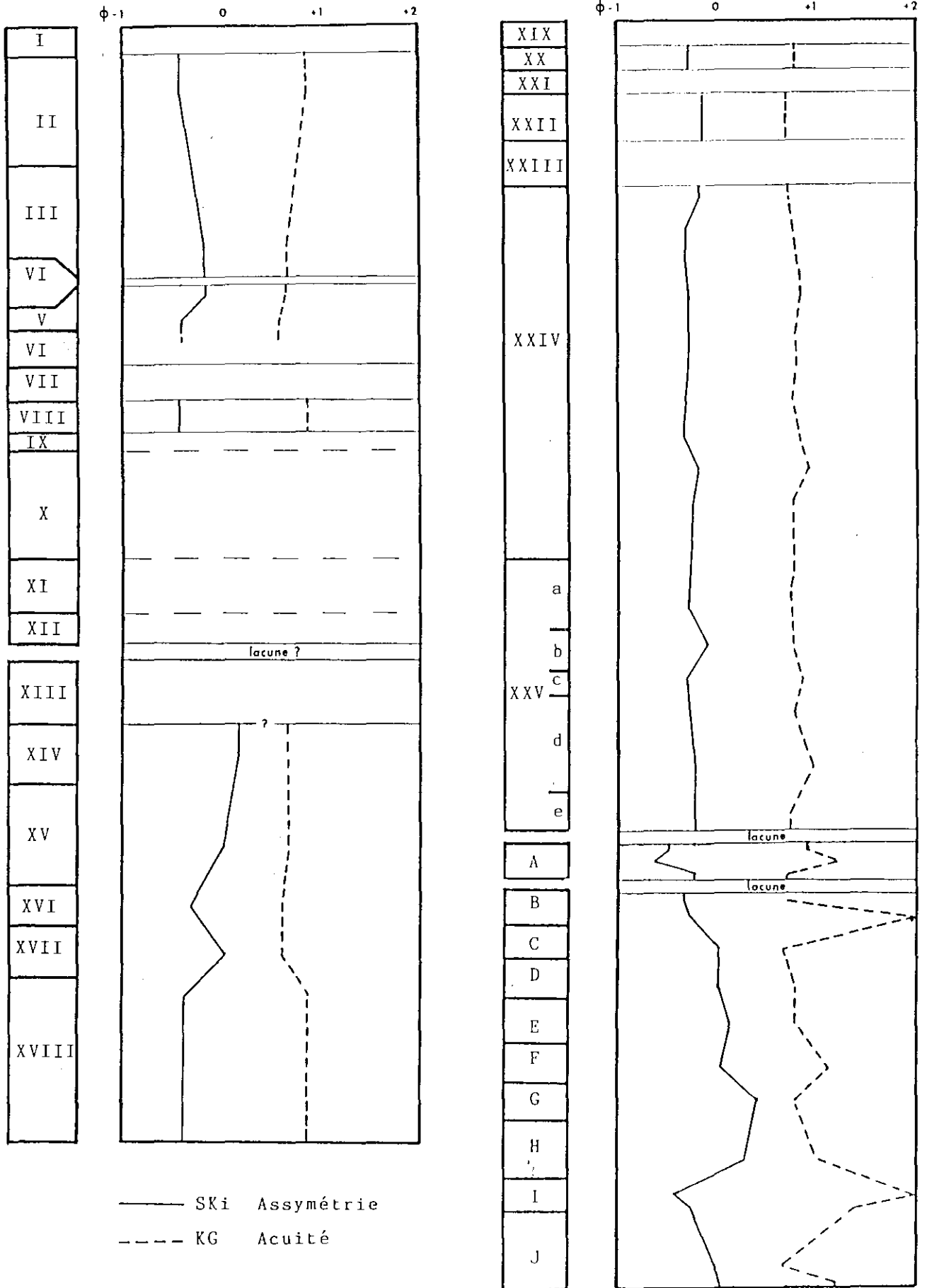


Fig. 16 - Coupes A, B et C. Evolution verticale des indices d'Assymétrie et d'Acuité.

Ce résultat souligne l'absence de fragments de molasse dans le sédiment et le caractère homogène des dépôts du karst évolué face à la variabilité des niveaux du karst actif.

C.- Coupe A, granulométrie de la fraction supérieure à 0,040mm décarbonatée.

La granulométrie du résidu insoluble des sédiments de la coupe A aboutit à une teneur moyenne de 15% de graviers pour 85% de sables environ (fig.18). Même si quelques niveaux tels que la couche XVII montrent une légère augmentation de la fraction grossière (graviers), la variabilité granulométrique est faible.

D.- Comparaison granulométrique des coupes A, B et C.

Comparée à la granulométrie du même résidu insoluble des niveaux du karst évolué des coupes B et C, le pourcentage de graviers et de sables des sédiments de la coupe A est légèrement supérieur.

Cet écart peu s'expliquer par la proximité de la coupe A des zones d'apport du matériel sédimentaire (diaclasses et paroi). Les courbes granulométriques de la coupe A ont malgré tout une allure très identique à celles des autres coupes, le faisceau est légèrement plus étalé du fait du plus fort pourcentage de sable grossier (fig. 17). Le tri reste faible, l'écart type plus important que pour les coupes B et C (proximité des zones d'apport) et la moyenne graphique oscille entre les sables moyens et les sables fins (fig.15 et 16).

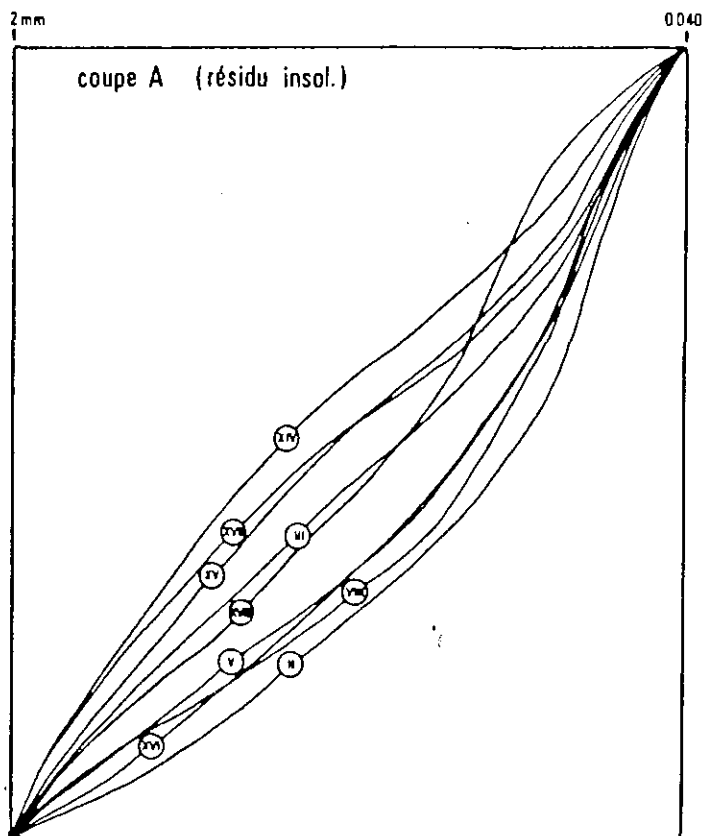


Fig. 17 - Coupe A, courbes granulométriques de la fraction sableuse ( résidu insoluble ).

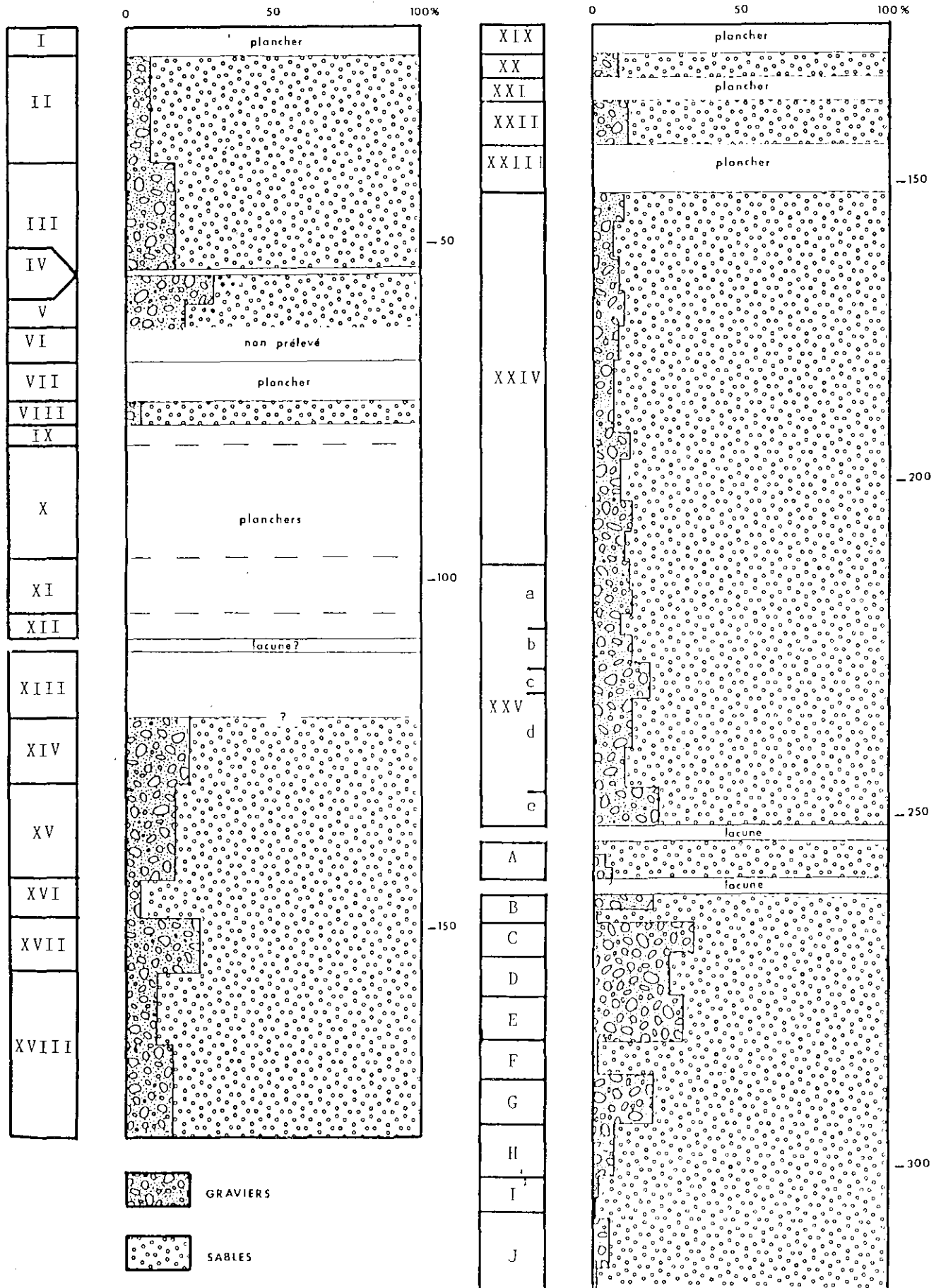


Fig. 18 - Coupes A, B et C. Granulométrie globale du résidu insoluble de la fraction supérieure à 0,040mm.



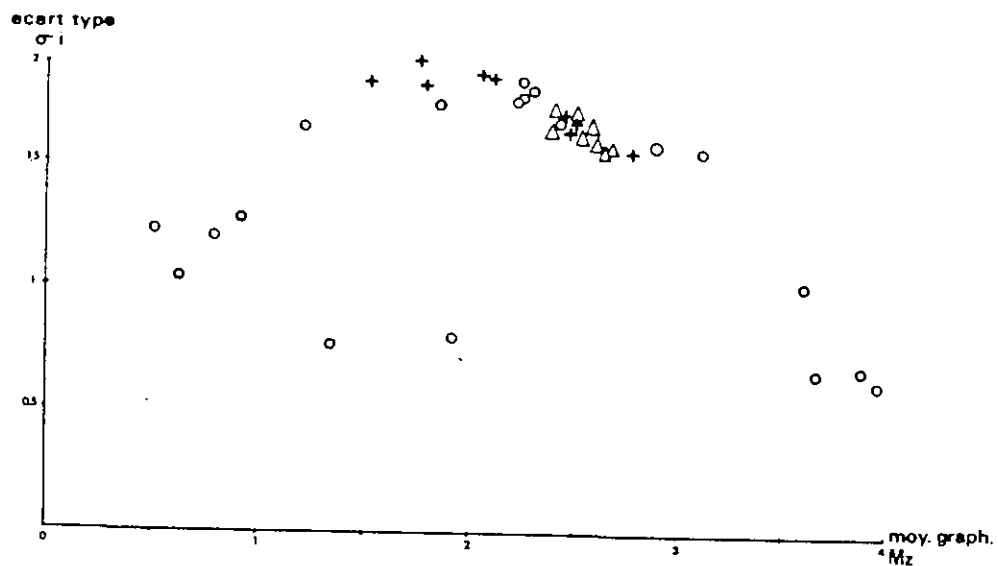
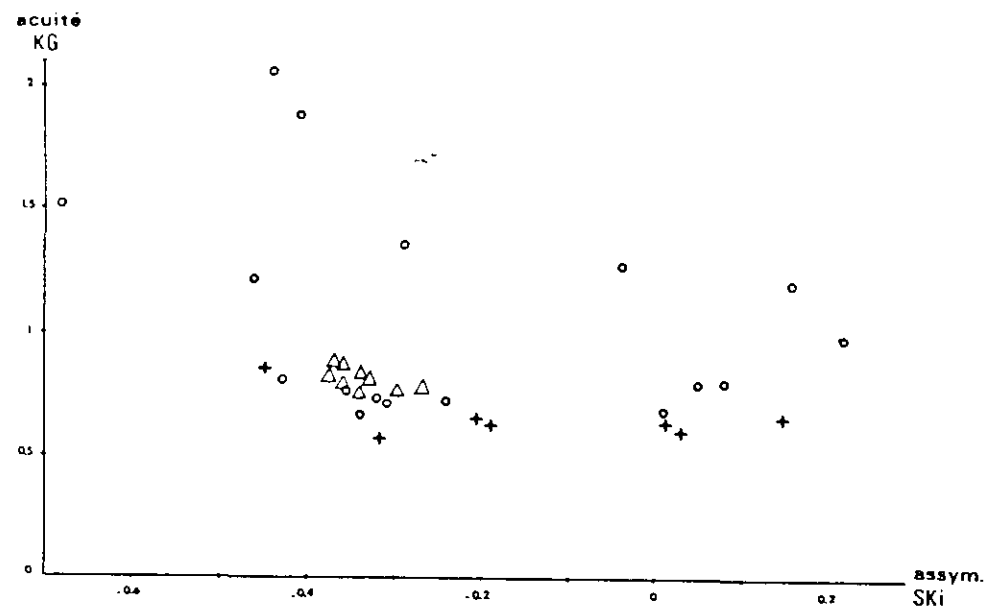
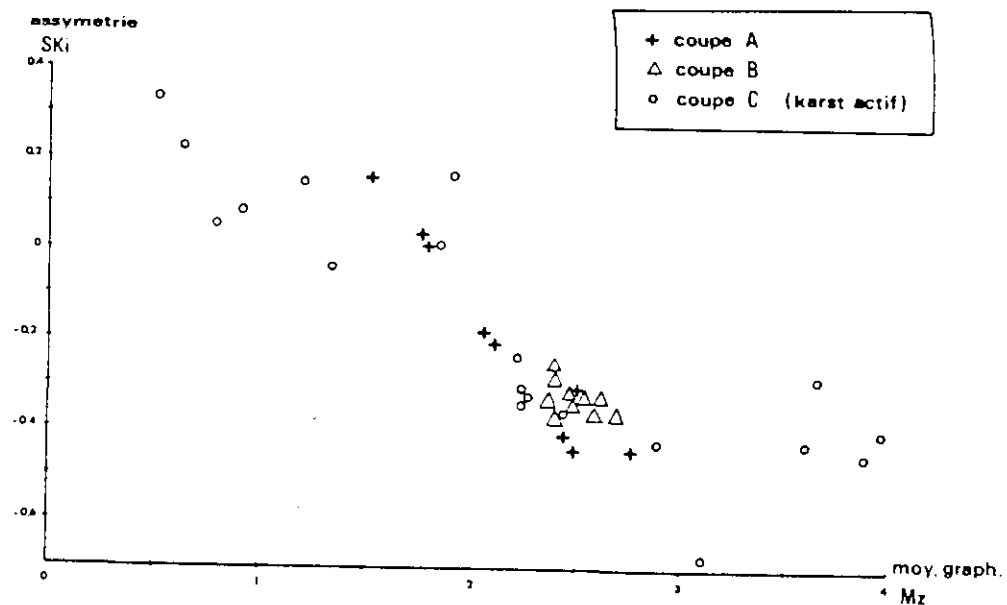
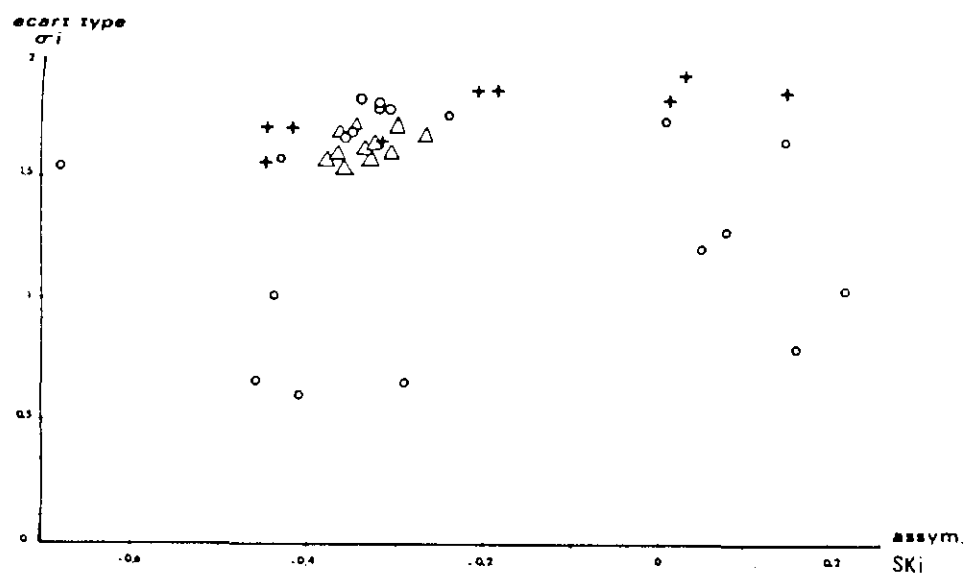


Fig. 19 - Coupes A, B, C. Valeurs de paramètres granulométriques envisagées deux à deux.

L'observation des courbes granulométriques laisse présager de l'homogénéité des dépôts du karst évolué, que ce soit dans les coupes A, B ou C, et de la disparité des niveaux du karst actif. Les relations des valeurs des paramètres (sédiments décarbonatés) envisagées deux à deux (fig.19), nous ont permis de préciser cette hypothèse.

L'analyse des graphiques binaires confirme la concentration des valeurs de paramètre des dépôts du karst évolué, c'est à dire des couches archéologiques ( et principalement des argiles jaunes et brunes des coupes B et C ). Il s'agit donc de dépôts homogènes liés à une dynamique de sédimentation qui n'a pas ou peu varié au cours du temps.

A l'inverse, la dispersion considérable des valeurs de paramètres des dépôts du karst actif, caractérise l'importante instabilité du vecteur sédimentaire hydrodynamique.

### 3.3.4 : Morphoscopie

#### A.- Méthodologie

L'étude morphoscopique est réalisée sous une loupe bino-culaire, sur les grains de quartz de la fraction du sédiment comprise entre 0,5mm et 0,315mm (DUPLAIX 1965).

Pour Fate, ces observations sont réalisées sur un nombre réduit mais représentatif d'échantillons (20 échantillons).

La méthode consiste en général, à distinguer sur les grains les différentes morphologies liées aux différents modes de transport des particules (CAILLEUX 1954).

Cette méthode est inapplicable dans le cas d'un remplissage karstique où les matériaux sont hérités non de roches primaires mais de roches sédimentaires elles mêmes détritiques. De plus , la morphologie des grains n'est guère modifiée de la molasse au remplissage, le transport étant très limité. Seule une observation au microscope électronique permettrait de visualiser l'impact d'un transport aussi court (le RI-BAULT 1977).

L'étude morphoscopique nous renseigne donc plus sur la dynamique sédimentaire de la molasse que sur la dynamique propre au remplissage. L'intérêt de la méthode subsiste dans la détermination de l'origine des matériaux du remplissage, par comparaison avec les données de l'environnement.

Dans nos échantillons, tous les grains sont luisants, le quartz est hyalin ou laiteux. Nous avons donc appliqué une méthode essentiellement morphologique, où les grains sont répartis, suivant leur angulosité, en six classes, des très anguleux au très arrondis. Chaque classe est affectée d'un coefficient multiplicateur qui nous permet, en fonction des pourcentages respectifs, de calculer un indice d'arrondi dont la valeur peu varier de zéro à cent (somme des pourcentages de chaque classe affectés du coefficient). Cent correspond à un arrondi maximum de la forme des grains.

#### B.- Résultats

Quatre échantillons du karst actif et seize du karst évolué ont été étudiés.

Il en résulte une très nette homogénéité des caractères morphoscopiques sur l'ensemble du remplissage.

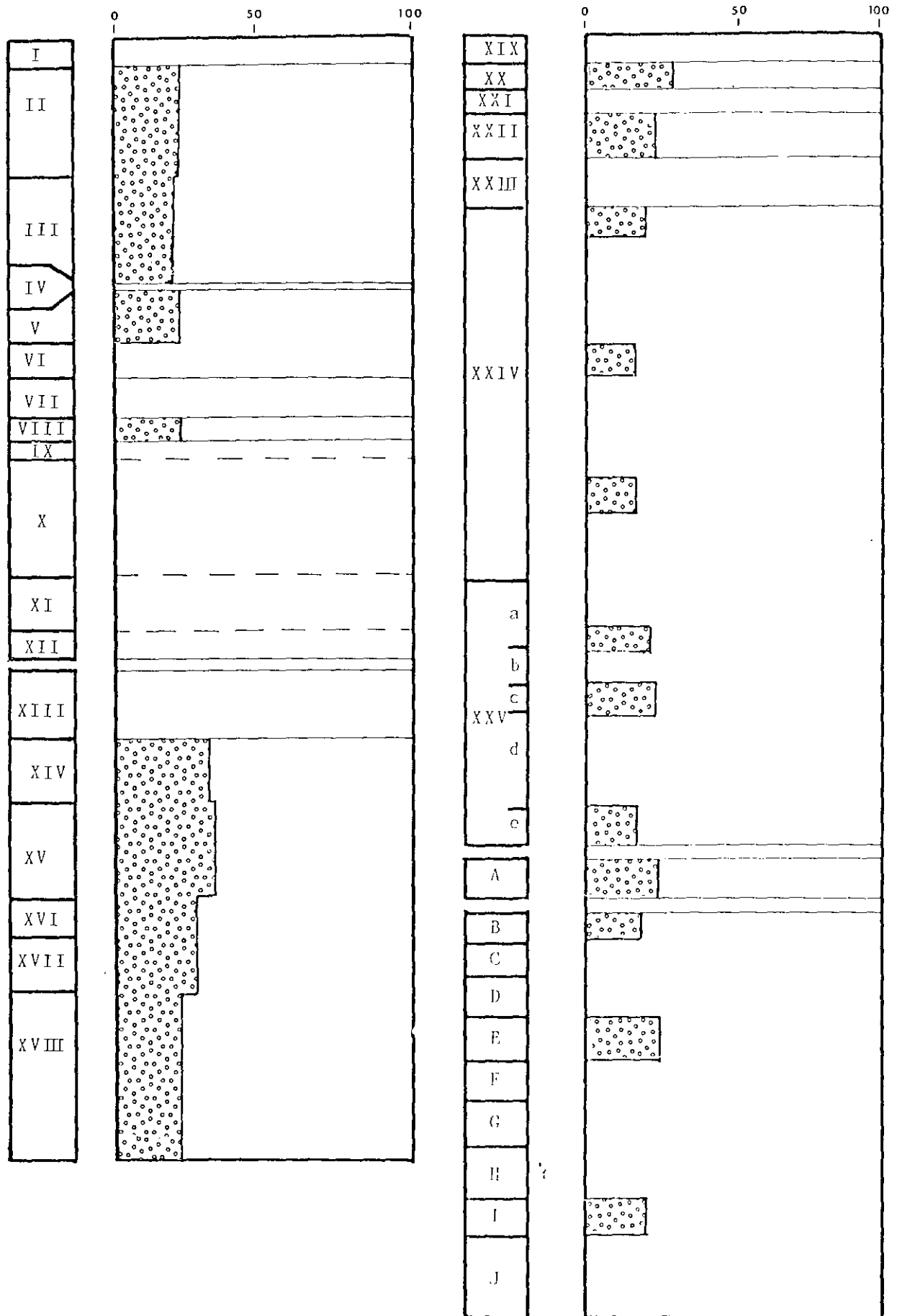


Fig. 20 - Coupes A, B et C. Evolution verticale de l'indice d'arrondi des grains de Quartz entre 0,5mm et 0,315mm.

Autant dans les dépôts de rivière souterraine du karst actif, que dans les couches archéologiques, ou stériles, du karst évolué, l'indice d'arrondi est faible, variant de 19 à 29 (fig.20). Les grains anguleux dominent largement ( de 40 à 70% ) et les grains arrondis ou très arrondis sont inexistant.

Cette constance dans tout le remplissage plaide en la faveur d'une même origine probable des matériaux sur l'ensemble du dépôt, et laisse supposer le faible impact du transport sur les grains (grains anguleux).

### 3.3.5 : Minéraux lourds

#### A.- Méthodologie

Les minéraux lourds (densité supérieure à 2,9) sont séparés du sédiment décarbonaté par décantation dans le bromoforme (PARFENOFF et Al. 1970).

Cette séparation est effectuée sur trois fractions granulométriques distinctes :

- fraction A de 0,5mm à 0,315mm
- fraction B de 0,250mm à 0,160mm
- fraction C de 0,125mm à 0,040mm

Le résidu lourd de chaque fraction est pesé afin de connaître la teneur globale du sédiment en minéraux lourds.

Un nombre représentatif de grains est ensuite monté sur lame, puis déterminé et compté au microscope optique polarisant.

Cette méthode permet d'envisager en termes qualitatifs et quantitatifs la fraction lourde du sédiment. Elle nous renseigne sur l'origine du stock minéral.

Cette étude a été réalisée sur seize échantillons représentatifs du remplissage (25 pour la teneur globale).

#### B.- Résultats

##### . Teneur globale :

Du point de vue minéraux lourds, seule la fraction C a une signification quantitative. Les fractions A et B sont pour la plus grande partie, constituées de fragments de roches diverses (gneiss, micaschistes, etc...). La teneur pondérale de ces fractions est alors étroitement liée à la désagrégation (altération) de ces fragments très fragiles.

La fraction C, par contre, est uniquement constituée de minéraux denses isolés. Les teneurs globales de cette fraction sont faibles (fig.21).

Les dépôts du karst actif sont caractérisés, comme pour la granulométrie, par une grande variation de la teneur pondérale liée aux variations de compétence du cours d'eau souterrain.

Les dépôts du karst évolué montrent une teneur relativement plus stable où les variations ne sont guère significatives, nous semble t-il, d'une évolution de la dynamique de sédimentation.

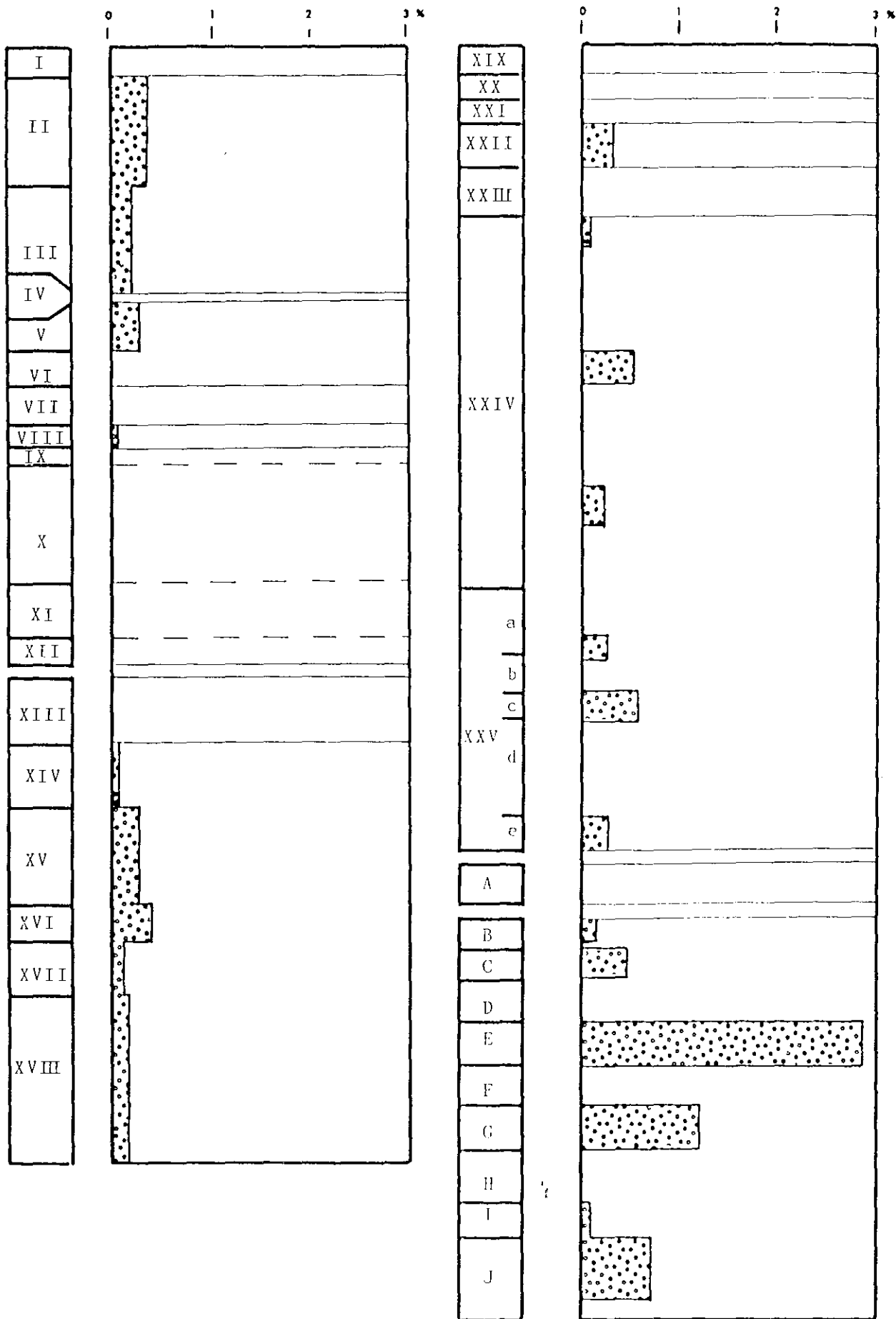


Fig. 21 - Coupes A, B et C. Evolution verticale de la teneur globale en minéraux lourds ( fraction C ).

	TOURNALINE	ZIRCON	GRENAT	RUTILE	ANATASE	BROOKITE	SPHENE	STAURITIDE	DISTHENE	ANDALOUSITE	SILLIMANITE	CHLORITOIDE	EPIDOTE	AMPHIBOLE	GLAUCOPHANE	PYROXENE MON.	AEGYRINE	HYPERSTHENE	CORINDON	TOPAZE	MONAZITE		OPAQUES	ALTERES
II	1	5	0,9	0,1			0,2	0,9					0,1	3,4	0,2								73,4	4,2
VIII	0,6	3	0,6					0,6					3		0,6								85,8	5,9
III	1,4	3,8	0,9	0,5			0,8	1,3					2,7	2,7	0,1						1,2		77,9	6,5
V	1,1	3,4	0,5	0,5	0,1		1,1	1,					1,4	1,3	0,1							0,1	85,9	3
XVI	2,1	4,5	0,7	0,1			1,5	0,8					3,1	2,7	0,3							0,5	79	4,6
XIV		1	0,3				0,3	0,3					2,6									0,3	86	9,1
XV	2,1	3	0,9	0,2	0,2		2,3	1,2					4,8	4,4	0,2							0,7	69,8	10,2
XVI	1,5	3,7	1,2	0,3	0,3		1,7	1,5					3,5	6,6								0,3	64,9	14,4
XVIII	0,8	2	0,4				0,4	1					4,2	2,8	0,5								82,6	5,4
XXII	0,3	1,9	1,1	0,3			0,8	0,4					4,2	2,9	0,1								82,9	5
XXIV. 15	1,7	1,8		0,5			0,4	0,4					4,5	2,6	0,1								81,1	6,7
XXIV. 19	2,4	7,5	0,6	0,9			0,3	1,6					5,2	4,9	0,1							0,1	72	4,3
XXIV. 23	1,2	3,5		1,5			0,6	1,4					3,3	5,4	0,1								72,9	9,9
XXIV. 27	1,5	4,9	0,2	1,2			0,2	0,8					5,4	2,9	0,3							0,3	77,2	4,9
XXV. e	1,6	4,8	0,2	0,9			0,4	0,5					4	2,8	0,3							0,2	80,9	3,3
E	1,2	4,2	0,2	0,4			0,4	0,5					3,1	1,6	0,2							0,2	85,1	2,9
Mol. n° 1	0,3	0,3	0,6	0,1			0,1	0,1					3,1	1,9	0,1							0,1	83	10,2
Mol. n° 2	0,9	3,4	1,9	1,2			0,3	0,3					10,8	6,8	0,3							0,6	61,1	13,5
Dolom.	4	3	0,4	0,7				2,3					9,3	11,1	0,7								64,9	3,4

Fig. 22 - Minéraux lourds coupes A, B, C et environnement.  
 Pourcentages relatifs de chaque espèce minérale de la  
 fraction C ( 0,125mm - 0,040mm ).

. Etude qualitative :

L'étude qualitative des minéraux lourds est réalisée sur la fraction C pour les raisons évoquées précédemment. Les résultats sont exprimés dans la figure 22.

Une dizaine d'espèces minérale a été déterminée. Les minéraux sont souvent altérés et les opaques dominent largement (60 à 80% d'opaques). Leurs caractères optiques et morphologiques nous laissent supposer qu'il s'agit essentiellement d'épidotes altérées auxquelles sont associés quelques oxydes métalliques divers et quelques cubes de pyrite. Les autres minéraux sont classiques du métamorphisme ou des roches magmatiques à l'origine des formations détritiques encaissantes telles que la molasse miocène (gneiss, granites, micaschistes, etc...).

Le spectre minéral est quasiment identique, par sa nature et ses pourcentages, pour l'ensemble des échantillons étudiés, sur la totalité du remplissage.

Les minéraux sont, par ordre de pourcentage décroissant :

- Epidote
- Amphiboles calciques (série trémolite - actinote)
- Zircon
- tourmaline
- staurotide
- sphène
- grenat
- rutile

et plus accessoirement l'anatase et la monazite, en très faible pourcentage dans certains échantillons.

En conclusion, nous pouvons dire que l'homogénéité du spectre des minéraux lourds souligne l'invariabilité de l'origine des matériaux, tout au long de la sédimentation détritique du remplissage. Seule une modification des teneurs pondérales dans les niveaux du karst actif indique une variation de la dynamique sédimentaire.

Ces résultats viennent entérinés les conclusions issues des analyses précédentes (morphoscopie, granulométrie).

### 3.3.6 : Mesure du PH

Les mesures réalisées sur la fraction inférieure à 2mm du sédiment brut des coupes B et C, ne sont guère significatives. Notons toutefois que la valeur du PH des sédiments est légèrement basique, et qu'elle varie de 7,74 à 8,19.

### 3.3.7 : Calcimétrie

La mesure du taux de carbonates n'a été réalisée que sur les dépôts des coupes B et C. Les sédiments calcifiés de la coupe A ne permettent pas de mener une étude significative sur les carbonates et leur répartition.

Deux méthodes nous permettent d'envisager le taux de carbonate :

- La première, déjà décrite au chapitre 3.3.3, correspond à la différence pondérale de la fraction supérieure à 0,040mm avant et après attaque par HCl lors de la granulométrie. Cette méthode est très imprécise puisque l'attaque détruit sans distinction les carbonates et les phosphates. L'étude micromorphologique nous révélera que le taux de phosphates est relativement important dans les sédiments (argiles jaunes et argiles brunes) vis à vis des carbonates plus difficilement observables en lame mince.

Les résultats obtenus (fig.23) sont toutefois significatifs d'un taux de carbonates et de phosphates assez faible pour un remplissage karstique en milieu carbonaté. Certains niveaux, qui correspondent à des zones où les percolations ont manifestement concrétionné le sédiment, affichent un taux plus fort (couche XXIV échantillon n°17, couche XXVc, etc...).

Les niveaux du karst actif enregistrent, à l'inverse, une nette diminution du taux de carbonates + phosphates.

- La seconde méthode employée est le dosage des carbonates par acidimétrie (on attaque à chaud un gramme de sédiment (fraction inférieure à 0,160mm) par HCl titrée, puis on dose HCl qui n'a pas réagit par NaOH).

Cette méthode a l'avantage d'être sélective et de ne doser que les carbonates (calcaires et dolomies). Son emploi sur la fraction fine renseigne sur leur répartition dans le sédiment.

La fraction fine des niveaux des coupes B et C est pauvre en carbonates (fig.23), la teneur est variable entre 4 et 10% dans les argiles brunes et jaunes, plus faible dans les couches du karst actif, où elle est nulle dans certains niveaux.

Ces résultats laissent supposer une faible teneur globale en carbonates, diffus dans la fraction fine, mais essentiellement répartis dans les concrétions illuviales de certains niveaux proches de plancher stalagmitiques sus-jacents, ou de zones favorables aux percolations (précipitation post sédimentaire des carbonates).

Déjà les observations faites lors de la granulométrie, qui seront confirmées par l'étude micromorphologique, soulignaient l'absence quasi totale de fragments (graviers ou sables) de molasse miocène dans le remplissage.



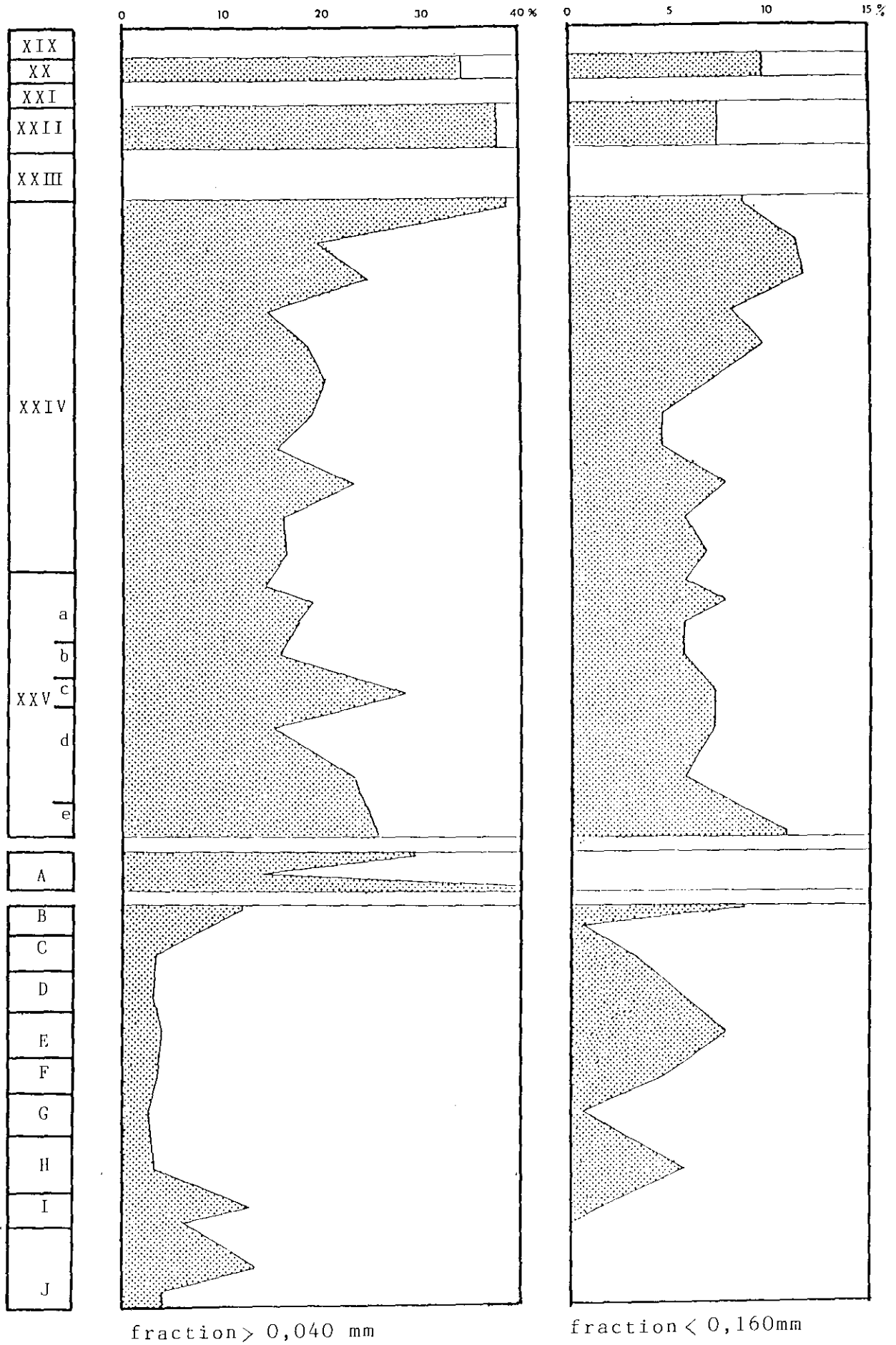


Fig. 23 - Calcimétrie coupes B et C. Teneur pondérale en carbonates (+ phosphates) de la fraction  $> 0,040$  mm et dosage des carbonates de la fraction  $< 0,160$  mm.

### 3.4 : APPROCHE MICROMORPHOLOGIQUE

#### 3.4.1 : Méthodologie

L'étude micromorphologique a été réalisée sur les dépôts des coupes B et C (couches XXIII, XXIV, XXV, B, C, D, E, F), C'est à dire les argiles brunes et le plancher sus-jacent, les argiles jaunes et les derniers niveaux du karst actif. Quinze lames au total ont été réalisées et étudiées.

Les échantillons sont prélevés orientés et non perturbés, puis imprégnés sous vide par une résine transparente et isotrope. Après séchage, les lames sont réalisées selon des techniques semblables à celles utilisées par les pétrographes. Leurs dimensions (65mmX135mm) doivent être suffisantes pour permettre une bonne corrélation entre le terrain et les observations microscopiques (COURTY 1982, GUILLORE 1985). Ces observations sont réalisées au microscope polarisant, à divers grossissement (lumière naturelle transmise ou lumière réfléchie ultraviolette).

Il est évident que cette technique offre l'énorme avantage de pouvoir envisager de manière plus rigoureuse, l'aspect textural et structural d'un sédiment meuble. La méthode est bien sûr plus qualitative que quantitative.

La distinction en lame mince de traits sédimentaires ou post-sédimentaires (traits pédologiques : texturaux, archéologiques, biologiques, etc...) permet entre autre de préciser la dynamique de sédimentation, l'évolution syn- ou post-sédimentaire des matériaux et des structures, ainsi que de déterminer les processus à l'origine de ces évolutions (anthropiques, biologiques, climatiques, etc...).

#### 3.4.2 : Les couches supérieures du karst actif

L'observation à faible grossissement révèle un squelette quartzeux à 80%, composé essentiellement de grains de quartz, ou de quartzite, anguleux ou subanguleux. Les grains de schiste ou de micaschiste sont fréquents, plus arrondis. La présence en nombre de ces matériaux très sensibles à l'altération ou à la désagrégation, doit correspondre à une durée ou un transport relativement court de l'origine (molasse) au dépôt (remplissage).

Le tri et le granoclassement des grains sont bien visibles, très variables selon les niveaux. Les grains sont enveloppés d'un enduit de particules fines (argiles) qui laisse supposer, lors du dépôt de ces niveaux supérieurs du karst actif, un cours d'eau de compétence modérée, la totalité des fines n'ayant pas été entraînées plus à l'aval.

#### 3.4.3 : Le contact discordant entre les dépôts du karst actif et les "argiles jaunes"

Le contact karst actif, argiles jaunes est franc. On passe sans transition d'un niveau de sable fin, quartzeux, bien trié (couche B), aux argiles jaunes de nature totalement différente. Des blocs d'argiles litées, provenant de la couche A, sont remaniés et disséminés à la base des argiles jaunes (l'échantillon est prélevé dans le sondage, au contact entre la couche B et les argiles jaunes). Leur présence atteste d'une phase d'érosion entre le dernier dépôt probable de karst actif (ou le dernier niveau non érodé ?) et le dépôt des argiles jaunes (lacune d'érosion). Cette lacune, déjà observée sur le terrain lors du relevé des coupes stratigraphiques, est donc la seconde phase d'érosion qui a affecté le remplissage. La première étant à l'origine de la discordance entre la couche A et les niveaux sous-jacents (couches B, C, D, etc...).

#### 3.4.4 : Les argiles jaunes

L'ensemble des argiles jaunes présente un faciès micromorphologique assez stable. Le dépôt est caractérisé par :

- Une porosité très forte en chenaux , parfois subhorizontaux mais le plus souvent sans orientation préférentielle.
- Une forte agrégation du sédiment
- L'absence totale de trait sédimentaire (litages, etc..).

L'observation détaillée permet de préciser d'avantage. Le squelette est généralement constitué de grains de quartz ou de quartzite subanguleux, parfois arrondis. Les grains de schiste ou de mica-schiste sont rares, à l'inverse des dépôts du karst actif.

On a pu penser que l'aspect stérile des argiles jaunes, provenait d'une reprise géochimique qui aurait détruit les os, sensibles à l'altération. Or les esquilles d'os existent dans les lames minces des argiles jaunes et excluent cette hypothèse. Elles sont présentes en très faible quantité et correspondent le plus souvent à des os de microfaune légèrement corrodés. Elles sont accompagnées de quelques coprolithes.

Le plasma est composé de silts et d'argiles brunes rougeâtres, probablement des illites (forte biréfringence du plasma).

. traits pédologiques :

Nous avons déjà souligné l'absence totale de trait sédimentaire ainsi que la forte agrégation et porosité du sédiment. À ces caractères s'ajoutent la présence fréquente de vésicules (vides) subcirculaires et de coiffes autour des grains du squelette (agencement concentrique des paillettes du plasma autour des grains). Ces traits sont caractéristiques d'action périglaciaires (COURTY 1982, FEDOROFF 1984). Ils correspondent à des phénomènes de gélivation de la phase aqueuse du sédiment (vésicules, porosité) et de cryoreptation des particules fines (coiffes). La forte agrégation pourrait elle aussi être liée à ces phénomènes périglaciaires.

Il apparaît donc que les traits sédimentaires aient été complètement oblitérés par ces phénomènes à l'origine de l'homogénéisation totale du sédiment.

Les manifestations périglaciaires semblent toutefois incomplètement exprimées. Les traces d'hydromorphie sont rares, aucun lessivage lié au dégel par exemple, ne semble avoir affecté le sédiment.

Il apparait d'ailleurs que le dépôt n'ai jamais subit de percolations (autres que très localisées) ni de lessivage (pas de migration des éléments fins, pas de déstructuration des coiffes, etc...). La cavité devait donc être relativement sèche.

#### 3.4.5 : Les argiles brunes

Le passage des argiles jaunes aux argiles brunes est progressif. Il s'est établi sur une dizaine de centimètres et correspond à une augmentation de la fraction fine au détriment des silts et sables fins, et à une disparition des caractères périglaciaires (coiffes et vésicules).

##### . traits sédimentaires :

Ils sont inexistant, mis à part dans une lame correspondant aux derniers centimètres des argiles brunes, où des remaniements locaux et tardifs, sous l'action de l'eau, se sont produits (ces remaniements sont attestés en outre, par la présence d'un tessou de poterie dans ce niveau qui est peut-être acheuléen, en tout cas moustérien !).

##### . traits pédologiques :

La porosité est importante, du même type que celle qui perturbe les argiles jaunes. Si associent également des traces très nettes de bioturbation (galeries) et une agrégation totale du sédiment.

Le plasma est très fin, essentiellement constitué d'argile brun rouge (illites) plus ou moins orientées.

Le squelette est également du même type que pour les argiles jaunes, les esquilles sont cette fois-ci plus nombreuses et plus grosses, assez bien conservées. Les coprolithes sont nombreux, riches en fibres végétales bien visibles, quelques uns contiennent des fragments osseux. Quelques charbons apparaissent disséminés dans le sédiment. Il est intéressant également de noter la présence de masses ovoïdes qui pourraient correspondre à des fragments de sol pédologique issus du plateau, descendus par les fissures et diaclases du karst.

Des fragments de molasse, très peu nombreux existent dans le dépôt. Ils sont alors complètement décarbonatés et l'on observe parfois un fantôme silicaté du carbonate (trame d'opale), dû aux impuretés du calcaire (FEDORFF 1984) et qui enserme encore quelques éléments terrigènes (quartz, quartzite)

Nous l'avons déjà dit, aucun impact périglaciaire n'est perceptible et le sédiment semble complètement remanié par la micro et la mésofaune du sol. Le sédiment porte les stigmates d'une très forte activité biologique (BULLOCK et Al. 1987). Il ne nous est pas possible de dire si les caractères périglaciaires ont existés et s'ils ont été oblitérés par l'activité biologique. Cette activité organique est très certainement à l'origine de la disparition des traits sédimentaires et de l'homogénéisation complète du sédiment.

Comme dans le cas des argiles jaunes, les phénomènes d'hydromorphie sont rares, limités à des enduits d'oxydes de fer et de manganèse dans certains vides. Ils peuvent avoir une origine organique (FEDOROFF 1984).

### 3.4.6 : Le plancher stalagmitique XXIII

La structure du plancher stalagmitique est classique. Constitué de microcristaux de carbonates à agencement palissadique, il est composé d'une succession lits mamelonnés ou en chevrons, plus ou moins pollués par des argiles.

Les éléments terrigènes sont rares (quelques quartz). De nombreuses cavités verticales de dissolution, dans le sens de l'agencement palissadique, affectent ce plancher.

### 3.4.7 : Phosphates et matière organique

L'étude des lames en lumière réfléchie ultra violette permet de visualiser plus aisément la répartition et la nature des phosphates qui sont fluorescents au U.V.

Ils sont relativement nombreux dans les argiles jaunes et les argiles brunes du remplissage de Fate. La paragenèse phosphatée, s'exprime différemment selon les niveaux mais apparaît beaucoup plus importante que les néoformations carbonatées, très rares et localisées (concrétions illuviales, calcite en aiguilles dans certains vides, etc..).

A la base, dans les argiles jaunes, les phosphates s'expriment en nodules recristallisés, fibroradiés (certainement des phosphates calciques type Apatite) et en liserés diffus imprégnant les parois des vides.

Les os et les coprolithes sont fortement fluorescents, mais les phosphates, dans ce cas, sont parfaitement circonscrits à la surface de l'os ou du coprolithe. Il n'y a pas d'échange phosphaté visible avec le sédiment voisin.

Les rares fantômes de fragments carbonatés de la molasse sont souvent complètement épigénisés par les phosphates, phénomène courant dans les remplissages de grotte (FEDOROFF 1984).

Dans les argiles brunes, les nodules phosphatés sont quasi inexistants et les liserés qui impregnaient les parois des vides dans les argiles jaunes, semblent s'étendre cette fois, à l'ensemble du fond matriciel qui apparaît beaucoup plus fluorescent.

L'utilisation des U.V. souligne le très fort taux de coprolithes des argiles brunes.

#### . Origine des phosphates :

L'origine de ces phosphates de néoformation est à rechercher dans la très forte teneur originelle du sédiment en matière organique, généralement riche en phosphates solubles.

La faune du sol, par son activité, favorise l'incorporation de cette matière organique à la matière minérale (FEDOROFF 1984).

---

Chapitre IV. : ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT  
LITHO-STRUCTURAL

---

A ce stade de l'étude, l'origine du matériel sédimentaire ne peut être envisagée que par l'analyse du cadre litho-structural, c'est à dire de la masse calcaire constituant le karst et sa couverture non carbonatée (formations superficielles du plateau) (RENAULT 1987).

Les données de l'environnement sont appréhendées de deux façons :

- analyse du résidu insoluble des divers faciès de la molasse miocène encaissante.
- analyse des faciès d'altération ou de désagrégation des dolomies triasiques (brèche intraformationnelle) proches du karst, sur le plateau de Manie.

#### 4.1 : LA MOLASSE MIOCENE

Deux échantillons ont été attaqués par HCl à froid, jusqu'à destruction totale du calcaire. Les analyses ont porté sur la fraction supérieure à 0,040mm du résidu insoluble et sont identiques à celles pratiquées sur les sédiments du remplissage.

L'échantillon n°1 provient des parois de la grotte dans le Corridor 3; l'échantillon n°2 de la falaise, à l'extérieur, dans les faciès supérieurs du membre de Monte Cucco (molasse plus compacte). Les deux échantillons sont riches en éléments terrigènes (quartz, quartzite, schistes, etc...).

##### 4.1.1 : Granulométrie

L'analyse granulométrique du résidu insoluble, et en particulier l'allure des courbes, n'est guère significative puisqu'elle correspond aux conditions de genèse de la molasse, et que les matériaux sont ensuite perturbés avant d'aboutir dans le remplissage.

On peut toutefois noter que les classes modales correspondent aux sables moyens et grossiers dans les deux échantillons et que la fraction supérieure à 20mm est quasiment inexistante dans le résidu insoluble. Cette répartition granulométrique concorde bien avec les données obtenues sur les dépôts du remplissage.

##### 4.1.2 : Morphoscopie

L'indice d'arrondi calculé d'après l'observation des grains de quartz d'un diamètre compris entre 0,5mm et 0,315mm, est de 11,2 (ech.n°1) et 14,7 (ech.n°2), soit un arrondi très faible et une dominance des grains anguleux et très anguleux. Les grains du remplissage sont donc légèrement moins anguleux (I.A. moyen : 23,3).

#### 4.1.3 : Minéralogie de la fraction supérieure à 0,040mm

La minéralogie du résidu insoluble des deux échantillons est très proche de celle de la fraction identique du remplissage. Il s'agit essentiellement de grains de quartz. Les fragments de roches cristallophylliennes sont plus nombreux mais très sensibles à la désagrégation.

##### . Minéraux lourds :

La teneur en minéraux lourds est très proche de celle des sédiments du Corridor 3 (fraction C). Elle est de 0,33% pour l'échantillon n°1 et de 0,59% pour l'échantillon n°2 pour une moyenne de 0,4% dans le remplissage.

Le cortège minéral est le même et les proportions relatives identiques. Seul l'échantillon n°1 contient des cubes de pyrite, également présents dans les dépôts du karst évolué dans le Corridor 3.(fig.22)

#### 4.2 : LES FORMATIONS DE COUVERTURE DE LA DOLOMIE TRIASIQUE

A proximité du réseau de Fate, sur le plateau, outre les sols qui se développent sur la molasse, existent des affleurements de dolomie triasique dont les faciès d'altération peuvent intéresser le remplissage du Corridor 3 (apports par les diaclases du karst).

Comme l'ont démontré de nombreuses études (DEMANGEON 1967, FENELON 1974), ces sols ne correspondent pas uniquement au résidu insoluble du substrat sur lequel ils se développent, mais contiennent une part non négligeable de colluvions.

Nous avons donc procédé sur ces formations de plateau, à une étude du même caractère que celle réalisée sur le résidu de la molasse

##### 4.2.1 : Granulométrie et morphoscopie

Les classes granulométriques modales du sédiment sont de diamètre légèrement plus faible que pour le résidu insoluble de la molasse (sables fins). La morphoscopie des grains de quartz révèle un indice d'arrondi faible, égal à 23,2 et une composition de 84% de grains subanguleux pour 16% de subarrondis.

##### 4.2.2 : Minéralogie

Les fragments de roches type schiste, micaschiste, etc...sont inexistantes et les éléments terrigènes sont essentiellement quartzeux.

La fraction lourde (fraction C) a une teneur globale de 0,35% et le cortège minéralogique est identique à ceux du résidu insoluble de la molasse et des sédiments du remplissage, mis à part l'absence de sphène dans l'échantillon traité et le plus fort pourcentage de staurotide (fig. 22).

---

Chapitre V. : ORIGINE DU MATERIEL SEDIMENTAIRE DU REMPLISSAGE

---

5.1 : LE MATERIEL DES DEPOTS DU KARST ACTIF

Nous l'avons déjà souligné, le réseau karstique de Fate se développe à l'interface du poudingue tertiaire et de la molasse miocène.

Les dépôts du karst actif semblent avoir une origine double:

- A la base, de la couche Q à la couche L, les matériaux proviennent de l'érosion du poudingue par un cours d'eau souterrain, plus ou moins violent.

Cette origine est confirmée par la présence des niveaux à cailloutis siliceux ( Q, O, M ) et la nature des couches sableuses ( P, Nb Nc, L ) dont la minéralogie et la morphologie des grains (arrondis et subarrondis) sont très semblables à celle des sables qui cimentent les galets du poudingue miocène. La variabilité du dépôt ne serait liée qu'aux variations de puissance du vecteur hydrodynamique.

- Pour la partie supérieure (couches K à A), les matériaux semblent plutôt provenir de la désagrégation de la molasse miocène.

Comme l'atteste la morphologie des grains de quartz, il s'agit de matériaux issus par dissolution ou érosion mécanique, directement de la molasse et non des faciès d'altération de cette molasse dans lesquels les fragments de roches "sensibles" (schistes par exemple) sont complètement altérés et quasi inexistantes.

Comme dans la plupart des cas, les dépôts du karst actif, qui correspondent à la phase active de la spéléogénèse, sont extrêmement pauvres en carbonates. La nature agressive des eaux du réseau profond qui président à ces dépôts, ne permettent ni la précipitation des carbonates, ni leur conservation in situ (RENAULT 1970).

5.2 : LES DEPOTS DU KARST EVOLUE

Les argiles jaunes et brunes, ou encore les niveaux de sédiment de la coupe A, ont une nature très identique qui suppose une même origine.

Nous avons vu, par les diverses analyses, que leur faciès est très proche du résidu insoluble de la molasse. Une partie du dépôt doit être héritée de la désagrégation par dissolution (ou cryoclastie ?), des parois même du Corridor. Mais ce processus ne peut expliquer à lui seul la genèse d'un tel volume de sédiment (MISKOVSKY 1974, LAVILLE 1970, CAMPY 1982).

Si les éléments grossiers (cailloux, blocs) proviennent effectivement du système pariétal (ainsi qu'une faible partie de la fraction fine), l'essentiel du dépôt provient de la désagrégation des formations meubles du plateau, développées sur la molasse et peut être la dolomie triasique. La nature de ces formations n'est en aucun cas contradictoire avec celles du remplissage.



L'arrivée de ces matériaux fins dans la cavité, ce fait par l'intermédiaire du réseau supérieur de diaclases ( dépôts de karst "aveugle" de M. CAMPY 1982).

Plusieurs points confirment cette hypothèse:

- . masse importante de matériel limono-argileux.
- . fragments de roches type schistes très rares
- . fragments de sol pédologique observés en lame mince
- . nature rouge brunâtre du plasma

Nous n'avons pu malheureusement réaliser une étude diffractométrique au rayons X sur les argiles de l'une et l'autre des formations. Une telle étude paraît indispensable pour confirmer ce lien et préciser l'importance et la nature des échanges plateau / réseau.

Les planchers stalagmitiques quant à eux sont très pauvres en éléments terrigènes grossiers. Seule la présence dans certains planchers, d'une fraction très fine d'argiles mêlées à la calcite souligne une légère "pollution" d'argiles dans les eaux de ruissellement.

---

## Chapitre VI. : CHRONOLOGIE, DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE ET PHENOMENES PALEOCLIMATIQUES ASSOCIES

---

Au cours du remplissage du Corridor 3, la dynamique de sédimentation, l'origine des matériaux, ont considérablement évoluées.

L'étude des sédiments qui le constituent, nous permet de reconstruire l'histoire du dépôt, en distinguant plusieurs phases successives liées à l'évolution des conduits du karst et des conditions paléoclimatiques, génératrices de phénomènes sédimentaires.

### 6.1 : DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DU KARST ACTIF

Tous les dépôts du karst actif sont liés à un vecteur hydrodynamique d'intensité variable. Les sédiments "enregistrent" cette énergie de dépôt (fig.24).

#### 6.1.1 : Phases successives des dépôts

- Phase 1 : Consécutivement au premier stade de la spéléogénèse (élargissement des conduits), s'établit un premier dépôt grossier (couches O, P, Q) lié à une rivière souterraine qui parcourt le réseau en charriant des matériaux arrachés au substrat à l'amont du Corridor. Cette phase qui débute par un vecteur de transport puissant (couche Q) va vers une diminution très nette de la compétence du cours d'eau, malgré un récurrent plus grossier (couche O).

NIVEAU	ENERGIE VIOLENTE ( calloutis )	FORTE ( tri grossier )	MOYENNE ( bon tri )	FAIBLE ( sables fins )	TRES FAIBLE ( décantation )
A			+		+
B				+	
C		+			
D+E		+			
F			+		
G			+		
H			+		
I				+	
J			+		
K			+		
L <sup>a</sup> b			+	+	
M	+				
N <sup>a</sup>					+
N <sup>b</sup> c				+	
O		+			
P			+		
Q	+				

Fig. 24 - Evolution verticale de l'énergie de dépôt des niveaux du karst actif.

La couche N, d'abord riche en lentilles sableuses, se termine par un dépôt d'argiles litées, correspondant à un milieu sédimentaire très calme, soit une décantation de type lacustre, soit dépôt de galerie noyée et mise en charge totale du réseau (en galeries noyées, ralentissement des écoulements et sédimentation des particules fines). Cette phase de dépôt correspond à la phase la plus active du réseau karstique.

La taille des conduits évolue certainement en parallèle avec les dépôts et ses dimensions doivent s'accroître simultanément (érosion par les eaux souterraines et évolution atmosphérique).

- Phase 2 : Elle débute par une modification brutale de l'énergie du vecteur hydrodynamique. La compétence et la charge deviennent nettement plus importantes. Le dépôt correspond à nouveau à des matériaux grossiers (couche M) arrachés par la rivière au poudingue tertiaire et à des galets d'argiles roulés arrachés et repris à l'amont, d'un remplissage antérieur.

De par leur nature, les argiles de la couche N ont bien résisté à l'érosion et même s'il existe une légère lacune d'érosion à ce niveau, le cours d'eau violent n'a pu entamer complètement cette couche. Cet épisode est suivi du dépôt plus calme de la couche L.

- Phase 3 : Elle est sans conteste d'une énergie plus faible et même si l'origine des matériaux semble évoluer (chap. 5.1), les dépôts correspondent toujours à la présence dans le Corridor d'un cours d'eau souterrain dont la puissance est variable mais reste modérée (couches K à B).

Cette phase est une alternance de phénomènes d'érosion et de dépôt, caractérisée par des sédiments fins le plus souvent granoclassés, lenticulaires et fréquemment discordants. Les structures entrecroisées sont nombreuses et attestent d'un cours d'eau très irrégulier.

- Phase 4 : C'est le dernier épisode du karst actif (couche A). Il débute par une phase d'érosion qui évacue une partie du remplissage. L'importance de cette lacune n'est pas quantifiable, l'observation est trop ponctuelle et l'érosion a pu "effacer" plusieurs niveaux postérieurs à la couche B.

Suite à cet épisode destructeur (crue violente ?) vont se déposer des argiles de décantation, en flaques plus ou moins vastes, qui seront remaniées par des circulations hydriques parfois plus violentes qui perturberont considérablement le faciès du dépôt originel (galets d'argiles roulés, etc..).

#### 6.1.2 : L'exutoire

Ces dépôts liés à une rivière souterraine dans le Corridor 3, nécessitent la présence d'un exutoire à l'aval de la salle. Il est improbable que le conduit qui sert à pénétrer aujourd'hui dans le Corridor ait servi continuellement d'exutoire au cours d'eau. Il devait l'être au tout début de la formation des galeries, mais sa position très haute et l'allure des dépôts du karst actif nous laissent supposer qu'il a rapidement été abandonné au profit d'un autre exutoire, plus bas, et ne servir plus que d'exutoire de crue.

Cette modification de la position de l'exutoire s'expliquerait par un abaissement du niveau de base du réseau.

L'exutoire principal, situé en partie basse du remplissage coté Ouest du Corridor, n'a probablement pas été totalement colmaté par les dépôts du karst actif. Un phénomène de soutirage, lié à la position de cet exutoire, semble avoir affecter les dépôts archéologiques.

### 6.1.3 : Paléoclimatologie

Du point de vue paléoclimatique, les dépôts du karst actif ne sont pas de très bons indicateurs. Un réseau karstique est en réalité un collecteur qui amplifie les circulations hydriques dans un massif.

On peut cependant penser que de telles circulations dans ce réseau de faible profondeur sous la surface et l'absence de réseau supérieur plus ancien, correspondent à un contexte où les phénomènes hydrologiques sont bien exprimés (pluviosité, circulations, etc...), donc un climat relativement tempéré.

Il convient toutefois d'être prudent, il est en effet très difficile d'appréhender de manière précise la durée de formation du karst. De nombreuses conditions climatiques peuvent avoir présidé à la formation des galeries et du remplissage du karst actif.

## 6.2 : LE KARST EVOLUE ET LE DEPOT DES COUCHES ARCHEOLOGIQUES

Le dépôt des couches du karst évolué est marqué par la disparition dans les galeries du réseau actuel de tout cours d'eau souterrain et de dépôts associés.

La base est marquée par une importante lacune d'érosion qui ravine la surface du dépôt de karst actif et provoque une évacuation des sédiments le long de la paroi Nord.

Cette érosion pourrait correspondre à une phase transitionnelle de réchauffement climatique humide, généralement plus destructrice que génératrice de dépôts (CAMPY 1982).

Couche XXV (argiles jaunes) : Par rapport au karst actif, la dynamique sédimentaire évolue complètement. Les matériaux issus de la désagrégation des parois de la grotte mais surtout des formations de plateau aboutissent dans la cavité et sont sédimentés par ruissellement pelliculaire ou gravité. Ces dépôts fins s'accompagnent de blocs nombreux, tombés de la paroi ou du plafond sous l'impulsion de la gravité, mais peut être également de l'action du gel et du dégel qui semble se manifester dans la cavité lors du dépôt (micromorphologie).

De par sa position dans le réseau karstique, le Corridor 3 ne semble subir qu'une action modérée du climat périglaciaire (cryoclastie faible) mais suffisante pour imprimer au dépôt des caractères de gélivation évidents et en particulier une homogénéisation complète du sédiment.

Le climat froid a dû favoriser la désagrégation des formations du plateau et l'importance du remplissage karstique.

Couche XXIV (argiles brunes): Les conditions se modifient légèrement pour le dépôt des argiles brunes, mais la transition est progressive (pas d'arrêt de sédimentation entre les deux niveaux) et les modifications pas fondamentales.

Les matériaux plus fins, la très forte activité biologique et l'absence de traits périglaciaires plaident pour une évolution climatique vers des conditions moins rigoureuses mais qui restent néanmoins froides. La désagrégation des formations du plateau se poursuit.

Le climat devient ensuite plus temperé et humide (phase VI), un plancher calcitique va se former dans le Corridor (plancher XXIII-XVI). Par endroits relativement épais, il apparaît plus réduit en d'autres points de la salle où il imprègne la surface parfois riche en blocs des argiles brunes (couche XVI, carré I25-26).

A la formation de ce plancher correspond une phase de biostasie soulignée par l'arrêt de la désagrégation des formations du plateau et probablement au développement de nouveaux sols pédologiques.

Cette phase temperée humide ne dure pas puisque les dépôts sus-jacents (couche XXII coupe B, XVI, XV et XIV coupe A) correspondent à nouveau à une sédimentation du même type que les argiles brunes (sédiments limono-argileux à blocs). L'activité biologique est alors marquée par une faune abondante. La présence humaine est attestée par des charbons et des pièces d'industrie en position stratigraphique.

Nous avons situé chronologiquement à la fin de cet épisode froid la formation du plancher XIII (coupe A) qui correspond à un plancher stalagmitique épais, à grands cristaux de calcite, accroché en paroi et tronqué à son extrémité.

L'allure de ce plancher et sa situation vis à vis des planchers stalagmitiques sus-jacents qui le recouvrent, nous laisse supposer qu'une phase d'érosion (lacune) a suivi sa formation, détruisant le plancher dont il ne reste qu'un témoin localement résistant et érodant les sédiments sous-jacents à savoir une partie de la couche XIV.

Mais sa position à ce niveau est arbitraire et repose sur peu d'éléments, une seconde hypothèse est également plausible.

En effet, un tel événement climato-sédimentaire (formation du plancher puis vidange partielle) est à ce stade chronologiquement assez improbable. Il pourrait correspondre à une phase sédimentaire plus ancienne, située par exemple immédiatement après le dépôt des niveaux du karst actif. La vidange du remplissage aurait alors abouti à la surface discordante sur laquelle reposent les argiles jaunes. Le plancher serait alors le plus ancien du remplissage.

Aucun élément ne permet d'accorder plus de crédit à l'une ou l'autre des hypothèses proposées. Seule une datation absolue de ce plancher ainsi que du plancher XXII (coupe B. Datation en cours) permettra peut-être de lever l'indétermination.

Quoiqu'il en soit, au niveau de la couche XII, le climat redevient temperé et humide. Un épais plancher, subdivisé en quatre niveaux (XII, XI, X, IX) par des caractères lithomorphologiques variables, se forme alors dans la cavité. Deux de ces niveaux (XI et X) ont été datés respectivement de  $78\ 000 \pm 13\ 000$  ans B.P. et de  $78\ 000 \pm 9\ 000$  ans B.P. (FALGUERES 1986)

Les conditions de dépôt de la couche VIII ne sont guère évidentes. Cette couche est très réduite et correspond à un apport plus terrigène entre deux planchers stalagmitiques (IX et VII), que l'on pourrait interpréter comme un indice de dégradation climatique (retour à des conditions plus froides).

Mais la dégradation climatique sera plus sensible après la formation du plancher VII et une nouvelle phase de désagrégation des sols du plateau, probablement développés durant les conditions interstadias de la formation des quatre niveaux du plancher sous-jacent accompagnée de chutes de blocs de molasse du toit de la salle, présidera à la formation des couches VI, V, III, II (peut être faible récurrent temperé lors de la formation du minuscule plancher IV), couches dans lesquelles la faune est abondante et l'industrie présente en stratigraphie.

Cette phase de dégradation du climat se termine par un retour à des conditions temperées humides et la formation du plancher supérieur du remplissage (couche I) daté de  $40\ 000 \pm 12\ 000$  ans B.P. Ce plancher est situé à environ 0,80m de la voûte.

Il ne reste aucun témoin de dépôt plus récent ayant obstrué le Corridor et les indices archéologiques révèlent une lacune culturelle importante du Moustérien au Néolithique ( tessons de poterie néolithique dans le remanié d'Amerano et dans l'une de nos lames minces !).

---

## Chapitre VII. : EVOLUTION GEOCHIMIQUE DU REMPLISSAGE

---

Les reprises géochimiques dans le remplissage du Corridor sont faibles. Nous les avons mises en évidence lors de l'étude micromorphologique.

Une légère décarbonatation s'accompagne d'une faible paragénèse phosphatée à épigenies d'Apatite et cristallisation de phosphates amorphes.

La présence des phosphates est étroitement liée à l'activité biologique et à la matière organique associée au dépôt. Il est difficile de dire si ces évolutions sont syn- ou postsédimentaires

La faible importance des phénomènes géochimiques semble souligner le caractère très sec de la cavité après le dépôt. Aucun phénomène de percolation important ne s'est produit, il n'y a pas eu en quelque sorte "maturation" du sédiment.



---

Chapitre VIII. : CHRONOLOGIE ABSOLUE

---

8.1 : SPELEOGENESE

D'après les données géologiques régionales (étude des formations superficielles et leurs rapports avec le substratum), la formation des grottes et cavernes du Finalese s'étendrait de 2 millions d'années à 500 000 ans environ (BONI et Al 1971). Ces données sont peu précises et ne peuvent l'être plus pour Fate. C'est certainement à la fin de cette période qu'il faut rattacher les dépôts du karst actif.

8.2 : LES INDICES ARCHEOLOGIQUES

. L'industrie : C'est en général une industrie moustérienne classique. La découverte d'un outil du type acheuléen dans les argiles brunes pourrait permettre d'attribuer ce niveau à la fin du Paléolithique inférieur, mais cet outils est jusqu'à présent isolé. L'industrie moustérienne proviendrait dans ce cas des niveaux sus-jacents.

. La faune : L'étude de la faune trouvée en stratigraphie lors des dernières campagnes de fouilles est actuellement en cours et la position stratigraphique des pièces de la collection AMERANO est encore imprécise. Cette faune est toutefois rapportée au premier stade würmien.

. Les restes humains : Ils correspondent à des individus néandertaliens typiques dont les caractères archaïques et modernes semblent associés (GIACOBINI et Al. 1984).

8.3 : LES DATATIONS ABSOLUES

. Sur les restes humains : Mesurées sur Le Fate I+II+III par spectrométrie gamma non destructive (YOKOYAMA 1985). Deux dates ont été proposées :

75 000 + 21 000 ans B.P. (  $^{231}\text{Pa}$  /  $^{235}\text{U}$  )  
- 14 000

82 000 + 36 000 ans B.P. (  $^{230}\text{Th}$  /  $^{234}\text{U}$  )  
- 25 000

. Sur les planchers stalagmitiques : Nous disposons actuellement de trois dates (FALGUERES 1986) obtenues par E.S.R. :

plancher XI 78 000 ± 13 000 ans B.P.

plancher X 78 000 ± 9 000 ans B.P.

plancher I 40 000 ± 12 000 ans B.P.

---

pitre IX. : CONCLUSION

---

Nous avons tenté, au cours de cette étude, d'établir pour le gisement de la Caverna delle Fate, une chronostratigraphie logique et rigoureuse des dépôts, préliminaire obligatoire à toute étude sédimentologique détaillée. La chronostratigraphie que nous proposons est malgré tout incomplète, pleine d'interrogations.

Notre étude n'est pas exhaustive, plusieurs datations absolues peuvent encore être réalisées sur les planchers stalagmitiques. Elles nous mettront sans doute de porter un regard nouveau sur l'organisation du remplissage, mais l'aspect extrêmement fragmentaire des coupes disponibles nous laisse supposer qu'aucune technique, aussi sophistiquée qu'elle, ne permettra d'aboutir à la nature originelle du dépôt.

Il manque au remplissage l'essentiel : les 9/10ème de son volume et est très certainement là que se trouvaient les clefs de nos interrogations.

Aux vues de nos connaissances, il nous paraît dès lors hasardeux de vouloir intégrer à tout prix les couches archéologiques du gisement de Fate à un cadre chronologique général strict. Les indices chronologiques (archéologiques, datations absolues) semblent supposer que ce gisement pourrait correspondre à la transition du Paléolithique inférieur, Paléolithique moyen et que l'essentiel de son remplissage archéologique se rattache probablement au début du Würmien. Notre point de vue sur la stratigraphie nous empêche d'aller plus loin.

Il semble tout à fait illusoire de rechercher à Fate, un témoin chronologique idéal de cette période. Trop peu d'arguments stratigraphiques fiables rendent, à notre avis, toute tentative de chronostratigraphie quelque peu bien subjective.

L'étude sédimentologique et les données paléoclimatiques qui en résultent apportent quelques précisions, mais ces résultats doivent être confrontés aux données de l'étude palynologique en cours (ARROBA).

Espérons toutefois que notre étude aura contribué à l'interprétation et à la compréhension des témoins du remplissage du Corridor 3. Les heures passées à "disséquer" les lambeaux de telle ou telle couche rochée à la paroi, nous auront appris à quel point une fouille non méthodique et rigoureuse comme celle entreprise à Fate par AMERANO au siècle dernier, peut-être irrémédiablement destructrice pour la connaissance de l'Homme préhistorique et de son contexte.



BIBLIOGRAPHIE

- BDESSADOK 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 Mt Boron (Nice).  
Thèse de 3° cycle, MNHN, Univ. Paris VI, 215p.
- MERANO G.B. (1889) - La Caverna delle Fate.  
C.R. Congr. Anth. Préh., Paris, p.173-182.
- UBERT D. (1969) - Phénomènes et formes du karst jurassien.  
Eclogae Geologicae Helvetica, N° 62 fasc. 1, p.325-399.
- EINER M. (1978) - Les minéraux lourds de la Caune de l'Arago à Tautavel (P.O).  
Mem. de D.E.A, Univ. de Provence, 20p.
- ONI P., CERRO A., GIANOTTI R., VANOSSI M.(1971) - Albenga - Savona Foglio 92-93. Carta geologica d'Italia e note illustrative. Scala 1/100 000e.
- ONI P., MOSNA S., VANOSSI M. (1967) - La Pietra di Finale.  
(Liguria Occidentale)  
Atti dell'Istituto geologico, Univ. di Pavia,  
Vol.XVIII, p 102-150.
- ULLOCK P., FEDOROFF N., JONGERIUS A., STOOPS G., TURSINAT. (1985)  
- Handbook for soil thin section description  
Waine Research Publication, 152p.

- CAMPY M. (1982) - Le quaternaire Franc-comtois.  
Essai chronologique et paléoclimatique.  
Thèse de doc. d'Etat, Univ. de Besançon, 575p.
- CHEVALIER-RENAUD M.C. (1985) - Etude sédimentologique de carottages réalisés dans le remplissage de la Caune de l'Arago. (Tautavel P.O).  
Thèse de 3° cycle, MNHN, Univ. Paris VI, 189p.
- COURTY MA. (1982) - Etude géologique des sites archéologiques holocènes  
Définition des processus sédimentaires et post sédimentaire  
caractérisation de l'impact anthropique.  
Essai de méthodologie.  
Thèse de 3° cycle, Univ. de Bordeaux I, 2 volumes.
- COURTY M.A., FEDOROFF N., GUILLORE P. (1987)  
Etude micromorphologique des sédiments archéologiques.  
Techniques et applications.  
In: Géologie de la préhistoire, GéoPré, p.439-478.
- DEMANGEON P. (1967) - Premiers résultats d'une étude minéralogique des remplissages karstiques des Causses du sud du Tarn.  
C.R. Acad. Sc. Paris, T.264, p.2721-2724.
- DUMA G. (1972) - Phosphate Content of Ancient Pots as indication of use.  
Current Anthropology, vol. 13, N° 1, p.127-130.
- DUPLAIX S. (1958) - Détermination des minéraux des sables.  
Beranger ed., Paris, 96p.
- ECHASSOUX A., d'ERRICO F., GIACOBINI G., del LUCCHESI A.,  
De LUMLEY H., PERPERE M., VICINO G. (1987).  
Les nouvelles fouilles dans le gisement montérien  
de la Caverna delle Fate. (Finale, Ligurie italienne)  
C.R. Congrès de Liège, à paraître, 5p.

- ECHASSOUX A., d'ERRICO F., GIACOBINI G., de LUCCHESI A.,  
de LUMLEY H., PERPERE M., VICINO G. (1983) -  
La prima campagna di scavo alla Caverna delle Fate  
(Finale Ligure).  
Rivista Ingauna e Intermalia, N.S. A.XXXVIII, n°3-4
- FALGUERES C. (1986) - Datations de sites acheuléens et moustériens  
du Midi méditerranéen par la méthode Résonance de spin  
électronique (E.S.R.).  
Thèse de 3° cycle, MNHN, p.108-113
- FEDOROFF N. (1984) - Les processus pédologiques dans les sites  
préhistoriques et archéologiques.  
Publi. de l'INA P.G, dept. des sols, 10p.
- FENELON P. (1974) - Sur l'origine des argiles de décalcification.  
In: Phénomènes karstiques, vol II, CNRS, Paris, p.143-148.
- FOLK R. et WARD W. (1957) - Brazos River bar: a study on the  
significance of grain size parameters.  
Journal of Sedim. Petrology, Los Angeles, vol.27 N°1,  
p.3-26.
- FOUCAULT A. et RAOULT J.F. (1984) - Dictionnaire de géologie.  
Masson ed., Paris, 345p.
- GIACOBINI G. et de LUMLEY M.A. (1984) - Les néandertaliens de la  
Caverna delle Fate. (Finale, Ligurie italienne)  
C.R. Acad. Sc. Paris, T.298, S.II, N°4, p.151-156.
- GOLDBERG P. (1980) - Micromorphology in archeology and prehistory.  
Paleorient, vol.6, 1980.
- GUILLORE P. (1985) - Méthodes de fabrication mécanique et en  
série des lames minces.  
Publi. de l'INA- PG, dept. des sols, 22p.
- HACCARD D. (1975) - Les grands ensembles structuraux de la  
Ligurie entre Nice et Sestri Levante.  
Bull. Soc. Géol. Fra., (7), XVII, N°6, p.919-921.

- IMPERIALE G., MONTANO F., PIACENTINO G.B., SAGLIETTO F. (1982) -  
Cartografia tematica relativa alla geomorfologia,  
litologia e acclività del bacino del Pora. (Finale Ligure)  
Quaderni de civico del museo del Finale, 2-1982, 24p.
- ISETTI G., de LUMLEY H., MISKOVSKY J.CL. (1962) - Il giacimento  
musteriano della grotta dell' Arma presso Bussana.  
(San Remo)  
Rivista di Studi Liguri, Anno XXVIII, N°1-4, 112P.
- ISSEL A. (1889) - Dei Fossili recentemente raccolti nella Caverna  
delle Fate (Finalese).  
An. del Museo Civico di St. Nat. Genova, S.2.vol.9, p.2-11
- LAVILLE H. (1974) - Climatologie et chronologie du Paléolithique  
en Périgord.  
Etudes quaternaires N°4, Univ. de Provence, 415p.
- LAVILLE H. (1972) - Gelifraction artificielle et remplissage  
de grotte.  
Colloque A.F.E.Q., Nice, Mai 1972.
- LANG J. et LUCAS G. (1968) - Petit guide pratique pour l'étude  
des sédiments meubles.  
Cours de la Sorbonne, Paris V, 85p.
- LE RIBAULT L. (1977) - L'exoscopie des quartz.  
Masson ed., Paris, 150p.
- LUMLEY H. de. (1969) - Le paléolithique inférieur et moyen du  
midi méditerranéen dans son cadre géologique.  
- T.I: Ligurie, Provence.  
Ve sup. à Gallia. Préhistoire, 463p.
- LUMLEY H. de. (1965) - Evolution des climats quaternaires d'après  
le remplissage des grottes.

MISKOVSKY J.C. (1974) - Le quaternaire du midi méditerranéen.  
Etudes quaternaires N°3, Univ. de Provence, 320p.

MISKOVSKY J.C. (1972) - Les sédiments du remplissage des  
grottes pour servir à la reconstruction des climats  
quaternaires.

Colloque AFEQ, Nice, Mai 1972, p.5-12.

OTTMAN F. (1957) - Sur quelques indices numériques simples  
pour l'étude des sédiments meubles du point de  
vue géologique.

Revue inst. Fr. du pétrole, vol XII, N°4, p.503-506.

PARFENOFF A., POMEROL C., et TOURENQ J. (1970) - Les minéraux  
en grains, méthode d'étude et de détermination.  
Masson ed., Paris.

POCHON M. (1977) - Présence de matériel allochtone dans le  
remplissage karstique de la Baume de Loisia à  
Gigny sur Suran (Jura).

Cavernes, suppl. la Chaux de Fond, p.53-64.

RENAULT P. (1970) - La formation des cavernes.

Que-sais-je. N°1400, P.U.F ed., Paris, 126p.

RENAULT P. (1987) - Phénomènes karstiques.

In: Géologie de la préhistoire, Géopré ed., p.169-197.

RIVIERE A. (1977) - Méthodes granulométriques, techniques et  
interprétations.

Masson ed., Paris, 170p.

TENSORER J.M. le. (1972) - Analyse chimique de remplissages  
quaternaires.

(Méthodes et premiers résultats. interprétations)

VICINO G. (1985) - Il musteriano ligure.

In: l'uomo di Neandertal in Liguria.

Quad. Soprint. Archeo. Liguria, N°2, p.75-81.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

ig. 1 et 2	Cadre géographique et préhistorique de la Caverna delle Fate .....	4
ig. 3	Industrie lithique de Fate.....	7
ig. 4	Cadre géologique structural de la Pietra di Finale.....	8
ig. 5	Carte géologique simplifiée des environs de la Caverna delle Fate et fond topographique.....	10
ig. 6	Plan et coupe développée du réseau karstique de la Caverna delle Fate.....	12
ig. 7	Position des coupes étudiées dans le Corridor 3 et section transversale de la galerie.....	14
ig. 8	Coupe schématique du sondage ( coupe C ).....	18
ig. 9	Coupe B, schématique.....	21
ig. 10	Coupe A longitudinale.....	23
ig. 11	Coupe A transversale.....	24
ig. 12	Log synthétique et corrélations stratigraphiques des trois coupes étudiées.....	26
ig. 13	Coupes B et C, évolution verticale de la granulométrie globale.....	31
ig. 14	Coupes B et C, courbes granulométriques de la fraction sableuse ( échantillons bruts et résidus insolubles ).....	32
ig. 15	Coupes A, B et C, évolution verticale de la moyenne graphique et de l'écart type.....	33
ig. 16	Coupes A, B et C, évolution verticale des indices d'assymétrie et d'acuité.....	34
ig. 17	Coupe A, courbes granulométriques de la fraction sableuse ( résidu insoluble ).....	35
ig. 18	Coupes A, B et C. Granulométrie globale du résidu insoluble de la fraction supérieure à 0,040 mm.....	36

Fig. 20	Coupes A, B et C. Evolution verticale de l'indice d'arrondi des grains de Quartz entre 0,5mm et 0,315mm.....	39
Fig. 21	Coupes A, B et C. Evolution verticale de la teneur en minéraux lourds (fraction C).	41
Fig. 22	Minéraux lourds coupes A, B, C et environnement. Pourcentages relatifs de chaque espèce minérale de la fraction C.....	42
Fig. 23	Calcimétrie coupes B et C. Teneur pondérale et dosage des carbonates.....	45
Fig. 24	Evolution verticale de l'energie de dépôt des niveaux du karst actif.....	54



TABLE DES MATIERES

CIEMENTS .....	1
'-PROPOS .....	2
re I. : GENERALITES .....	3
Situation géographique .....	3
Le cadre préhistorique .....	3
Historique des travaux à Fate .....	3
Les données archéologiques .....	5
4.1 . La faune .....	5
4.2 . Les restes humains .....	6
4.3 . L'industrie lithique .....	6
Le contexte géologique .....	8
5.1 . Lithostratigraphie des formations tertiaires de la Pietra di Finale .....	9
5.2 . Paléogéographie de la pietra di Finale .....	9
5.3 . La dolomie triasique du substrat briançonnais .....	11
re II. : LE RESEAU ET L'ENVIRONNEMENT KARSTIQUE .....	11
Le réseau karstique .....	11
1.1 . Le développement du réseau de Fate .....	11
1.2 . La salle d'entrée .....	13
1.3 . Le Corridor .....	13
1.4 . Le réseau amont .....	13
Le modelé karstique sur le plateau de Manie .....	16
re III. : ETUDE STRATIGRAPHIQUE ET SEDIMENTOLOGIQUE DU DU REMPLISSAGE DU CORRIDOR 3 .....	16
Méthodologie et nature de l'information .....	16
Lithostratigraphie du remplissage et corrélations stratigraphiques .....	17
2.1 . Localisation des coupes et sondages .....	17
2.2 . Lithostratigraphie descriptive .....	17
2.3 . Corrélations stratigraphiques .....	25
Etude sédimentologique du remplissage .....	25
3.1 . Echantillonnage .....	25
3.2 . La fraction grossière : blocs et cailloux .....	27

3.3.6 . Mesure du PH .....	43
3.3.7 . Calcimétrie .....	44
- Approche micromorphologique .....	46
4.1 . Méthodologie .....	46
4.2 . Les couches supérieures du karst actif .....	46
4.3 . Le contact discordant entre les dépôts du karst actif et les "argiles jaunes" .....	46
4.4 . Les argiles jaunes .....	47
4.5 . Les argiles brunes .....	48
4.6 . Le plancher stalagmitique XXIII .....	49
4.7 . Les phosphates et la matière organique .....	49
tre IV. : ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT LITHOS-STRUCTURAL .....	50
- La molasse miocène .....	50
1.1 . Granulométrie .....	50
1.2 . Morphoscopie .....	50
1.3 . Minéralogie de la fraction supérieure à 0,040mm ...	51
- Les formations de couverture de la dolomie triasique...	51
2.1 . Granulométrie et morphoscopie .....	51
2.2 . Minéralogie .....	51
tre V. : ORIGINE DU MATERIEL SEDIMENTAIRE DU REMPLISSAGE.	52
- Le matériel des dépôts du karst actif .....	52
- Les dépôts du karst évolué .....	52
tre VI. : CHRONOLOGIE, DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE ET PHENOMENES PALEOCLIMATIQUES ASSOCIES .....	53
- Dynamique sédimentaire du karst actif .....	53
1.1 . Phases successives des dépôts .....	53
1.2 . L'exutoire .....	55
1.3 . Paléoclimatologie .....	56
- Le karst évolué et le dépôt des couches archéologiques.	56
tre VII. : EVOLUTION GEOCHIMIQUE DU REMPLISSAGE .....	58
tre VIII. : CHRONOLOGIE ABSOLUE .....	59
- Spéléogénèse .....	59
- Les indices archéologiques .....	59
- Les datations absolues .....	59
tre IX. : CONCLUSION .....	60