



Le Quaternaire franc-comtois. Essai chronologique et paléoclimatique.

Michel Campy

► **To cite this version:**

Michel Campy. Le Quaternaire franc-comtois. Essai chronologique et paléoclimatique.. Interfaces continentales, environnement. Université de Franche-Comté (UFC), 1982. Français. <tel-01638178>

HAL Id: tel-01638178

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01638178>

Submitted on 19 Nov 2017

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.

THÈSE

présentée

A LA FACULTÉ DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES DE
L'UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ

pour obtenir le

GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

par

Michel CAMPY

Agrégé de l'Université

LE QUATERNAIRE FRANC-COMTOIS

Essai chronologique et paléoclimatique

Soutenue le 10 juin 1982 devant la commission d'examen :

M.	J. THIEBAUT , Professeur à l'Université de Besançon	Président
MM.	J. CHALINE , Maître de Recherche CNRS Dijon L. COUREL , Professeur à l'Université de Dijon D^r C. SCHLÜCHTER , Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich	Rapporteurs
MM.	P. CHAUVÉ , Professeur à l'Université de Besançon J. COMBIER , Maître de Recherche CNRS Paris J.P. MILLOTTE , Professeur à l'Université de Besançon	Examineurs

RÉSUMÉ

Le but de ce travail est d'établir le cadre chronologique et paléoclimatique du Quaternaire en Franche-Comté à partir de l'étude des formations édifiées au cours de cette période.

Deux grands types de dépôts ont été plus particulièrement étudiés :

— Les remplissages karstiques d'avens, de porches de grottes et d'abris sous roche, donnant un éclairage intense, mais ponctuel, de l'environnement physique et biologique, grâce aux faunes abondantes et aux indices climatiques d'ordre sédimentologique.

— Les dépôts glaciaires et paraglaciers (moraines, fluvio-glaciaires, glacio-lacustres) qui permettent de situer des coupures climatiques au cours du temps dans l'espace géographique étudié.

L'étude du remplissage de l'aven de Vergranne (Doubs) a permis de caractériser la dynamique de mise en place des dépôts et les faunes abondantes de mammifères situent chronologiquement ce gisement dans une phase interstadiaire du Mindel final. La présence humaine est attestée par une canine d'enfant.

Les remplissages de porches d'Echenoz-la-Méline (Haute-Saône), Gigny-sur-Suran (Jura), Besançon-Casamène (Doubs) et Rurey (Doubs) présentent des séquences stratigraphiques importantes s'étalant chronologiquement du Riss au Würm final. Les indices climatiques d'ordre sédimentologique et les données chronostratigraphiques permettent de dresser un cadre cohérent des événements climatiques au cours de cette période. La présence d'industrie lithique de la civilisation moustérienne témoigne de l'occupation de ces porches par les hommes préhistoriques au cours de certaines périodes.

L'abri sous roche de Rochedane (Doubs) a livré une séquence stratigraphique du Tardiglaciaire et du début de l'Holocène avec faune et industrie humaine.

Une typologie des remplissages karstiques est proposée, mettant en évidence la dynamique de mise en place de ce type de dépôt à l'intérieur du karst fossile dans un cadre

chronologique. Le problème de l'érosion des calcaires encaissants est mis en évidence dans ses rapports avec la genèse et la conservation de ces remplissages.

L'étude des dépôts glaciaires de la chaîne jurassienne a permis de mettre en évidence deux complexes morainiques :

— Le complexe des moraines externes est particulièrement bien représenté au débouché des vallées et des reculées qui entaillent la bordure occidentale tabulaire du massif jurassien. Classiquement attribués au complexe rissien, trois stades glaciaires ont été reconnus. Mis en place dans la zone centrale par une calotte glaciaire strictement jurassienne, le glacier alpin n'a transgressé la chaîne jurassienne que dans ses extrémités méridionale (cluse de Nantua) et septentrionale (cluse de Pontarlier).

— Le complexe des moraines internes est en retrait d'une vingtaine de kilomètres par rapport au précédent. Il est représenté par des faciès variés où dominent les moraines s.s. (de fond, d'ablation et sub-aquatiques) et les dépôts proglaciaires. Les langues glaciaires issues de la périphérie de la calotte s'écoulaient perpendiculairement aux combes synclinales et monoclinales et provoquaient des retenues lacustres proglaciaires progressivement comblées par les matériaux véhiculés par les eaux de fonte. Une paléogéographie du stade maximum et des cinq stades de retrait est proposée. Les données chronologiques permettent de situer ce stade glaciaire entre environ - 25.000 et - 15.000 B.P., c'est-à-dire au Würm récent. Il ne semble pas que le phénomène glaciaire ait affecté la chaîne jurassienne au cours du Würm ancien.

Cette étude régionale permet en conclusion :

- de définir les principales provinces sédimentaires du Quaternaire franc-comtois : domaines glaciaire, périglaciaire (couloirs alluviaux et interfluves karstiques),
- de proposer un bilan général et régional de la sédimentation et de l'érosion au Quaternaire,
- de soulever l'importance du rôle des phénomènes structuraux récents,
- de dresser un cadre chronologique et paléoclimatique local en relation avec les témoignages préhistoriques.

MOTS CLÉS

- Quaternaire continental
- Sédimentologie chronologie
- Paléoclimats
- Remplissages karstiques
- Sédiments glaciaires Franche-Comté
- France.

Président : Monsieur le Professeur Jacques ROBERT

DOYEN

M. le Professeur Jean BULABOIS
Physique Générale-optique

PRÉSIDENTS HONORAIRES

MM. THIÉBAUT, LÉVÊQUE

ASSESEURS

M. Le Professeur Bernard MILLET
Botanique
M. HEROLD Jean-Pierre, Maître-Assistant
Physiologie animale

DOYENS HONORAIRES

MM. GLANGEAUD, JACQUEMAIN, CHATELET, THIÉBAUT,
BERNARD, GALATRY

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. BENNETON, CHATELET, MESNAGE, PERROT, QUANTIN
REAL, THIRY, TRILLAT, TRONCHET, UEBERSFELD

PROFESSEURS

MM. ALBIGNAC Roland	: Biologie anim. et Ecologie	LAUDE Bernard	: Chimie organique
BANTEGNIE Robert	: Mathématiques	LESAINTE Pierre	: Mathématiques I
BENILAN Philippe	: Mathématiques	LHOTE François	: Automatique
BERNARD Jean	: Chimie Physique	MERIGOUX Henri	: Cristallographie et Synthèses minérales
BIDAULT Michel	: Taxonomie expérimentale	MIELLOU J-Claude	: Analyse numérique
BROQUET Paul	: Géologie	MILLET Bernard	: Botanique
BRUCKERT Sylvain	: Ecologie végétale	MONTAGNER Hubert	: Psychophysiologie
BULABOIS Jean	: Physique Gle Optique	MOREELS Guy	: Astronomie
CAPODANNO Pierre	: Mécanique théorique	OLIVIER Marcel	: Electronique quantique
CERUTTI Ernest	: Chimie appliquée	OYTANA Claude	: Mécanique appliquée
CHALEAT Raymond	: Mécanique appliquée	PAGETTI Jacques	: Corrosion et traitements de surface
CHAMBAUDET Alain	: Chimie	PARIZET Jean	: Mathématiques
CHARDON J-Claude	: Spectroscopie	PLUVINAGE Philippe	: Physique théorique
CHAUVE Pierre	: Géologie minéralogie	POTIER Robert	: Physique des solides
COUGNARD Jean	: Mathématiques	RANGHEARD Yves	: Géologie
DEVIN Claude	: Chimie 1er cycle	RIPPLINGER Jean	: Physiologie animale
DOBREMEZ J-François	: Biologie	ROBERT Daniel	: Physique
DUBOUCHET Jacques	: Physiologie végétale	ROBERT Guy	: Electrochimie
GALATRY Louis	: Physique moléculaire	ROBERT Jacques	: Mathématiques I
GAUDEMER Yves	: Biochimie	STRICKER Christophe	: Mathématiques
GIRARDET Claude	: Physique Moléculaire	THEOBALD J-Gérard	: Spectroscopie hertzienne
GOMOT Lucien	: Zoologie-Embryologie	THIEBAUT Jean	: Pétrogr. minéralogie
GOUARNE René	: Mathématiques	TREHEL Michel	: Informatique
GRAS Georges	: Mathématiques	VERNEAUX Jean	: Zoologie-Embryologie
GREMILLARD Jean	: Mathématiques	VIENOT Jean-Charles	: Physique Gle Optique
JOLICARD Georges	: Physique moléculaire	VIGOUREUX J-Marie	: Physique
KARCHE J-Paul	: Pétrographie Minéralogie	WEIL Michel	: Mathématiques
LALLEMENT Gérard	: Mécanique appliquée		

Responsable des services administratifs : M. Jean-Marie RUNGE

Professeurs des Instituts Universitaires de Technologie dont les activités de Recherche sont rattachées à la Faculté des Sciences et des Techniques de Besançon

I.U.T. de BESANÇON

MM. GENTYL Claude : Spécialité : Physique
MARTINET André : Spécialité : Chimie
SONZOGNO Robert : Spécialité : Mécanique

I.U.T. de BELFORT

KAUFFMANN J-Marie : Spécialité : Electro-
technique
MANDRET Gérard : Spécialité : Electronique
OIKNINE Claude : Spécialité : Mécanique
PRENEL Jean-Pierre : Spécialité : Physique
STAMON Georges : Spécialité : Informatique

A la mémoire de mes Amis

Laurent BICHET

et Michel POCHON

A V A N T - P R O P O S

Pour entreprendre et mener à bien un travail aussi long et soutenu qu'une Thèse d'Etat, il faut une solide motivation. Pour ma part, deux sentiments ont joué ce rôle : d'une part, un attachement profond à la région qui m'a vu naître et où j'ai mes racines et d'autre part, un désir passionné de mieux connaître l'histoire ancienne de l'Humanité dans son environnement naturel.

Mais la motivation individuelle, aussi forte soit-elle, ne peut, à elle seule, suffire à la réalisation d'un travail de recherches. Je voudrais remercier ici toutes les personnes qui ont contribué, de façon directe ou indirecte, à son élaboration.

C'est sur des chantiers de fouilles préhistoriques qu'est né mon goût pour la recherche, en Franche-Comté d'abord, puis en Israël, dans le site moustérien du Djebel Quafzeh. La compétence et la foi communicative de P. BICHET, P. PETREQUIN et B. VANDERMEERSCH sont à l'origine de mon orientation de recherche, et mes premières observations sur le Quaternaire jurassien datent des années 1967, alors que je terminais mes études supérieures. Dès le printemps 1969, je pus prendre la responsabilité de chantiers de fouilles dans la région, grâce à la confiance et au soutien permanent de Monsieur le Professeur J.P. MILLOTTE, Directeur des Antiquités Préhistoriques de Franche-Comté.

C'est en octobre 1972 que Monsieur le Professeur N. THEOBALD me proposa un poste d'Assistant au Laboratoire de Géologie Historique et Paléontologie de l'Université de Besançon, et c'est véritablement depuis cette date que mon travail de recherche a débuté.

A partir de 1974, Monsieur J. CHALINE, Maître de Recherche au C.N.R.S., accepte de diriger ma Thèse. Je lui sais gré, outre les précieux conseils de tous ordres qu'il n'a cessé de me prodiguer, de m'avoir ouvert sur l'extérieur et mis en contact avec de nombreux spécialistes français et étrangers pour le plus grand bénéfice de mes propres recherches.

Monsieur le Professeur L. COUREL de l'Université de Dijon m'a initié à la sédimentologie des dépôts détritiques et je lui sais gré d'avoir accepté de relire une grande partie de mon travail.

Le Docteur C. SCHLÜCHTER de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zürich m'a permis, grâce au Symposium International qu'il organisa en septembre 1978, de prendre contact avec les plus éminents spécialistes des formations glaciaires. C'est lui, lors des quelques jours qu'il a passés sur mon terrain de Thèse, qui m'a réellement initié à la connaissance de ces dépôts et de leurs faciès.

Depuis le début de mes travaux, j'ai eu de fréquents et fructueux contacts avec Monsieur J. COMBIER, Maître de Recherche au C.N.R.S. Il m'a fait profiter de sa grande expérience de Géologue appliquée aux problèmes de la Préhistoire et son appui sans faille a constitué pour moi un encouragement constant.

A Besançon, j'ai bénéficié du soutien chaleureux de Monsieur le Président J. THIEBAUT et de Monsieur le Professeur P. CHAUVE. Malgré leurs lourdes charges scientifiques et administratives, ils n'ont jamais manqué de m'aider de façon désintéressée, lorsque des difficultés diverses se présentaient. Depuis quelques années, le Centre Universitaire d'Etudes Régionales et son Directeur, Monsieur le Professeur M. BIDAULT, ont efficacement soutenu l'approche pluridisciplinaire de l'étude des sédiments lacustres postglaciaires que nous avons entreprise.

Le Laboratoire de Géologie Historique et Paléontologie auquel j'appartiens a participé, malgré la diminution régulière de ses crédits depuis une dizaine d'années, aux frais de fonctionnement des chantiers de fouilles et à quelques-uns de mes déplacements. J'espère ne pas avoir été, pour son Directeur actuel, le Professeur Y. RANGHEARD, et mes camarades J. BLAISON, D. CONTINI et P. ROSENTHAL, un collègue trop exigeant.

La fouille des remplissages karstiques est une entreprise collective et je dois beaucoup aux nombreuses personnes, étudiants et amateurs, qui y ont participé, souvent dans des conditions difficiles et parfois dangereuses. Parmi celles-ci, je tiens particulièrement à remercier S. ANDRE, B. BERTHOUT, A. CACARD, S. DAVID, P. DUCOMMUN, C. JACQUOT, A.M. JEANNOUOT, P. MARCHEVET, R. MATAILLET, F. MATHIAN-MATAILLET, J.P. PARISOT, R. PERFETTI, J.F. PININGRE, A. PHARISAT, A. RATON, J. SCHALLER et M. VUILLEMEY.

Je tiens également à remercier les responsables des chantiers de fouilles qui m'ont permis d'étudier leur site, en m'apportant généreusement tous les renseignements nécessaires à la prise en compte des données relatives à chaque gisement : M. VUILLEMEY pour la Baume de Gigny, P. PETREQUIN pour la Grotte de Casamène, A. THEVENIN pour l'Abri de Rochedane et J.F. PININGRE pour la Grotte de la Piquette à Rurey.

J'ai une dette de reconnaissance envers tous les paléontologistes qui ont bien voulu examiner les nombreuses pièces ostéologiques issues des gisements fouillés et m'en communiquer les résultats : M.F. BONIFAY (C.N.R.S. Marseille), L. CHAIX (Université Genève), J. CHALINE (C.N.R.S. Dijon), F. DELPECH (C.N.R.S. Bordeaux), M. GIRARD (C.N.R.S. Valbonne), C. GUERIN (Université Lyon), J. HEIM (Université Louvain), E. HEINTZ (C.N.R.S. Paris), C. MOURER (C.N.R.S. Lyon), F. PRAT (Université Bordeaux), J.J. PUISSEGUR (C.N.R.S. Dijon), B. VANDERMEERSCH (Université Paris).

C'est H. LAVILLE, Maître de Recherches au C.N.R.S. qui m'initia, en 1973 dans le Laboratoire du Professeur F. BORDES à Bordeaux, à l'étude sédimentologique des remplissages karstiques. Nos nombreuses discussions sur le terrain ou lors de nos rencontres dans divers Congrès, ont sans cesse enrichi ma réflexion sur cette spécialité dont il est devenu l'un des Maîtres.

Les contacts sur le terrain ont été pour moi un enrichissement perpétuel et m'ont largement aidé à mieux aborder les problèmes que mes propres observations soulevaient. J'ai eu le plaisir de guider sur mon terrain de nombreux spécialistes parmi lesquels Monsieur le Professeur D. AUBERT qui m'a fait bénéficier de sa grande connaissance de la chaîne jurassienne sous tous ses aspects, Monsieur le Professeur G. SERET

de l'Université de Louvain qui m'a fait profiter de sa parfaite maîtrise du phénomène glaciaire actuel et passé. Inversement, j'ai tiré un grand profit personnel des nombreuses excursions et visites de chantiers de fouilles que j'ai eu l'occasion de faire lors des Congrès de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire ou de diverses rencontres scientifiques. Je tiens particulièrement à remercier E. BONIFAY, J. CLOTTE, R. DESBROSSE, J.P. LAUTRIDOU, H. de LUMLEY, J. Ph. RIGAUD, J. SOMME, A. THEVENIN, J.J. TIERCELIN.

Depuis quelques années, j'ai eu le plaisir et la chance d'être coopté par le groupe des " Amis du Quaternaire Lemanique ", animé essentiellement par des spécialistes du Bassin du Rhône et plus particulièrement de la zone suisse. Au cours de nombreuses sorties sur le terrain, dans une ambiance toujours sympathique et enrichissante, j'ai beaucoup appris de tous, et en particulier de ses principaux animateurs : M. BURRI, P. OLIVE, A. PARRIAUX et J. WINISTÖRFER.

Malgré la spécificité de mon thème de recherche à Besançon, de nombreux collègues et amis m'ont apporté leur soutien et leur aide. Je tiens particulièrement à remercier P. BROQUET pour m'avoir fait participer avec profit à l'encadrement de Thèses de 3ème Cycle placées sous sa direction, D. CONTINI pour le dialogue scientifique permanent que nous avons entretenu, J.P. METTETAL pour la communication des nombreuses coupes de sondages lors de recherches d'eau et M. ROSSY pour l'aide qu'il m'a apportée lors des déterminations pétrographiques des blocs erratiques alpins.

La réalisation pratique de ce mémoire n'a été possible que grâce à la compétence de J. MALAVAUX pour la dactylographie, S. ANDRE pour les dessins et de l'équipe de l'Imprimerie de la Faculté des Sciences sous la responsabilité de P. LIEVREMONT.

Je tiens enfin à remercier les nombreux étudiants en géologie que j'ai eu à former en partie. Leur curiosité, leurs remarques ou même leurs critiques ont été pour moi un réel stimulant.

T A B L E D E S M A T I E R E S

Avant-propos

INTRODUCTION	1
I. Motivation et orientation du présent travail	3
II. Le contexte naturel franc-comtois	5
Cadre géologique	5
Cadre topographique	7
Cadre climatique	9
PREMIERE PARTIE : LES REMPLISSAGES KARSTIQUES	11
CHAPITRE I : Historique des recherches en Franche-Comté.	13
I. Les recherches anciennes dans les grottes à ossements	15
II. Les recherches préhistoriques dans les remplissages karstiques	21
CHAPITRE II : Méthodologie. Choix et étude critique	31
I. Généralités	33
II. Les études de terrain	34
- Le contexte géologique	34
- Le contexte morphologique	37
- La fouille des remplissages	40
- Etude descriptive des coupes stratigraphiques et échantillonnage	42
III. Les études de laboratoire	43
- La granulométrie globale	43
- Etude des fractions grossières	44
- Etude des fractions moyennes	50
- Etude des fractions fines	50
CHAPITRE III : Un remplissage d'aven : le gisement de Vergranne	55
I. Le site	57
II. Le remplissage	60
III. Etude sédimentologique	65
IV. La faune de Vergranne	71

II

V. La dent humaine	83
VI. Synthèse chronologique et phénoménologique	84
CHAPITRE IV : Les remplissages de porches de grottes	89
<u>La Grotte de la Baume à Echenoz-la-Méline</u>	91
Historique des recherches	93
I. La grotte de la Baume	94
II. La fouille du Grand Clocher	96
III. Les fouilles du porche et le sondage de la Grange	100
IV. Etude sédimentologique	109
V. La faune	124
VI. L'industrie lithique	129
VII. Conclusions	145
<u>La Baume de Gigny</u>	151
Historique des recherches	153
I. Le site	153
II. Stratigraphie : étude descriptive du remplissage.	155
III. Etude sédimentologique	167
IV. La faune de Gigny	193
V. L'industrie lithique	201
VI. Conclusions	204
<u>La Grotte de Casamène - Besançon</u>	211
Historique des recherches	213
I. Le contexte géologique	214
II. La stratigraphie : étude descriptive du remplissage	215
III. Etude sédimentologique	217
IV. La faune	220
V. L'industrie lithique	221
VI. Conclusions	221
<u>La Grotte de la Piquette à Rurey</u>	231
Historique des recherches	233
I. Le gisement dans son contexte géologique	233
II. La stratigraphie : étude descriptive du remplissage	234
III. Etude sédimentologique	238
IV. La faune	240
V. L'industrie lithique	241
VI. Conclusions	242

III

CHAPITRE V : Un remplissage d'abri sous roche :	
Le gisement de Rochedane	247
Historique des recherches	249
I. Le gisement dans son contexte géologique	249
II. La stratigraphie : étude descriptive du remplissage	253
III. Etude sédimentologique	256
IV. La faune et la flore	262
V. Les industries lithiques	266
VI. Conclusions	269
CHAPITRE VI : Conclusions sur l'étude des remplissages karstiques de Franche-Comté	273
I. Typologie des remplissages	275
II. Dynamique de la sédimentation en milieu karstique	278
III. Chronologie des remplissages karstiques franc-comtois	281
IV. L'occupation des porches de grottes par l'homme préhistorique	283
DEUXIEME PARTIE : LES FORMATIONS GLACIAIRES	285
CHAPITRE VII : Historique et apport des recherches antérieures	287
I. Le problème des blocs erratiques allochtones	290
II. L'hypothèse de l'héritage alpin par les glaciers de vallées	294
III. L'hypothèse des glaciers d'origine locale	297
CHAPITRE VIII : Méthodologie - Choix et étude critique ..	303
I. Choix de l'espace géographique	305
II. Choix des investigations de terrain	306
III. Choix des analyses sédimentologiques	308
CHAPITRE IX : Le complexe des moraines externes	313
I. Répartition géographique et analyse lithologique.	315
II. Le problème des blocs erratiques alpins	349
III. Conclusions : L'avant-dernière glaciation : caractéristiques, extension et chronologie	355
CHAPITRE X : Le complexe des moraines internes	361
Introduction	363
I. Les dépôts glaciaires et associés du rebord occidental de la chaîne jurassienne	363

IV

- La combe d'Ain et les vallées affluentes	363
- La zone septentrionale : plateau de Nozeroy et dépression de Frasné-Pontarlier	387
- La zone méridionale : région d'Orgelet- Arinthod-Nantua	406
II. Les grandes unités lithologiques	415
- Introduction	415
- Les dépôts glaciaires s.s. : Les moraines ...	416
. Moraines de fond	416
. Moraines d'ablation	427
. Moraines sub-aquatiques	433
- Les dépôts proglaciaires	440
. Les deltas grossiers de marges lacustres	441
. Les dépôts de fond : formations silto- argileuses à varves	460
- Un modelé sédimentaire : la marge glacio- lacustre	476
III. Conclusion : caractéristiques de l'extension glaciaire responsable du dépôt du complexe des moraines internes	479
- Le stade d'avancée maximum : reconstitution paléogéographique	479
- Les phases de retrait	488
- Données chronologiques	497
CHAPITRE XI : Rôle morphologique des glaciations dans la chaîne jurassienne	499
I. Observations ponctuelles au niveau de l'affleu- rement	502
II. Observation à l'échelle d'une reoulée	503
III. Observation à l'échelle de la chaîne jurassienne	507
CONCLUSIONS GENERALES	511
I. Les principales provinces sédimentaires du Quaternaire franc-comtois	515
II. Le bilan général sédimentation-érosion en Franche-Comté au Quaternaire	517
III. Importance et rôle des phénomènes structuraux..	
IV. Les apports du Quaternaire franc-comtois dans le domaine de la chronologie climatique	520
V. Implications sur les problèmes relatifs à la préhistoire	527
BIBLIOGRPAHIE	529
LISTE DES FIGURES	547
PLANCHES-PHOTOS	559

INTRODUCTION

I. - MOTIVATION ET ORIENTATION DU PRESENT TRAVAIL

La Franche-Comté, et plus particulièrement la chaîne jurassienne, est reconnue depuis longtemps comme une entité géologique particulière très attrayante et intéressante : les séries calcaires et marno-calcaires qui constituent l'essentiel de son substrat mésozoïque sont devenues des classiques de la géologie stratigraphique, sa structure et sa morphologie originales ont donné lieu à des études nombreuses ayant permis la définition d'un " style jurassien " reconnu et très largement admis parmi les types morfo-structuraux.

Cette originalité fondamentale a capté l'essentiel des études géologiques entreprises sur cette région et dans l'esprit de nombreux spécialistes des Sciences de la Terre, l'histoire géologique de la chaîne jurassienne et de ses abords, s'arrête à l'ère tertiaire : après une période de sédimentation marine prédominante au cours de l'ère secondaire, plusieurs phases tectoniques, plus ou moins liées à l'orogénèse alpine, ont donné à cette région sa structure et sa morphologie actuelles, puisqu'un certain nombre de surfaces d'érosion attribuées à l'ère tertiaire ont été reconnues et généralisées à l'ensemble de la chaîne.

La présence de dépôts morainiques avait permis d'introduire une interférence glaciaire dans l'évolution morfo-sédimentaire récente, mais l'ère quaternaire n'a eu, aux yeux de la plupart des géologues, qu'une part minime dans le façonnement et l'élaboration des paysages jurassiens tels qu'on peut les contempler aujourd'hui. On a pu parler ainsi de relief " immunisé " depuis l'ère tertiaire, traduisant ainsi une fossilisation des formes et une absence de phénomènes érosifs et sédimentaires au cours du Quaternaire. A vrai dire, le désir d'infirmier cette position outrancière n'a pas constitué notre motivation première, mais l'idée inverse, faisant du relief jurassien actuel un relief *jeune* en cours d'élaboration active, les effets érosifs récents ayant gommé les héritages anciens, s'est imposé petit à petit à nous au fur et à mesure qu'avancait notre travail.

C'est par le biais de la Préhistoire que je me suis intéressé aux formations quaternaires franc-comtoises. Ma participation à des chantiers de fouilles et ma formation naturaliste m'amènèrent progressivement à collaborer avec les Préhistoriens pour l'étude des sédiments et des faunes de Mammifères présents dans les sites fouillés. Très rapidement, les études bibliographiques sur le Quaternaire local me montrèrent les immenses lacunes dans la connaissance de cette discipline " marginale " où se rencontrent, sans toujours bien se comprendre, Sédimentologues, Paléontologues, Pédologues, Géographes et Préhistoriens. Sur les conseils de N. THEOBALD, je m'orientai au départ sur l'étude des faunes de Mammifères présentes dans les collections du Laboratoire de Géologie Historique et issues des fouilles locales ; mais très rapidement, j'eus conscience de l'étroitesse de cette approche pour aborder l'histoire quaternaire de la Franche-Comté et, de plus, je constatai que chaque groupe paléontologique était déjà étudié ou en cours de révision de la part de nombreux paléontologues français ou étrangers. C'est ainsi que, peu à peu, je conçus d'aborder ce travail sous un aspect plus large, par l'étude des formations quater-

naires dans un cadre régional en vue d'une reconstitution historique globale de l'ère quaternaire en Franche-Comté. Je fus vivement encouragé à cette démarche par J. CHALINE dès les années 1970-1971.

Sous cet aspect, la région concernée se révéla très vite intéressante par diverses particularités :

- La grande variété des types d'environnements de la haute chaîne à l'Est, à la plaine bressane à l'Ouest, permet une différenciation sensible des types de dépôts en fonction des conditions climatiques générales.

- La présence de dépôts glaciaires abondants et variés rend possible un raccord chronologique constant avec les extensions glaciaires. En effet, beaucoup de chronologies locales sont établies sur des dépôts non glaciaires, tout en se référant aux chronologies glaciaires classiques.

- La Franche-Comté est une zone-clef entre les deux grands pôles de la chronologie glaciaire : l'Europe du Nord (Belgique, Allemagne, Scandinavie, Nord de la France) où est utilisée la chronologie dite nordique et l'Europe du Sud où est utilisée la chronologie alpine. Situées aux confins de ces deux zones d'influence, les formations quaternaires franc-comtoises pouvaient résoudre quelques causes d'incompréhension entre les deux conceptions.

- Le substrat essentiellement calcaire de cette région a permis l'établissement de karsts importants qui ont piégé de nombreux remplissages fossilifères.

Au départ, le projet envisagé prenait en compte toutes les formations quaternaires :

- . formations plio-pléistocènes du complexe bressan
- . formations fluviatiles des fleuves du glacis vosgien (Saône-Ognon) et jurassien (Doubs-Loue-Ain)
- . formations glaciaires et associées de la chaîne jurassienne
- . remplissages karstiques (porches, abris sous roche, avens) mis à jour dans les carrières ou étudiés au cours de fouilles systématiques.

La quête d'informations enregistrées au cours des premières années (1970 à 1975) nous amena à relever plus de 700 coupes stratigraphiques avec échantillonnages et tamisages systématiques. Malgré un investissement important en temps et en moyens, consacré aux formations bressanes et aux terrasses fluviatiles du glacis vosgien (réalisé en collaboration avec le groupe " Bresse " animé par le B.R.G.M. et grâce à l'aide de son support matériel) concrétisé par le lever de cartes géologiques au 1/50.000 (Gray et Pesmes), celles-ci s'avèrent peu favorables à la réalisation du thème chronologique et paléoclimatique que nous nous étions fixé.

A partir de 1976, je me suis consacré à deux types de dépôts, très différents par leur nature et leurs enseignements :

- Les remplissages karstiques : c'est le type du dépôt " ponctuel ", géographiquement et chronologiquement, mais par contre riche en faune, flore et " indices climatiques " donnant un éclairage intense, mais court, de l'environnement physique et biologique. C'est ainsi que nous avons poursuivi une étude prospective des remplissages karstiques de la région et que les plus intéressants ont fait l'objet de fouilles systématiques, selon les techniques précises utilisées dans les chantiers de fouilles archéologiques (grotte de la Baume à Echenoz-la-Méline, grotte du Diable à Prétin, grotte des Romains à Baume-les-Messieurs, aven de Vergramme). Parallèlement, les responsables des fouilles en cours m'ont confié l'étude sédimentologique de leur gisement : Baume de Gigny/s/Suran (fouilles M. VUILLEMEY), abri sous roche de Rochedane à Pont de Roide (fouilles A. THEVENIN).

- Les dépôts glaciaires et les dépôts associés (moraines, dépôts fluvioglaciacaires, glacio-lacustres, péri-glaciaires) : c'est le type du dépôt de vaste extension géographique permettant des raccords faciologiques sur de longues distances, mais par contre dépourvu de témoins paléontologiques.

Mon constant souci fut de marier les données chronologiques et paléoclimatiques fournies par les deux types d'approches adaptées à ces deux types de formations.

II. - LE CONTEXTE NATUREL FRANC-COMTOIS

1) Cadre géologique (Fig. 1)

La Franche-Comté comporte un ensemble de zones géologiques variées dont les critères distinctifs majeurs sont d'ordre lithologiques et structuraux. On peut schématiquement distinguer quatre types de supports géologiques selon ces critères :

- Les zones dominées par le socle cristallin et paléozoïque (Massifs vosgiens et de la Serre)
- La chaîne jurassienne proprement dite dessinant un croissant caractéristique à convexité nord-occidentale
- L'avant-pays jurassien constitué par des zones de plateaux plus ou moins perturbées tectoniquement
- Les fossés d'effondrement essentiellement tertiaire (partie orientale de la Bresse et zone méridionale du Fossé rhénan).

* Les zones cristallines sont surtout représentées par la retombée méridionale du massif vosgien et le horst de la Serre, petite émergence du Seuil morvano-vosgien. Sur les roches cristallines s.l. reposent en discordance des roches sédimentaires du Paléozoïque (Dévono-Dinantien et Houiller du Bassin de Ronchamp).

* La chaîne jurassienne occupe toute la zone orientale de la Franche-Comté et déborde largement sur les régions voisines (Sud de l'Alsace, Suisse et Bugey au Sud). Elle comporte sur le plan structural des zones très tectonisées constituant les faisceaux et des zones globalement tabulaires constituant les plateaux. Le rebord occidental de la chaîne est marqué par des structures plissées souvent chevauchantes sur l'avant-pays, d'orientation générale Nord-Sud au niveau du Faisceau Lédonien au Sud, puis s'infléchissant légèrement vers le Nord-Est au niveau du Faisceau Bisontin, pour prendre une direction franchement Est-Ouest avec l'anticlinal du Lomont au Nord. C'est cette structure qui donne à la chaîne jurassienne son allure générale en croissant.

La bordure orientale de la Franche-Comté est marquée par les faisceaux de la Haute-Chaîne, suite de structures anticlinales et synclinales localement chevauchantes, d'orientation générale SW-NE, recoupées par endroits par des décrochements méridiens (décrochements de Morez et de Pontarlier).

Entre ces deux zones structurellement complexes, s'étend la zone des plateaux dont l'altitude s'élève progressivement ou par paliers d'Ouest en Est. Le Faisceau Salinois recoupe en diagonale ces plateaux vers le centre de la chaîne, délimitant deux systèmes de plateaux : l'un méridional (Plateau Lédonien, Plateau de Champagne, Plateau de Levier), l'autre septentrional (Plateau de Saône, Plateau d'Ornans). Dans chacun de ces systèmes tabulaires, chaque plateau est en général séparé

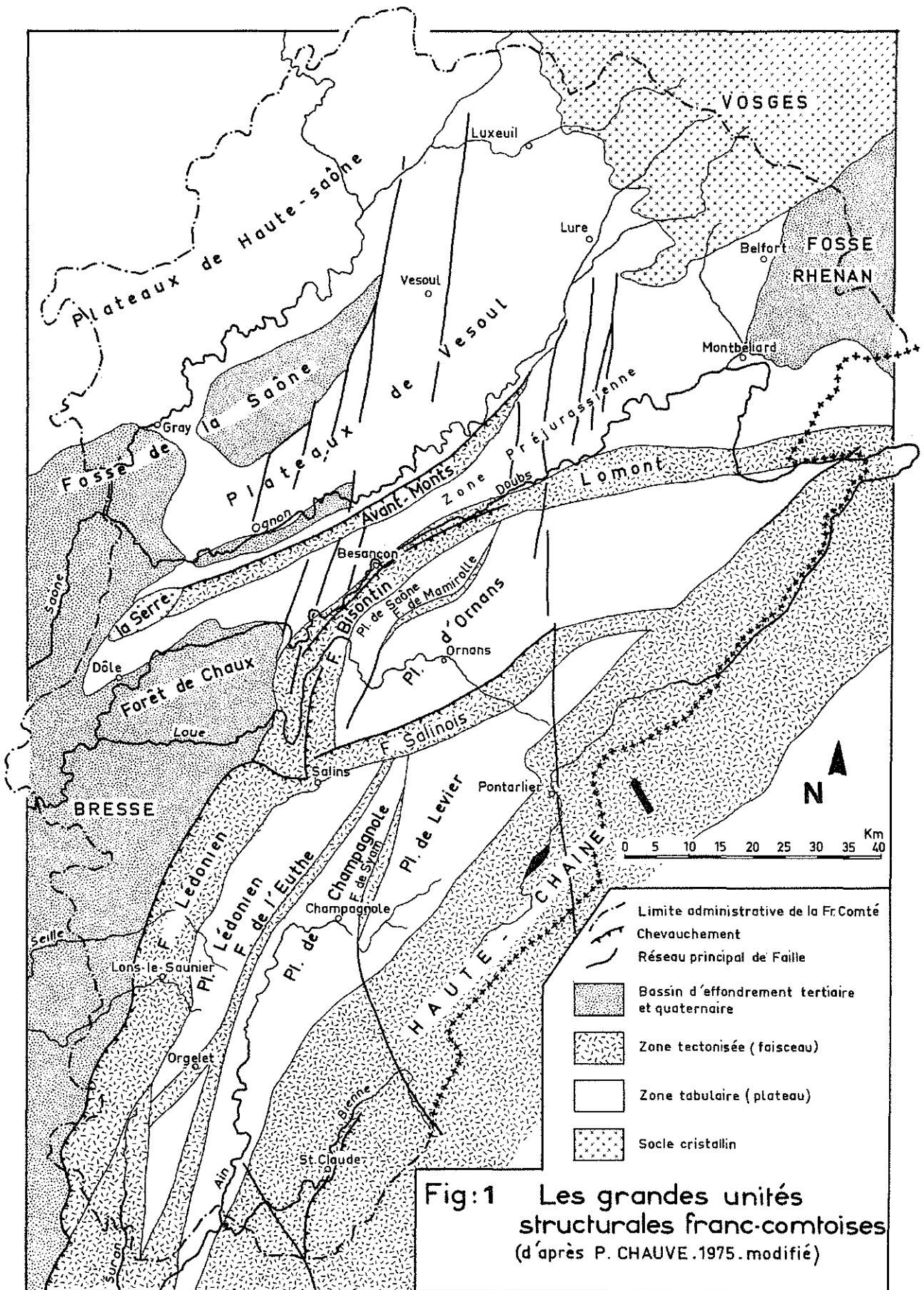


Fig:1 Les grandes unités structurales franc-comtoises (d'après P. CHAUVE .1975. modifié)

de son voisin par un accident de type " pincée " (pincée de l'Euthe), petit faisceau complexe (faisceau d'Orgelet, faisceau de Syam) ou faille chevauchante (faille de Mamirolle).

* L'avant-pays jurassien occupe le Nord de la Franche-Comté entre la chaîne jurassienne proprement dite, le Massif vosgien et les fossés bressan et alsacien. Il est constitué essentiellement par des plateaux calcaires faillés. Seule, la zone des Avant-Monts présente une structure anticlinale, chevauchant la dépression synclinale de l'Ognon. Trois grandes zones globalement tabulaires peuvent être distinguées : les plateaux de Haute-Saône limités au Sud par le fossé subsident de la Saône, les plateaux de Vesoul qui se raccordent vers le Nord avec les précédents et la zone préjurassienne entre les cours du Doubs et de l'Ognon. Cet ensemble tabulaire calcaire se poursuit au Nord par la dépression périvosgienne.

* Les fossés d'effondrement, d'âges tertiaire et quaternaire, sont présents en Franche-Comté par la zone S du Fossé rhénan et la marge orientale de la Bresse où affleurent les formations plio-villafranchiennes dont le type principal est représenté par les cailloutis de la Forêt de Chaux.

2) Cadre topographique

Il présente une grande importance pour la compréhension des dépôts quaternaires et la Franche-Comté est caractérisée par une très grande variété topographique. Celle-ci apparaît schématiquement en isolant les zones comprises entre les courbes de niveau d'équidistance 200 m (Fig. 2).

Toute la zone préjurassienne, comprise entre la chaîne jurassienne et le massif vosgien, est située en dessous de la cote 400 m, excepté les quelques reliefs des collines préjurassiennes et des avant-monts situés principalement entre les cours du Doubs et de l'Ognon. Cette zone constitue morphologiquement les glacis vosgiens et jurassiens parcourus par les principaux cours d'eau qui convergent tous vers le Sud ou le Sud-Ouest en direction de la Basse Saône ou du Rhône.

La retombée méridionale des Vosges (Vosges franc-comtoises) ne représente qu'une petite partie du massif, et est dominée par le Ballon d'Alsace qui culmine à 1250 m. C'est la crête de l'interfluve Moselle-Ognon qui marque la limite entre les Vosges saônoises et les Vosges du versant lorrain. Des vallées assez encaissées (Ognon - Combeauté - Breuchin) entaillent profondément ce massif.

La chaîne jurassienne s.l. couvre plus de la moitié de la Franche-Comté. D'orientation globale SW-NE, elle culmine par le chaînon oriental dont les sommets dépassent tous 1600 m. Ce sont du Nord-Est au Sud-Ouest : le Chasseral (1607 m), le Chasseron (1607 m), le Mont Tendre (1680 m), La Dole (1678 m) et les Monts Jura proprement dits : Colomby de Gex (1689 m), Crêt de la neige (1718 m), Reculet (1717 m), Grand Crêt d'eau (1621 m). On peut constater que la zone méridionale de ce chaînon oriental (des Monts Jura au Mont Tendre) *constitue la barrière la plus continue entre la plaine suisse et le versant occidental*, puisque l'altitude des cols de cette zone n'est pas inférieure à 1200 m : col de la Faucille (1320 m), col de la Givrine (1229 m), col de Marchairuz (1447 m). Plus au Nord, les massifs élevés sont plus échelonnés et laissent entre eux de vastes zones déprimées d'altitude toujours inférieure à 1200 m : col de Jougne (1010 m), col de Sainte-Croix (1152 m), Val de Travers (936 m). Cette disposition aura des répercussions importantes sur les relations entre les glaciers alpins et jurassiens : la zone sud ne sera jamais recouverte par le glacier alpin, tandis que la zone nord sera beaucoup plus perméable.

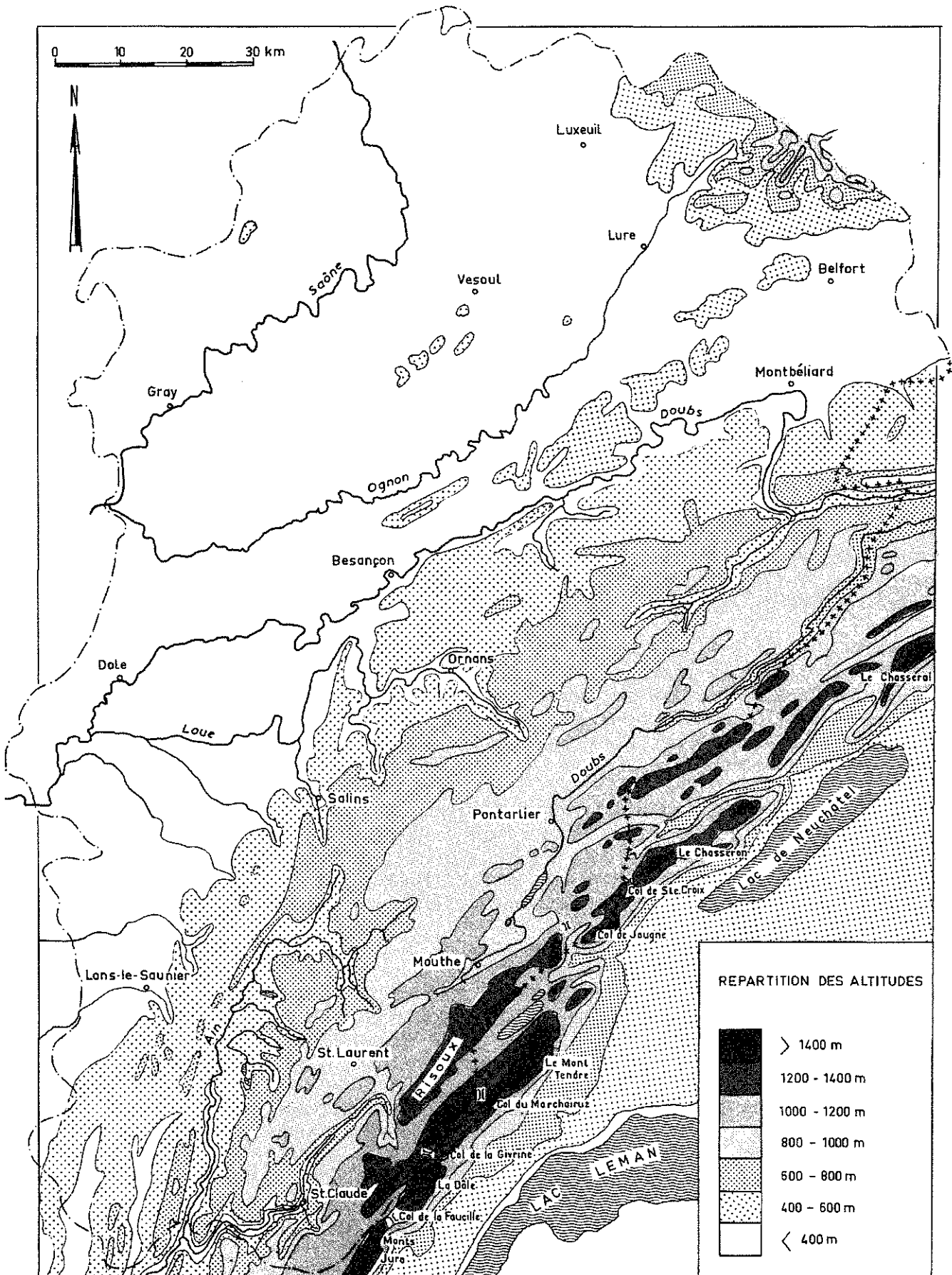


Fig.2 Les grands traits de la topographie Franc-comtoise

Le versant oriental de la chaîne est en pente raide puisqu'on passe en quelques kilomètres des sommets à la plaine suisse aux environs de la cote 600 m. Par contre, le versant occidental est beaucoup plus progressif : deux ou trois chaînons parallèles, selon les zones, d'altitude comprise entre 1000 et 1400 m, séparent de longues dépressions synclinales mal drainées, favorables à la rétention de précipitations neigeuses au cours des périodes froides. En effet, aucune vallée ne pénètre profondément dans la chaîne jurassienne perpendiculairement à son grand axe. Les seuls couloirs évacuateurs profonds sont parallèles aux reliefs jurassiens. Ce sont essentiellement la vallée du Doubs qui s'échappe vers le Nord et les vallées de la Brenne et de la Valserine qui s'échappent vers le Sud. La chaîne jurassienne apparaît donc comme un massif mal drainé ; cette caractéristique est peu évidente actuellement où les circulations karstiques jouent un rôle prépondérant, mais elle influait pleinement en environnement froid lorsque le sol gelé rendait le sous-sol imperméable.

La bordure occidentale s'abaisse progressivement jusqu'à l'avant-pays jurassien et est échancrée localement par des vallées perpendiculaires à la chaîne se raccordant aux cours fluviaux de l'Ain au Sud, de la Loue au centre et du Doubs au Nord.

3) Cadre climatique

Nous prendrons, pour définir ce cadre, les deux éléments climatiques les plus importants, à savoir la température et les précipitations.

La Franche-Comté est caractérisée actuellement par un climat de type continental avec des écarts de températures très grands entre l'hiver et l'été, mais par contre avec une pluviosité abondante, globalement supérieure à la moyenne nationale, répartie à peu près régulièrement sur toute l'année, avec un léger maximum au printemps et en automne.

Les températures des mois extrêmes (juillet et janvier) sont particulièrement explicites. En janvier, deux ensembles thermiques séparés par l'isotherme de 0° sont très nets : les massifs jurassiens et vosgiens ont une moyenne inférieure à 0° , celle-ci pouvant atteindre -3° à -4° sur les hauts sommets, tandis que l'avant-pays jurassien et vosgien a une moyenne supérieure à 0° , pouvant atteindre $+2^{\circ}$ à $+3^{\circ}$ dans les zones orientales (plaine de la Saône aux environs de Gray) et méridionales (Revermont et Bresse Louhannaise). Les températures extrêmes atteignent fréquemment -30° dans les régions de Mouthe et de St-Laurent qui se situent dans des dépressions ou sur des plateaux au voisinage de 1000 m d'altitude.

Les températures moyennes de juillet font également apparaître le paramètre altitudinal et l'isotherme 17° sépare les massifs montagneux des plaines et des plateaux les plus bas. Les écarts de températures entre zones hautes et zones basses sont légèrement plus accentués que pour le mois de janvier (gradient thermique voisin de $0,54^{\circ}$ pour juillet et de $0,45^{\circ}$ pour janvier).

Les précipitations sont particulièrement abondantes en Franche-Comté et réparties à peu près également sur les divers mois de l'année, ce qui conditionne son importante couverture forestière. Elles s'échelonnent entre les valeurs moyennes de 630 mm à Pesmes, c'est-à-dire aux environs de la zone de confluence Ognon - Saône, à plus de 2000 mm dans la Haute Chaîne jurassienne et au Ballon d'Alsace. Le relief apparaît, là encore, comme le principal responsable de ces variations et le gradient pluviométrique est de 170 mm pour 100 mètres d'élévation. La zone préjurassienne (basses plaines de la Saône et de l'Ognon, basse plaine du Doubs) est relativement peu arrosée avec moins de 800 mm d'eau. Les valeurs moyennes (entre 800 et 1100 mm) se rencontrent dans tous les bas plateaux (plateaux de Haute-Saône, de Vesoul).

L'isohyète 1100 mm marque assez fidèlement la limite entre les régions basses et les chaînes jurassienne et vosgienne. La Haute Chaîne jurassienne et les sommets des Vosges saônoises sont de véritables châteaux d'eau puisque les précipitations y dépassent souvent 2000 mm par an. L'abondance de ces précipitations au cours des périodes froides de la glaciation würmienne a certainement provoqué la naissance et le développement d'une calotte glaciaire locale, la mauvaise ouverture des vallées et les dépressions fermées s'opposant à l'évacuation des eaux de fonte au cours de l'été.

Actuellement, l'essentiel des précipitations d'hiver se fait sous forme de neige en plus de 60 jours sur la Haute Chaîne (pour 180 jours de précipitations sur toute l'année) et le total des précipitations neigeuses (exprimé en mm d'eau), représente plus du tiers du total des précipitations. Rappelons qu'au dessus de 1000 m d'altitude, les précipitations neigeuses peuvent s'étaler de la fin septembre à la fin juin. Seuls les trois mois d'été ne sont pas concernés par ce genre de précipitation.

Ainsi, avec actuellement plus de 100 jours de gelée par an, 2000 mm de précipitations dont le tiers de neige, la Haute Chaîne franc-comtoise et le rebord méridional des Vosges apparaissent comme des zones propices à l'installation d'un glacier permanent dans un environnement extrême, comme celui qui régnait sur l'Est de la France au cours de la période würmienne.

PREMIERE PARTIE

LES REMPLISSAGES KARSTIQUES

CHAPITRE I

HISTORIQUE DES RECHERCHES EN FRANCHE-COMTÉ

Pays à substratum essentiellement calcaire, la Franche-Comté présente de nombreuses cavités karstiques. Reconnues très tôt par les précurseurs de la spéléologie (parmi lesquels E. FOURNIER), elles furent précocement étudiées et inventoriées (E. FOURNIER 1919, 1926, 1928, 1932). La grande activité des groupes spéléologiques locaux fait progresser la reconnaissance des réseaux karstiques tous les ans.

Les remplissages karstiques ont, par contre, peu bénéficié de cette extraordinaire activité des spéléologues, ceux-ci étant essentiellement animés par le désir de reconnaissance de l'extension des réseaux. Trois mobiles principaux ont, en Franche-Comté comme ailleurs, motivé l'étude des remplissages karstiques. Ce sont, chronologiquement, l'exploitation de matières fertilisantes (phosphates et guano), la recherche des ossements fossiles et enfin les fouilles préhistoriques. Le premier de ces trois mobiles eût relativement peu de conséquences destructrices sur les remplissages, l'exploitation se limitant souvent aux excréments superficiels de chauves-souris (Baume de Gigny, Chaux-les-Port). Par contre, la recherche systématique d'ossements " antédiluviens " pratiquée couramment par les notables locaux au cours du XIX^e siècle, détruisit bon nombre de remplissages franc-comtois, et en particulier la plupart des grottes à ours (Osselle, Echenoz, Gondensans-les-Moulins).

I. - LES RECHERCHES ANCIENNES DANS LES GROTTES A OSSEMENTS

Outre les remplissages dont nous avons repris l'étude, deux gisements ont fourni des faunes abondantes et ont donné lieu à de nombreuses fouilles anciennes. Il s'agit des grottes de Fouvent-le-Bas en Haute-Saône et de Baume-les-Messieurs dans le Jura (Grotte des Romains).

A) Grotte de Fouvent-le-Bas (x = 850,40 y = 299,78 z = 227 m env.)
=====

D'après THIRRIA (1833), il existait en fait trois grottes sur le territoire de Fouvent-le-Bas : deux d'entre elles ne sont pas fossilifères (Grotte de Sainte Agathe et Grotte de Saint Martin) ; seule la troisième a fourni, dès 1800, une riche faune de mammifères.

D'après la description qu'en fait THIRRIA, il s'agit d'une poche de 5 m de largeur, 5,25 m de longueur et de 2,5 m de hauteur, entièrement comblée d'un remplissage découvert lors du creusement d'une cave en 1800. De nombreux ossements furent mis à jour à cette occasion, et par la suite, plusieurs campagnes de fouilles eurent lieu jusqu'à son épuisement : fouilles THIRRIA en 1827, fouilles DUBOIS en 1842 (au profit du Musée de Gray), fouilles NODOT en 1858 (au profit du Musée de Dijon). Les dernières fouilles ont été probablement celles de BOUILLEROT en 1881.

Une description sommaire du remplissage est donnée dans THIRRIA (1833, p. 245). Il s'agit d'un dépôt non stratifié formé d'un mélange de " marne jaunâtre peu abon-

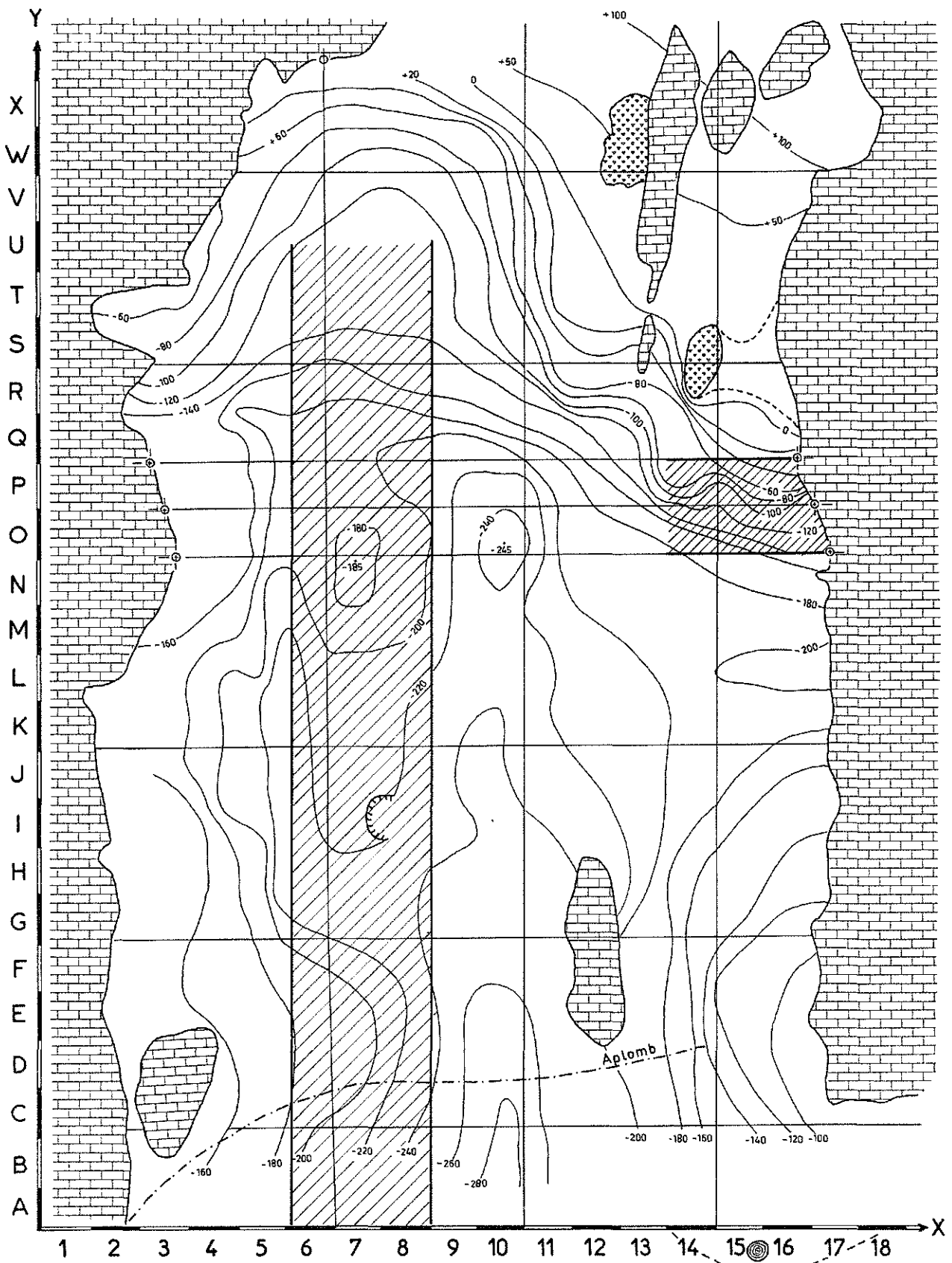


Fig.3 GROTTÉ des ROMAINS : Topographie et situation des fouilles

dante, constituant probablement la matrice argileuse d'un grand nombre de morceaux anguleux, gros au plus comme le poing, de calcaire compact ... et de quelques chailles ". Seule variation faciologique observée : " une couche d'argile rougeâtre recouvre le sol calcaire de la grotte ". Les ossements sont disséminés dans le remplissage, mais particulièrement représentés " sur une hauteur qui varie de 5 à 25 cm " au-dessus de la couche d'argile rougeâtre. Cette description évoque, par bien des aspects, le remplissage du gisement de Vergranne et la position topographique de la grotte de Fouvent nous incline à penser qu'il s'agissait d'un remplissage d'aven. NODOT (1858, 1859) observe, en effet, au-dessus de cette grotte et communiquant avec elle, " une sorte d'entonnoir rempli de marne, de terre et de cailloux sans stratification ".

Les faunes ont été déterminées en partie par CUVIER (fouilles de 1800 et 1827), puis reprises partiellement par GAUDRY (1876) et CHANTRE (1901). Dans son ouvrage sur la faune préhistorique en Franche-Comté (1907, p. 47), A. GIRARDOT établit la liste des différentes espèces décrites : *Felis spelaea*, *Hyena spelaea*, *Canis lupus*, *C. vulpes* plus grand que l'espèce actuelle, *Ursus spelaeus*, *Gulo borealis*, *Mustella* aff. *communis*, *Castor* sp. (deux incisives plus fortes que celles du castor actuel de l'Europe), *Arvicola amphibius*, *Cervus capreolus*, *C. elaphus*, *C. megaceros*, *Biso europeus*, *Bos primigenius*, *Elephas primigenius* (très nombreux, les jeunes sujets sont les plus communs), *E. intermedius*, *E. meridionalis*, *Equus caballus*, *Rhinoceros tichorinus*, *Sus scrofa*, oiseaux (gallinacés). Excepté la présence d'*Elephas meridionalis* (?), ce cortège faunistique s'accommoderait d'un âge immédiatement pré-würmien et BOURDIER (1961, p. 154) le rapproche de celui de Santenay, près de Chalon-sur-Saône. La présence simultanée d'espèces réputées tempérées (*Sus scrofa*, *Cervus elaphus*, *C. capreolus*) et d'espèces considérées comme froides (*Gulo borealis*) pourrait s'expliquer par l'existence de plusieurs niveaux.

Une révision des faunes de Fouvent était souhaitable et elle fut réalisée par F. LOVIS (D.E.S., 1968 sous la direction de E. DAVID-SALMON et N. THEOBALD) à partir des pièces conservées au Musée de l'Hôtel de Ville de Gray et à la Faculté des Sciences de Besançon. La plupart des espèces citées par les anciens auteurs furent confirmées, sauf *Canis lupus*, *C. vulpes*, *Gulo borealis*, *Mustella*, *Castor* sp., *Sus scrofa*, *Cervus capreolus*. Parmi les nombreuses espèces de Proboscidiens, seul *Elephas primigenius* a été confirmé. Une nouvelle espèce, jamais signalée auparavant, a été décrite : *Equus hydruntinus* (3 molaires supérieures, 14 molaires inférieures, 2 incisives et 1 métapode). Cette révision confirme le caractère mélangé de la faune et renforce l'âge immédiatement pré-würmien et Würmien ancien.

B) Grotte de Baume-les-Messieurs

=====

(Grotte des Romains ou Grotte de la Roche)

x = 852,45 y = 192,8 z = 460 m

Le plateau lédonien est entaillé par les magnifiques reculées dont la plus célèbre est sans doute celle de Baume-les-Messieurs. Celle-ci, abondamment ramifiée, est parcourue par la Seille et ses affluents qui se rejoignent avant de déboucher sur la zone du vignoble, au niveau du village de Voiteur. La plus méridionale des digitations est parcourue par le ruisseau du Dard qui prend sa source dans les fameuses grottes touristiques de Baume-les-Messieurs. A une centaine de mètres au Sud-Ouest de celles-ci et à une cinquantaine de mètres plus haut, un vaste porche s'ouvre dans l'axe de la reculée, à l'aplomb du belvédère de " Sur Roche ". Le porche donne accès à une salle de 15 m de large sur 26 m de long et 9 m de haut, obstruée vers le fond par un abaissement de la voûte et un éboulis chaotique de gros blocs calcaires (Fig. 3).

Dès 1827, L.C. HOURY, géomètre en chef du cadastre du département du Jura, fait procéder à des fouilles dans le remplissage de la grotte et y découvre un certain nombre d'ossements qu'il fait déposer au Musée de Lons-le-Saunier. Il signale ses trouvailles dans une petite note à la Société d'Emulation du Doubs (1835, p. 82-92).

Une campagne de fouilles de grande envergure est entamée par L. CLOZ, peintre, sous l'égide de la Société d'Emulation du Jura de 1865 à 1869, et les rapports de fouilles publiés dans les Mémoires de cette Société en 1867 (p. 399), 1868 (p. 251) et 1870 (p. 153). Une tranchée longitudinale de 12 m de long est creusée dans le remplissage jusqu'au substratum rocheux (Fig. 3). L. CLOZ y relève une stratigraphie très explicite pour l'époque :

- 1° En surface, une couche de 25 à 30 cm, horizontale, avec débris de poterie, ossements d'animaux, cailloux anguleux.
- 2° Un conglomérat ferrugineux, peu épais (2 à 4 cm) contenant des petits cailloux arrondis.
- 3° Une couche jaunâtre formée de sables et cailloux anguleux, quelques-uns sont arrondis, déposés par zones, mais gisant dans des positions très diverses et agglomérés par un ciment calcaire tufacé, parfois très tenace. Horizontale vers le fond de la grotte, cette couche s'infléchit rapidement vers le porche.
- 4° Une couche de sables jaunes et violets, avec des lentilles de cailloux roulés. Ce niveau est irrégulier en puissance.
- 5° Une couche formée par l'alternance de niveaux sableux et de niveaux de graviers en lits inclinés. La puissance de cette couche est très irrégulière et semble surtout importante (1,5 m) vers le centre de la grotte où elle formerait une espèce de noyau central.
- 6° Une couche d'argile jaune, d'une puissance de 1 m, constitue la base du remplissage de la grotte.

Les ossements recueillis lors des fouilles de L. CLOZ se trouvaient uniquement dans les couches 3, 4 et 5. D'après la description qui en est faite, ils sont tous " très fragiles et très détériorés ; quelques-uns sont arrondis comme les cailloux roulés, d'autres sont incrustés dans une sorte de gaine formée par un conglomérat de sable et de gravier, et se brisent lorsqu'on veut les dégager ... La plupart de ces ossements n'ayant pas d'extrémités articulaires, ne pourront pas être déterminés ... "

Les dents, par contre, sont en meilleur état, bien que toujours isolées et parfois roulées. Les plus fréquentes sont les molaires d'herbivores isolées, souvent fragmentées.

La découverte fit grand bruit dans le monde scientifique, car parmi le lot de dents, une canine de *Machairodus* fut identifiée, déterminée par P. GERVAIS qui fait une courte communication à ce sujet (B.S.G.F., 1865, T. 24, p. 52). Deux listes d'espèces ont été données (F. BOURDIER, 1961). La première de E. LARTET mentionne "un proboscidiien, un Rhinocéros plus ancien que *R. tichorhinus*, deux ours, *Machairodus latidens*, un cheval et un cerf qui serait tertiaire ". La seconde de P. GERVAIS " en dehors du grand ours et du *Machairodus* est assez différente ; elle comprend le *Rhinoceros tichorhinus*, le Cerf, le Sanglier, l'Hyène des cavernes et un Boeuf de grande taille ".

Nous avons tenté de retrouver ces ossements au Musée de Lons-le-Saunier, à plusieurs reprises et en particulier le 7 novembre 1975. Parmi des fragments osseux d'origines diverses, un lot d'ossements semble effectivement provenir du remplissage

de la Grotte des Romains. Nous y avons déterminé sommairement : une canine inférieure de *Machairodus*, 3 canines d'ours (*Ursus spelaeus*), une canine inférieure de Hyène, une couronne de canine de grand canidé, une molaire supérieure de Rhinocéros, 9 molaires de bovidés, une molaire de cervidé, 5 molaires de cheval et un fragment d'émail appartenant probablement à une défense de proboscidién. Le conservateur du Musée de Lons-le-Saunier, refusant de nous confier temporairement ces diverses pièces, nous n'avons pu les prêter pour révision à divers spécialistes de paléontologie.

Dans l'espoir d'éclaircir les problèmes posés par ce remplissage, nous avons procédé, au cours du printemps 1975 et avec l'aide de M. VUILLEMEY et L. ROLLAND, à un sondage localisé contre la paroi ouest, là où le remplissage semblait le plus complet (Fig. 4). La coupe mise à jour présente la stratigraphie suivante :

- . Couche I : lentille argilo-silteuse, jaune-beige (C 63) à cryoclastes épars.
- . Couche II : épaisse couche silto-sableuse, jaune-ocre (B 66), à léger pendage est. Des intercalations lenticulaires de graviers sableux (II a et II b) interrompent localement les sédiments fins. Vers la base et contre la paroi, une grosse lentille argileuse (II 2), fendillée, marque le début du remplissage fin.
- . Couche III : lit de graviers à matrice sableuse à léger pendage ouest.
- . Couche IV : elle est constituée d'une alternance de lentilles de graviers sableux (IV 1, IV 3) et de sables à graviers épars (IV 2, IV 4) avec stratifications entrecroisées.
- . Couche V : comparable à la couche IV discordante, mais à pendage plus faible, les éléments grossiers disparaissent progressivement vers le fond (grano-classement inverse) où se trouve un niveau argilo-sableux contenant une petite nappe aquifère.

Nous retrouvons schématiquement la stratigraphie relevée par CLOZ en 1865. La nature fluviatile du remplissage ne fait aucun doute (excepté la couche I). Les éléments chronologiques manquent, mais l'absence de séquence cryoclastique importante dans ce porche largement ouvert aux influences atmosphériques semble prouver, soit qu'il s'est ouvert récemment à l'extérieur, soit que ce remplissage a été évacué. Aucun témoin bréchifié ne demeure contre les parois ou sur le substrat rocheux, ce qui ébranle la seconde hypothèse. Nous pensons que ce remplissage est récent (tardi ou immédiatement post-glaciaire) et que les fragments osseux qu'il contient proviennent de remplissages karstiques plus anciens, repris et démantelés par l'érosion post-würmienne. L'état de la majorité des pièces osseuses semble confirmer ce remaniement, les quelques dents plus fragiles (canine de *Machairodus*) ont pu être transportées dans des blocs bréchifiés des remplissages anciens.

C) Le pillage des grottes à ours

=====

Depuis le début du XIX^e siècle, l'abondance des ossements d'ours des cavernes dans les remplissages franc-comtois a provoqué la destruction de nombreux gisements. L'action de protection et de conservation de la Direction des Antiquités Préhistoriques a limité cette destruction, mais elle est loin de l'avoir stoppée. Plusieurs fouilles de sauvetage ont dû être organisées pour préserver ce qui pouvait l'être dans ces gisements martyrs (Gondenans-les-Moulins : fouilles J.P. JEQUIER, 1963-64, Casamène : fouilles P. PETREQUIN, 1969, Echenoz-la-Méline : fouilles M. CAMPY, 1969-74). Ces fouilles ont permis de dégager des stratigraphies importantes pour le Würm ancien franc-comtois.

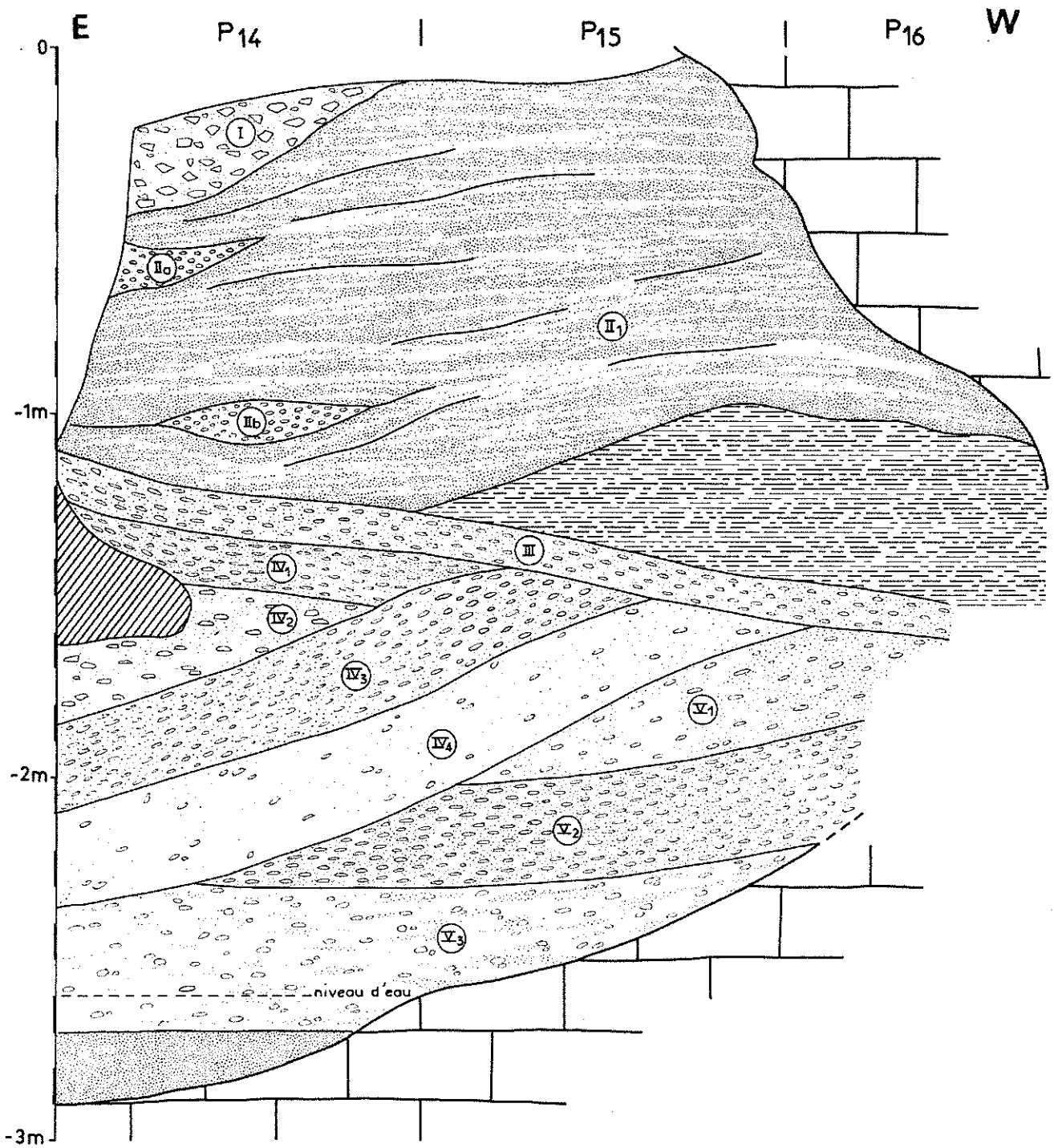


Fig.4 La grotte des Romains à Baume-les-Messieurs
Stratigraphie partielle du remplissage

II. - LES RECHERCHES PREHISTORIQUES DANS LES REMPLISSAGES FRANC-COMTOIS

Les recherches préhistoriques constituent le deuxième mobile conduisant à l'étude des remplissages karstiques. Initialement axée sur la collecte d'outillage préhistorique (contenu), la recherche a pris en compte peu à peu l'étude du " contenant ", permettant de mieux cerner le cadre climatique et chronologique de la préhistoire.

A) Les précurseurs

=====

1) L'oeuvre de M. PIROUTET (1874-1939)

Naturaliste de formation, M. PIROUTET a laissé une oeuvre géologique importante, tant sur la Nouvelle-Calédonie, lieu de son sujet de thèse, que sur le Jura et plus particulièrement sur la région de Salins-les-Bains où il fut professeur au Collège avant d'être nommé assistant à l'Université d'Alger. Mais l'essentiel de son activité scientifique porta sur l'Archéologie comtoise, à propos de laquelle il publia de nombreuses notes. *L'originalité de son travail réside surtout dans l'étude conjointe des industries préhistoriques et du cadre géologique quaternaire dans une optique chronologique et paléoclimatique.* C'est ainsi qu'il tenta d'établir une chronologie glaciaire locale en liaison avec la stratigraphie des remplissages à contenu préhistorique, objet de ses fouilles.

L'exemple le plus éloquent de cette démarche scientifique est exprimé dans son étude sur le remplissage du Trou de la Vieille Grand-Mère à Mesnay près d'Arbois, qu'il situe chronologiquement par rapport aux deux glaciations successives mises en évidence par leurs dépôts morainiques dans le Jura salinois (1925).

" Postérieurement au retrait des glaces rissiennes, la grotte a d'abord servi d'exutoire à un cours d'eau souterrain qui y a laissé un assez puissant dépôt de sables et graviers parfaitement et régulièrement stratifiés. Ce dépôt alluvial est immédiatement surmonté par une formation de loess absolument typique, apporté de l'extérieur, semble-t-il, par les vents et témoignant de l'existence alors d'un climat plutôt sec. Ce loess est surmonté par un limon argileux brunâtre, feuilleté et dont la partie supérieure renferme des concrétions et des plaquettes, ou petits planchers stalagmitiques de plus en plus fréquents à mesure qu'on s'élève. Ainsi, au climat sec a succédé un climat humide et le devenant encore de plus en plus. Ce limon, en se déposant, a souvent alors atteint le plafond de l'étage inférieur dont il obture complètement le fond à une dizaine de mètres de l'aplomb du bord de la voûte de la caverne. Il obstrue aussi, conjointement avec la stalagmite, le débouché inférieur de la cheminée faisant communiquer les deux étages.

Ni dans le loess ni dans le limon on ne rencontre d'éclats ou de blocs calcaires détachés de la voûte et des parois par le gel ; le froid n'était donc alors jamais bien accentué. Le climat était alors très tempéré.

Après le dépôt du limon argileux, les précipitations atmosphériques étant très abondantes, l'orifice du cours d'eau souterrain ne suffit plus à assurer le débit complet de celui-ci ; l'eau, empêchée par le bouchon argileux obturant le fond de la grotte ne put utiliser son ancien passage par l'étage inférieur et se trouva obligée de chercher une sortie à un niveau encore plus élevé. Elle s'échappa alors par l'étage supérieur et vint en avant de celui-ci, raviner puis plus loin faire même disparaître progressivement d'abord, le limon, puis le loess et enfin entailler son lit dans les sables et graviers de base. Puis, le froid ayant arrêté l'écoulement du ruisseau qui sortait de la grotte, celle-ci devint habitable. L'homme moustérien vint alors s'y établir, s'installant sur les dépôts antérieurs ravinés, bien

qu'il fût parfois dérangé par la chute de blocs détachés de la voûte par l'action des gelées. L'outillage des foyers inférieurs est bien moustérien, assez fruste il est vrai, mais néanmoins déjà avec utilisation de l'os (mais celui-ci n'est pas encore travaillé).

En résumé, après la phase de grande humidité correspondant à la fusion des glaces, il y eut une assez longue période à climat sinon chaud, tout au moins très tempéré, d'abord sec puis devenu de plus en plus humide. A cette phase humide a succédé une période froide, l'âge du Renne, en tête duquel se place ici le Moustérien qui correspond ainsi au retour du froid, c'est-à-dire à la glaciation würmienne ".

Malgré l'absence de données sédimentologiques quantifiées, la précision des descriptions lithologiques, la rigueur du raisonnement et la logique des interprétations donnent à ces propos une teneur tout à fait actuelle et les buts et finalités de la recherche contemporaine se retrouvent parfaitement dans ces écrits.

M. PIROUTET a exercé son talent avec le même bonheur dans ses recherches sur les dépôts glaciaires. Nous aurons l'occasion de reparler de ses apports dans ce domaine.

2) Les fouilles de J.P. JEQUIER à Gondenans-les-Moulins

Dans les débuts des années 60, J.P. JEQUIER, archéologue suisse, entreprend la révision de cette industrie particulière, présente dans les grottes à ours des régions alpine et jurassienne, et que l'on a coutume de baptiser " Moustérien alpin ". Frappé par la présence quasi systématique de cette industrie dans les grottes suisses, il s'étonne qu'elles n'aient jamais été signalées dans les grottes à ours, abondantes sur le versant français du Jura. Décidé à tenter de résoudre ce problème, il entreprend, dès 1963, des fouilles dans la grotte de Gondenans-les-Moulins. Deux campagnes de fouilles sont organisées : l'une en août 1963, l'autre en août 1964 (rapports de fouilles inédits).

a) Première campagne de fouilles

* Sondage n° 1

A une douzaine de mètres de l'entrée actuelle, au pied du cône d'éboulis qui l'obstrue en grande partie, ce sondage n'a pu être poursuivi au-delà de 1 m de profondeur. La stratigraphie relevée par J.P. JEQUIER est la suivante :

- 15 à 30 cm d'éboulis récent assez fin
- 5 à 10 cm d'un sédiment argileux, jaune-brun, constituant la limite inférieure de la plupart des vestiges modernes
- couche de blocaille épaisse (probablement 2 m ?), très grossière et très lacuneuse, avec ossement d'ours.

* Sondage n° 2

Effectué à 150 m environ de l'entrée, dans une zone épargnée par les fouilles clandestines, il a fourni la stratigraphie suivante de haut en bas :

- 0 à 30 cm de déblais superficiels, remaniement des fouilles antérieures.
- 10 à 45 cm de terre à ours en place, dans laquelle on peut distinguer deux niveaux : un niveau supérieur qui se désagrège au cours de la fouille en une multitude de petits cuboïdes irréguliers, difficiles à réduire, et un niveau inférieur plus cohérent, tout en restant extrêmement meuble et léger. Le niveau supérieur est par contre riche en minuscules fragments de charbon de bois. Sur toute l'épaisseur, la terre à ours est pauvre en ossements ; ceux-ci sont mal conservés et appartiennent exclusivement à de jeunes ou très jeunes ours. Les rares cailloux présents dans cette terre à ours sont des cryoclastes à arêtes fraîches et surfaces peu corrodées.
- 0 à 45 cm de dépôts stalagmitiques profondément altérés, marquant probablement l'existence d'un ancien plancher dont il ne subsisterait que des vestiges discontinus.
- une couche d'argile jaune stérile, d'épaisseur non déterminée.

*** Sondage n° 3**

Effectué à 35 m de l'entrée actuelle, en bas du couloir qui relie l'antichambre de la grotte à la première salle, entre l'énorme massif stalagmitique et la paroi rocheuse. La stratigraphie présente de haut en bas (Fig. 5) :

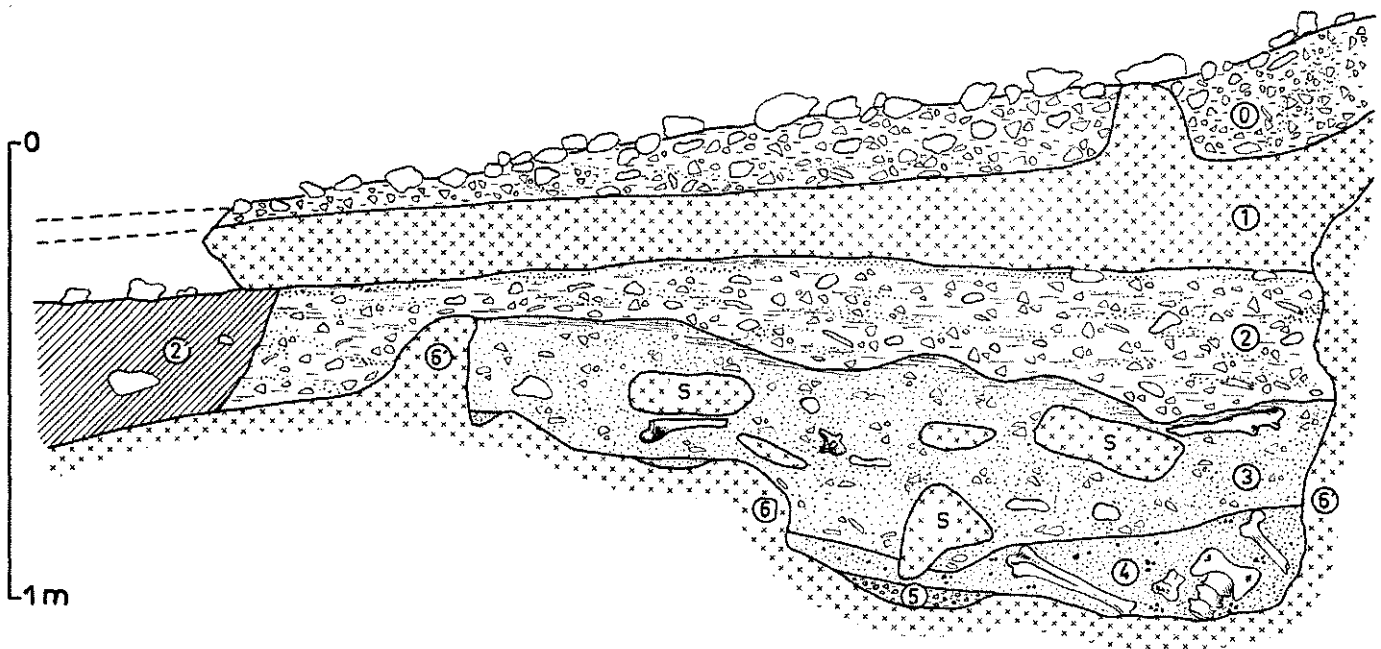


Fig.5 GONDENANS-LES-MOULINS . Fouilles 1963

Sondage n° 3 . Profil longitudinal (d'après J. P. JEQUIER)

- 0 - 5 à 20 cm de dépôts récents, éboulis, argile et mond-milch mélangés.
- 1 - 15 à 20 cm de plancher stalagmitique, très compact.
- 2 - 7 à 30 cm de cailloutis argileux (groises) avec ossements fragmentés et usés. Présence d'un niveau charbonneux en surface et d'une industrie de chaille et de silex.

- 3 - 20 à 40 cm de cailloutis sableux, le plus souvent consolidé en brèche par de la calcite et parsemé de débris stalagmitiques. Présence d'une zone d'altération de couleur rouille en surface. Les ossements sont beaucoup moins fragmentés que dans la couche précédente.
- 4 - 0 à 20 cm de sables partiellement cimentés par de la calcite. Présence d'une grande quantité de charbon de bois, d'ossements souvent entiers et de quelques éclats de chaille.
- 5 - 0 à 5 cm d'argile à cailloutis fins, stérile.
- 6 - plancher stalagmitique très dur, non percé en 1963.

L'examen morphologique et topographique de la grotte avait amené J.P. JEQUIER à supposer une autre entrée que l'actuelle. Il la découvrit à 30 m à l'Est de celle-ci et légèrement plus bas. Celle-ci, considérée comme l'entrée primitive du réseau, semblait correspondre à une galerie, repérable vers l'intérieur, complètement obstruée. L'essentiel du travail des fouilles de la campagne d'août 1964 consistera en une désobstruction de cette galerie dans l'espoir de découvrir les niveaux en place du porche primitif. D'autre part, le sondage 3, interrompu sur un plancher stalagmitique, sera poursuivi jusqu'au substrat calcaire.

b) Deuxième campagne de fouilles

- Poursuite du sondage 3

Le plancher stalagmitique percé (10 à 15 cm) repose directement sur un lit d'argile de décalcification, stérile en profondeur, mais contenant, çà et là, dans sa partie supérieure, quelques débris osseux d'ours des cavernes très mal conservés et fortement colorés par du bioxyde de manganèse. Cette argile, jaune d'or à brun clair, brun plus foncé vers le haut, très compacte, peut être corrélée à l'argile de base présente dans le sondage 2.

Une coupe synthétique du remplissage de la grotte peut donc être proposée (Fig. 6) :

- 0 - éboulis, terre rapportée, argile et mond-milch mélangés, de dépôt récent.
- 1 - plancher stalagmitique supérieur, compact (3ème stade de concrétionnement).
- 2 - couche à cailloutis et argile sableuse ; éléments calcaires à arêtes peu émoussées, de petite taille. Ossements extrêmement fragmentés et usés, surtout dans le haut de la couche.
Niveau charbonneux en surface avec industrie moustérienne de chaille, silex et quartzite.
- 3 - couche à cailloutis, gravier et sable ; éléments calcaires mal classés, à arêtes arrondies, prenant parfois la forme de véritables galets. Très nombreux restes de stalagmites et stalactites, également arrondis. Ossements relativement peu nombreux, mais moins usés et fragmentés que dans la couche sus-jacente. Couche très souvent consolidée en brèche difficile à exploiter.
La partie supérieure de la couche présente une zone d'altération de couleur rouille, indiquant un temps d'arrêt dans la sédimentation.
- 4 - couche sableuse, localement consolidée par de la calcite, contenant une grande quantité d'ossements pour la plupart entiers.
Charbons de bois sur toute l'épaisseur de la couche, mais surtout abondants à sa base, accompagnés de quelques éclats de chaille et de silex moustéroïdes. Le passage de la couche 3 à la couche 4 est en réalité beaucoup moins net qu'il n'est dessiné sur notre profil.

- 5 - couche d'argile à cailloutis fin, anguleux, présente seulement dans les dépressions du plancher stalagmitique inférieur, stérile.
- 6 - plancher stalagmitique inférieur, compact (2ème stade de concrétionnement).
- 7 - argile de décalcification, jaune-or, très tenace et stérile dans sa masse.
De couleur brunâtre dans sa partie supérieure, où elle contient quelques fragments osseux.

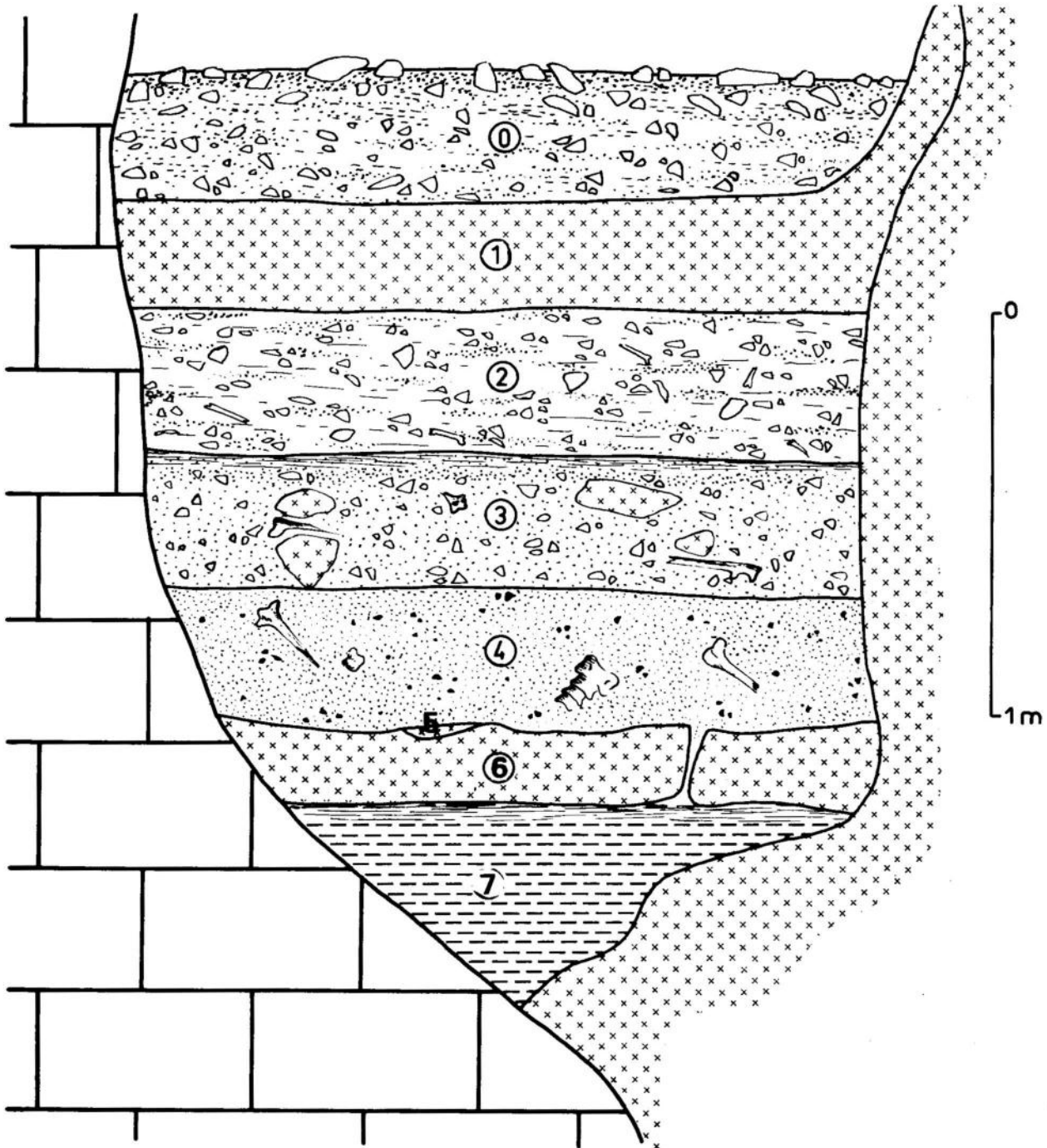


Fig.6 GONDENANS-LES-MOULINS : Stratigraphie schématique du remplissage (d'après J.P. JEQUIER)

Le premier stade de concrétionnement est représenté par l'énorme massif stalagmitique contre lequel s'appuie, à droite, le remplissage.

D'après J.P. JEQUIER : " L'examen du profil transversal relevé dans le sondage 3/1963-64, montre qu'il y a eu dans cette région de la grotte au moins *trois phases de concrétionnement*. A la première, de loin la plus importante, correspond le massif stalagmitique contre lequel s'appuie sur la droite le remplissage. On peut certainement lui rattacher les autres puissantes formations stalagmitiques compactes situées à proximité, ainsi que celles qui se trouvent dans les fonds de la grotte, au-delà de 300 m de l'entrée. Ces anciens dépôts sont assez souvent recouverts de calcite plus récente, sous forme de croûtes de quelques centimètres d'épaisseur qui se desquamement parfois facilement. Leur homogénéité indique qu'ils se sont formés très régulièrement et probablement rapidement. Hors du contexte paléontologique et archéologique, leur datation pose des problèmes. Sans se tromper, on peut néanmoins affirmer qu'ils datent au moins du dernier interglaciaire, s'ils ne sont pas plus anciens.

La deuxième phase de concrétionnement correspond au plancher stalagmitique inférieur, constitué de calcite assez impure et aussi aux masses stalagmitiques décomposées de la base du sondage 2/1963. Elle date probablement de la fin du Riss-Würm.

La troisième phase enfin est post-glaciaire et est responsable de la formation du plancher stalagmitique supérieur "

- Dégagement de l'entrée primitive

Poussé par l'espoir de trouver les couches en place dans le porche primitif, J.P. JEQUIER et son équipe entreprirent la desobstruction de la galerie comblée, entrevue l'année précédente. Le travail énorme que nécessita cette opération ne fut guère récompensé. En effet, la stratigraphie de ce porche (Fig. 7 se révéla stérile en matériel archéologique, exception faite d'une pièce de monnaie romaine (de l'époque de l'empereur TIBERE selon M. DEMESY) trouvée à 150 cm à l'intérieur du porche et à 70 cm sous la surface du remplissage. La stratigraphie du remplissage présente de haut en bas :

- 1, 1' - *éboulis, terre végétale, racines. A l'intérieur du porche, cette couche contient, ici et là, quelques ossements d'animaux récents sauvages et domestiques.*
- 2 - *cailloutis fin, anguleux, sec, stérile à l'origine, mais avec quelques intrusions secondaires d'ossements récents. C'est dans la partie tout à fait supérieure de cette couche qu'a été trouvé la pièce romaine.*
- 3 - *niveau à ossements de rongeurs et autres petits vertébrés.*
- 4 - *bloc effondré profondément délité.*
- 5 - *cailloutis moyen, anguleux, sec, souvent en plaquettes, stérile dans sa masse.*
- 6 - *groise homogène, formation de pente sans stratification apparente.*
- 7 - *cailloutis moyen à grossier, à arêtes parfois très arrondies (par ruissellement et corrosion chimique), souvent consolidé par de la calcite ou enrobé de mond-milch. Avec les premiers éléments à arêtes arrondies apparaissent aussi les premiers vestiges osseux d'ours des cavernes.*

- 8 - cailloutis de même type que celui de la couche 7, mais mélangé à au moins deux parties d'un sédiment fin argilo-terreux. Ossements d'ours assez nombreux par endroits.
- 9, 9' - plancher stalagmitique, effondré dans sa partie antérieure.
- 10 - argile de décalcification, jaunâtre, extrêmement compacte, stérile, avec nombreuses concentrations d'oxyde de manganèse.
- 11 - roche encaissante.

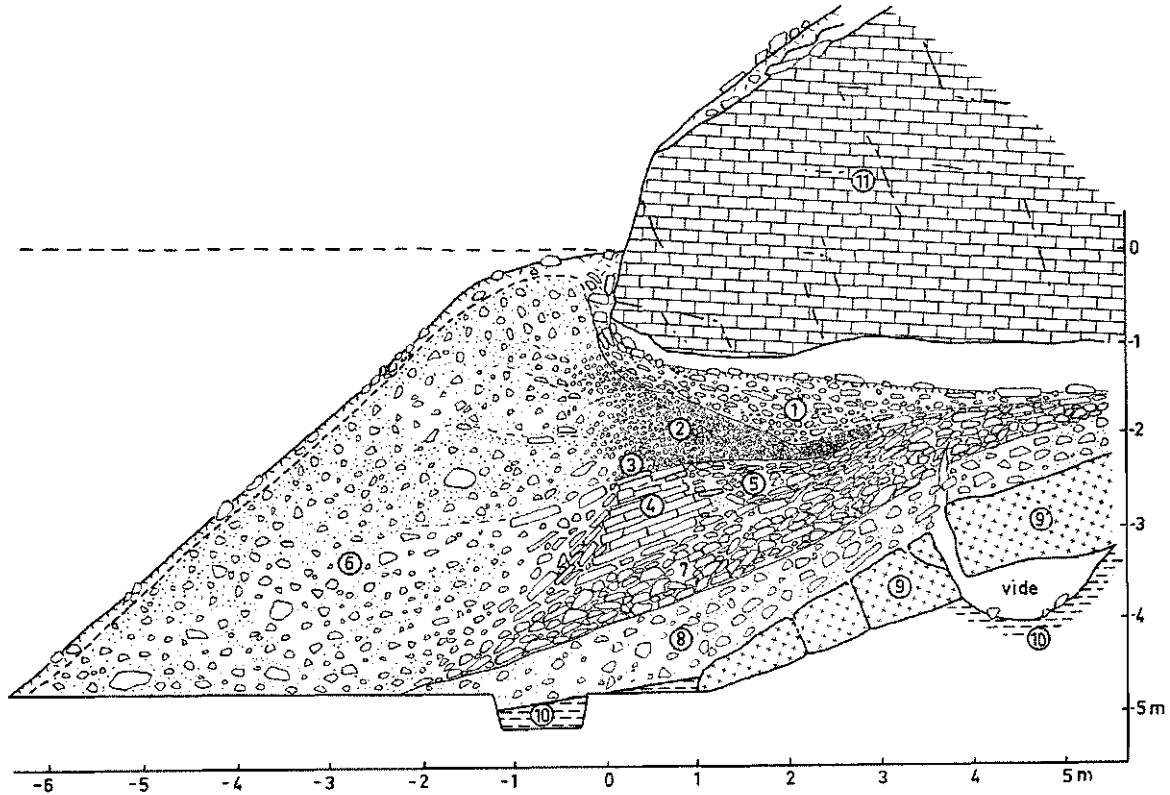


Fig.7 GONDENANS-LES-MOULINS. Fouilles 1964
Coupe longitudinale dans le porche primitif (d'après J.P. JEQUIER)

Si cette fouille a déçu ses auteurs, elle est, à notre avis, riche d'enseignements. En effet, la jeunesse du remplissage (au moins en ce qui concerne les couches dépourvues d'ossements d'ours, c'est-à-dire de 1 à 6) montre qu'il ne s'agit pas du porche primitif, mais d'un stade de recul du porche de la grotte, surbordonné au recul de la falaise rocheuse. Les couches 7 à 10 constituent l'équivalent latéral des niveaux reconnus en profondeur (sondage 3), démantelées lors du recul de la falaise. La stabilisation récente de ce recul (probablement post-glaciaire) a permis le comblement du porche. J.P. JEQUIER expliquait l'absence de témoignages préhistoriques par l'inclinaison des dalles effondrées, issues du démantèlement du plancher stalagmitique. A notre avis, le porche initial se trouvait à quelques dizaines de mètres vers l'aval du réseau, mais le recul de la falaise l'a complètement détruit. La stratigraphie du porche actuel présente deux ensembles séparés par une lacune importante :

- Les couches 7 à 10 représentent, non pas un dépôt de porche, mais un dépôt de galerie profonde, comparable à celui entrevu dans les sondages 2 et 3.

- Les couches 1 à 6 représentent le dépôt récent de porche, colmaté lors de la stabilisation holocène de la falaise de Gondenans.

En 1977, J.Y. BERNAUD effectua un sondage très localisé à une dizaine de mètres du sondage 3 de J.P. JEQUIER. Il retrouva la stratigraphie décrite initialement, et en particulier les deux planchers stalagmitiques qui constituent deux éléments-repères importants dans le remplissage de la Grotte de Gondenans-les-Moulins.

Deux datations absolues ont été effectuées sur les charbons de bois du remplissage par le Dr. J.C. VOGEL du Laboratoire de Groningen. (in Eburodunum II, cahiers d'archéologie romande n° 2, p. 102). L'une (Gr N - 4557) donne 44.650 ± 1200 B.P. pour la couche 4. L'autre (Gr N - 4629) donne 48.650 ± 2300 B.P. pour la couche 2. Il y a apparemment incohérence dans ces résultats, si l'on se réfère à la stratigraphie préparée par J.P. JEQUIER, l'ordre des numéros de couches commençant par les plus récentes. Quoi qu'il en soit, ces deux couches sont situées entre les deux planchers stalagmitiques considérés comme datant du Riss-Würm pour le plus inférieur, et de l'Holocène pour le supérieur.

La mort accidentelle de J.P. JEQUIER, le 28 février 1967, a privé la Suisse d'un préhistorien et quaternariste dynamique et talentueux. Le grand travail qu'il préparait sur le Moustérien alpin dans son contexte paléoclimatique et sédimentologique, n'a pu être achevé. Les observations qu'il a faites à Gondenans-les-Moulins restent d'une grande importance et annoncent la mise en oeuvre d'une méthodologie nouvelle pour l'étude des remplissages de grotte.

B) Les fouilles récentes

=====

Sous l'impulsion de J.P. MILLOTTE, Directeur des Antiquités Préhistoriques de Franche-Comté, se mettent en train une série de chantiers de fouilles importants dans les remplissages franc-comtois les plus menacés.

De 1964 à 1966, la Grotte de la Baume de Gonvillars (Haute-Saône) est fouillée sous la direction de P. PETREQUIN. Une monographie plus importante de ce gisement est publiée en 1970 (Annales littéraires de l'Université de Besançon - Les Belles Lettres - Paris).

De 1966 à 1977, M. VUILLEMEY découvre et fouille le splendide remplissage de la Grotte de la Baume de Gigny/s/Suran (Jura).

A partir de 1968, A. THEVENIN reprend la fouille de l'abri de Rochedane à Villars/s/Dampjoux (Doubs).

De 1969 à 1974, M. CAMPY, après une fouille de sauvetage dans le Grand Clocher de la Grotte de la Baume à Echenoz-la-Méline (Haute-Saône), met en évidence la stratigraphie du porche et de la première salle.

En 1969, une fouille de sauvetage sous la direction de P. PETREQUIN est organisée dans le remplissage de la Grotte de Casamène à Besançon (Doubs).

En 1972, J.F. PININGRE dirige la fouille d'un large sondage dans la Grotte de la Piquette à Rurey (Doubs).

De 1972 à 1978, le petit aven de Vergranne (Doubs) est fouillé sous la direction de M. CAMPY.

Toutes ces fouilles ont été exécutées avec des méthodes modernes et tous les aspects (typologie, géologie, paléontologie, datation absolue) de ces remplissages ont été abordés par divers spécialistes. Nous tenterons, par ce travail, de faire une synthèse des différents apports pour replacer ces gisements dans leur contexte chronologique et paléoclimatique. D'autres gisements sont en cours de fouille actuellement : abri de Bavans dans le Doubs (G. AIME), abri de Ranchot dans le Jura (M. CAMPY, S. DAVID, A. THEVENIN), abri de Gigot dans le Doubs (D. VUAILLAT, A. THEVENIN). Il nous a paru souhaitable d'étudier d'abord les gisements complètement fouillés, les résultats obtenus permettront peut-être de mieux comprendre les fouilles en cours.

CHAPITRE II

METHODOLOGIE

CHOIX ET ÉTUDE CRITIQUE

I. - GENERALITES

Les cavités karstiques peuvent être considérées comme des réceptacles susceptibles d'être comblés (remplissage). La nature de ce comblement est sous la dépendance de nombreux facteurs que l'on peut grouper en plusieurs types :

Premier type : facteurs liés à la roche encaissante

- nature de cette roche encaissante
- importance numérique et largeur des fissurations liées au système karstique
- épaisseur de la voûte
- nature des sols et des formations de couverture dans le bassin d'alimentation du karst.

Deuxième type : facteurs liés à la position du remplissage dans le réseau karstique

- remplissage d'évent karstique latéral (porche) ou vertical (aven)
- remplissage de karst profond.

Troisième type : facteurs liés au climat (humidité et température)

- blocage de la perméabilité des calcaires (par existence de perma-frost) en environnement périglaciaire et au contraire percolation abondante en contexte tempéré
- cryoclastie abondante au niveau des événements (porche et aven) en contexte froid, humide, et au contraire stabilisation protectrice en contexte tempéré.

Cet inventaire schématique, non exhaustif, montre toute l'importance de l'environnement dans la genèse d'un remplissage : l'étude de celui-ci ne peut être indépendante de l'étude géologique générale du bassin d'alimentation du karst correspondant. On imagine mal, de ce fait, une étude de remplissage basée uniquement sur des analyses effectuées en laboratoire par un technicien baptisé " spécialiste ", à partir d'échantillons prélevés par le " généraliste " fouilleur et parvenus au laboratoire à l'intérieur de sacs étanches soigneusement étiquetés.

Un autre écueil à éviter, à notre avis, est l'application systématique des mêmes techniques de laboratoire à tous les types de remplissage. Ces analyses, longues et souvent fastidieuses épuisent le chercheur et émoussent son pouvoir de réflexion. La multiplication des dosages, exprimés par des diagrammes nombreux souvent peu significatifs, étouffe fréquemment les vrais problèmes par l'abondance des données et joue le rôle de tranquillisants en noyant l'observation stratigraphique de type naturaliste sous un monceau de valeurs réputées " objectives ", mais non adaptées aux problèmes posés. Aussi, les observations de terrain restent-elles à nos yeux primordiales. Le chercheur, considéré comme spécialiste de remplissages, doit avoir participé au maximum au travail de chantier et au moins à son aspect stratigraphique

(relevé et dessin de coupe, prise d'échantillons). Les techniques de laboratoire appliquées par la suite dépendront largement de ce travail de terrain dont elles ne représenteront, le plus souvent, que le complément chiffré objectif.

II. - LES ETUDES DE TERRAIN

A) Le contexte géologique

1) Le substrat calcaire

La plupart des remplissages étudiés se trouvent dans des régions couvertes par les cartes géologiques au 1/50.000°, qui présentent des améliorations notables par rapport aux anciennes cartes géologiques au 1/80.000°. Cet avantage a bien souvent facilité la compréhension des formes du karst et de son remplissage, à partir de la stratigraphie faciologique relativement détaillée des calcaires encaissants et de leur agencement tectonique. Il faut cependant remarquer que des leviers supplémentaires à plus grande échelle (1/5.000° ou 1/10.000°) ont été souvent nécessaires pour mieux situer le karst dans son environnement. La carte géologique au 1/50.000° privilégie en général les assises du substratum mésozoïque au détriment des formations superficielles. La carte géologique apparaît plus comme un " écorché " géologique dépouillé de sa couverture limoneuse éventuelle et pédologique dont dépendent, le plus souvent, les remplissages karstiques. De plus, les leviers géologiques au 1/50.000° privilégient les aspects bio et chronostratigraphiques par rapport à l'aspect faciologique du substrat mésozoïque. Or, les calcaires de Franche-Comté déposés sur la plate-forme alpine en mer peu profonde, présentent de rapides variations de faciès et il est rare qu'un réseau karstique ne développe ses ramifications que dans un seul faciès. Une autre inconnue intégrale vient s'ajouter à cette imprécision : il s'agit de l'aspect géochimique. Il est en effet indispensable de bien connaître le contenu géochimique des roches encaissantes et nourricières du karst, afin de le comparer à celui des remplissages, afin d'y déterminer ce qui en est directement hérité par rapport au contenu allochtone ou néoformé.

En ce qui concerne la Franche-Comté, il nous paraît en particulier important de connaître avec précision le contenu insoluble des calcaires, susceptible de nourrir les karsts après leur dissolution en surface ou en profondeur. On sait, par les travaux de nos collègues suisses de l'Institut de géologie de Neuchâtel, que le résidu insoluble (R.I.) représente un faible pourcentage de la masse calcaire (M. POCHON, 1978). D'après cet auteur, la variabilité quantitative du R.I. des calcaires du Jurassique est assez grande et s'échelonne de 0,05 % à 8,16 %. Les plus faibles teneurs (0,05 %) se trouvent dans les calcaires sublithographiques très clairs (Séquanien encaissant de la Baume de Gigny, de l'abri de Rochedane, de la Grotte de Casamène) tandis que les plus fortes teneurs (8,16 %) se trouvent dans les calcaires colorés (calcaire du Crétacé par exemple). Les calcaires encaissants de la Grotte de la Piquette à Rurey, de la Baume d'Echenoz et de l'aven de Vergranne d'âge bajocien et de faciès biosparitique et oosparitique, peuvent être comparés au calcaire du Séquanien supérieur étudié par cet auteur : le résidu insoluble varie quantitativement entre 0,36 % et 3,39 % de l'ensemble. Les calcaires marneux de l'Oxfordien (faciès rauracien) et du Séquanien présentent, par contre, un résidu insoluble plus important (de 32,28 % à 45,95 %), mais les réseaux karstiques se développent le plus souvent au sommet de ces assises imperméables et les remplissages ne peuvent être alimentés par leurs produits insolubles.

Les caractéristiques tectoniques du substrat calcaire peuvent jouer un rôle non négligeable sur le karst et ses remplissages. Les feuilles géologiques au 1/50.000° rendent compte des structures tectoniques générales (structures monoclinales, plissées ou faillées), mais ne peuvent, vu l'échelle, prendre en compte les caractéristiques tectoniques secondaires : axes de fissuration secondaire, diaclasage, failles annexes ... bien souvent responsables de l'établissement du karst. La réponse des différents calcaires aux tensions tectoniques est très différente selon le faciès : dans une même série stratigraphique, un calcaire bioclastique massif est souvent beaucoup moins affecté par la tectonique qu'un calcaire sublithographique découpé en une multitude de parallélipèdes décimétriques particulièrement sensibles au gel. Dans un substrat monoclinal faillé, de nombreuses dolines affectent les plateaux et exercent une influence sur les karsts sous-jacents.

2) Les formations de couverture

Compte tenu du pourcentage très faible du résidu insoluble des calcaires jurassiens, l'essentiel du remplissage argileux ou argilo-silteux du karst ne peut provenir entièrement des produits de décalcification des calcaires à l'intérieur de leur masse. De plus, au cours des phénomènes de spéléogenèse, le karst actif a déblayé la plus grande partie, sinon la totalité de ses produits insolubles. Le remplissage du karst débute lors de sa fossilisation, alors que les galeries, abandonnées par les circulations d'eau, ne sont plus notablement modifiées. Nous sommes ainsi amenés à penser que l'essentiel, sinon la totalité des produits fins, constituant le colmatage des karsts fossiles, est issu des formations de couverture.

En Franche-Comté, les formations de couverture (formations superficielles) du substrat calcaire sont constituées essentiellement par les sols. Seules les dépressions tectoniques (Bresse, fossés de l'Ognon et de la Saône) possèdent une couverture limoneuse importante. Or, les systèmes karstiques étudiés, situés dans la chaîne jurassienne ou au niveau des plateaux calcaires de Haute-Saône, échappent à cet héritage superficiel allochtone (fluviatile ou éolien). Ainsi, et les problèmes s'en trouvent par là simplifiés, les formations de couverture susceptibles de nourrir les karsts jurassiens ne sont représentées que par les formations pédologiques directement issues, au niveau de la phase résiduelle minéralogique, des calcaires et marnocalcaires du substratum. D. AUBERT (1967-1969) a montré que l'érosion superficielle des calcaires du Jura se faisait par deux processus majeurs : une *érosion frontale* importante agissant au front des bancs calcaires et provoquant leur recul et une *érosion dorsale* sous l'action dissolvante de l'eau percolant les formations pédologiques. Une estimation quantitative, basée sur de nombreux dosages du calcaire dissous dans les eaux d'infiltration, a montré que cette érosion superficielle était importante (de l'ordre de 0,1 mm/an, donc de 1 m en 10.000 ans) et dominait, en tous cas, largement la dissolution profonde, celle qui contribue à creuser les cavités souterraines. La couverture pédologique du Jura calcaire (chaîne jurassienne et plateaux) est donc en grande partie héritée des calcaires sous-jacents, la dissolution superficielle importante libérant le résidu insoluble qui s'incorpore aux sols. Théoriquement, et selon ce processus de dissolution superficielle rapide des calcaires, la couverture pédologique du Jura serait importante, si les phénomènes de démantèlement ne venaient périodiquement la détruire. En effet, la chaîne jurassienne a été recouverte à plusieurs reprises par les glaciers qui ont détruit, lors de leur progression, les formations meubles superficielles antérieures. En régime périglaciaire, celles-ci n'ont pas résisté aux phénomènes érosifs de solifluxion les entraînant dans les vallées où elles étaient en grande partie évacuées par les cours d'eau. Ainsi, la plupart des sols jurassiens et des plateaux calcaires franc-comtois sont post-glaciaires. Les paléosols, plus anciens, sont rares en Franche-Comté, seulement présents à l'extérieur du domaine calcaire, là où les processus de sédimentation dominent les processus d'érosion par dissolution : on peut constater leur présence dans les bassins d'effondrement périphériques récents déjà cités : fossés bressan, de l'Ognon et de la Saône.

La cartographie pédologique est peu avancée en Franche-Comté qui a été longtemps considérée comme une zone couverte de rendzines et de sols squelettiques. La carte des sols au 1/1.000.000° (1966) donne une idée très générale de la répartition des ensembles pédologiques du Jura :

- Les sols de la haute chaîne et des plateaux supérieurs sont constitués de rendzines typiques et de sols humiques carbonatés. Cette zone représente l'aire initialement occupée par le glacier würmien (Jura " rocheux " de D. AUBERT, 1965).

- Les plateaux inférieurs sont recouverts de sols bruns lessivés et de sols humiques carbonatés (Jura " pelouse " de D. AUBERT).

- Sur les formations glaciaires et paraglaciaires de l'Arlier et de la Combe d'Ain se sont développés des sols bruns eutrophes.

M. GAIFFE (1976) donne une vision moins simpliste de la répartition des sols jurassiens et propose 14 types de sols franc-comtois, insistant sur leur diversité et les variations pédologiques latérales importantes sur de faibles distances, déjà entrevues par L. M. BRESSON (1974) dans la région d'Orgelet. Les rendzines vraies n'existent que sur les corniches calcaires ou sur les fortes pentes où une réalimentation permanente en éboulis calcaires bloque la décalcification et le lessivage. Les principaux types représentés sur les plateaux calcaires du Jura et de Haute-Saône sont les sols bruns :

- Rendzine brunifiée décarbonatée en surface sur roche-mère de calcaire tendre ou calcaire marneux.

- Rendzine brunifiée polycyclique lorsque le sol s'est développé sur du matériel initialement pédogénétisé (terra fusca recarbonatée).

- Sol brun eutrophe sur dalle calcaire dure.

- Sol brun calcaire sur roche-mère calcaire altérable (calcaire bioclastique à ciment micritique).

- Sol brun calcique, mono ou polycyclique, avec accumulation de carbonates à la base du profil.

M. POCHON (1974) a mis en évidence des pollutions éoliennes enrichissant les couvertures pédologiques en minéraux allochtones (feldspaths potassiques et chlorite essentiellement) issus des moraines rhodaniennes et sariniennes à l'époque tardiglaciaire. Cet apport allochtone, découvert dans les sols ocreux du haut Jura, a été retrouvé dans le Jura occidental et en particulier dans la partie supérieure du remplissage de la Baume de Gigny.

Ainsi, la connaissance des sols actuels présents dans le bassin d'alimentation d'un karst dont on se propose d'étudier le remplissage est-elle nécessaire pour distinguer ce qui peut être hérité directement de ces sols par rapport aux venues allochtones. Il est un fait que les sols actuels peuvent ne pas être la réplique exacte des sols anciens détruits au cours des périodes glaciaires et susceptibles d'avoir nourri les karsts. L'un des facteurs de la pédogenèse reste cependant constant : la roche-mère, et on peut imaginer les résultats d'une évolution plus poussée de ces sols, telle qu'elle a pu avoir lieu lors des interglaciaires quaternaires : approfondissement des couvertures pédologiques et décarbonatation plus intense par une période de lessivage plus longue.

B) Le contexte morphologique

=====

La nature et l'importance d'un remplissage karstique sont sous la dépendance étroite de la topographie, non seulement du karst lui-même, mais de tout l'environnement proche de son débouché. Les divers spécialistes des remplissages de grotte (J. Cl. MISKOVSKY, 1974, p. 35 et H. LAVILLE, 1975, p. 40) ont déjà insisté sur ce critère important. Plutôt que de reprendre des notions générales sur ce point, nous nous contenterons de citer quelques exemples que nous avons pu observer dans les divers gisements étudiés. En remarque préliminaire, nous pouvons dire que la topographie du débouché karstique où s'accumule le remplissage joue un rôle important lors de deux phases " génétiques " distinctes (contemporaines ou décalées dans le temps) : la phase constructrice, edificatrice du remplissage et la phase destructrice de ce remplissage.

Premier cas : comparaison des remplissages d'aven et de porche (Fig. 8)

- Un remplissage d'aven s'ouvrant sur un plateau calcaire (exemple Vergranne) peut représenter le piège idéal à sédiments. Sa position, dans un environnement encaissant calcaire, lui assure, au moins théoriquement, une sédimentation continue sans fluage, ni tronçage destructif de ravinement ou de solifluxion. Pourtant, cette disposition topographique garantissant *a priori* un dépôt cohérent, présente des potentialités de destruction et de remaniement de deux ordres. Tout d'abord, et comme nous le montrerons dans l'étude du remplissage de Vergranne, un plateau calcaire " fond " superficiellement (érosion dorsale de D. AUBERT). Les évaluations anciennes et récentes de cette dissolution superficielle (SCHARDT, 1906 ; CAVAILLE, 1953 ; BIROT, 1954 ; CORBEL, 1956-1959 ; AUBERT, 1967 ; POCHON, 1974) l'estiment à environ 0,1 mm par an \pm 30 % " valeur dérisoire en apparence, mais qui prend tout son sens si l'on tient compte des durées géologiques " (AUBERT, 1967). En extrapolant, elle correspond à 10 m pour 100.000 ans, c'est-à-dire en gros depuis la fin de l'avant-dernière glaciation. A Vergranne, nous estimons cette érosion superficielle des calcaires à au moins 5 m. Une deuxième cause de remaniement et de destruction des remplissages d'aven réside dans l'existence de " sucoir " karstique. Ce danger menace surtout les remplissages anciens présents dans des karsts perchés et dont l'enfoncement du réseau crée des galeries inférieures communiquant avec les réseaux supérieurs par des puits. Ce phénomène, observé à Vergranne, est également présent dans d'autres remplissages. Les exemples les plus typiques sont ceux de Montmaurin (H. MEROC, 1969) et des Valerots (J. CHALINE, 1969).

- Un remplissage de porche de grotte s'ouvrant en pied de falaise (Fig. 8) au-dessus d'un cône d'éboulis, donc dans une situation topographique non comparable, présente des conditions de dépôts très différentes. Le phénomène d'appel au vide (appel gravitaire) exercé par la vallée sera générateur de tronçages de niveaux et même de destruction complète de couches. Les remaniements sont fréquents dans de telles dispositions topographiques et les coupes stratigraphiques longitudinales (Gigny, Echenoz) le montrent nettement. L'aplomb du porche constitue théoriquement l'endroit où l'accumulation est maximum, tandis que les zones plus profondes, tamponnées climatiquement et à l'abri des apports de falaises, sont moins génératrices de sédiments. Ceci est vrai au niveau du phénomène d'accumulation, mais les processus de destruction sont plus intenses (appel au vide, solifluxion, ravinement) au niveau du porche qu'en profondeur.

Deuxième cas : comparaison des remplissages de porche en falaise active et en falaise " stable ".

Le concept de falaise " stable " est en fait illusoire en Franche-Comté. Les diverses fouilles de porches ainsi que les nombreuses observations que nous avons pu faire sur les corniches calcaires nous ont montré que toutes les falaises avaient une activité plus ou moins intense. Cette constatation rejoint les obser-

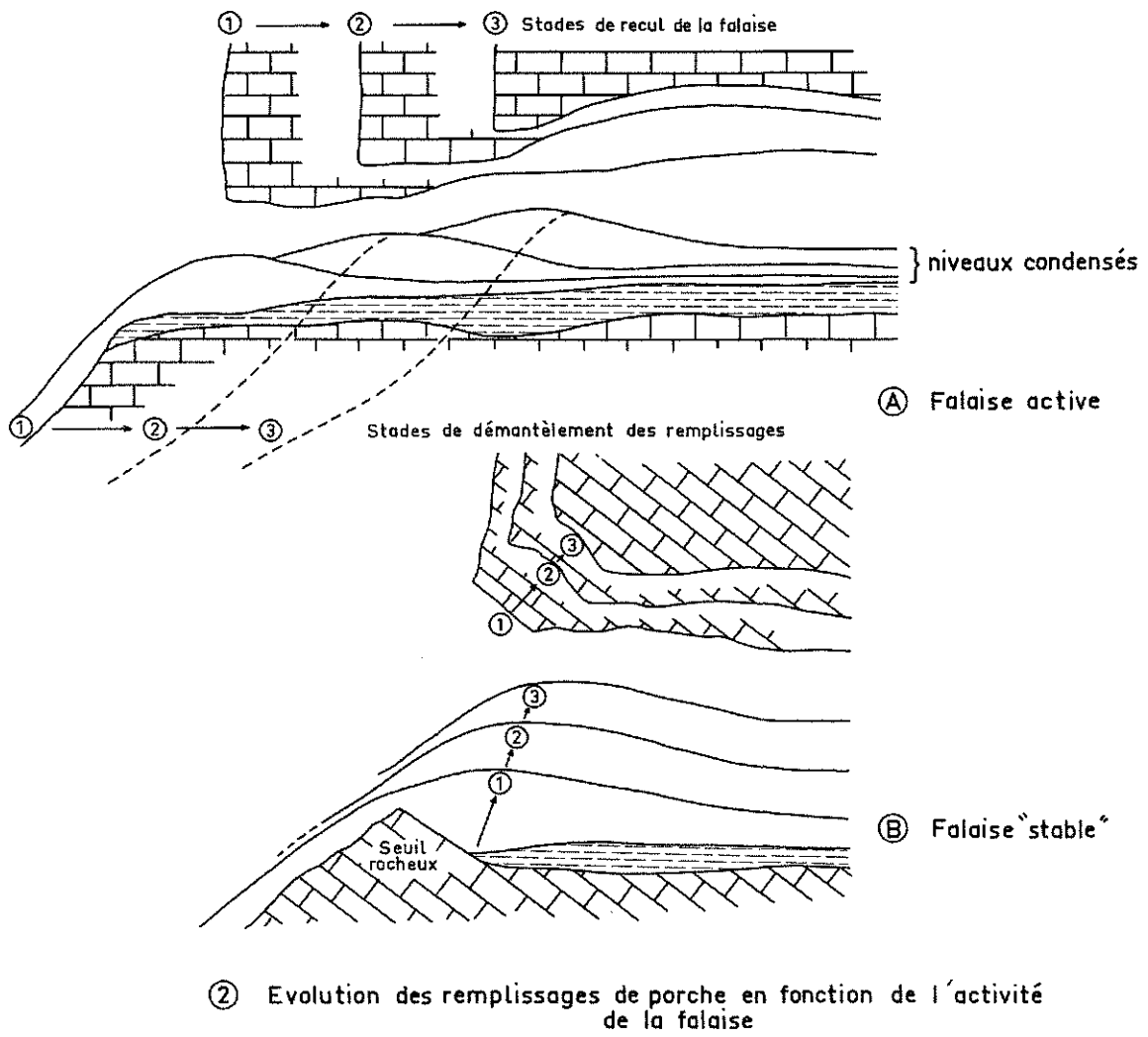
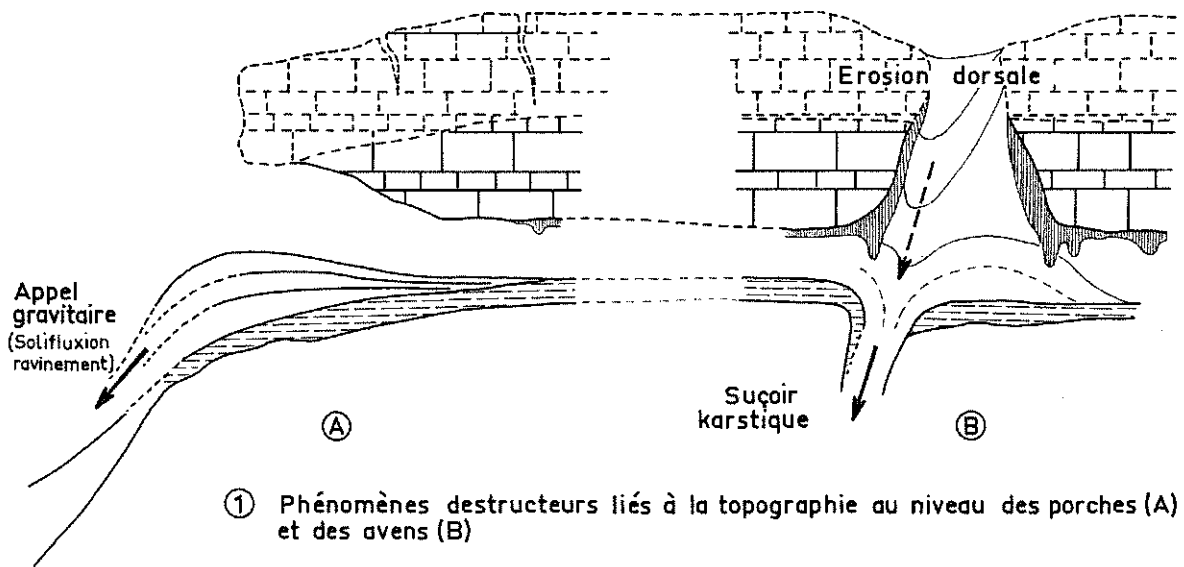


Fig.8 Influence de la topographie sur les différents types de remplissages karstiques franc-comtois.

vations de D. AUBERT (1969) pour la chaîne jurassienne, au niveau de ce que cet auteur appelle l' " érosion dorsale ".

Cependant, les observations stratigraphiques que nous avons faites dans les remplissages karstiques franc-comtois, associées à l'étude topographique des falaises où débouchent ces karsts, nous amènent à distinguer divers types d'activité de ces falaises calcaires. Pour simplifier le problème, nous prendrons les deux types extrêmes rencontrés.

- Remplissage de porche en falaise active

En environnement climatique actuel de type interglaciaire, rares sont les falaises franc-comtoises actives. De grands éboulements historiques (Ornans, Baume-les-Messieurs) ont cependant eu lieu, de manière très localisée, et il est parfois dangereux de se promener au printemps sous certains abrupts constitués de matériaux particulièrement fracturés (roche pourrie à Salins). Cependant, les abondants dépôts de groize périglaciaire würmiens ont régularisé les profils de pente et les pierriers actifs de pied de falaise sont rares en Franche-Comté : ils sont le plus souvent stabilisés par une végétation arbustive (buis, noisetier).

L'étude topographique des falaises, ainsi que l'abondance des dépôts cryoclastiques à leur pied, nous montrent qu'il n'en a pas été de même au cours du Quaternaire. De plus, les débouchés de porche se font le plus souvent au niveau des zones les plus diaclasées, voire faillées, des corniches calcaires. Il est ainsi fréquent d'observer des mini-reculées festonnant l'axe topographique principal des falaises, au fond desquelles débouchent d'anciens conduits karstiques (ex. : Echenoz, Casamène). On est ainsi amené à admettre un recul actif du dénivelé topographique au cours de l'édification du remplissage, détruisant celui-ci dans ses dépôts les plus externes et les plus anciens. Or, l'on sait que les dépôts de remplissage présentent des variations de faciès importantes et rapides entre la zone du porche et les conduits profonds. Dans de telles conditions topographiques, les remplissages fouillés ne concerneront que les couches internes (niveaux condensés) dont l'intérêt stratigraphique, paléontologique et préhistorique est bien entendu nettement moindre que celui des couches externes détruites (faible impression des actions climatiques due à l'effet tampon, rareté des vestiges paléontologiques et préhistoriques, condensation des niveaux...). De plus, toute la partie inférieure du remplissage sera constituée de matériaux fins, stériles, déposés en karst aveugle pendant la période séparant l'activité du karst de sa sénilité.

- Remplissage de porche en falaise " stable "

Bien que cette stabilité soit rarement absolue, certains porches ont manifestement moins souffert de l'érosion que d'autres. Le cas de la Baume de Gigny est particulièrement illustratif. La structure lithologique peut être responsable de cette stabilité et dans le cas de ce remplissage, elle a joué sur deux plans :

1° *Tout d'abord, le pendage des bancs calcaires joue un rôle extrêmement important sur leur vitesse d'érosion.* D. AUBERT (1969) a montré par de nombreuses observations et plusieurs centaines de mesures, que " l'ablation est moins efficace dès que le pendage dépasse 25 à 30°, ce qui revient à dire que les bancs sont plus résistants lorsqu'ils sont redressés qu'en position plus proche de l'horizontale ". Dans le cas de Gigny, où les pendages se redressent brusquement au niveau du porche, cette particularité a certainement joué un rôle de frein vis-à-vis de l'érosion.

2° Cette particularité structurale a eu une autre conséquence : le substrat calcaire mis à nu à la base du sondage a montré qu'un seuil rocheux de pendage conforme au pendage général maintenait les différentes assises du remplissage et a probablement évité son fluage et sa destruction par appel gravitaire. Cette disposition, s'ajoutant au faible recul de la falaise, a permis la conservation d'un remplissage d'une puissance exceptionnelle (12 m).

Les caractéristiques d'un remplissage de falaise " stable " sont très différentes de celles d'un remplissage de falaise active :

. les niveaux sont plus variés lithologiquement dans la mesure où les processus de remplissage sont directement sous l'effet des agents atmosphériques et enregistrent de manière plus fidèle les pulsations climatiques,

. les couches archéologiques sont plus riches si le porche a servi d'habitat aux hommes préhistoriques, l'aire d'activité de ceux-ci se situant le plus souvent au niveau du porche,

. les faunes, et en particulier les microfaunes de rongeurs, y sont plus abondantes, les aires de rapace se situant plus volontiers à l'aplomb de la falaise que dans la grotte proprement dite.

C) La fouille du remplissage

=====

De nombreux auteurs (G. LAPLACE-JAURETCHE et L. MEROZ, 1954 ; A. LEROI-GOURHAN, 1950 ; D. de SONNEVILLE-BORDES, 1967 ; H. de LUMLEY, 1969 et 1971) ont largement débattu du problème et exposé les techniques propres à la fouille archéologique. Les nombreuses visites de chantiers français et étrangers, ainsi que les échanges permanents que nous avons entretenus avec nos collègues, nous ont amenés à appliquer les méthodes couramment utilisées. Nous ne reviendrons pas sur ces techniques qui ne peuvent s'apprendre que " sur le tas " par la participation en tant que " fouilleur de base " à des chantiers divers. Avant de me voir confiée la responsabilité de la fouille de sauvetage d'Echenoz-la-Méline (mai 1969) par J.P. MILLOTTE, j'avais participé à de nombreux chantiers de fouilles, et c'est aux responsables de ceux-ci que je dois une bonne part de ma formation : P. BICHET (Tumulus de l'Arlier, été 1966), B. VANDERMEERSCH (Grotte du Djebel Kafzeh en Israël, étés 1967 et 1969) et A. THEVENIN (Abri de Ranchot, automne et hiver 1967).

Chaque site a ses particularités et nécessite une méthodologie adaptée à ces particularités, le souci permanent du responsable du chantier étant le collectage le plus complet possible de toutes les données mises en évidence par la fouille. L'exercice est à la limite angoissant parce qu'énorme, mais nécessaire, et nous dirons même obligatoire : *les documents (plans, relevés, photos, notes) établis en cours de fouille doivent permettre une reconstitution théorique intégrale du site détruit.* Il est inutile de fouiller méticuleusement si la description du décapage n'est pas notée systématiquement et la disposition des pièces archéologiques au sens large et paléontologiques non représentée. Cet aspect de collectage systématique des données se heurte souvent à un besoin de compréhension globale du site et une analyse trop minutieuse de détails gêne parfois l'observation de caractères plus généraux dont l'importance n'apparaît pas immédiatement. Un compromis sans cesse remis en question doit être trouvé entre le collectage des observations ponctuelles et la vision générale du niveau fouillé et de sa place dans le site.

Un certain nombre de démarches communes ont été utilisées sur les sites que nous avons eu la responsabilité et le plaisir de fouiller. Nous ne prétendons cependant pas proposer une méthode universellement applicable, ayant eu souvent conscience *a posteriori* de nos imperfections, voire de nos erreurs.

- Descriptif du site avant tout travail de fouille

Il est nécessaire de dresser de manière précise la topographie du gisement avant tout commencement de la fouille proprement dite. Cette démarche devra aboutir à un bilan zéro de l'état du site : plan général et étendue horizontale du remplissage initial entre les paroi, hauteur, forme et état de la voûte calcaire ; relevé topographique en courbes de niveau de la surface du remplissage ...

Ce travail initial peut paraître superflu lorsque le site a subi des bouleversements anthropiques, comme c'est souvent le cas (phases historiques d'occupation de la grotte, fouilles clandestines), mais de nombreuses déductions stratigraphiques pourront faire appel à cet état préalable.

- Carroyage et choix des points de référence

La localisation des coupes stratigraphiques, les coordonnées de chaque pièce paléontologique et archéologique devront pouvoir se faire par rapport à un quadrillage horizontal et un point de référence vertical (point 0), permettant un repérage simple et constant. Ce carroyage, souvent matérialisé par une série de fils métalliques dont la projection verticale détermine des carrés de 1 m de côté, doit constituer un minimum de gêne pour le fouilleur et chaque gisement présente ses propres particularités en ce domaine.

- La fouille proprement dite

Un grand débat s'est instauré depuis la mise en application des fouilles méthodiques : fouilles verticales à but principalement stratigraphique et fouilles par décapage horizontal à but paléoethnologique. *Le vrai problème n'est pas, à notre avis, de privilégier l'une ou l'autre de ces deux méthodes, mais d'adapter un type de fouille à chaque gisement.* Il nous est apparu indispensable d'avoir une idée préalable de la stratigraphie du gisement avant tout décapage horizontal d'un niveau particulier, surtout en site de grotte où les sols d'habitat sont difficiles à individualiser avec précision. F. BORDES (1975) a fait une analyse critique magistrale des limites de la recherche systématique des " sols " d'habitat en milieu karstique (grotte ou abri) et nos observations sur les remplissages franc-comtois corroborent tout à fait cette façon de voir. D'une manière générale, il nous a paru impérieusement nécessaire d'avoir une vue la plus complète possible de la stratigraphie du gisement avant la mise en oeuvre de grandes surfaces de décapage. Cette approche stratigraphique a pu se faire sans dommage majeur pour le gisement, par l'établissement de sondages limités ou simplement par le rafraîchissement de coupes anciennes au niveau des sondages clandestins ou des coupes naturelles en limite de site. Par ailleurs, des plans de décapage ont pu être étendus au niveau des couches reconnues archéologiques (couche base IVb-V à Echenoz par exemple).

- Repérage et inventaire des pièces

Nous avons adopté la méthode couramment appliquée du cahier de chantier où sont consignées toutes les observations générales de la fouille et, carré par carré, un carnet où sont inventoriées les pièces avec leurs coordonnées en trois dimensions. A chaque pièce recueillie est affecté un numéro marqué à l'encre de chine, après consolidation des éléments fragiles.

D) Etude descriptive des coupes stratigraphiques et échantillonnage

En cours de fouilles, de nombreuses coupes partielles et localisées, mais détruites par la poursuite des travaux, ont été relevées avec le maximum de soin : elles nous ont permis d'établir une coupe générale synthétique qui, bien souvent, est la seule à être publiée. Ce travail n'a pu être assuré que par la participation effective du géologue à la fouille proprement dite et le seul examen des coupes-témoins visibles après l'arrêt du chantier privera l'étude géologique de nombreuses données nécessaires à la compréhension globale du gisement. En ce qui concerne les gisements qui ont été fouillés sous notre responsabilité (Echenoz, Vergranne, Pre-tin), cette nécessité n'a pas posé de problèmes. Pour ce qui est des gisements fouillés par nos collègues (Casamène, Gigny, Rurey, Rochedane), nous nous sommes appuyés au maximum sur les travaux stratigraphiques des fouilleurs et nous avons participé au maximum aux chantiers en cours.

Les coupes stratigraphiques sont décrites de la manière la plus objective possible, en évitant de faire appel à des notions génétiques. A la suite de H. LAVILLE, il nous a paru important de faire apparaître les " caractéristiques texturales et morphologiques essentielles, telles qu'elles nous sont montrées à l'observation. Les critères de différenciation utilisés ensuite ont porté sur la structure, la couleur (définie sur sédiment humide à l'aide du code extrapolatoire de CAILLEUX et TAYLOR), la consistance du sédiment fin, l'épaisseur et les limites du dépôt ".

Chaque fois que cela a été possible et en particulier dans les gisements en cours de fouille, les échantillons ont été prélevés dans plusieurs secteurs du gisement et surtout dans les zones présentant des problèmes stratigraphiques (variations latérales de faciès, lacunes, lenticulations, remaniements). Dans le cas de sondages ou de gisements fouillés anciennement, nous nous sommes contentés d'un échantillonnage vertical sur une même colonne verticale. Le plus souvent, et lorsque la puissance du niveau le permettait, plusieurs échantillons ont été prélevés par niveau. D'une manière générale, les prélèvements verticaux ont été faits " en continu " tous les 5 à 10 cm, en tentant, dans la mesure du possible, d'éviter les pollutions de niveau à niveau. La quantité de matériaux prélevés varie avec la texture du sédiment. Les plus grossiers ont nécessité des échantillonnages de 20 kg.

Ces diverses études de terrain constituent, à nos yeux, une part importante dans l'étude du remplissage. Les études de laboratoire n'ayant le plus souvent que le mérite de quantifier les observations et d'objectiver les valeurs des différentes caractéristiques sédimentologiques. De plus, certaines données importantes (pH, calcimétrie, nature des argiles) ne sont pas perceptibles visuellement.

III. - LES ETUDES DE LABORATOIRE

Un certain nombre d'opérations ne nécessitant pas l'utilisation d'appareillages délicats ont pu être exécutées sur les lieux mêmes de la fouille (granulométrie globale, étude des fractions grossières). Cette possibilité, outre l'avantage d'éviter le transport et le stockage de grandes quantités de sédiments, a permis de suivre, en cours de fouille, des variations sédimentologiques non décelables immédiatement. De toute manière, un échantillonnage représentatif de chaque niveau a fait l'objet d'études en laboratoire.

Nous avons tenté d'appliquer de manière systématique les techniques utilisées par les deux principaux spécialistes des remplissages karstiques français que sont J. Cl. MISKOVSKY et H. LAVILLE, exposées dans leurs travaux respectifs. Nous nous sommes rendu compte, à l'usage, que les remplissages du Sud et du Sud-Ouest de la France, étudiés par ces auteurs, avaient des caractéristiques différentes des remplissages franc-comtois. *Ceux-ci, en effet, sont d'une manière générale beaucoup moins différenciés, plus monotones dans leurs caractéristiques sédimentologiques et apparemment moins diagénisés.* Aussi, les interprétations paléoclimatiques nous ont-elles posé beaucoup plus de problèmes quant à l'appréciation des degrés d'évolution post-sédimentaires des sédiments de porche et d'aven. Ce particularisme régional s'explique, à notre avis, par deux raisons :

- L'intensité de phases tempérées dans l'Est de la France est (et a toujours été) beaucoup plus faible que dans le Sud et le Sud-Est. Celles-ci n'ont jamais dépassé un certain seuil critique en-deçà duquel les phénomènes d'altération ne s'expriment pas ou très peu : le " bilan sédimentation - altération " s'exprime rarement en faveur du deuxième terme.

- La morphogenèse active en Franche-Comté a souvent détruit les zones externes des remplissages, là où les influences climatiques se sont le mieux imprégnées. La plupart des remplissages franc-comtois préservés sont des dépôts d'intérieur de grotte, là où les actions tamponnantes ont minimisé la différenciation des sédiments.

C'est H. LAVILLE qui nous initia à l'étude des remplissages et ses travaux restent un modèle. Nous suivrons point par point sa démarche méthodologique en adaptant les différents critères retenus aux caractéristiques propres aux remplissages franc-comtois étudiés.

A) La granulométrie globale

Chaque prélèvement est réparti en trois fractions granulométriques :

- . fraction grossière représentée par les cailloux dont le diamètre est compris entre 10 et 100 mm,
- . fraction moyenne représentée par les granules ou graviers de diamètre compris entre 2 et 10 mm,
- . fraction fine de diamètre inférieur à 2 mm.

Les deux premières fractions sont obtenues par secouage sur des tamis dont le diamètre des mailles est respectivement de 10 et 2 mm. Elles sont ensuite lavées sous jet d'eau afin de les débarrasser de toute fraction fine agglomérée, puis séchées à l'étuve à basse température (40°) ou à l'air libre avant d'être pesées. Le poids de la fraction fine s'obtient par différence entre le poids total de l'échantillon et le poids des deux premières fractions, grossière et moyenne.

Les pourcentages de chacune de ces trois fractions par rapport au poids total du prélèvement considéré, sont portés sur un diagramme dont les ordonnées rendent compte de l'ordre stratigraphique des différents échantillons de la séquence étudiée. On obtient ainsi l'évolution granulométrique de la séquence considérée et une première approximation des phénomènes ayant présidé à la genèse des remplissages : les niveaux à fraction grossière dominante témoignent d'une cryoclastie vigoureuse, tandis que les niveaux à fraction fine dominante témoignent d'une moindre cryoclastie associée à un autre type de sédimentation (ruissellement ou solifluxion) ou d'une altération profonde avec dislocation des produits d'une cryoclastie antérieure.

La nature et l'intensité des caractéristiques sédimentologiques liées aux phénomènes climatiques ne pourront être appréciées avec plus de précision qu'après étude plus approfondie de ces trois fractions granulométriques.

B) Etude des fractions grossières (100 à 10 mm)

Nous avons distingué, à la suite de H. LAVILLE, deux grands axes de recherche dans la caractérisation de la fraction grossière : d'une part la recherche des manifestations de gélivation et d'autre part la recherche des manifestations d'altération.

1) Recherche des manifestations de gélivation

a) Granulométrie des fractions grossières (cailloux)

Les blocs d'effondrement (diamètre supérieur à 10 cm) sont évalués sur le gisement. La part pondérale qu'ils prennent dans le sédiment global est appréciée quantitativement. A l'usage, nous avons remarqué que les blocs étaient rarement isolés : lorsqu'ils sont présents, ils représentent le plus souvent plus de la moitié du sédiment global. L'inclusion ou le rejet d'un bloc dans un échantillonnage modifie profondément sa granulométrie. De plus, en prélèvement serré (tous les 5 cm), il est difficile d'inclure un bloc dans un échantillon donné, compte tenu du fait que le bloc en question peut couvrir trois ou quatre hauteurs de prélèvement. Dans ces cas problématiques, nous avons raccordé le bloc à l'échantillon incluant sa base.

La granulométrie des cailloux proprement dits se fait sur les fractions comprises entre 10 cm et 1 cm. A l'aide d'un crible rond, tous les cailloux sont répartis en classes de 1 cm d'intervalle. Pour la représentation au niveau des diagrammes granulométriques, nous avons limité aux classes suivantes : blocs, 10 à 8 cm, 8 à 6 cm, 6 à 4 cm, 4 à 3 cm, 3 à 2 cm, 2 à 1 cm, en cumulant à partir des fractions grossières.

Les diagrammes cumulatifs obtenus visualisent bien, surtout lorsqu'ils sont mis en parallèle avec le diagramme granulométrique global, l'indice de grossièreté du sédiment.

La plupart des auteurs, à partir de l'observation des phénomènes actuels (HAMELIN L.E. et COOK F.A., 1967) ou de l'étude expérimentale (TRICART J., 1953 et 1967 ; MALAURIE J., 1968 ; GUILLIEN Y. et LAUTRIDOU J.P., 1970) admettent que l'intensité de la gélivation des calcaires est proportionnelle à l'intensité du froid en environnement humide. Diverses analyses critiques (GUILLIEN Y., 1970 ; LAVILLE H., 1972 et 1975) ont nuancé ce principe de causalité directe en insistant sur la complexité du phénomène de gélivation qui est, en fait, sous la dépendance de nombreux facteurs (capacité de rétention d'humidité de la roche, fréquence des alternances gel-dégel, intensité du gel, durée du gel, texture et structure de la roche). De plus, il convient de distinguer les processus de " gélivation initiale " (HAMELIN L.E. et COOK F.A., 1967)

concernant les phénomènes de dislocation de la paroi rocheuse à l'affleurement, des processus de "gélivation de reprise" (LAVILLE H., 1975) qui englobent les phénomènes de gélivation des fragments rocheux postérieurement à leur accumulation en éboulis de pied de falaise. Il est très difficile de séparer, parmi les éléments calcaires d'un remplissage, ce qui revient à l'un ou l'autre de ces deux types de gélivation. D'après H. LAVILLE (1975), l'un des principaux critères de caractérisation de la gélivation de reprise est la présence de cailloux fissurés. Ceux-ci sont caractérisés par un réseau de fines craquelures superficielles et sont interprétés comme "le produit de phénomènes de gel et de dégel de faible intensité et de faible amplitude, favorisés d'autre part par la présence d'une matrice fine, abondante". Ce type de cailloux n'a jamais été retrouvé dans les remplissages franc-comtois, ce qui nous a amenés à minimiser l'effet de gélivation de reprise. Par contre, les cailloux gélivés, caractérisés par un éclatement total en plusieurs fragments, sont présents dans nos remplissages. Cette caractéristique, supposant un gel intense, a été considérée comme un phénomène annexe de gélivation initiale.

La granulométrie des cailloux nous apparaît donc comme directement liée à l'intensité du froid, sans pour autant devoir paralléliser la courbe climatique à la médiane granulométrique de la fraction grossière. Celle-ci constitue cependant un élément d'appréciation non négligeable dans l'interprétation climatique.

Le cas des blocs calcaires présents dans les niveaux de remplissage appelle cependant une remarque. Leur présence ne correspond pas systématiquement à une granulométrie grossière de cailloux. De même, ils peuvent être absents d'un niveau de blocaille riche en éléments de diamètre compris entre 5 et 10 cm. Par contre, nous avons remarqué qu'ils étaient souvent présents à la partie supérieure des niveaux, traduisant une phase de réchauffement. Cette constatation peut s'interpréter de la manière suivante : en période tempérée, la paroi calcaire dominant le porche se stabilise, mais les zones fissurées et diaclasées s'élargissent par dissolution, disséquant la paroi en blocs jointifs tant que le gel ne les destabilise pas. Dès qu'une période de dégradation climatique survient, les premiers effets du gel se manifesteront par le détachement de ces blocs préparés. La phase froide se poursuivra par un assainissement progressif de la paroi, sans pour autant provoquer la chute de blocs, et même si le froid s'intensifie.

Ainsi, une paroi calcaire sera plus sensibilisée et génératrice de blocs après une phase de réchauffement, qu'au cours ou en fin de période froide.

b) Recherche des plaquettes de gel

Le pourcentage des plaquettes de gel évalué dans chaque niveau de remplissage est sensé donner une idée de l'intensité du gel lors du dépôt de ces niveaux. Théoriquement, cette notion est concevable et ne semble pas entraîner de restriction théorique. Pratiquement, les problèmes posés par ce type de cailloux sont nombreux. Tout d'abord, *qu'est-ce qu'une plaquette de gel ?* Il est possible d'en observer la formation actuelle et, dans ce cas, on peut définir quelques critères tangibles qui la caractérisent bien :

- . forme parallépipédique d'épaisseur petite par rapport aux autres dimensions (longueur et largeur de dimensions relatives variables, mais le plus souvent peu différentes),
- . présence d'une face d'éclatement plus fraîche que la face opposée,
- . arêtes vives, très anguleuses, séparant les différentes faces plus ou moins plates.

Dans les remplissages anciens par contre, les encroûtements possibles et les altérations fréquentes ont pu transformer ces plaquettes, si bien que celles-ci y sont rares ou absentes, même dans certains niveaux où les indices de froid sont par

ailleurs manifestes. L'abondance de plaquettes de gel dans un niveau donné traduira son origine cryoclastique, mais leur absence ne sera pas systématiquement synonyme de défaut de cryoclastie. Il est donc aléatoire de paralléliser l'évolution du pourcentage de plaquettes de gel dans un remplissage à l'importance des phénomènes cryoclastiques ayant présidé à la mise en place des différents niveaux stratigraphiques du remplissage et, par extrapolation tentante, à la rigueur du climat des périodes contemporaines de chacun de ces niveaux. Raisonner de cette manière, c'est faire abstraction de phénomènes dont certains peuvent être décelés par ailleurs (importance de la diagénèse au sens large, lessivage, percolation, corrosion, encroûtement, pédogénèse ...) mais dont d'autres sont difficiles à appréhender dans l'état des techniques actuelles (vitesses de sédimentation, d'enfouissement, importance du tronçage des différents niveaux, vidanges, lacunes).

Un autre problème de fond doit être envisagé. L'observation des produits actuels de la cryoclastie des calcaires jurassiens nous montre que toutes les strates ne donnent pas forcément des plaquettes. Cette remarque est valable à échelle stratigraphique réduite : au niveau du banc rocheux décimétrique dans les calcaires du Bajocien inférieur (calcaires à entroques) par exemple. La gélivation de certains niveaux produit un fort pourcentage de plaquettes (plus de 80 %), tandis que d'autres donneront essentiellement des polyèdres composites. Cette observation nous amène à penser que la forme des produits de gélivation dépend plus de la nature lithologique du calcaire encaissant que de l'intensité ou de la nature du gel (longue période de type saisonnier ou courte période de type journalier). Aussi, nous pensons qu'il n'est pas nécessaire de distinguer parmi les éléments cryoclastiques d'un remplissage les pourcentages relatifs en polyèdres, prismes, plaquettes épaisses, plaquettes minces, plaquettes gélives.

En conclusion, il ne nous a pas paru souhaitable de différencier les plaquettes de gel des autres types de cailloux gélifs dans les remplissages franc-comtois. Tous les éléments manifestement gélifiés -cette notion étant assez facilement perceptible visuellement- ont été cumulés dans les pourcentages et groupés sous la rubrique "*fragments gélifs*". De plus, la présence plus ou moins abondante de fragments gélifs dans un niveau de remplissage constitue une donnée importante quant à la rigueur du climat contemporain de sa mise en place, mais par contre l'absence de tels fragments ne prouve pas le contraire. Ceux-ci ont pu exister, mais être corrodés ultérieurement.

Les deux critères évoqués précédemment (granulométrie des fractions grossières et pourcentage des fragments gélifs) ont constitué les principaux indices des manifestations de gélivation. Nulle part dans les remplissages franc-comtois, nous avons décelé la présence de cailloux fissurés. Exceptionnellement et de manière non quantifiable, quelques blocs gélivés ont été décelés.

2) Recherche des manifestations d'altération

Le but recherché est l'appréciation des degrés d'altération des fragments calcaires et d'en déduire l'intensité des phénomènes ayant provoqué cette altération. Deux objections préalables peuvent être soulevées dans cette démarche :

- On considère implicitement que tout fragment calcaire détaché d'une paroi sous l'action du gel présente initialement les caractéristiques d'un fragment gélif (arêtes tranchantes, pas de corrosion de surface). L'intensité des phénomènes d'altération sur ce fragment sera d'autant plus grande que celui-ci s'éloignera du type théorique initial. Or, l'aspect actuel de certaines parois de porches de grottes nous montre que certains fragments, avant de s'en détacher, acquièrent une morphologie émoussée et une altération parfois importante. Inclus au remplissage, ils lui confèrent un caractère " altéré ", bien que cette altération ait été acquise ultérieurement.

- D'autre part, on considère également implicitement que l'altération s'est faite couche par couche et niveau par niveau. Ceci est peut-être vrai pour les environnements à fort pouvoir de diagenèse et de compaction (abri sous roche en particulier), mais en ce qui concerne les remplissages franc-comtois, nous avons pu mettre en évidence des altérations pénétrant profondément dans les dépôts, et influençant plusieurs niveaux. Ainsi, certaines altérations intenses peuvent se superposer à l'altération individuelle d'un niveau. La part respective de ces différents phénomènes est évidemment difficile à discerner.

Ces objections théoriques soulevées, il n'en reste pas moins que le sédimentologue est obligé de juger " sur pièce " et la démarche analytique première reste la mesure des critères d'altération des différents niveaux du remplissage étudié. Parmi les différents indices proposés par H. LAVILLE (émoussé, corrosion, friabilité, porosité), nous avons retenu et évalué les indices d'émoussé et de porosité. Le sciage systématique des éléments calcaires des remplissages nous a montré que certains d'entre eux possédaient des cortex d'altération importants et variés. Nous avons donc tenté une typologie de ces cortex et étudié la répartition des différents types reconnus dans les divers niveaux des remplissages.

a) Indice d'émoussé

Utilisé dès 1955 par E. BONIFAY et repris de manière systématique pour caractériser les remplissages karstiques, l'indice d'émoussé nécessite le classement des fragments calcaires, par niveau, en quatre groupes :

- cailloux non émoussés, très anguleux, à arêtes vives
- cailloux peu émoussés à arêtes adoucies
- cailloux émoussés dont les arêtes sont encore décelables, mais ne présentant plus d'angulosité
- cailloux très émoussés, dont les arêtes initiales ne sont plus décelables.

Le pourcentage pondéral de chacun de ces groupes est calculé pour chaque échantillon et multiplié par un indice croissant en fonction de l'émoussé (0 pour le premier groupe, 1/3 pour le deuxième, 1/2 pour le troisième, 1 pour le quatrième). La somme des valeurs trouvées s'additionne et le résultat constitue l'indice d'émoussé de l'échantillon étudié. On constate ainsi qu'un échantillon composé uniquement de fragments du groupe 1 (cailloux non émoussés) a un indice d'émoussé égal à 0, tandis qu'un échantillon composé uniquement de fragments du groupe 4 (cailloux très émoussés) a un indice d'émoussé égal à 100.

Malgré une certaine subjectivité de cette méthode (surtout dans l'affectation des fragments à tel ou tel groupe), elle s'est montrée très intéressante pour les remplissages étudiés.

b) Indice de porosité

« Principe

Il s'agit d'évaluer la porosité des cailloux des différents niveaux d'un remplissage à partir du poids d'eau susceptible de pénétrer par capillarité dans les méats de la zone corticale.

On pèse l'échantillon sec, puis après immersion de 24 h dans l'eau. La différence de poids nous donne la quantité d'eau d'imbibition qui a pénétré lors de l'immersion, mais aussi la quantité d'eau adhérent à la surface externe des cailloux de l'échantillonnage. Ainsi, cette différence n'est-elle jamais nulle, même lorsqu'il s'a-

git d'un lot de cailloux extrêmement frais et manifestement non poreux. Des expériences-témoins, faites sur de tels échantillons, nous ont montré que cette quantité était faible par rapport à la quantité d'eau d'imbibition (entre 15 et 20 %).

Le rapport entre la différence de poids (après immersion et sec) et le poids initial sec, exprimé en pourcentage, nous donne la porosité des cailloux de l'échantillon que l'on reporte sur un tableau permettant de comparer les valeurs obtenues pour les différents niveaux du remplissage.

* Critique

Pour que les différentes valeurs obtenues soient comparables, il est nécessaire que les lots de cailloux étudiés soient eux-mêmes comparables en ce qui concerne leur granulométrie. Il faut d'une part que les fractions granulométriques ne soient pas trop petites, car dans ce cas, le rapport :

$$\frac{\text{eau adhérant à la surface externe}}{\text{eau d'absorption interne}}$$

devient important et la différence de poids, après et avant l'immersion, reflète surtout le premier terme du rapport. Celui-ci n'a, bien entendu, aucune valeur significative de la porosité et réduit la précision de l'appréciation de l'eau d'imbibition. Pour éviter cet inconvénient, l'idéal serait de prendre les fractions granulométriques les plus grandes possibles (de 8 à 10 cm par exemple). Mais il faut d'autre part que les fractions granulométriques de chaque niveau dont on veut tester la porosité soient équivalentes pour être comparables. Or, l'expérience nous a montré que les fractions granulométriques élevées n'étaient pas présentes dans tous les niveaux, mais que, par contre, celles comprises entre 2 et 6 cm étaient, à part exception, bien représentées dans tous les niveaux des remplissages. C'est donc à partir de celles-ci que nous avons fait nos mesures de porosité.

Il est nécessaire enfin que la quantité de cailloux testée soit suffisamment grande pour que la différence de poids, avant et après immersion, soit élevée par rapport à la sensibilité de la balance qui nous donne les poids au gramme près. L'expérience nous a montré qu'il était nécessaire d'immerger au moins 800 g de cailloux.

* Valeur interprétative

Théoriquement, la porosité d'un niveau reflète l'altération des cailloux de ce niveau. Les données de la porosité sont souvent confirmées par l'examen de lames minces : une forte porosité correspondra à l'existence de nombreux méats dans la partie corticale des cailloux. Cependant, deux phénomènes viennent perturber cette relation simple à première vue :

- Une importante altération initiale pourra être secondairement colmatée par un concrétionnement qui empêchera l'absorption d'eau et abaissera ou annulera de ce fait la porosité. L'observation de lames minces permettra, dans ce cas, d'estimer le degré d'altération réel. Le phénomène secondaire de concrétionnement sera interprété d'autre part.

- Inversement, des cailloux non altérés peuvent être recouverts d'un concrétionnement très poreux de granules, agglomérés de façon lâche. La porosité calculée dans ce cas sera exagérée et sa valeur ne reflètera pas la porosité propre de l'échantillon. Là aussi, l'examen de lames minces permettra d'estimer le degré d'altération réel.

A quelle interprétation climatique peuvent donner lieu l'indice de porosité d'un niveau et les variations de cette valeur dans une séquence stratigraphique ? Abstraction faite des deux remarques précédentes, la valeur de la porosité reflète l'altération des cailloux d'un niveau stratigraphique, elle-même résultant des processus de dissolution intervenant après le dépôt comme facteur de diagénèse.

On peut admettre que les phénomènes de dissolutions correspondent à des phases relativement tempérées humides. En effet, la dissolution nécessite la présence d'un *solvant mobile* : ce solvant est l'eau et sa mobilité ne peut exister que dans les niveaux meubles, donc non gelés. De plus, la dissolution ne peut intervenir que dans les niveaux superficiels lessivés ; les niveaux plus profonds ont tendance, au contraire, à subir une précipitation sous forme de concrétionnement, bréchification, induration, etc ... Ceci suppose non seulement une sédimentation lente, mais également une érosion lente, donc une *stabilisation quantitative du remplissage*, corollaire d'une période de faible gélivité (tempérée) à pluviosité notable.

c) Etude des cortex d'altération

Le sciage systématique, à la scie diamantée, d'une quantité statistiquement suffisante (30 à 40 cailloux) d'éléments de la fraction grossière nous a permis de mettre en évidence la présence et la complexité des cortex d'altération de ces éléments. Nous avons pu établir une typologie descriptive de ces cortex et repérer la répartition de ces types dans le remplissage de la Grotte de Gigny. Cette méthode ne nous a pas apporté de renseignements paléoclimatiques plus précis que les méthodes classiques, mais nous a permis de mieux cerner cette donnée importante qui est la vitesse de sédimentation en milieu karstique.

3) Le problème des concrétions carbonatées

Deux types de concrétions carbonatées (calcite plus ou moins pure) ont été observés dans les remplissages étudiés. D'une part, les concrétions illuviales, considérées comme le résultat de précipitations de carbonates à l'intérieur ou au sommet de remplissage ; d'autre part, les fragments de calcite précipités initialement en placage contre les parois de la grotte et inclus au remplissage par cryoclastie, au même titre que les fragments du calcaire encaissant.

a) Les concrétions illuviales

L'abondance de calcaire polymorphe dans les remplissages franc-comtois et leur contexte encaissant ont nécessairement provoqué la redistribution de ce calcaire omniprésent. Nous avons constaté plusieurs types de produits précipités :

- La calcimétrie montre que l'essentiel de la fraction fine des remplissages est pratiquement aggloméré en agrégats plus ou moins grossiers par de la calcite diffuse. Quelle est, dans ce complexe, la part de calcite réellement reprécipitée par rapport aux carbonates hérités des sols du plateau et accumulés dans les remplissages par percolation ou solifluxion ? Ces agrégats sont, le plus souvent, présents dans la fraction fine du remplissage, mais à Vergranne, ils constituent l'essentiel de la fraction moyenne de l'éboulis inférieur.

- Dans les niveaux récents (post-glaciaires), nous avons constaté la présence fréquente (Prétin, couche IV de Gigny) de niveaux tufacés, blancs, pauvres en fragments calcaires composés à 90 % de carbonates. Les associations malacologiques présentes dans un tel niveau de la Grotte du Diable à Prétin ont permis de le dater de la phase atlantique, donc d'une période considérée comme relativement chaude et humide.

- Enfin, les planchers stalagmitiques représentent l'expression maximale des précipitations *in situ*. Rarement constitués de calcite pure, ils forment le plus souvent une induration des niveaux antérieurs par calcitation.

La plupart des auteurs considèrent ces concrétions alluviales comme des produits de précipitations calcitiques après lessivage de niveaux carbonatés sus-jacents. On les estime être contemporaines de phases humides, tempérées.

b) Les fragments calcitiques cryoclastiques

Ils entrent dans les éléments de fraction grossière des remplissages, mais s'en distinguent par leur nature : ce sont, en effet, des fragments de calcite détachés par cryoclastie des parois des karsts et incorporés aux remplissages de ceux-ci. Leur abondance est très variable, comme d'ailleurs leur dimension : ce sont des blocs de plusieurs centaines de kilos à la base de la couche VIII d'Echenoz ou au sommet des argiles stériles de Vergranne, mais ils sont souvent de taille beaucoup plus modeste, répartis dans les remplissages.

D'après H. LAVILLE (1975) " la genèse de ces concrétions suppose une stabilité des parois et une augmentation de l'humidité. Leur présence dans un dépôt indique une phase d'humidité immédiatement antérieure ". Cette interprétation a été en partie confirmée dans les remplissages franc-comtois. On a cependant pu noter leur présence de manière quasi continue en plus ou moins grande abondance dans certains remplissages (Gigny), traduisant quelque temps de latence entre leur genèse sur les parois et leur chute dans le remplissage.

C) Etude des fractions moyennes (10 mm - 2 mm)

=====

L'étude de cette classe granulométrique a permis, le plus souvent, de confirmer les données apportées par l'examen des fractions grossières. Parfois cependant, certains éléments de cette fraction ont permis de mettre en évidence des éléments absents des classes granulométriques plus grandes. Parmi ces éléments, nous retiendrons :

- Les galets exogènes de quartz et de roches vertes hérités des formations de couverture et inclus dans les remplissages karstiques lors de phases de ruissellement majeures.

- La présence de microfaune (rongeurs et insectivores) en quantité plus ou moins importante, traduisant le caractère " en place " ou remanié de certains niveaux et la position relative de la falaise dominant le porche par rapport aux niveaux du remplissage (voir le chapitre sur Gigny).

- La présence de concrétions alluviales, résultat des processus de lessivage et de percolation de la phase carbonatée.

D) Etude des fractions fines (inférieures à 2 mm)

=====

Vu le caractère souvent aéré et toujours faiblement diagénisé des remplissages franc-comtois, les caractéristiques des fractions fines peuvent apparaître moins édifiantes sur les conditions de mise en place de chaque niveau sédimentologique pris individuellement. En effet, nous avons de nombreuses preuves de la migration de cette fraction dans les méats ménagés autour de la trame de fond constituée par la fraction grossière. L'uniformité relative des caractéristiques granulométriques, minéralogiques de cette fraction fine apparaît comme la résultante de cette homogénéisation pénécotemporaine de la matrice fine des remplissages. Seuls, les planchers stalagmi-

tiques ont limité cette migration et nous avons fréquemment constaté l'absence de matrice argileuse dans les niveaux " open-work ", immédiatement sous-jacents à ces planchers.

Les analyses effectuées sur cette fraction granulométrique ont porté sur la granulométrie, la calcimétrie, le pH, la minéralogie des argiles. La rareté des fragments de quartz (exception faite pour les limons sableux, fluviatiles), ne nous a pas permis d'étudier leur morphoscopie de manière systématique. Des analyses géochimiques des constituants essentiels ont été effectuées sur le remplissage de Gigny (plagioclases, feldspaths potassiques, goethite).

1) Granulométrie

Les techniques granulométriques classiques ont été utilisées de manière systématique sur chacun des échantillons de fraction fine : tamisage mécanique pour les éléments compris entre 2 mm et 50 microns et densimétrie (Méthode MERRIAUX) pour les éléments inférieurs à 50 microns. Chaque échantillon avait été auparavant agité dans l'eau distillée pendant 4 h à l'agitateur rotatif. Malgré ce traitement préalable destiné à déagréger les constituants, l'examen des particules granulométriques à la loupe binoculaire nous a montré que celles-ci étaient toujours constituées d'agrégats que l'agitation n'avait pas désorganisés, même si elle était poursuivie pendant 24 h. Cette agrégation persistante est due à une trame calcaire que seule une décarbonatation préalable à froid parvient à désorganiser. Les courbes granulométriques de la fraction fine des remplissages, obtenues à partir d'un échantillon non carbonaté, sont donc peu significatives et ne renseignent en tous cas pas sur les conditions de mise en place de cette fraction fine. Par contre, la comparaison entre les courbes granulométriques de sédiment fin non traité et du même sédiment décarbonaté pourra donner une idée du degré d'agrégation, et par là même, de l'importance des percolations et des lessivages.

L'étude granulométrique a, par contre, été extrêmement utile dans l'examen des remplissages typiquement fluviatiles comme ceux de l'abri de Rochedane où les débordements du Doubs ont été facilement mis en évidence grâce à cette méthode. Un *indice de fluviatilité* du remplissage a pu être comparé à un *indice de cryoclastie*, les deux facteurs génétiques se complétant ou s'excluant tour à tour.

Hormis ce type de dépôt, directement lié à un apport externe par un cours d'eau, la granulométrie des sédiments fins des remplissages karstiques franc-comtois n'a jamais permis de constater des reprises d'activité de cours d'eau karstiques, ravinant ou interstratifiant dans les éboulis cryoclastiques, des dépôts typiquement fluviatiles, silteux ou sableux. Ceci nous porte à croire que, du moins en Franche-Comté, un conduit karstique abandonné n'est jamais ou très rarement réutilisé par les eaux souterraines. La cause de cet abandon définitif pourrait être un enfouissement rapide des réseaux, lié à une fracturation importante des calcaires du substratum et une néotectonique active prenant la forme d'un relèvement général de type isostasique.

2) Calcimétrie

Le dosage des carbonates de la fraction fine a été réalisé à l'aide d'un carmograph, appareil couramment utilisé par les pédologues. D'emploi simple et rapide, le carmograph permet le dosage instantané des carbonates d'un poids donné d'échantillon par référence à un poids égal de carbonate de calcium pur. L'échantillon est soumis à l'action de l'acide chlorhydrique concentré à froid et le gaz carbonique dégagé, absorbé par de la soude. La déviation du stylet inscripteur est proportionnelle au dégagement de gaz carbonique, donc à la quantité de carbonates dans l'échantillon. Deux échelles de mesure peuvent être adoptées : l'une, la plus grossière, permet une lecture de la déviation avec une précision à 2 % près (1/4 de division du

papier enregistreur) ; l'autre, plus précise, multiplie la déviation par 5. Pour les échantillons dont la teneur en carbonates excédait 20 %, nous nous sommes contentés de la première échelle ; par contre, nous avons systématiquement fait une deuxième mesure à échelle précise pour les échantillons contenant moins de 20 % de carbonates.

D'une manière générale, la fraction fine des remplissages d'événements karstiques (porche et aven) est toujours carbonatée. La teneur en carbonates est rarement inférieure à 10 %. L'origine de ces carbonates constitue le principal problème pour la compréhension de la genèse des remplissages. Plusieurs origines possibles peuvent être évoquées :

- héritage direct de la fraction fine des sols développés à la surface des plateaux calcaires et transportés dans les remplissages par solifluxion (au niveau du porche) ou infiltration par les nombreuses fissures dans les zones plus profondes du karst.

- précipitation dans le remplissage après dissolution dans les calcaires encaissants par les eaux d'infiltration.

- réalimentation en carbonates des fractions fines (initialement décarbonatées ?) à partir des fragments calcaires cryoclastiques inclus au remplissage.

De toute manière, nous n'avons pas remarqué de décarbonatation totale, même dans les niveaux riches en matrice fine. Or, la décarbonatation constitue la première étape de la pédogénèse (M. GAIFFE, 1976). Ceci nous incline à penser qu'il n'y a pas de véritables sols dans les remplissages franc-comtois étudiés et que l'essentiel de la fraction fine est hérité des sols peu évolués (rendzine brunifiée ou pas) développés sur les plateaux.

Cette abondance des carbonates, corollaire d'un lessivage faible ou inexistant des remplissages, est un facteur de stabilisation géochimique et minéralogique de la fraction fine et en particulier des argiles. La haute teneur en carbonates de la fraction fine lui confère un pouvoir de rétention et de stabilisation dans la migration d'une part, et dans l'évolution d'autre part de la phase argileuse.

Les argiles de fond de karst, le plus souvent dépourvues de fragments calcaires ou calcitiques, sont par contre beaucoup plus décarbonatées. Interprétées comme le résultat d'infiltration en " karst aveugle " en contexte climatique tempéré, à partir des sols des plateaux calcaires, elles représentent une expression plus évoluée de ces sols, beaucoup plus décarbonatée (terra fusca de paléosols de type brun calcique). Les grandes fissures visibles au front des carrières et des bords de route sont comblées d'une formation comparable visuellement et minéralogiquement (M. POCHON, 1974).

3) Morphoscopie des quartz

Le quartz est rare dans les remplissages franc-comtois. Il existe sous trois types granulométriques :

- les galets exogènes présents dans les fractions moyennes, hérités des couvertures superficielles morainiques anciennes. Ils sont rares et souvent associés à d'autres galets de même origine (roches vertes).

- les grains de quartz caverneux à encroûtement ferrugineux issus des calcaires encaissants et inclus au remplissage après avoir subi une altération dans la pédosphère. Nous les avons trouvés de manière très sporadique dans les fractions sableuses des remplissages.

- dans la partie supérieure du remplissage de Gigny, l'analyse minéralogique a révélé l'existence de quartz abondant dans les limons fins. Interprétée comme allochtone en raison de son abondance inhabituelle, la finesse de la fraction granulométrique n'a pas permis d'études morphoscopiques ou exoscopiques particulières.

Vu la rareté du quartz et son absence des classes granulométriques couramment soumises aux examens morphoscopiques, aucune étude de surface n'a pu être réalisée dans les remplissages de karst classique. Par contre, la morphoscopie des sables et limons quartzeux, liés aux phases de débordement du Doubs de l'abri de Rochedane, nous a permis d'apporter des précisions sur leur condition de dépôt.

4) Mesure du Ph

La mesure systématique du pH a été réalisée sur chaque échantillon. Elle nous a donné des résultats assez monotones, s'échelonnant entre 7,5 et 8,20, ce qui n'est pas surprenant en milieu calcaire. La faible amplitude constatée entre les niveaux riches en blocaille et les niveaux à abondante matrice argileuse, a confirmé le caractère "hérité" de celle-ci et l'absence de pédogénèse quelque peu prononcée affectant les remplissages franc-comtois.

5) Etude des minéraux argileux

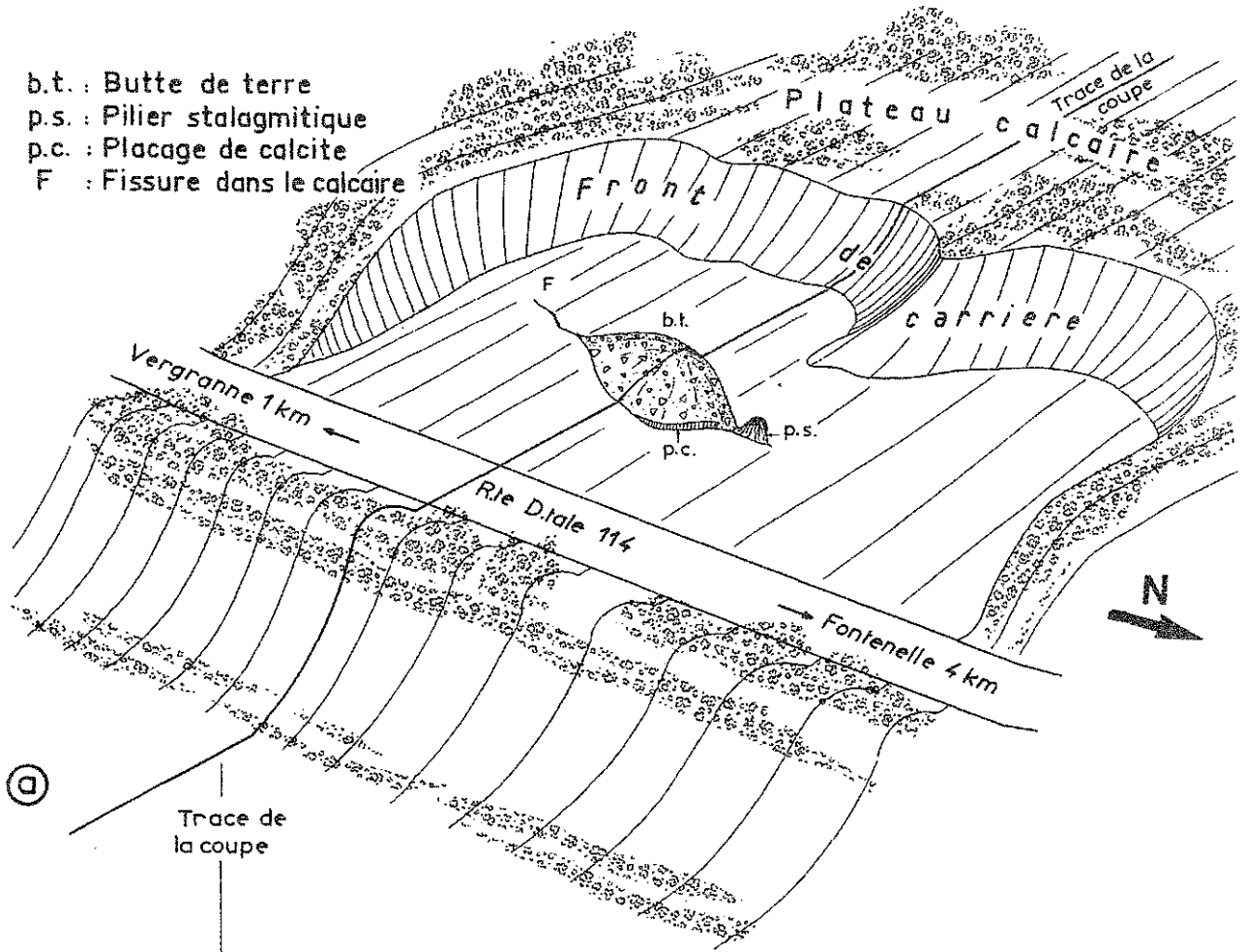
Celle-ci n'a pas été réalisée systématiquement, car une première approche du problème effectuée sur le remplissage de Gigny en 1976 (analyses de M. POCHON), nous a fait entrevoir la monotonie du cortège minéralogique des argiles. En tant qu'indicateur climatique, la fraction argileuse ne constitue pas un bon critère de jugement dans les remplissages franc-comtois. Les argiles des remplissages représentent, *grosso modo*, le résidu insoluble du calcaire encaissant. Par contre, la présence ou l'abondance surprenante de minéraux non issus de l'environnement calcaire, a pu être interprétée comme allochtone (chlorite).

Nous sommes conscients de n'avoir pas épuisé toutes les techniques sédimentologiques susceptibles de donner des renseignements d'ordre paléoclimatique ou génétique concernant les remplissages de grottes en Franche-Comté. Il nous a cependant semblé utile d'aborder cette étude avec le plus grand nombre de moyens adaptés, permettant l'approche la plus objective possible des circonstances de mise en place de ces remplissages. Cette analyse sédimentologique n'a été fructueuse qu'avec l'appui complémentaire des analyses paléontologiques (grande faune, microfaune, palynologie...) qu'ont bien voulu réaliser nos collègues spécialistes de ces diverses disciplines.

CHAPITRE III

UN REMPLISSAGE D'AVEN :
LE GISEMENT DE VERGRANNE
(DOUBS)

- b.t. : Butte de terre
- p.s. : Pilier stalagmitique
- p.c. : Placage de calcite
- F : Fissure dans le calcaire



Ⓐ

Trace de la coupe

E

ancienne carrière

W

Rte D.tale 114

Butte de terre
aven comblé

p.c.

Ⓑ

0
5m

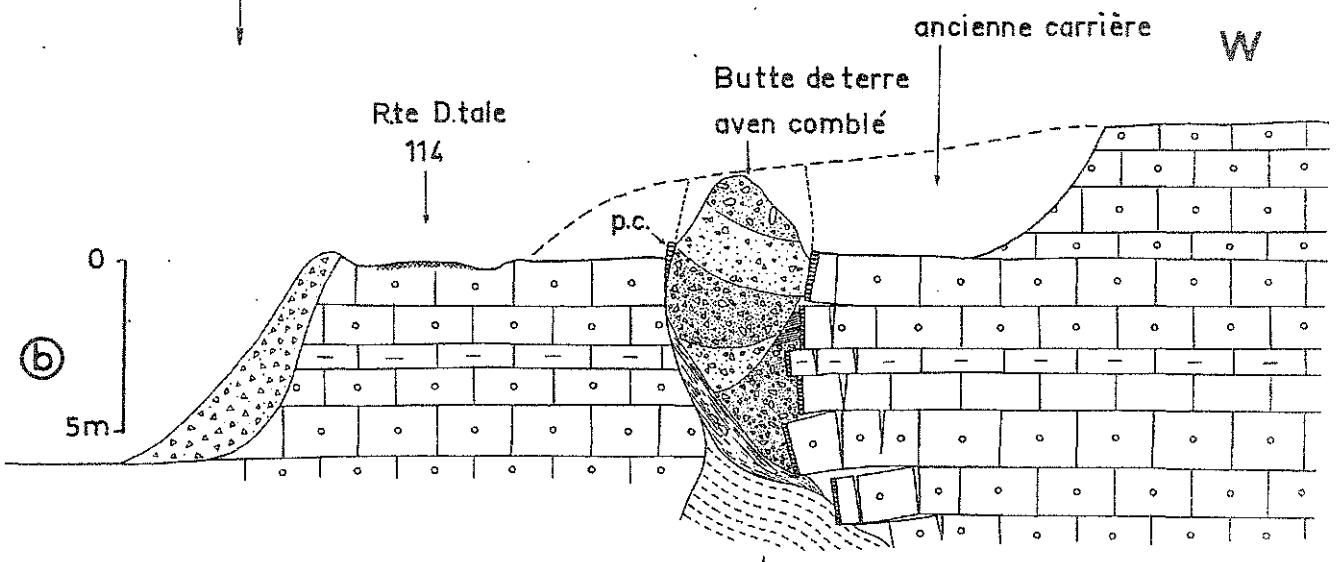


Fig. 9 : Le site de l'Aven de Vergranne.

Le gisement de l'aven de Vergranne fut découvert par Monsieur Paul MARCHEVET, alors instituteur à Vergranne et actuellement maire de ce village. C'est lui qui exhuma au cours des années 68-69 un lot d'ossements divers qu'il déposa au Laboratoire de Géologie Historique et Paléontologie de l'Université de Besançon. Parmi ceux-ci, se trouvait un fragment de mandibule de *Dicerorhinus mercki* avec symphyse et p_3 en place. Ces ossements provenaient d'un remplissage karstique mis à jour dans une carrière située à une dizaine de kilomètres au Nord de Baumes-les-Dames, le long de la départementale 114 entre Vergranne et Fontenelle, au lieu-dit " La Vie de Rillans ".

La partie initialement visible du remplissage se présentait en 1970 comme une butte oblongue d'environ 1,80 m de haut, au centre de la carrière exploitant les calcaires du Bajocien moyen (Fig. 9a). Les carriers, peu intéressés par les matériaux terreux, avaient exploité la roche encaissante, laissant ainsi le remplissage bréchifié en relief sur le plancher de la carrière. Manifestement, les parties marginales du remplissage avaient été endommagées lors de l'exploitation et une bonne partie de celui-ci avait disparu.

Les fouilles systématiques débutèrent en 1973 et se terminèrent en octobre 1978, à raison d'un mois environ par an avec une équipe d'une dizaine de fouilleurs. Au cours des années 73 à 75, un sondage au niveau des carrés 0, 1, 2, 3 et 4 fut effectué jusqu'aux argiles stériles du fond de l'aven. De 76 à 78 et après concertation, le reste du remplissage fut fouillé. S'il est parfois nécessaire de laisser des témoins stratigraphiques dans certains gisements, il nous a paru souhaitable de fouiller l'ensemble du site, d'une part pour en extraire la totalité du matériel osseux (certains fossiles n'étant que partiellement dans le sondage initial) et d'autre part pour se rendre compte si l'intervention humaine pouvait se manifester par prélèvement de certaines pièces d'animaux piégés dans l'aven.

I. - LE SITE : Environnement topographique et géologique

Malgré les faibles dimensions de la cavité comblée, nous lui avons attribué le terme d'aven, plutôt que fissure. Sa largeur semble en effet augmenter vers la profondeur comme le montrent les coupes (Fig. 9b), et l'effondrement de la roche encaissante témoigne d'un vide dans les parties profondes. Il n'est pas douteux que cette forme karstique corresponde à un système de cavités anciennes plus profondes. L'usage semble réserver le terme de fissure à des cavités longues et étroites dont la largeur se réduit en profondeur. Ces fissures semblent correspondre à des élargissements de plans de diaclases sans communication directe avec un système karstique profond. En d'autres termes, la genèse d'une fissure semble avoir essentiellement des causes externes provoquant l'élargissement d'une diaclase, alors qu'un aven apparaît plus comme l'événement d'une cavité profonde, ce qui semble être le cas de Vergranne, bien que cette cavité profonde ne sera probablement jamais désobstruée, étant complètement comblée d'argiles stériles.

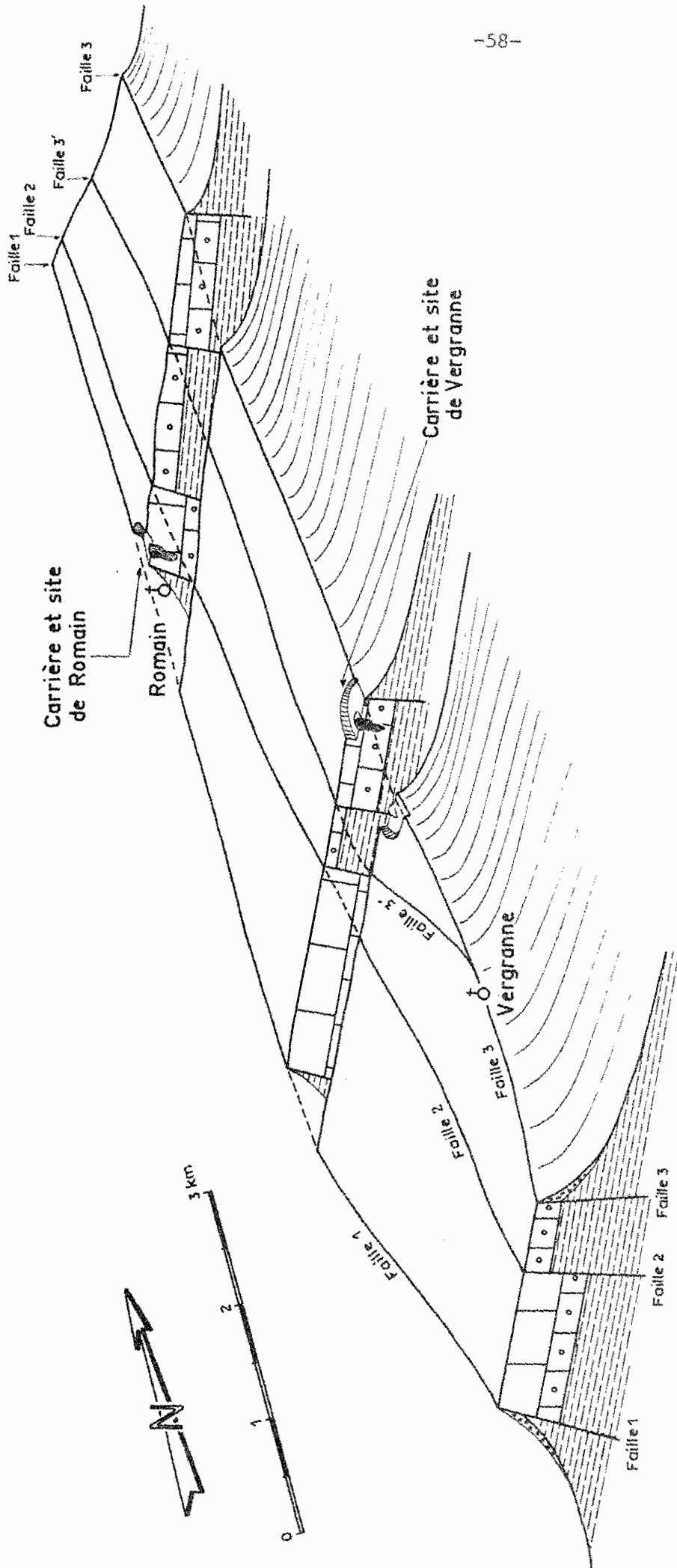


Fig. 10 : Le plateau calcaire de Vergranne : situation des gisements de Romain et de Vergranne.

Le réseau karstique dont l'aven ne représente qu'un event colmaté est parallèle au système de failles subméridiennes qui compartimentent les plateaux de la zone préjurassienne (Fig. 10). La cavité elle-même est creusée à partir de deux axes principaux de diaclases, l'un d'orientation Nord-Sud, c'est-à-dire parallèle au système de failles principales, et l'autre, plus accessoire, d'orientation Nord-Nord-Ouest (Fig. 11).

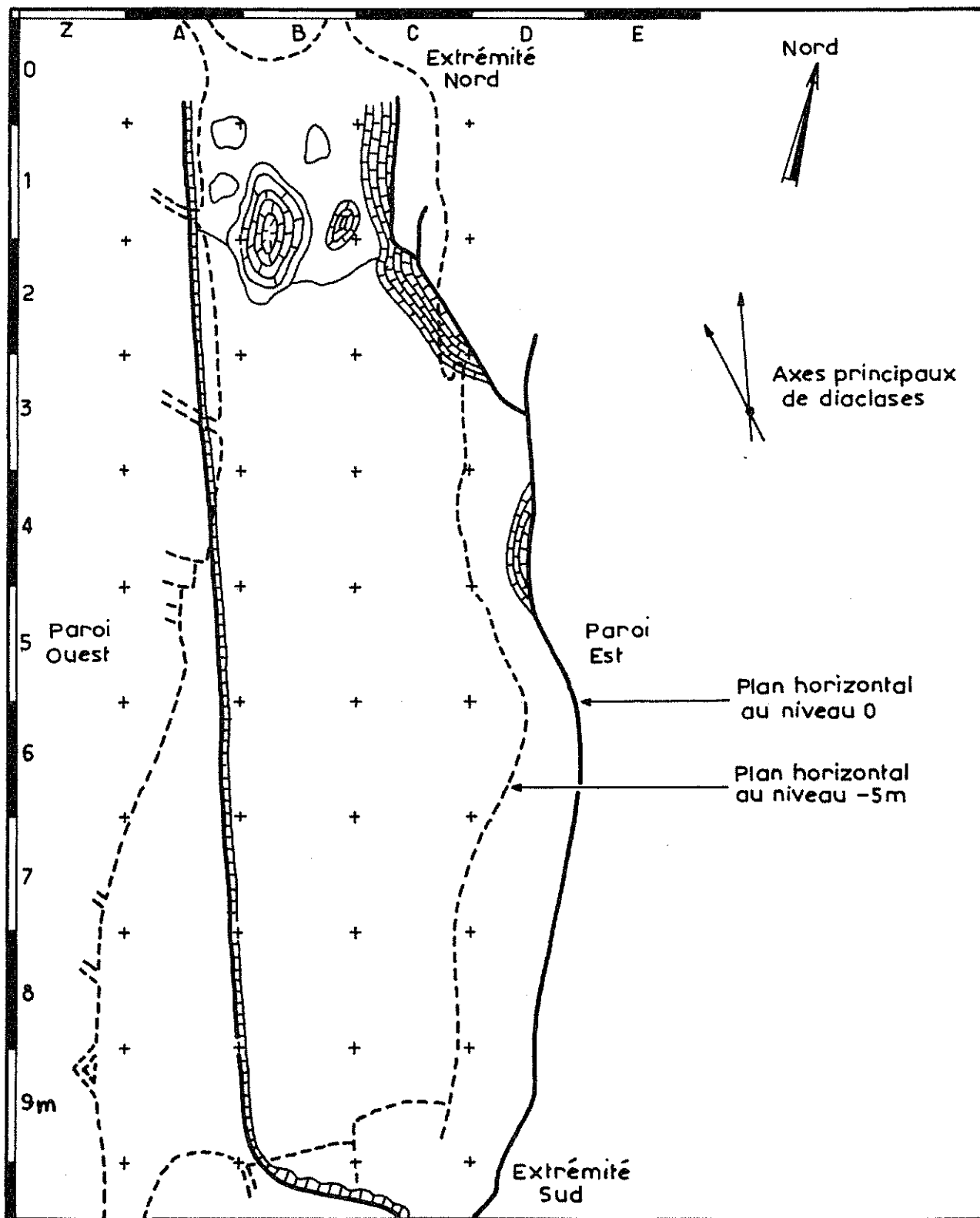


Fig. 11 : L'Aven de Vergranne : plan de l'aven au plancher de la carrière (niveau 0) et à la cote - 5 m.

Les plateaux de la zone préjurassienne constituent un promontoire topographique d'orientation Sud-Ouest - Nord-Est, d'altitude comprise entre 400 et 500 m. Ils dominent de manière abrupte la vallée du Doubs vers le Sud-Est, qui les entaille en une gorge assez nette d'une centaine de mètres. Vers le Nord-Ouest, ils s'abaissent en pente douce en direction de la vallée de l'Ognon qui serpente dans une dépression aux formes molles.

Géologiquement, les plateaux de la zone préjurassienne sont constitués de compartiments étroits subméridiens, séparés par des failles (Fig. 10). Les compartiments calcaires du Jurassique moyen, en relief, dominent les compartiments liasiques marneux parcourus par de petits cours d'eau superficiels qui se perdent souvent, au contact des failles. Vers le Nord, les assises du Trias affleurent, déterminant la zone dépressionnaire de l'Ognon, tandis que vers le Sud, la structure faillée simple se complique au niveau du faisceau bisontin, représentant les premières structures de la chaîne jurassienne proprement dite. C'est au contact d'un compartiment calcaire surplombant et d'un compartiment marneux dépressionnaire que se situe le site de l'aven de Vergranne.

Ces compartiments calcaires sont parsemés de remplissages karstiques, et récemment, une carrière ouverte sur le rebord occidental à l'aplomb du village de Romain, a mis à jour un remplissage fossilifère contenant une faune analogue à celle de Vergranne (Fig. 10).

II. - LE REMPLISSAGE (Fig. 12 et 13)

Le remplissage de l'aven n'est pas à proprement parler stratifié. Il apparaît constitué de talus d'éboulis d'allure générale en "berceau" et irrégulièrement emboîtés les uns dans les autres. Ils sont assez semblables lithologiquement et tous constitués d'une blocaille calcaire hétérométrique, anguleuse, enveloppée dans une matrice argileuse brune (E 38 du code expolaire CAILLEUX et TAYLOR). Aussi, est-il difficile d'y distinguer de véritables "couches".

Excepté le sommet (au-dessus du niveau 0) l'ensemble est aéré, présentant même localement des vides importants. Ceci est probablement dû à l'étroitesse de la fissure qui, n'excédant jamais 3 mètres, a assuré au remplissage grossier un appui latéral provoquant un effet de voûte et évitant un tassement généralisé.

La roche encaissante est constituée de calcaire oolithique blanc se débitant en gros bancs de 10 à 30 cm d'épaisseur. La paroi Est (c'est-à-dire côté route) est très compacte et nous a donné toutes les garanties de solidité. Apparemment, cette zone n'est pas surplombante par rapport au karst profond et elle n'a pas souffert lors de l'exploitation de la carrière. Il n'en est pas de même de la paroi Ouest (côté carrière) beaucoup plus verticale et surplombante. Les bancs calcaires qui la composent étaient complètement dissociés de la masse et menaçaient l'éboulement après le vide laissé par la fouille du remplissage. Ceci tient, à notre avis, à deux causes principales : tout d'abord sa situation surplombante la prédisposait à un état de grande fragilité et ensuite l'exploitation de la carrière ayant eu recours à l'explosion de mines, celles-ci ont probablement dissocié les bancs rocheux. La fraîcheur de cette dissociation est attestée par l'absence totale de revêtement calcitique dans les fissures de la roche. Les tirs de mines effectués depuis l'Ouest, à quelques mètres de la fissure, ont ébranlé et dissocié la paroi ouest surplombante et les ondes de choc se sont probablement amorties dans le remplissage et n'ont, de ce fait, pas

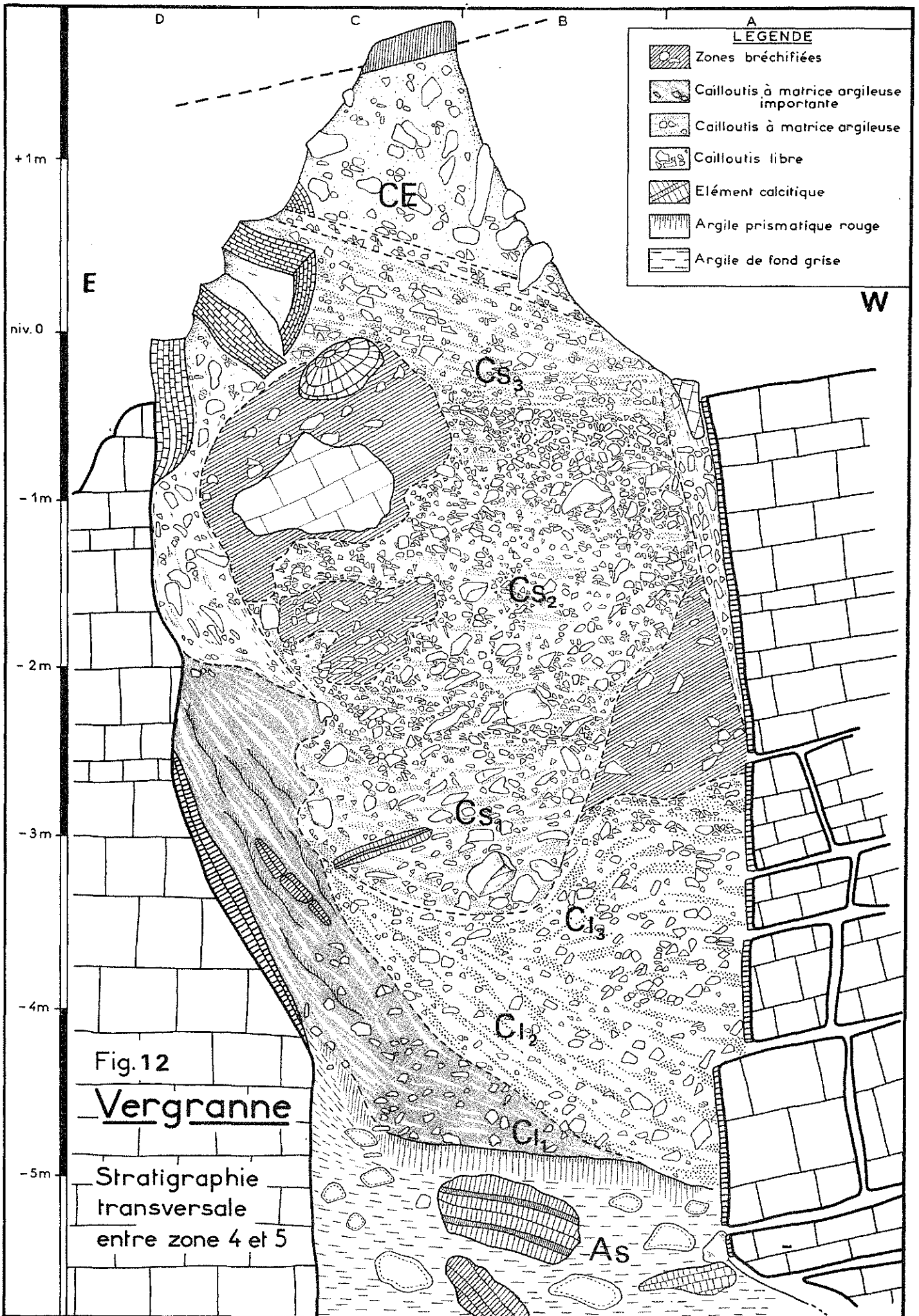
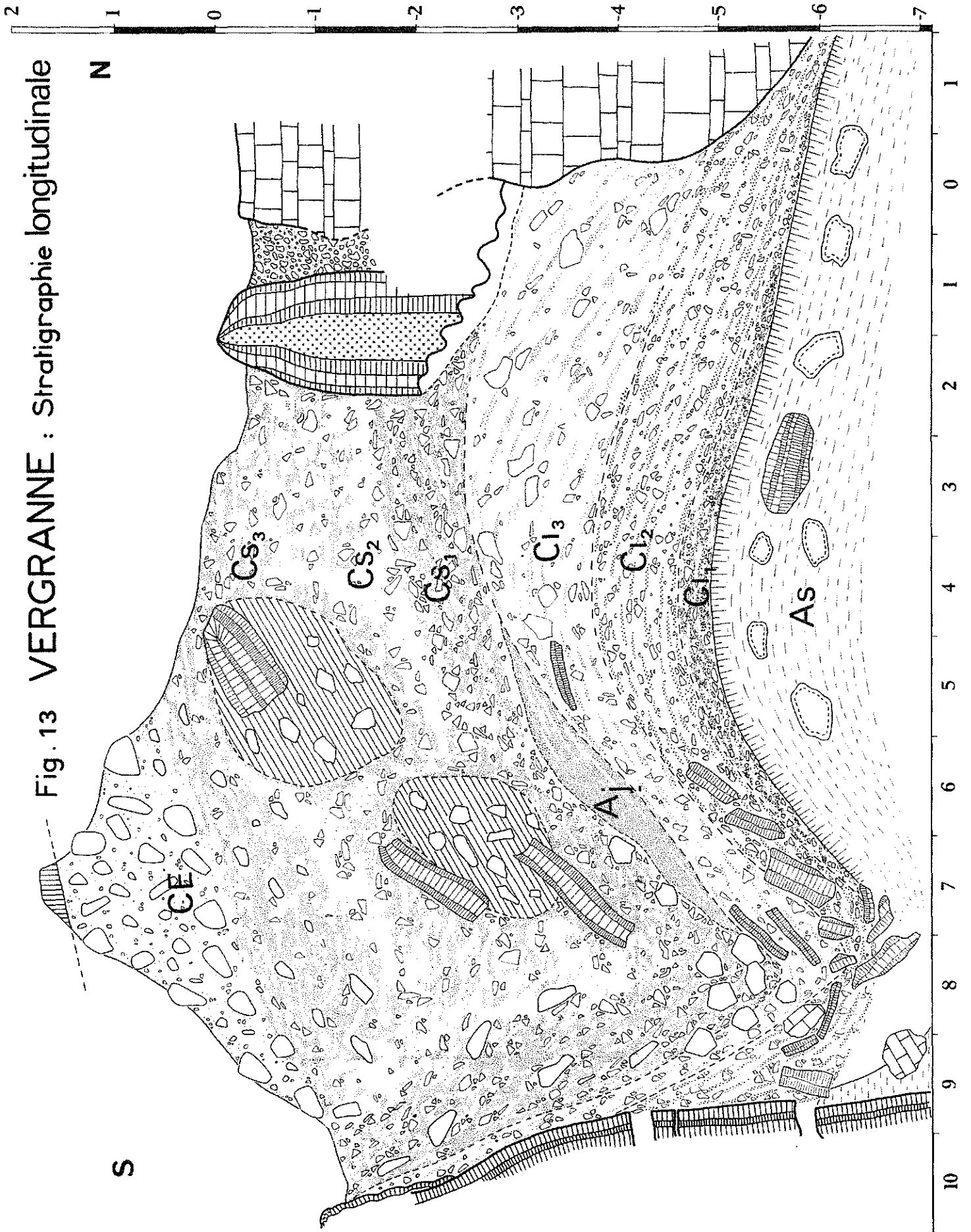


Fig. 13 VERGRANNE : Stratigraphie longitudinale



atteint la paroi Est. Cette fragilité unilatérale a nécessité le déblaiement de la roche encaissante sur 1,5 mètre et l'étaisage permanent au cours de la fouille, ce qui rendait celle-ci souvent dangereuse.

Le remplissage de l'aven de Vergranne peut être divisé en trois grands ensembles :

1) Les dépôts stériles de fond de cavité A_S

Ils sont constitués par une masse importante d'argiles plastiques vert-jaune (E 83 du code expolaire CAILLEUX et TAYLOR) reconnues jusqu'à 1,5 m de leur toit au niveau des carrés A4 et B4. A l'intérieur de cette masse, de très gros blocs de calcite et de calcaire adhèrent très fortement à l'environnement argileux. Leur périphérie est intensément altérée. Le toit de ces argiles claires se colore en des tons beaucoup plus foncés, rougeâtres à noirs, et l'argile plastique se structure à ce niveau sur une vingtaine de centimètres d'épaisseur. Elle prend une allure fendillée et prismatique, son pouvoir de rétention d'eau est largement plus faible et les limites des prismes présentent souvent un placage manganésifère. En coupe longitudinale (Fig. 13) le toit de ces argiles de fond montre un bombement au niveau des carrés 4 et 3 (Z = - 5m) alors que latéralement il plonge vers le Nord jusqu'à la cote - 6m et vers le Sud jusqu'à la cote - 7,5 m au niveau d'une espèce de sucoir latéral dont nous serons amenés à reparler. En coupe transversale (Fig. 12), au niveau des carrés 5, le toit des argiles stériles plonge assez régulièrement de l'Est vers l'Ouest et disparaît sous le surplomb de la paroi Ouest sans adhérer à celle-ci. Nous considérons ces formations argileuses comme le " remplissage karstique de profondeur ", formées en " karst aveugle " alors que celui-ci n'était en rapport avec la surface que par des fissures relativement étroites (de type diaclase). Ces argiles sont issues essentiellement de la décalcification des roches encaissantes et ont colmaté le karst lors de la période comprise entre son activité et sa " fossilisation ", c'est-à-dire lors d'une période où (du moins à ce niveau-là), l'aven ne fonctionnait pas en tant que tel. Une salle à plafond haut existait probablement à ce niveau, mais aucune communication importante ne la reliait à la surface du plateau. Les blocs mêlés à l'argile sont issus des parois de la voûte ou, pour ceux de la partie supérieure des argiles, de l'effondrement du toit de la salle, lui permettant cette communication vers le haut, ce qui va modifier radicalement son mode de remplissage.

Corrélativement à ce colmatage profond, d'importants dépôts calcitiques recouvrent les parois de la salle. Très développés sur la paroi Est (12 à 15 cm) mais non continus, ils sont beaucoup moins épais sur la paroi Ouest (3 à 4 cm) mais la tapisent entièrement. C'est également au cours de cette période que se forment les piliers stalagmitiques Nord et Sud qui se sont développés préférentiellement au niveau des étroitures latérales de la salle initiale. Des fragments de ces différentes concrétions calcitiques et stalagmitiques se retrouvent à tous les niveaux du remplissage.

2) Les dépôts cryoclastiques inférieurs : CI

Nous les avons distingués des dépôts cryoclastiques supérieurs par leur allure stratifiée plus nette et leur hétérométrie moins importante. Dans la coupe transversale (Fig. 12), ils ont une disposition nette " en berceau ", reposant sur les argiles stériles sous-jacentes et allant vers le haut jusqu'à la cote - 2,5 m environ, se relevant légèrement latéralement. En coupe longitudinale (Fig. 13), ils s'appuient sur la paroi Nord, sous le gros pilier stalagmitique sous lequel ils laissent un vide de 10 à 15 cm. Vers le Sud, ils s'abaissent régulièrement jusqu'à la cote - 7 m au niveau des carrés 8, accusant le sucoir karstique déjà évoqué au sujet du toit des argiles stériles de fond. On a pu les subdiviser en trois niveaux principaux :

- Le niveau inférieur CI₁ est constitué de plaquettes calcaires relativement homométriques (maximum 10 cm de diamètre) emballées dans une matrice argileuse noirâtre riche en oxyde de fer et de manganèse. Cette coloration est issue sans doute de la précipitation de solutions riches en ions métalliques dissous lors du lessivage du remplissage sus-jacent.

- Le niveau moyen CI₂, légèrement plus hétérométrique, est cependant très semblable au précédent dont il ne possède pas la teinte foncée de la matrice argileuse. De gros éléments de placages calcitiques apparaissent dans ce niveau vers le suçoir latéral (mètres 6 et 7 en coupe longitudinale). En coupe transversale (Fig. 12), les niveaux inférieurs et moyens précédemment décrits ne semblent pas avoir la même polarité d'alimentation : le premier s'appuie sur la paroi Est tandis que le second s'appuie sur la paroi opposée.

- Le niveau supérieur CI₃ se moule sur les précédents. Beaucoup plus hétérométrique mais néanmoins stratifié, il est très vacuolaire. Relativement épais contre la paroi Nord, il se réduit vers le Sud, tout en s'enrichissant comme le niveau précédent en éléments calcitiques.

L'allure générale de ces dépôts cryoclastiques inférieurs est nettement influencée par les suçoirs karstiques latéraux. Une étude statistique faite sur le degré d'inclinaison des plaquettes calcaires et calcitiques (entre 20 et 30 mesures pour chaque point) démontra l'influence des deux soutirages respectifs Sud et Nord (Fig. 14). Il est difficile de dire si l'aspiration gravitaire a joué de manière syn-sédimentaire ou post-sédimentaire. Il est probable d'ailleurs que le mécanisme ait joué à la fois au cours du dépôt et après celui-ci. L'état des vestiges osseux est très différent entre les endroits situés dans la zone d'influence du suçoir et à la périphérie de celui-ci : très concassés au niveau de fractures anciennes calcitées dans le premier cas, ils sont demeurés en position de connexions anatomiques peu bouleversées dans le second cas.

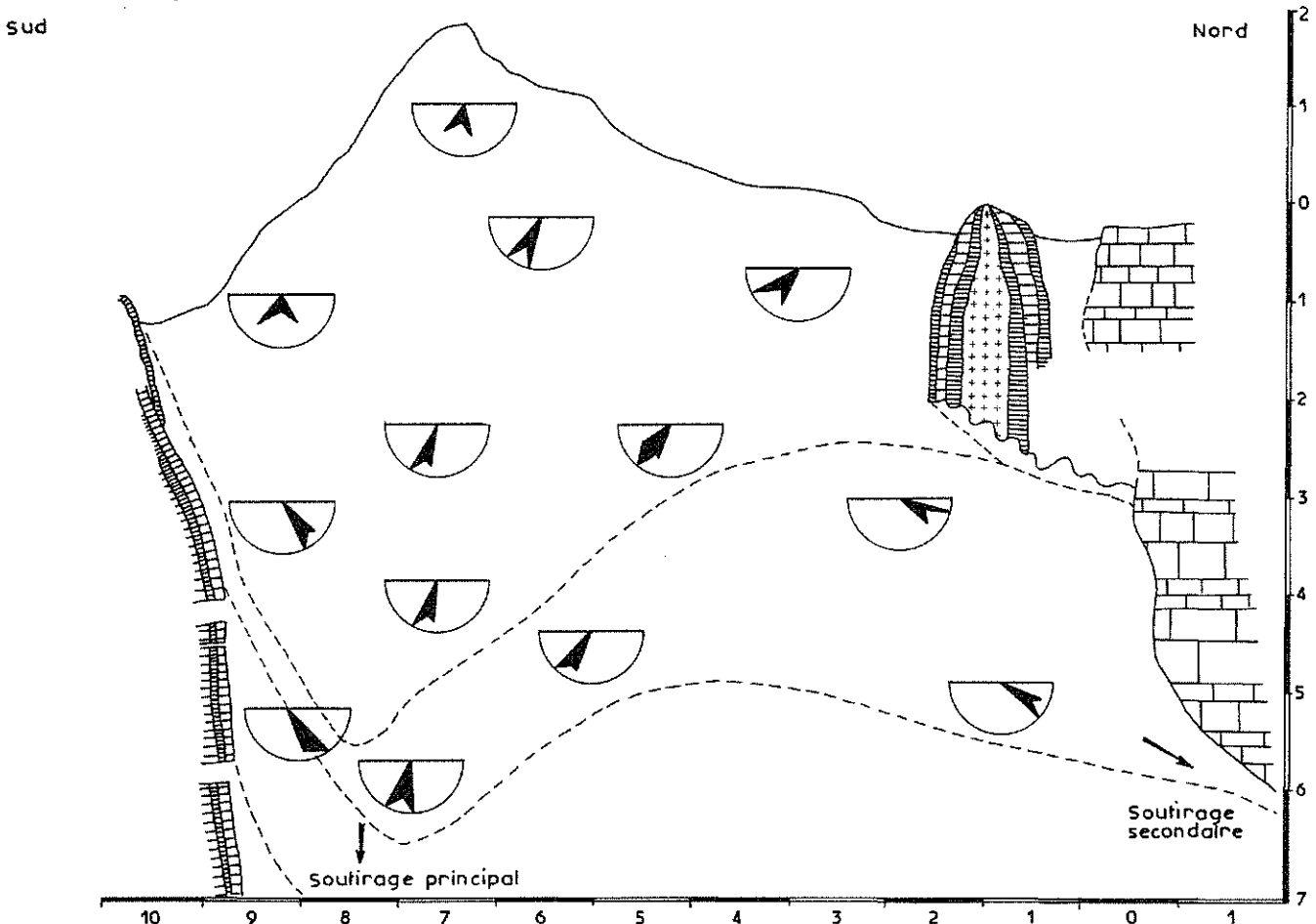


Fig. 14 VERGRANNE : Diagramme statistique de l'inclinaison des plaquettes calcaires en divers points du remplissage.

C'est de ces niveaux que provient l'essentiel des vestiges osseux de Vergranne. Certaines zones constituaient de véritables magmas à ossements (Rhinocéros surtout).

De manière discontinue, une lentille argileuse jaune (AJ) à passées noires, limite (au niveau des carrés 5, 6 et 7) ces dépôts cryoclastiques inférieurs avec les niveaux sus-jacents.

Un arrêt de sédimentation semble s'être opéré entre les deux comme en témoignent les zones bréchifiées latérales bien visibles en particulier contre la paroi Ouest où il s'est formé un cône bréchifié (- 1,80 m à - 3 m paroi Est) localisé dans l'espace longitudinal. C'est un ensemble à blocs cryoclastiques, consolidés par une gangue calcitique, amorphe, non fibreuse, non cristallisée. Il traduit probablement un écoulement superficiel le long de la paroi, riche en calcite dissoute, précipitant et indurant les dépôts antérieurs.

3) L'ensemble supérieur : CS

Il est constitué d'une masse hétérométrique mal stratifiée, localement indurée et parfois très vacuolaire. Sa limite inférieure semble subir l'influence du sucoir karstique au niveau des carrés 7 et 8, mais la déclivité existait au cours du dépôt comme le montre l'orientation des grandes dalles calcitiques régulièrement inclinées vers le Sud. La base de cet ensemble est composée de blocs plus volumineux et l'hétérométrie y est nettement plus prononcée (CS₇).

Localement, et surtout contre la paroi Est, le sédiment est pris en gros rognons bréchifiés aux contours diffus et irréguliers.

Vers la cote + 0,40 se trouve un petit niveau fugace de cailloutis calibrés sans matrice argileuse et à léger pendage ouest. Ce niveau n'est pas continu et n'apparaît que sur la coupe transversale.

La partie supérieure est composée d'une blocaille plus émoussée, enveloppée d'une matrice argileuse cohérente, plus tassée et localement indurée (CE).

*C'est dans l'un de ces niveaux indurés qu'ont été trouvés les premiers vestiges osseux, en l'occurrence un fragment de mandibule de *Diceroshinus mercki* et un autopode du même animal en connexion anatomique. La faune de ce niveau est relativement réduite et dispersée en fragments isolés dans l'ensemble du remplissage.*

Contre la paroi ouest, une fente cunéiforme traduit un décollement du remplissage initial. Ce décollement a dû intervenir après le tassement des éboulis. Un remplissage très brun a comblé progressivement le vide.

III. - ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

De nombreux prélèvements ont été faits au cours des fouilles et soumis à l'étude sédimentologique. Ces analyses n'ont apporté peu de renseignements d'ordre paléoclimatique en comparaison des études similaires réalisées au niveau des remplissages de porche (Echenoz - Gigny). Ceci est probablement dû au type de remplissage présent à Vergranne : un aven ouvert sur plateau calcaire est un réceptacle très différent d'un porche de grotte, les facteurs de remplissage n'y suivent pas les mêmes lois. D'une manière générale, la lithologie y est moins différenciée, moins contrastée et cette plus grande homogénéité traduit, à notre avis, une *sédimentation plus rapide*. Les effets diagénétiques ne semblent pas avoir joué couche

par couche, mais ils affectent l'ensemble des sédiments après le comblement complet de l'aven en uniformisant les dépôts. Ces remarques sont surtout valables pour un aven de petites dimensions (comme Vergranne) et s'appliquent nécessairement moins dans le cas d'un aven de grande taille comme celui d'Orgnac III en particulier, où chaque paroi latérale joue le rôle d'abri.

Nous avons cependant appliqué les techniques sédimentologiques classiques utilisées pour les remplissages de porche et d'abri, le but d'une telle étude étant de mettre en évidence les caractères du remplissage non décelables au cours de la fouille.

A) Granulométrie globale : Fig. 15

=====

Le diagramme granulométrique global fait apparaître *la grande homogénéité des dépôts reconnus sur 6 m de puissance*. Outre la singularité granulométrique de la couche basale (AS) où la fraction fine excède 50 %, la seule discontinuité apparaît au niveau de la couche argileuse jaune (AJ) séparant les éboulis supérieurs des éboulis inférieurs. Les éléments calcaires grossiers dominent largement la granulométrie, voisinant ou excédant 80 % de l'ensemble. On peut noter cependant un enrichissement progressif vers le bas en éléments moyens et fins, et ce fait est à notre avis dû à la percolation graduelle de la matrice fine, favorisée par l'abondance des vides et la faible compaction des matériaux grossiers.

B) Etude de la fraction grossière

=====

Trois facteurs parmi les nombreux essais réalisés nous ont semblé apporter quelques renseignements utiles sur le mode de formation de ce remplissage : ce sont la granulométrie des cailloux, l'indice d'émousé et le pourcentage d'éléments calcitiques.

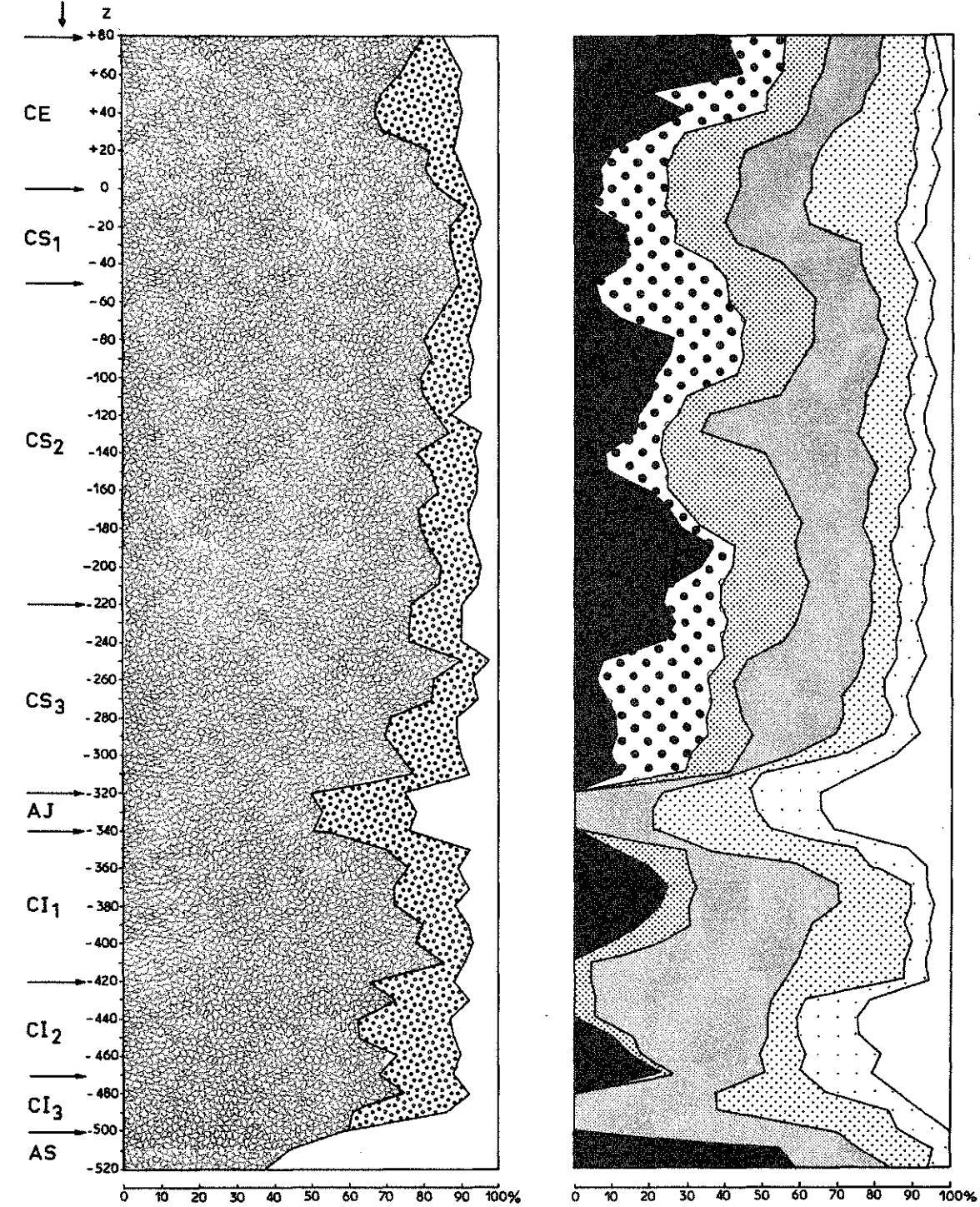
1) La granulométrie des cailloux (Fig. 15)

Le diagramme granulométrique des cailloux rend compte de *la grossièreté du remplissage* de l'aven de Vergranne. Les blocs sont présents partout, excepté dans l'argile jaune et dans les niveaux stériles du fond. Quatre épisodes particulièrement grossiers apparaissent nettement. Ce sont : la partie sommitale de l'ensemble CE, le milieu et la base des éboulis cryoclastiques supérieurs (CS₂ de - 60 à - 130 et de - 160 à - 240), la partie supérieure des éboulis cryoclastiques inférieurs (CI₁ de - 350 à - 400). Les cailloux des fractions fines (1 à 4 cm) sont bien représentés à la base de CE (+ 20 à - 20) au niveau de l'argile jaune (- 310 à - 350) et à la base de l'éboulis inférieur.

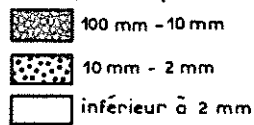
2) L'indice d'émousé

La valeur de l'indice d'émousé est faible sur toute la puissance du remplissage, sauf dans la partie supérieure (CE). Du point de vue morphologique, et ceci malgré les différenciations granulométriques réelles des divers ensembles, les éléments calcaires et calcitiques du remplissage sont frais, à angles vifs. Le pourcentage de plaquettes gélives typiques est faible, mais tous les éléments du remplissage peuvent être considérés comme des éléments cryoclastiques au sens où nous l'avons défini dans le chapitre méthodologique.

ensembles lithologiques



① Granulométrie globale (blocs non compris)



② Granulométrie des cailloux (blocs compris)

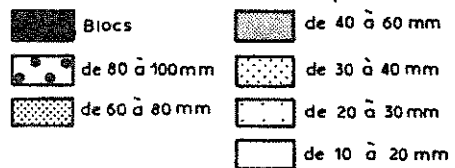


Fig.15 Aven de Vergranne

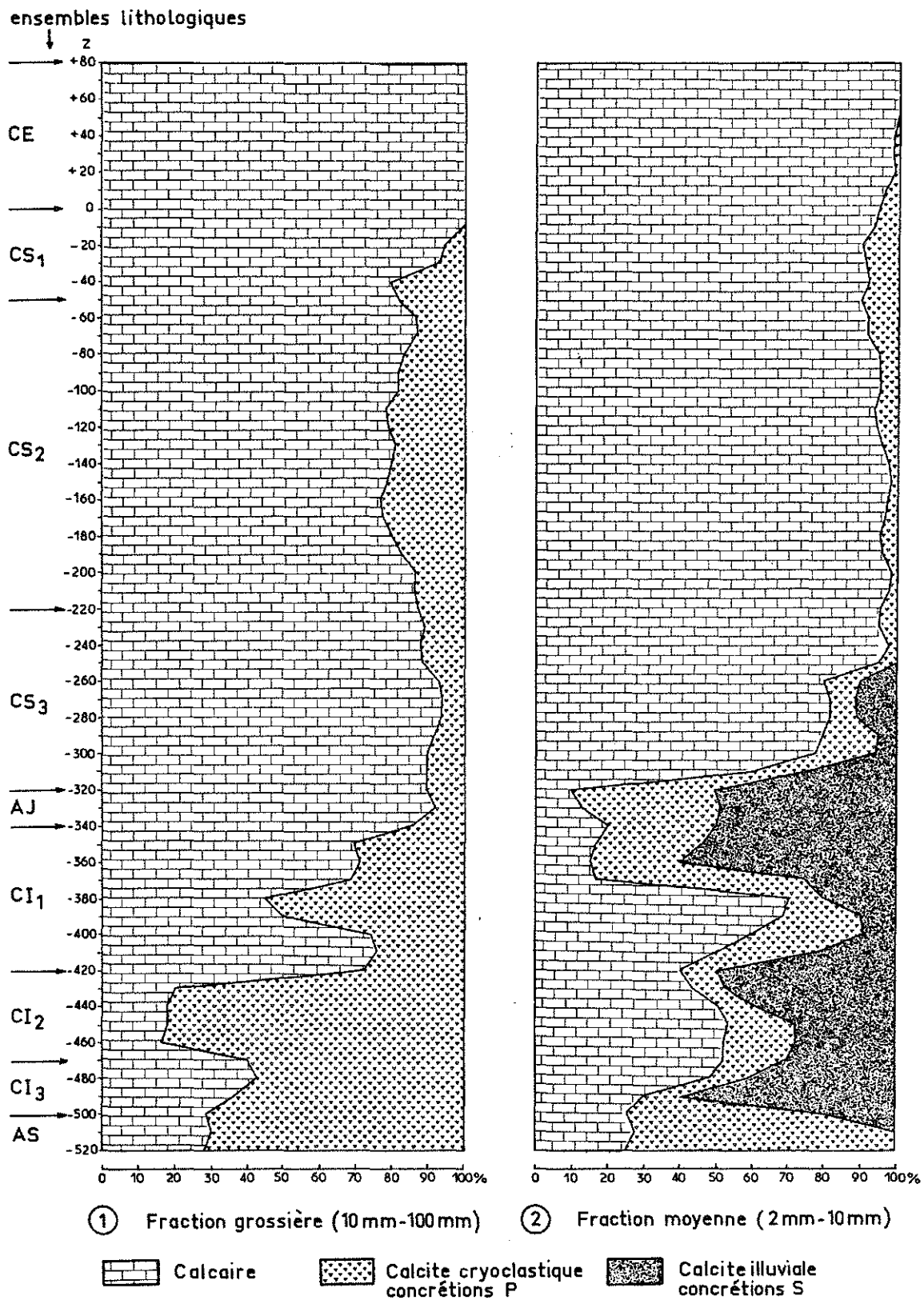


Fig.16 Aven de Vergranne : Rapport pondéral entre éléments calcaires et calcitiques du remplissage.

3) Rapport entre éléments calcaires et calcitiques (Fig. 16)

Il existe un fond d'éléments calcaires important et constant sur toute la hauteur du remplissage, mais *supplanté progressivement vers le bas par des débris calcitiques de parois*. Le calcaire est exclusif dans l'ensemble supérieur (CE). Les débris calcitiques ne dépassent pas 20 % de l'ensemble dans l'éboulis supérieur (CS₁, CS₂, CS₃) avec un léger maximum au cours du sous-ensemble moyen (CS₂). Le taux de débris calcitiques monte brusquement à 50 % après un palier à 30 % dans la partie supérieure de l'éboulis inférieur (CI₁). Un taux maximum existe dans la partie moyenne (CI₂) où il atteint plus de 80 % de l'ensemble.

Ce paramètre nous apparaît être significatif d'une *dynamique de remplissage en deux temps distincts* par la chronologie et les modalités. Bien alimenté en calcite, l'éboulis inférieur correspond à la destruction cryoclastique des enduits calcitiques des parois du karst après son ouverture sur le plateau. Dans l'éboulis supérieur, les éléments calcitiques, peu nombreux dans la fraction grossière (10 mm à 100 mm) sont essentiellement présents sous forme de dalles calcitiques inclinées vers le sucoir karstique. Ceci traduit, à notre avis, une action cryoclastique plus violente démantelant rapidement les reliquats de placages calcitiques adhérant aux parois.

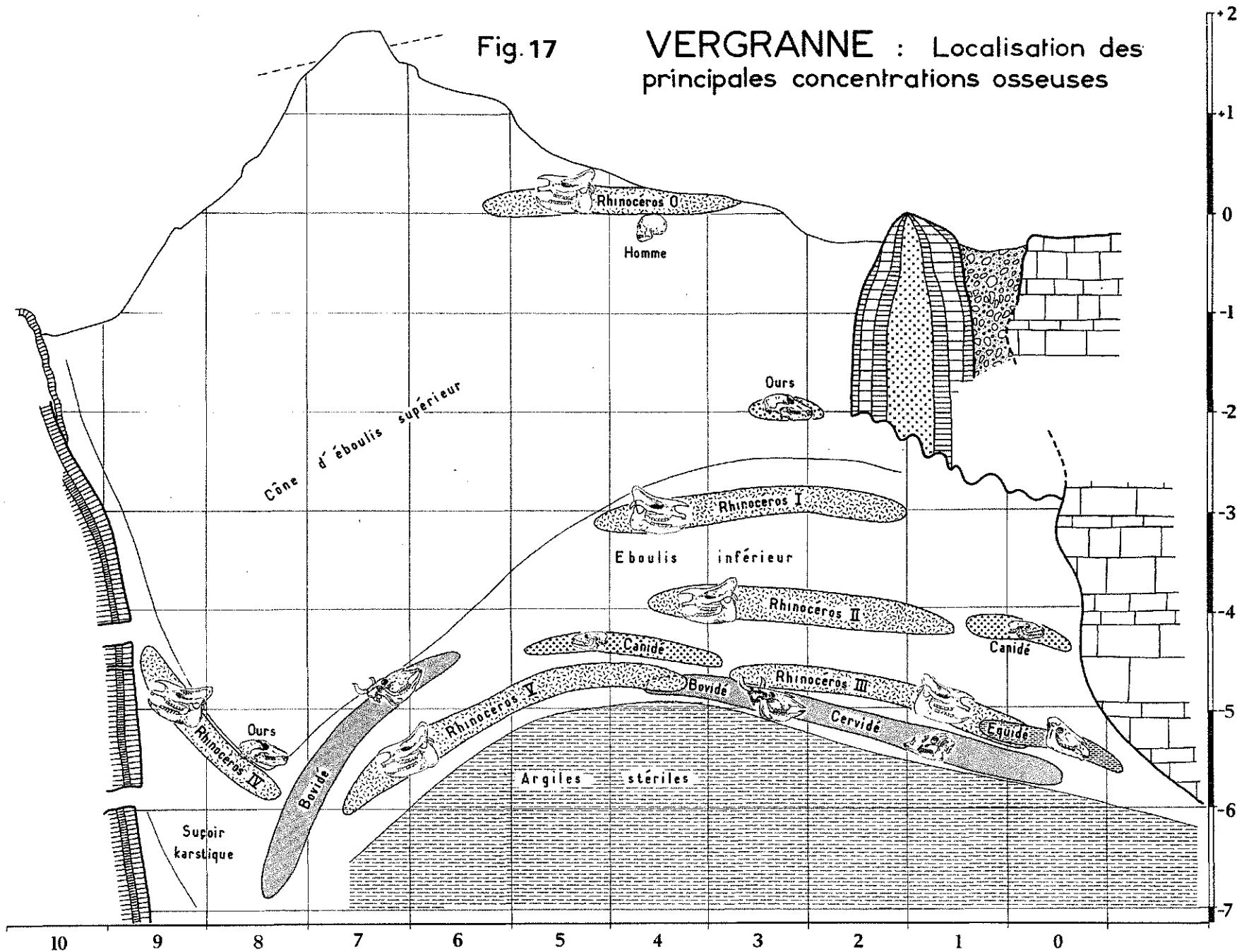
Nous n'évoquerons que pour mémoire les différentes mesures qui ont été faites sur la fraction grossière du remplissage de Vergranne : indice d'altération et porosité. Elles ne nous ont pas permis de constater une évolution de ces paramètres sur toute la hauteur du remplissage, traduisant l'homogénéité lithologique constatée lors de la fouille.

C) Etude de la fraction moyenne

L'homogénéité de cette fraction renforce le caractère d'uniformité révélé par l'étude de la fraction grossière. Le seul critère de différenciation sédimentaire offert par cette fraction granulométrique est le rapport pondéral entre les éléments calcaires et calcitiques du remplissage (Fig. 16). Outre l'augmentation du taux de calcite cryoclastique (concrétions P), déjà constatée dans la fraction grossière, apparaît, dans l'éboulis inférieur, un taux important de calcite illuviale (concrétion S). Sous ce vocable, nous avons regroupé tous les types de concrétionnements diagénétiques indurant les matériaux initialement déposés. Dans le cas de Vergranne, il s'agit essentiellement d'agrégats de matériel argileux englobant parfois des éléments plus grossiers. Ils sont considérés en général comme résultant d'un lessivage des dépôts sus-jacents ayant entraîné une dissolution des calcaires reprécipités à différents niveaux du remplissage. A Vergranne, cette calcite illuviale ne semble pas s'être nourrie des cryoclastes sus-jacents, ceux-ci n'étant pas du tout corrodés. L'aération et l'absence de compaction du remplissage peuvent expliquer ce fait, l'eau de percolation étant déjà sursaturée avant qu'elle n'imbibe le remplissage de l'éboulis inférieur. L'augmentation brusque du taux de calcite illuviale dans la partie inférieure du remplissage de l'aven et surtout l'irrégularité cyclique de ce taux peuvent difficilement s'expliquer comme le résultat d'un lessivage du remplissage dans son ensemble. Il semble s'être formé avant le dépôt de l'éboulis supérieur et au cours de trois cycles distincts contemporains de la mise en place de l'éboulis inférieur.

Fig. 17

VERGRANNE : Localisation des principales concentrations osseuses



IV. - LA FAUNE DE VERGRANNE

A) Répartition et condition de gisement

1) La microfaune

Elle est présente dans tout le remplissage sans cependant y être abondante. Les prélèvements de fraction fine ont été faits tout au long de la stratigraphie en cours de fouille et tamisés à l'eau sur tamis fin. Quand cela a été possible (sédiments meubles) les prélèvements ont été faits tous les 10 cm, dans les zones bréchifiées, la difficulté du tamisage n'a pas permis un échantillonnage aussi serré. Nous avons considéré comme valable un échantillonnage fournissant un minimum de 30 dents molaires de rongeurs ou insectivores identifiables.

2) La grande faune de mammifères

La répartition de la faune dans le remplissage se présente en deux ensembles nettement distincts : Fig. 17

- La faune de l'éboulis supérieur est pauvre, représentée par des fragments d'os isolés, très concassés, ou des dents répartis dans le remplissage, sans qu'il soit possible de relier telle pièce à telle autre ayant appartenu au même animal. Deux exceptions à cette " dilution " : vers le haut du remplissage (carré B4, cote + 0,5 m) une concentration d'os de *Dicerorhinus mercki* avec notamment un autopode à peu près complet et un fragment d'hémi-mandibule avec P₃, le tout pris en brèche. Vers le bas (carré A3, cote - 2 m) un crâne d'*Ursus deningeri* écrasé et dispersé, mais dont toutes les pièces anatomiques ont été retrouvées sur une surface d'un mètre carré. Les os les plus complets sont représentés par des pièces isolées d'autopode d'ursidés, de cervidés et de rhinocerotidés.

- La faune de l'éboulis inférieur est au contraire représentée par un faible nombre d'animaux, chaque animal étant représenté par un grand nombre de pièces osseuses. La répartition des os peut aller de la connexion anatomique stricte à une distance n'excédant jamais un mètre. Nous avons tenté de rattacher chaque os à un individu donné pour essayer d'avoir le décompte exact des pièces manquantes (étude paléontologique en cours). Dans un premier temps, nous pensions pouvoir attribuer les manques à des prélèvements qu'auraient pu opérer les hommes préhistoriques. Mais la présence de remaniements secondaires provoqués par les soutirages karstiques peut bien être la cause de la disparition des pièces osseuses manquantes. En effet, les squelettes situés en dehors de l'influence des soutirages latéraux (ex. Rhinoceros V) sont d'une manière générale plus complets que les autres. Pour le soutirage Sud, la démonstration en est donnée par les restes du grand bovidé dont les éléments de la tête ont pratiquement été complètement retrouvés (mandibule complète, série dentaire complète, cheville osseuse et fragment du crâne) alors que le reste du squelette post-cranien est pratiquement absent. Pour le soutirage Nord, les mêmes remarques peuvent être faites pour le grand cheval.

Les pièces ostéologiques se rapportant aux Rhinocerotidés sont présentes dans l'ensemble du remplissage (Fig. 18). On peut cependant noter l'extrême dilution de ces pièces dans l'éboulis supérieur (excepté les pièces de la découverte) et au contraire leur concentration dans l'éboulis inférieur. Cette concentration n'est par contre pas uniformément répartie et leur répartition en projection souligne la grande

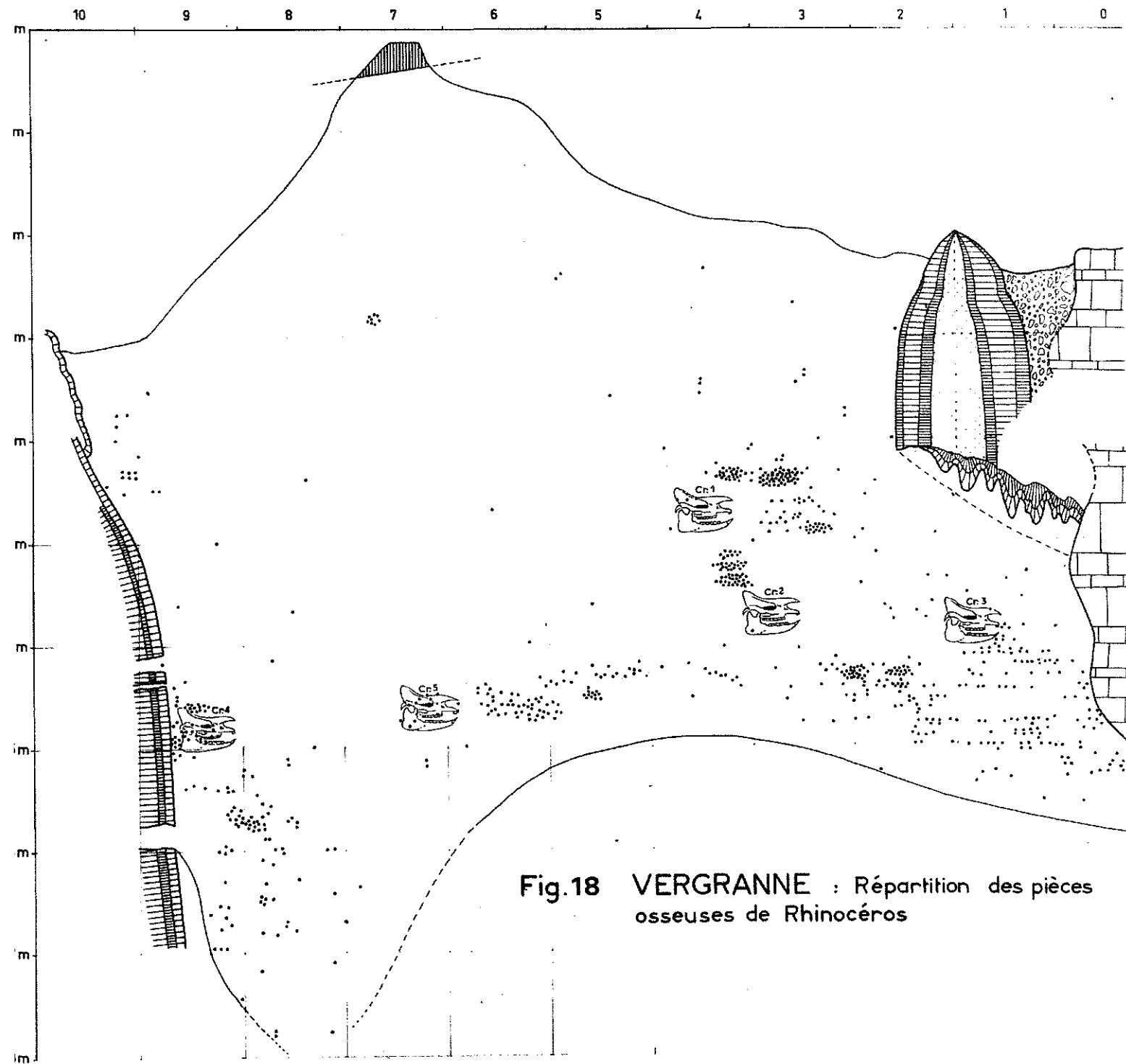


Fig.18 VERGRANNE : Répartition des pièces osseuses de Rhinocéros

abondance des restes osseux en certains points du remplissage, souvent au voisinage de squelettes craniens toujours proches de la paroi Est (ce qui n'est pas visible sur la projection). La répartition des pièces ostéologiques voisines du crâne 4 (paroi Sud) traduit l'effet de suçoir karstique étalant les fragments vers la profondeur de l'aven.

Les pièces ostéologiques se rapportant aux Bovidés et Cervidés indifférenciés ont une répartition analogue aux précédentes avec quelques variantes (Fig. 19). Il n'y existe vraiment qu'une seule zone de forte concentration dans la moitié Sud du remplissage de la zone tout à fait basale (entre - 4,5 m et - 5,5 m). Cette zone recouvre d'ailleurs l'une des zones à forte concentration d'ossements de Rhinoceros. Ailleurs, les ossements sont répartis de manière plus lâche et on peut noter leur absence presque totale dans l'éboulis supérieur.

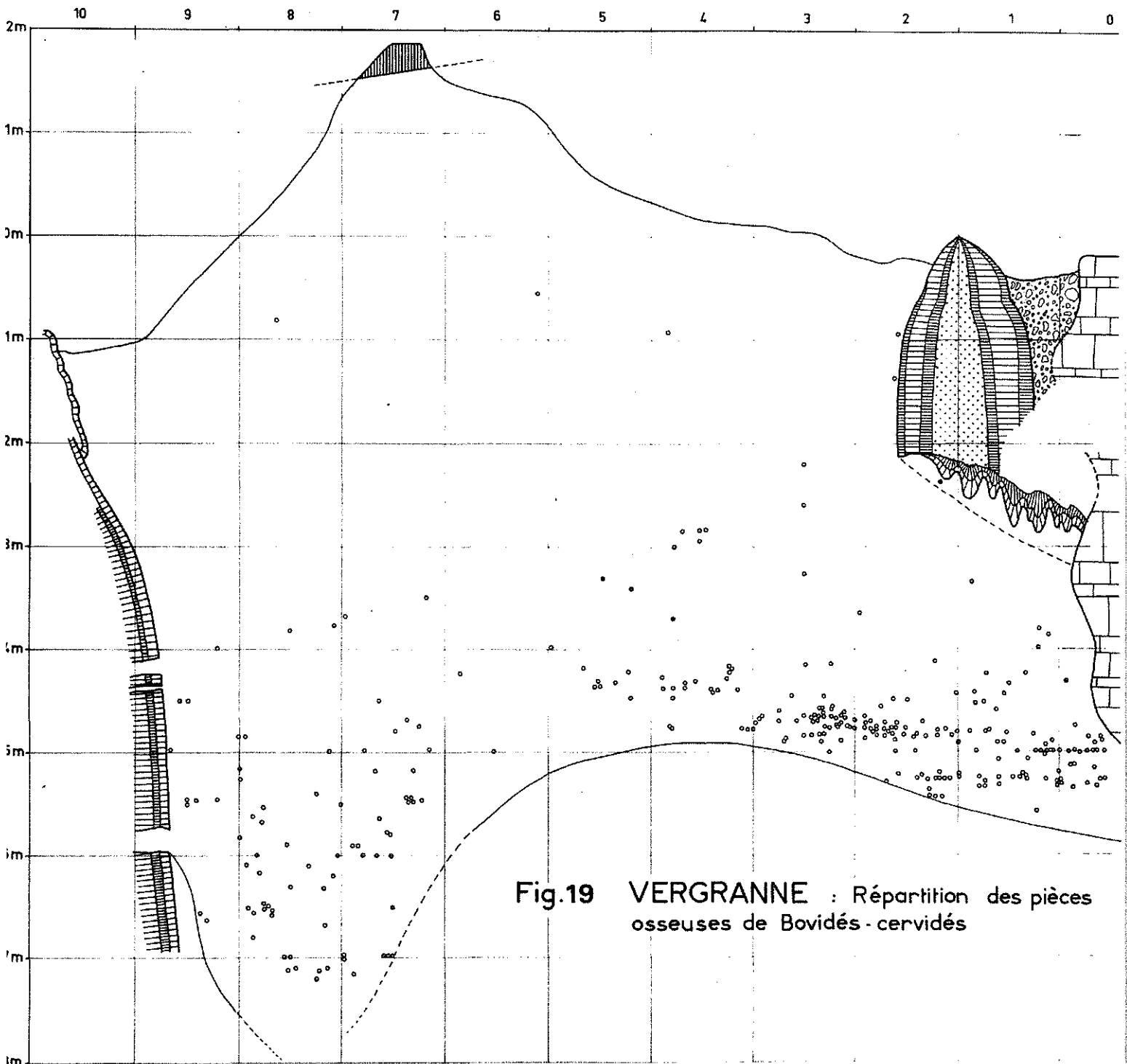


Fig.19 VERGRANNE : Répartition des pièces osseuses de Bovidés-cervidés

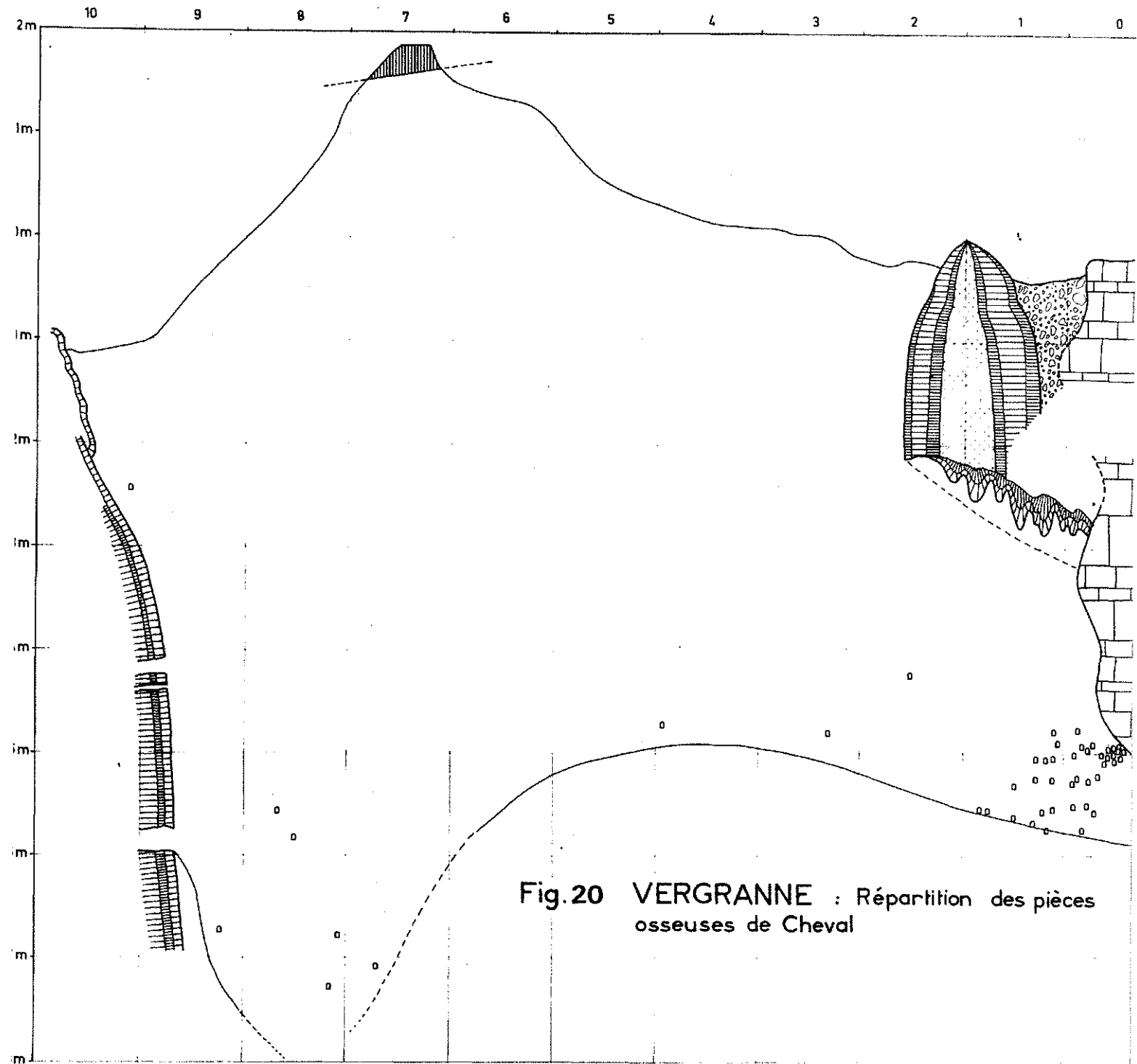


Fig.20 VERGRANNE : Répartition des pièces osseuses de Cheval

Les Equidés sont beaucoup moins représentés à Vergranne (Fig. 20). Les pièces ostéologiques se rapportant à cette famille sont concentrées dans les extrémités sud et nord de la partie basale de l'éboulis inférieur, alors que la zone de l'éboulis supérieur en est complètement dépourvue.

Les Ursidés sont présents dans tout le remplissage (Fig. 21) mais de manière très disséminée. Aucune zone de particulière concentration ne peut être observée, exception faite de deux points particuliers (carré 6, $Z = - 0,70$ m et carré 0, $Z = - 5,50$ m) où deux autopodes à peu près complets ont été découverts en connexion anatomique presque parfaite.

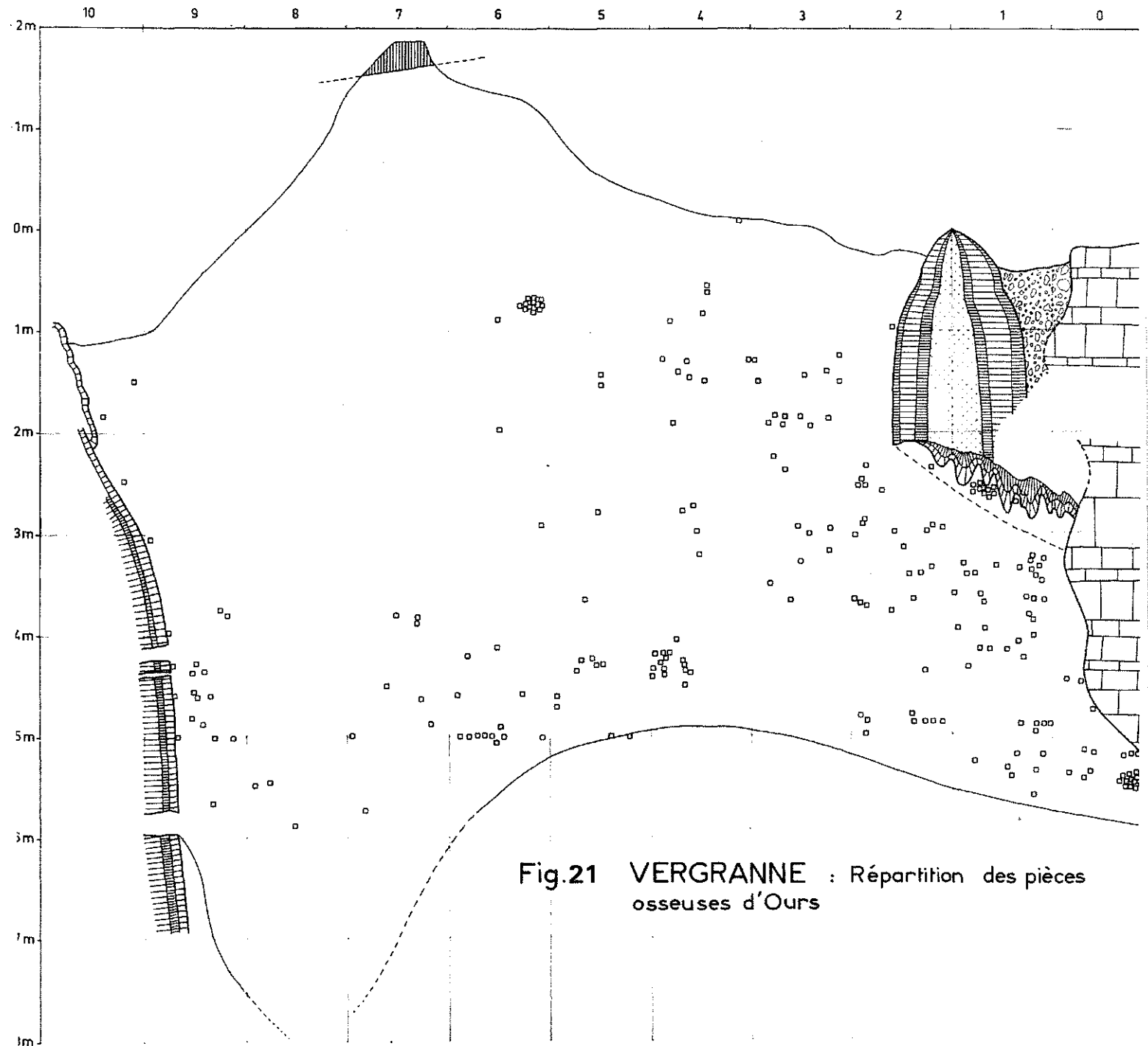


Fig.21 VERGRANNE : Répartition des pièces osseuses d'Ours

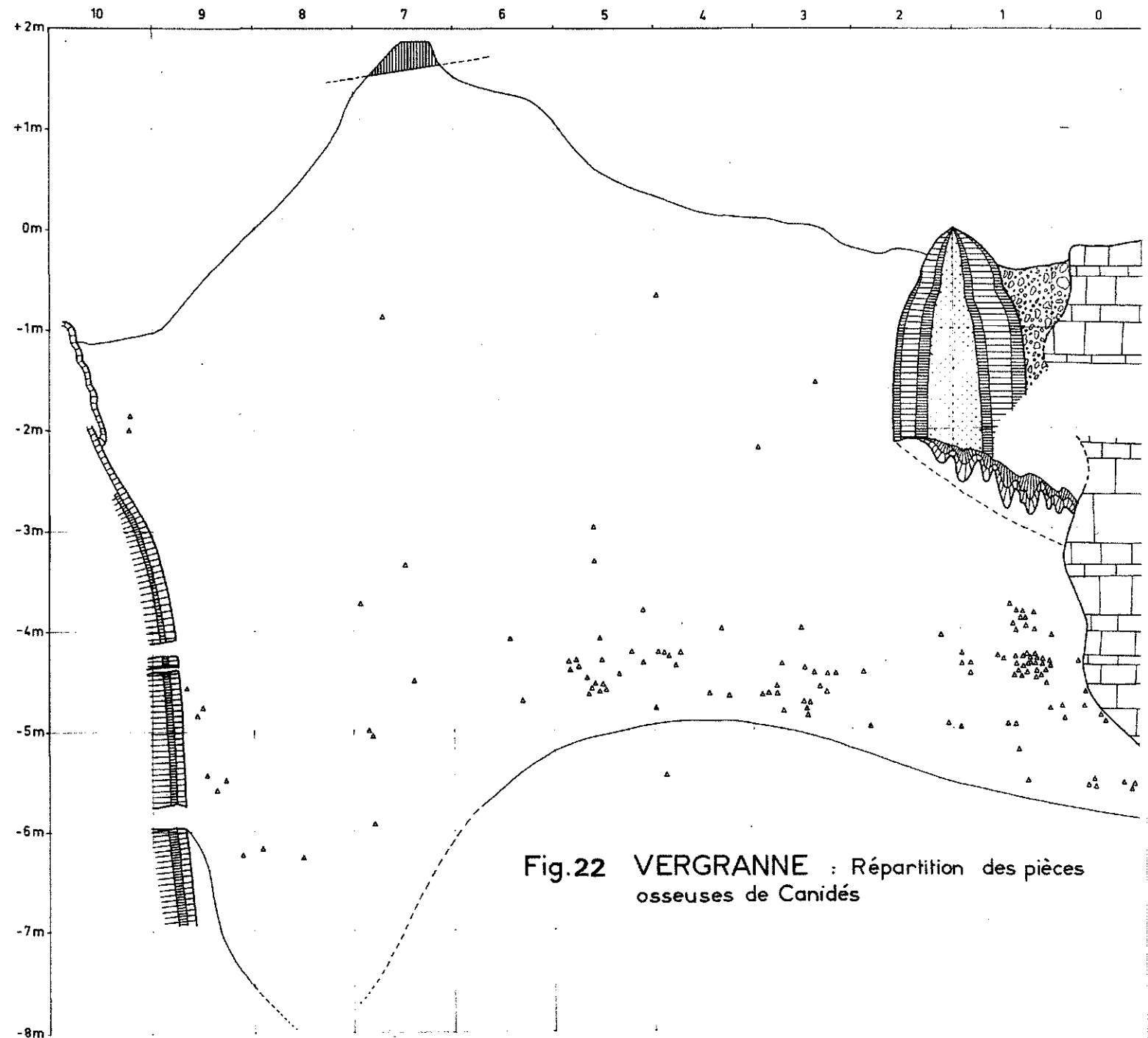


Fig.22 VERGRANNE : Répartition des pièces osseuses de Canidés

Les Canidés sont relativement peu représentés à Vergranne et seulement présents dans l'éboulis inférieur (Fig. 22).

B) Etude paléontologique. Données biostratigraphiques
=====

1) La microfaune : Fig. 23

Nous publions ici les résultats des déterminations faites par J. CHALINE à partir des prélèvements verticaux que nous avons faits au niveau des carrés 4, c'est-à-dire, là où la stratigraphie est la plus complète.

D'un point de vue chronologique, plusieurs espèces situent le remplissage de Vergranne dans la chronologie du Pléistocène.

" *Pliomys lenki* est une espèce qui apparaît au début du Pléistocène moyen (*Pl. lenki lenki* et *ultimus*) et dont l'aire de répartition se réduit progressivement vers le Sud-Ouest de l'Europe (*Pl. lenki relictus*) au cours du Pléistocène moyen pour subsister à l'état de relique dans le Würm ancien de la région cantabrique (Espagne).

Pliomys episcopalis, connu dès le début du Pléistocène, persiste jusqu'à un interglaciaire du Pléistocène moyen, mais ne semble pas lui survivre. Sa présence est l'argument qui plaide pour un âge mindélien.

Arvicola cf. mosbachensis résulte de l'évolution de *Mimomys savini* par apparition de la croissance continue. Les premiers *Arvicola* connus datent du début du Mindel. D'après l'épaisseur respective de l'émail sur les bords antérieurs et postérieurs des triangles dentaires, l'*Arvicola* de Vergranne ne se place pas parmi les plus primitifs, mais correspond à un stade déjà avancé ".

(J. CHALINE)

Ce sont ces arguments qui nous avaient permis de situer le remplissage de Vergranne dans une publication préliminaire (1974), alors que les fouilles n'avaient touché que la partie supérieure du gisement. Globalement, rien pour l'instant ne remet en cause fondamentalement cette proposition.

D'un point de vue paléoécologique : excepté quelques rongeurs éteints dont l'environnement climatique n'est pas connu (*Pliomys lenki*, *P. episcopalis* et *P. chalinei*) la plupart des espèces trouvées correspondent, du moins pour les espèces actuelles, à un environnement écologique défini.

D'une manière générale, aucun niveau du remplissage n'a donné une association de rongeurs typique d'un environnement bien défini. Les espèces de forêts tempérées sont présentes souvent en même temps que les espèces considérées comme step-piques ou même froides.

Les espèces forestières tempérées sont présentes de haut en bas du remplissage, dominées par *Clethrionomys glareolus* (le campagnol roussâtre) et *Apodemus sylvaticus* (le mulot sylvestre), ces deux espèces représentant souvent plus de 50 % de l'ensemble et dans une moindre mesure *Pliomys quercinus* (le lerot) et *Muscardinus avellanarius* (le muscardin). Cette association, abondante dans la partie supérieure (de + 70 à - 115) décroît sensiblement jusqu'à la cote - 160 pour disparaître au niveau - 160, - 180. Elle est de nouveau abondante à partir de - 220 pour passer par un maximum entre les cotes 250 et 290 pour de nouveau décroître régulièrement vers le bas, mais sans toutefois disparaître comme précédemment et elles représentent toujours plus de 15 % de l'ensemble.

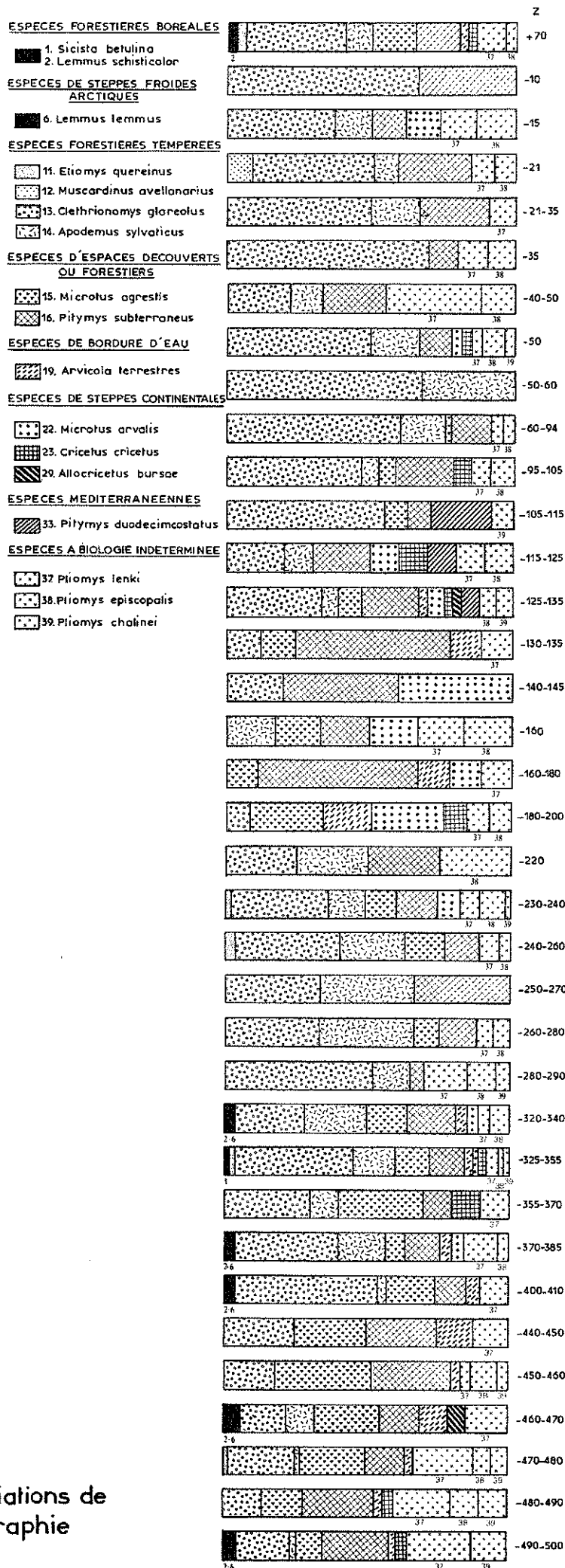


Fig. 23 VERGRANNE : Les Associations de Rongeurs en fonction de la stratigraphie

Les espèces d'espaces découverts ou forestiers à environnement biologique moins précis sont présentes de haut en bas du remplissage et leur pourcentage varie de 10 à 70 %. Représentées par *Microtus agrestis* (le campagnol agreste) et *Pitymys subterraneus* (le campagnol souterrain) elles semblent compléter et relayer la diminution des espèces forestières tempérées de sorte que l'ensemble du pourcentage des deux associations est rarement inférieur à 50 %.

Les espèces de steppes continentales ont une présence beaucoup plus discontinue de haut en bas du remplissage. Représentées par *Microtus arvalis* (le campagnol des champs), *Cricetus cricetus* (le hamster) et *Allocricetus bursae* (le hamster migrateur), leur présence est sporadique jusqu'à la cote - 115. Présentes à quatre niveaux d'échantillonnage (+ 70, - 15, -50 et - 95) leur pourcentage dépasse rarement 10. A partir de - 115, elles sont relativement abondantes et continuellement présentes jusqu'à la cote - 200. A partir de là et jusqu'au fond du remplissage, elles feront des apparitions fréquentes mais sporadiques, sauf entre les cotes - 320 et - 385 où elles semblent se réinstaller.

Les espèces froides (forestières boréales et de steppes froides arctiques) sont présentes par *Sicista betulina* (la Siciste du bouleau), et *Lemmus lemmus* (le lemming de toundra). Représentées à la partie tout à fait sommitale du remplissage, elles sont absentes de tout l'éboulis supérieur, puis réapparaissent de manière régulière, mais toujours en faible pourcentage dans l'éboulis inférieur jusqu'au fond du remplissage.

L'espèce la plus remarquable est sans doute *Pitymys duodecimcostatus* (le campagnol provençal) abondant dans un niveau de 30 cm d'épaisseur situé entre les cotes - 105 et - 135. Ses affinités méditerranéennes sont certaines et aucun élément stratigraphique ne nous a permis de déceler un climat de ce type à ce niveau, noyé dans la masse non stratifiée de l'éboulis supérieur.

En conclusion, la microfaune de Vergranne ne traduit pas une chronologie paléoclimatique bien nette. Le fond faunistique évoque un environnement assez tempéré comportant deux maximums froids au sommet et à la base, encadrant une période plus clémentaire mais sèche où tranche un épisode méditerranéen. Cette imprécision relative est peut-être due à la position géographique de l'aven, proche à la fois d'espaces secs sur les calcaires du Bajocien et de zones plus humides sur les marnes du Lias.

2) La grande faune

L'étude paléontologique de la faune de Vergranne a été réalisée par les divers spécialistes de chaque groupe paléontologique. Nous présenterons sommairement les conclusions essentielles qu'ils ont bien voulu nous communiquer.

2.1. Les Rhinocéros

D'après C. GUERIN qui a étudié les Rhinocéros de Vergranne et dont l'essentiel de cette étude est publié dans ses travaux de thèse (1980), deux espèces sont présentes dans ce gisement :

- *Dicerorhinus etruscus brachycephalus* est représenté par cinq adultes ou sub-adultes, un jeune et un très jeune individu. Cette espèce constitue une forme évoluée de *D. etruscus etruscus* qui existe depuis le complexe gūnzien jusqu'à la fin du Mindel (zones 20 à 22 de C. GUERIN). C'est un rhinoceros de taille relativement réduite, aux membres élancés dont le régime alimentaire devait être identique à celui du rhinoceros actuel de Sumatra : buissons, fruits, écorces, petites branches d'arbres. D'après C. GUERIN " il appartient à une espèce ubiquiste et peut être trouvé dans un environnement très variable, de la steppe très peu boisée à la forêt dense, mais le *preferendum* paraît être la forêt claire, pinède ou chênaie mixte. La steppe à graminée paraît exclue ; l'humidité semble un facteur important. La température paraît sans importance ".

A Vergranne, *D. etruscus brachycephalus* n'existe avec certitude que dans l'éboulis inférieur et l'exemplaire le plus complet est représenté par le rhinoceros V (Fig. 24). On peut constater sur cet individu que les différentes pièces ostéologiques ont peu bougé au cours de la période post-mortem et que l'on peut schématiquement reconstituer la position de l'animal immédiatement après la chute ayant provoqué sa mort probablement immédiate. Les principaux éléments manquants (patte arrière droite, avant-bras gauche antérieur) ont dû glisser le long du talus d'éboulis en direction du suçoir karstique sud, le plus actif. Par contre, on peut remarquer que toute la zone dorsale (crâne, axe vertébral et caudal, l'essentiel du bassin) manque. A notre avis, cet ensemble de pièces osseuses n'a pas pu glisser sur le cône d'éboulis car il était d'emblée coïncé contre la paroi Est de l'aven. Sa disparition doit être attribuée à la dissolution active qui s'est exercée le long de la paroi rocheuse empruntée par les eaux d'infiltration.

- *Dicerorhinus mercki* est représenté par trois individus. C'est un animal de beaucoup plus grande taille, mais dont l'allure est proche de l'espèce précédente. " L'hysodontie plus forte devait autoriser la consommation occasionnelle de graminées ... Le *D. mercki* peut se trouver exceptionnellement en steppe sèche, mais c'est surtout un hôte de la forêt claire ou même dense (chênaie mixte, forêt méditerranéenne, forêt de conifères) entrecoupée d'étendues herbeuses avec graminées ... Le climat est en général humide ... La température paraît très variable et n'est qu'un facteur tout à fait secondaire " (C. GUERIN).

Toujours d'après C. GUERIN, parmi les trois individus dénombrés, l'un, dont les restes ont été retrouvés dans la partie supérieure de l'éboulis inférieur, présente des caractères archaïques pouvant le situer dans le même espace chronologique que *D. etruscus brachycephallus* (zone 22 - Mindel supérieur). Mais les deux autres, issus de l'éboulis supérieur, présentent des caractères plus évolués et pourraient avoir vécu au cours d'une période plus récente, difficile à situer avec précision.

2.2. Les Artiodactyles

Les Artiodactyles (Bovidés, Cervidés, Suidés) sont en cours d'étude (E. HEINTZ).

L'étude paléontologique de ce groupe n'est pas terminée et nous ne voudrions pas présenter des conclusions prématurées. Les principaux éléments osseux mis à jour appartiennent aux groupes suivants :

Bovidés : un individu adulte et deux individus jeunes représentés par des éléments du squelette cranien (séries dentaires complètes, chevilles osseuses, fragments de mâchoires) et du squelette des membres.

Cervidés : trois espèces sont présentes : un cervidé de grande taille représenté par des éléments de squelette cranien (séries dentaires complètes) et de membres (*Megaceros*), un cervidé de taille moyenne (*Cervus* cf. *elaphus*) et un cervidé de petite taille (*Capreolus* ?) représenté seulement par quelques dents.

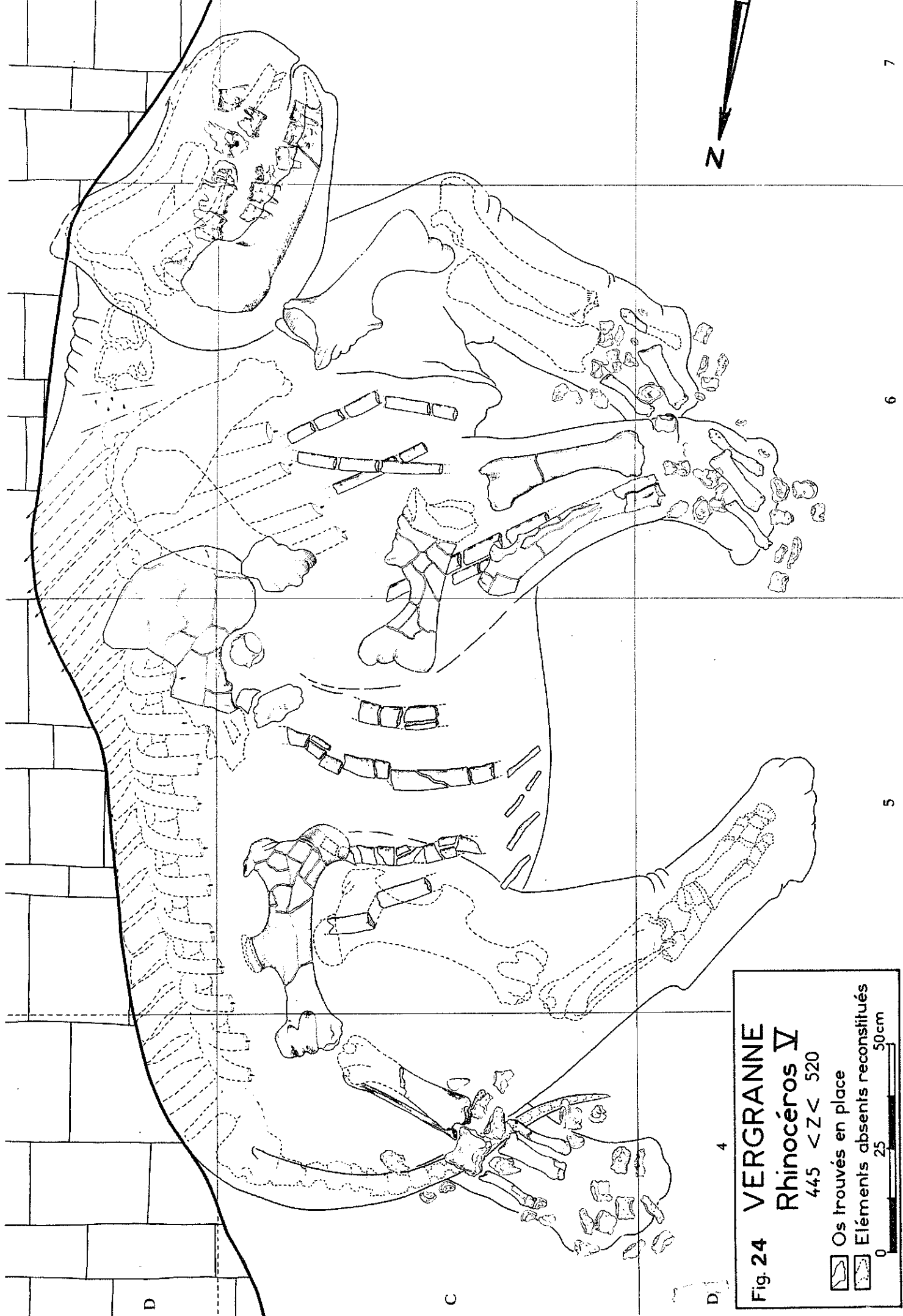


Fig. 24 VERGRANNE
Rhinoceros V
 445 < Z < 520
 Os trouvés en place
 Eléments absents reconstitués
 0 25 50cm

Suidés : quelques dents isolées et pièces ostéologiques du squelette post-cranien attestent la présence d'un jeune individu appartenant à la famille des Suidés (*Sus scrofa*).

2.3. Les Equidés

Les Equidés ont été étudiés par F. PRAT. Les pièces essentielles sont représentées par une denture à peu près complète d'un individu de 2 ans 1/2 environ et une vingtaine de pièces ostéologiques appartenant essentiellement aux membres. Deux ou peut-être trois individus sont très partiellement présents. " L'appartenance de ces restes à *Equus caballus* paraît exclure le Mindel ancien et bien entendu le Pléistocène inférieur. D'autre part, les dimensions des os et des dents indiquent une forme de grande taille, certainement anté-würmienne. Enfin la longueur totale de la première phalange postérieure (97 mm) et celle de la deuxième phalange postérieure (59,5 mm) nous incitent à attribuer le cheval de Vergranne à la sous-espèce " *mosbachensis* " et à le dater d'un épisode pas trop ancien de la glaciation du Mindel " (F. PRAT).

En plus de cette espèce, un petit sésamoïde de dimensions extrêmement réduites se rapporte vraisemblablement à un Asinien (*sensu lato*).

2.4. Les Ursidés

Les Ursidés ont été également étudiés par F. PRAT. Le matériel est assez abondant et comprend des pièces ostéologiques issues de tout le squelette :

- Squelette axial : 1 calvarium complet, 4 héli-mandibules, 4 dents isolées, 12 vertèbres.
- Membre antérieur : 2 humérus, 5 cubitus, une dizaine d'os du tarse, une vingtaine de métacarpiens.
- Membre postérieur : 1 fémur, 2 tibias, 1 péroné, une dizaine d'os du carpe, une vingtaine de métatarsiens dont 8 métatarsiens V représentant donc 8 individus. Il faut ajouter à cet inventaire environ 80 phalanges.

" Le profil du calvarium est caractéristique d'*Ursus deningeri* : les os frontaux, plus bombés que chez l'ours brun le sont moins que chez *Ursus spelaeus*. La dépression fronto-nasale est nette, mais peu accentuée. Dans leur ensemble, les molaires, comme celles d'*Ursus deningeri* et *Ursus arctos* conservent de nombreux caractères archaïques, mais elles sont associées à des métacarpiens I et métatarsiens I de type " *deningeri* ". Il s'agit d'une forme moins grande en moyenne qu'*Ursus deningeri romeviensis*, Ursidé contemporain de l'interglaciaire Mindel-Riss. Cela semble signifier que l'ours de Vergranne, un peu plus ancien que celui de la Romieu, daterait de la glaciation du Mindel. En effet, l'évolution des Ursidés de la lignée *etruscus-deningeri-spelaeus* se caractérise notamment par une augmentation assez régulière de la taille. Enfin, on remarque que le crâne possédait encore des 3ème molaires supérieures qu'*Ursus deningeri romeviensis* avait perdues dans la très grande majorité des cas " (F. PRAT).

2.5. Les Canidés

Ils ont été étudiés par Mme M.F. BONIFAY. Deux espèces sont présentes à Vergranne :

- *Canis etruscus* représenté par une demi-mandibule avec rangée dentaire complète, sauf la M₃, une dizaine de dents isolées et de nombreux éléments du squelette post-cranien. D'après M.F. BONIFAY " il ne s'agit pas du petit loup *Canis lupus lunellensis* ... mais il se rapproche plus des Canidés d'âge antérieur, comme ceux de la grotte de l'Escale ... "

- *Vulpes praeglacialis* représenté par deux demi-mandibules avec les rangées dentaires complètes, quelques dents isolées et de nombreux éléments du squelette post-cranien.

Cette association (*Canus etruscus* + *Vulpes praeglacialis*) est présente à la grotte de l'Escale à St-Estève-Jeanson (Fouilles E. BONIFAY) dans le niveau H à climat arctique et dans le niveau B à climat nettement moins froid. Elle ne signifie donc pas un environnement climatique nettement défini.

V. - LA DENT HUMAINE

La présence de cette dent à la partie supérieure du remplissage reste encore inexplicée. Sa position sous une zone bréchifiée à *Dicerorhinus mercki* exclut une quelconque intrusion postérieure au dépôt. Elle en est à notre avis partie intégrante, mais c'est le seul vestige humain trouvé à Vergranne : aucun autre os d'hominidé n'a été identifié et aucune pièce lithique ayant pu être taillée n'a été décelée.

Son étude anatomique a été faite par B. VANDERMEERSCH. Nous en donnons les caractéristiques sommaires et une représentation photographique.

" La dent provenant de ce gisement est difficile à interpréter par suite de son degré d'usure et de l'absence d'éléments de comparaison de cette époque en Europe. Cette dent est très bien conservée, seule manque l'extrémité de la racine du côté lingual.

Dimensions : Longueur : 24,2 mm ; Hauteur de la couronne : 7,4 mm ; Diamètre mésio-distal : 7,8 mm ; Diamètre vestibulo-lingual : 7,4 mm.

La couronne, non usée, devait être légèrement plus haute, tout en ayant l'aspect renflé et trapu qui caractérise la canine de lait.

Ces dimensions, grandes pour une canine lactéale, sont légèrement inférieures aux moyennes obtenues pour les dents permanentes actuelles. Notons que le diamètre mésio-distal dépasse le diamètre vestibulo-lingual, ce qui est fréquent sur les dents de lait.

Usure : Il y a deux facettes d'usure. L'une occupe la moitié distale de la face linguale ; la seconde correspond à l'usure de la pointe et a mis à nu l'ivoire. Cette facette est légèrement inclinée du côté lingual. Une petite facette de contact occupe le sommet de la face distale.

Morphologie : La couronne est basse et globuleuse ; fortement resserrée au collet, elle surplombe largement la racine, surtout du côté distal. On observe un renflement cingulaire à sa base. Le relief de la face linguale est peu accentué et il est, de plus, atténué par l'usure. Un léger renflement représente le lobe central. La racine est ovale et marquée sur les faces mésiale et distale par un léger sillon. En conclusion, cette dent est une canine supérieure gauche et certains de ses caractères - grande longueur mésio-distale, couronne basse et globuleuse, resserrement au collet, etc ... - nous incitent à la classer parmi les dents de lait. S'il en est bien ainsi, il s'agit d'une dent de grandes dimensions, mais cela ne saurait surprendre, étant donné l'âge du gisement ".

VI. - SYNTHÈSE CHRONOLOGIQUE ET PHÉNOMÉNOLOGIQUE

A) Evolution du site de Vergranne au cours du remplissage (Fig. 25)

=====

Comme pour les autres sites de remplissage étudiés, nous avons tenté de retracer l'évolution du site de Vergranne à partir des observations faites, d'une part sur le remplissage et d'autre part sur toutes les caractéristiques générales du site (aspect des parois, fissurations, concrétionnements). La démarche est d'autant plus difficile pour Vergranne qu'elle intéresse un site ancien où les étapes de sédimentation ont cessé depuis longtemps et ne se sont pas poursuivies jusqu'à maintenant. L'état actuel du gisement n'est qu'un bilan dégradé depuis longtemps par les effets destructeurs. Les processus proprement génétiques du remplissage sont fortement oblitérés par les phénomènes d'ablation et d'altération. De plus, l'environnement général ayant largement évolué, il est difficile de retrouver la topographie originelle du plateau calcaire et du système karstique, responsable pour une large part du mode de mise en place du remplissage. Cette démarche pourra apparaître dangereuse et ses résultats hypothétiques dans une forte proportion, mais nous considérons comme nécessaire de l'assumer car elle s'appuie sur une série d'observations faites en cours de fouilles et dont elle constitue la synthèse.

Pour résumer cette histoire, nous proposons six étapes chronologiques successives.

Première étape : Remplissage argileux en karst aveugle. Concrétionnement

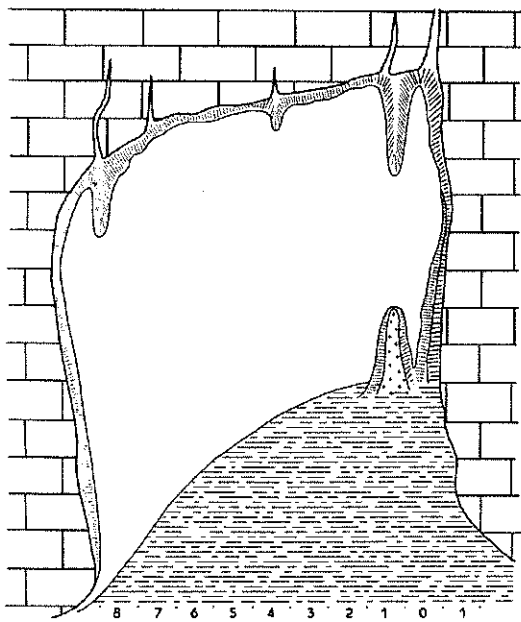
La nature des premiers dépôts prouve qu'ils se sont formés dans un karst " aveugle ", sans relation (du moins au niveau de cette salle du karst) avec l'extérieur. C'est par les multiples fissures du calcaire que ces éléments fins, essentiellement argileux ont comblé partiellement le vide des galeries à partir des sols superficiels, mais aussi et plus probablement à partir des marnes du Lias très proches.

Les abondantes concrétions de paroi (placage sud et pilier stalagmitique) se sont formées au cours de cette période. Le pilier stalagmitique, coïncé dans la zone de rétrécissement au Nord de l'aven est, à notre avis, en place. Il s'est donc formé sur le niveau initial du remplissage argileux. Il lui est donc postérieur et le support argileux s'est disloqué secondairement sous lui.

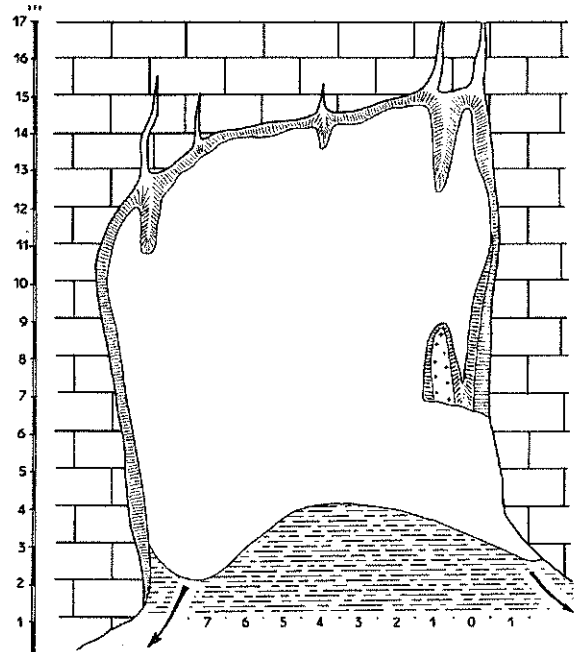
Deuxième étape : Abaissement du réseau et soutirage des argiles

Le remplissage de Vergranne ne peut se comprendre que si l'on fait intervenir une phase de soutirage des sédiments vers le bas par phénomène de " suçoir " karstique. Cette observation n'est pas unique et de nombreux remplissages anciens ont subi cette reprise en partie destructrice. Ce soutirage n'a pu se faire que par l'abaissement du réseau karstique générateur de nouvelles galeries plus basses et communiquant avec les précédentes par des puits plus ou moins verticaux. Ce phénomène de soutirage va agir à plusieurs reprises au cours du remplissage et il semble que, lors de cette première étape, deux suçoirs aient agi simultanément aux deux extrémités sud et nord de l'aven.

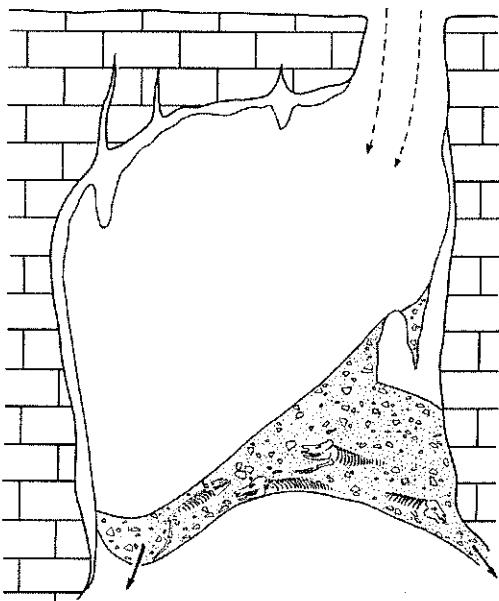
Au cours de ces deux premières étapes, nous n'avons pas à proprement parler un aven puisqu'il n'y a pas communication avec l'extérieur vers le haut. La puissance des calcaires constituant le toit de la salle est difficile à apprécier. Ils sont



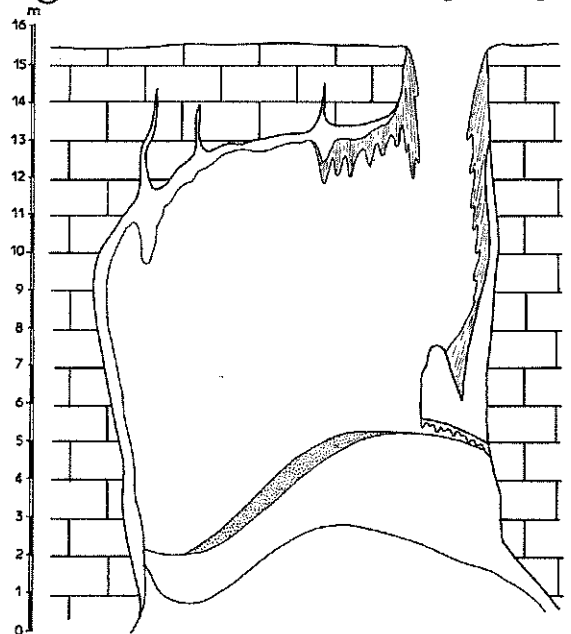
① REMPLISSAGE ARGILEUX EN KARST AVEUGLE - CONCRÉTIONNEMENT



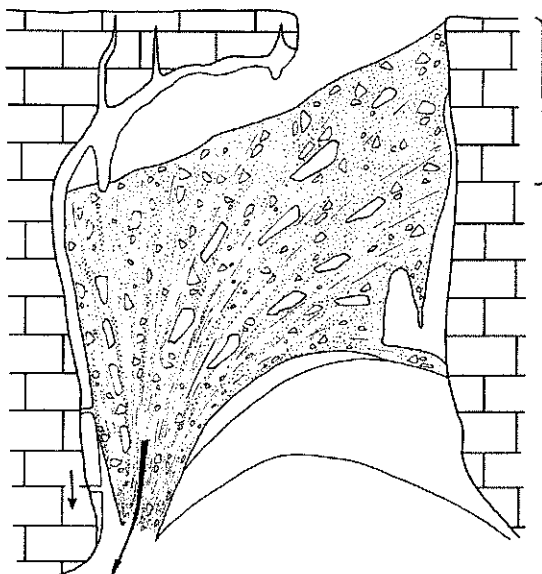
② ABAISSMENT DU RÉSEAU ET SOUTRAGE DES ARGILES



③ OUVERTURE DE L'AVEN. DÉPÔT DE L'ÉBOULIS INFÉRIEUR

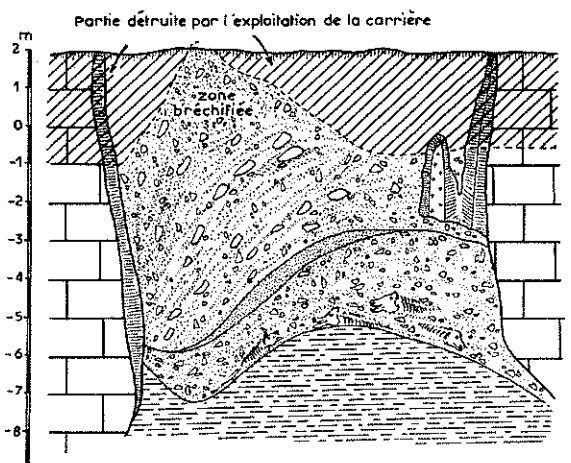


④ DÉPÔT ARGILEUX - CONCRÉTIONNEMENT (OBTURATION?)



⑤ DÉPÔT DE L'ÉBOULIS SUPÉRIEUR ET SOUTRAGE

Ablation par dissolution superficielle



⑥ ETAT ACTUEL

Fig.25 Evolution du site de Vergranne au cours du remplissage

certainement très fissurés et une dépression (doline) marque probablement, à la surface du plateau calcaire, la future zone d'effondrement où s'ouvrira la voûte vers l'extérieur, créant l'aven et déterminant une sédimentation de type " karst ouvert ".

Troisième étape : Ouverture de l'aven - Dépôt de l'éboulis inférieur

Le contenu grossier de l'éboulis inférieur et la présence de squelettes d'animaux aussi massifs que ceux de Rhinoceros nécessitent une large ouverture supérieure de la salle. Le phénomène de soutirage karstique a joué au cours du dépôt comme le montrent l'étirement et la perte de connexions anatomiques des squelettes voisins des parois. En effet, ceux-ci sont très disloqués, partiels, et les éléments osseux très concassés dans les deux extrémités du remplissage. L'inclinaison des éléments calcaires et calcitiques dans ces deux zones confirme ce phénomène. L'intensité respective de ces deux paramètres (état des os et inclinaison des éléments lithiques) montre que le suçoir karstique sud a été beaucoup plus actif que l'autre.

Quatrième étape : Dépôt argileux - concrétionnement

Cette étape est marquée par une stabilisation générale du site, à la fois par la réduction des apports constitutifs et l'arrêt du phénomène de soutirage. C'est pendant cette période que s'effectue le dépôt des argiles jaunes stériles et les concrétionnements de la paroi ouest (visibles seulement en coupe transversale). La nature fine du sédiment traduit l'arrêt momentané des apports grossiers. L'aven cesse d'être un piège à sédiments et à mammifères. Peut-être faut-il envisager une obturation totale ou partielle de l'ouverture supérieure par un bouchon sédimentaire ou calcitique ? Peut-être aussi qu'une modification sensible de la forme et de la disposition de l'ouverture lui a fait perdre son rôle de piège ?

Cinquième étape : Dépôt de l'éboulis supérieur et soutirage

Une reprise de l'activité sédimentaire provoque l'édification de l'éboulis supérieur. La disposition des éléments lithiques montre qu'à l'effet de talus s'ajoute un effet de soutirage intense, seulement visible dans l'extrémité sud de l'aven. Le phénomène de piège est plus actif vis-à-vis des éléments lithiques que des mammifères. De plus, les rares ossements présents dans cet éboulis sont, comme nous l'avons vu, très fragmentés, très détériorés, surtout dans la partie sud où le glissement gravitaire des éléments est le plus intense. Contre la paroi nord les éléments osseux subissent des remaniements destructeurs moins violents (crâne d'ours n° 40 par exemple).

Remarque :

Il est probable que l'ouverture de l'aven ne débouche pas directement sur le plateau calcaire sub-horizontale, mais plutôt par l'intermédiaire d'une doline marquée par une dépression aux bords peu abrupts, sub-circulaire. Il est possible qu'une partie des sédiments lithiques de l'aven ne soient pas des éléments directement détachés des parois, mais qu'ils ont séjourné temporairement dans le fond de la doline. C'est par un phénomène de solifluxion intense que l'éboulis inférieur se serait constitué. Cette hypothèse rendrait compte de l'état des fragments osseux et de la présence de dents isolées (dent humaine entre autre).

C'est à la fin de l'édification que les percolations bréchifient les dépôts supérieurs surtout dans la moitié sud du remplissage. Cette consolidation localisée nous amène à penser qu'une voûte calcaire continue à exister à ce niveau jusqu'à la fin de l'édification de l'éboulis supérieur.

Sixième étape : Jusqu'à l'état actuel

L'exploitation de la carrière qui a permis la découverte du remplissage a détruit les calcaires encaissants sur 3 m d'épaisseur environ. La nature et l'importance du remplissage à ce niveau prouvent que le toit de la voûte surplombait le dépôt. L'inclinaison des dalles calcitiques permet de placer l'ouverture d'alimentation du dépôt à 3 ou 4 m plus haut que le niveau supérieur du remplissage avant la fouille. C'est à nos yeux une valeur minimale. Il faut donc admettre que depuis la fin de la cinquième étape (genèse de l'éboulis supérieur) une tranche de calcaire encaissant (et de remplissage) a disparu. Les estimations d'une telle ablation par dissolution superficielle ont été faites en milieu calcaire. Elles concluent de manière concordante pour une ablation moyenne de l'ordre de 0,1 mm/an, soit 10 mètres pour 100.000 ans. Cet ordre de grandeur excède nos estimations pour Vergranne et il est possible que celles-ci soient en dessous de la réalité. Il n'y a pas lieu, *a fortiori*, de s'étonner d'une telle ablation dans le cas précis de ce gisement.

Lors de l'exploitation de la carrière, le dégagement du calcaire encaissant a provoqué la destruction d'une grande partie du remplissage. Seule la zone sud bréchifiée s'est maintenue. Il est possible d'autre part que des prélèvements partiels aient eu lieu au cours des trente années qui séparèrent la période d'exploitation du calcaire et la découverte du gisement.

B) Données chronologiques et paléoclimatiques

=====

La source unique de données chronologiques nous est fournie par la faune issue du remplissage : *l'essentiel du " fond faunistique " permet d'attribuer le gisement de Vergranne au Pléistocène moyen et plus précisément à une phase finale du complexe mindélien.* Cependant, si aucune dissonance n'intervient en ce qui concerne les données de la microfaune, il n'en est pas de même pour la grande faune : nous avons vu en effet que les pièces ostéologiques de *Dicerorhinus mercki* présentes dans la partie supérieure du remplissage présentent (d'après Cl. GUERIN) des caractères plus évolués que les populations de cette espèce contemporaine du Mindel terminal. *Il est donc possible qu'une période relativement longue sépare le dépôt de l'éboulis inférieur du dépôt de l'éboulis supérieur.* Cette possibilité éventuelle ne repose que sur les données chronologiques relatives aux Rhinoceros. En effet, les Ursidés, cependant présents dans l'ensemble du remplissage, constituent apparemment un groupe homogène sans hiatus chronologique.

Une ambiguïté demeure donc en ce qui concerne la chronologie du remplissage : l'arrêt de sédimentation (quatrième étape évoquée dans le paragraphe précédent) est-il long ou court ? Autrement dit, y a-t-il un large déphasage chronologique entre les dépôts des éboulis inférieurs et supérieurs ? Les données chronologiques concordent pour attribuer un âge Mindélien supérieur à l'éboulis inférieur ; par contre, l'âge de l'éboulis supérieur est moins sûr : la microfaune et l'essentiel de la grande faune plaideraient pour un âge peu différent ; Les Rhinoceros par contre en feraient une formation nettement plus récente du complexe rissien ou même de l'interglaciaire Riss-Würm. La grande homogénéité du remplissage vu sous l'angle sédimentologique nous inclinerait à pencher pour la première hypothèse, bien qu'un arrêt de sédimentation indubitable ait été décelé entre les deux éboulis.

Du point de vue paléoclimatique, l'ensemble de la faune traduit un environnement écologique varié, mais sans influence climatique très typée. Les espèces présentes de la grande faune évoquent un environnement semi-forestier, avec alternance de zones boisées et de zones découvertes. Aucune espèce n'est franchement steppique. La microfaune semble apporter des renseignements paléoclimatiques plus nets (Fig. 23).

Les espèces steppiques ne sont présentes qu'au sommet et à la base du remplissage. Les espèces forestières sont abondantes dans toute la séquence et une *espèce méditerranéenne* apparaît de façon fugace au cours du dépôt de l'éboulis supérieur. Ces différences ne sont pas suffisantes pour définir une évolution sensible de l'environnement climatique au cours du remplissage. Pour les expliquer, il nous apparaît plus logique d'envisager l'environnement naturel de l'aven de Vergranne comme une *juxtaposition de biotopes plus ou moins découverts ou forestiers où toutes les espèces pouvaient cohabiter dans un espace relativement restreint.*

CHAPITRE IV

LES REMPLISSAGES DE
PORCHES DE GROTTES

LA GROTTTE DE LA BAUME
A ECHENOZ LA MELINE
(HAUTE - SAONE)

HISTORIQUE DES RECHERCHES

La Baume d'Echenoz est célèbre depuis le début du siècle dernier. Les fouilles exécutées sous la direction de THIRRIA au mois d'août 1827 avaient révélé l'existence d'une faune quaternaire déterminée par CUVIER et M. de SERRES qui y avaient reconnu : *Ursus spelæus*, *Ursus arctoïdeus* ? *Ursus pitorri* ? *Hyaena* sp., *Felis spelæa* (chat), *Felis leo* (lion), *Cervus*, *Sus* (sanglier), *Elephas*.

De nombreuses fouilles furent entreprises depuis, venant grossir les collections privées ou publiques (Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, Facultés des Sciences de Lyon, de Grenoble, de Dijon, de Besançon, Musées de Gray, Vesoul, Montbéliard) en ossements d'ours des cavernes. Les seuls comptes rendus succincts de ces travaux sont ceux de TRAVELET (1878) et G. CHENET (1909) où les auteurs signalent, outre la faune reconnue antérieurement : le cheval, l'auroch, le rhinocéros et le mammouth. De plus, ils mentionnent, en surface, des restes de poteries, d'ossements calcinés et de foyers. Ces auteurs concluent par l'existence d'un habitat superficiel de l'époque de la Tène. La stratigraphie sommaire relevée, fait apparaître de haut en bas :

- terre humide argileuse contenant cendres, charbon, poterie (dallage local, 0,40 m) ;
- plancher stalagmitique englobant la couche supérieure (0,20 m) ;
- argile à ours avec blocaille roulée (1 m et plus).

En 1909, CHENET estimait à 5 m² le reste de surface de sédiment en place. La recrudescence de fouilles clandestines de grande envergure, lors de ces dernières années, menaçait ce gisement du sort de celui de Fouvent. De plus, lors d'une visite des lieux, fin février 1969, nous constatâmes avec P. PETREQUIN à 80 m de l'entrée, un travail important en vue de désobstruction spéléologique. Une coupe fraîche nous permit de trouver *in situ* un fragment de galet de quartzite taillé.

Une fouille de sauvetage, organisée entre le 15 mai et le 10 juin 1969 permit de confirmer l'existence d'industrie dans les couches à ours par la découverte de deux nouveaux éclats dans les déblais de la désobstruction.

La menace d'épuisement du gisement, la dissémination de la faune, la présence d'industrie lithique, les conseils de J.P. MILLOTTE, Directeur des Antiquités préhistoriques et de N. THEOBALD nous incitèrent à solliciter une autorisation de fouilles.

Afin de mieux mettre en évidence les variations climatiques et leur influence sur les remplissages, nous entreprîmes de 1971 à 1974 (juillet 71, août 72, juillet 73, juillet-août 74) cinq mois de fouilles systématiques dans les sédiments proches du porche, là où les témoignages lithiques et paléontologiques risquaient d'être non seulement les plus variés, mais aussi les plus menacés par les fouilles clandestines.

Une solide équipe d'étudiants et d'amateurs nous apporta un concours fructueux et travailla sérieusement dans des conditions toujours difficiles et parfois dangereuses. La municipalité d'Echenoz-la-Méline, grâce à l'appui efficace de M. RICHARD adjoint au maire, nous prêta les locaux nécessaires à l'intendance d'une vingtaine

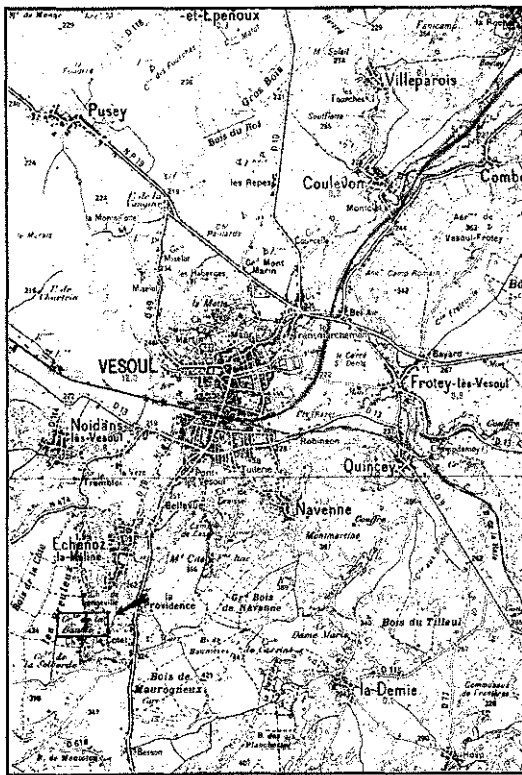
de personnes : la première année, les anciennes écuries du Château d'Echenoz, et les trois années suivantes, le préau de la nouvelle école communale. Le Conseil Supérieur de la Recherche Archéologique renouvela chaque année notre autorisation de fouilles et nous alloua une aide financière (800 F en 71, 72 et 73, 2500 F en 74).

I. - LA GROTTE DE LA BAUME

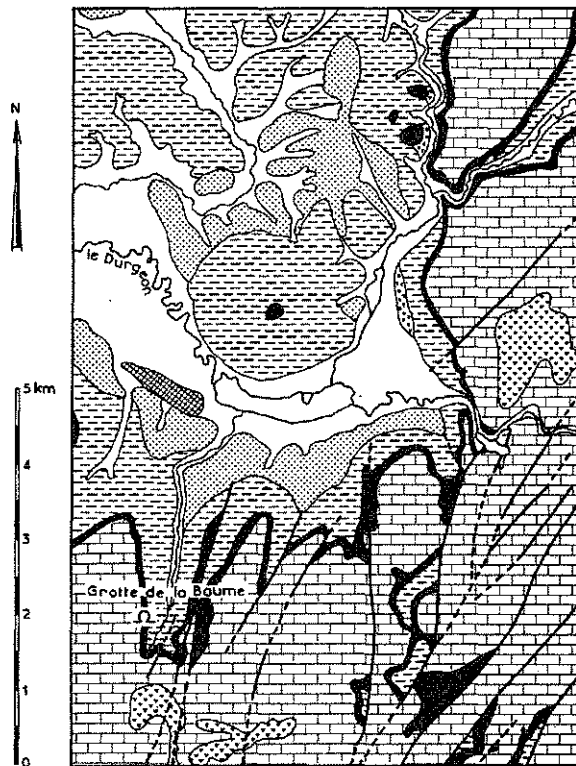
A) Localisation géographique

885,75 × 294,90 × 315 m (Fig. 26)

Au flanc de la reculée d'Echenoz-la-Méline, village situé à 2 km au Sud-Ouest de Vesoul, le porche de la grotte est exposé plein Est. Il domine d'une cinquantaine de mètres le ruisseau de la Fontaine du Diable issu de la Grotte de Solleborde située au fond de la reculée. Le ruisseau rejoint le Durgeon, petit affluent de la rive gauche de la Saône.



Localisation géographique



Cadre géologique

- × Dépôts artificiels
- Fz Alluvions récentes
- E Eboulis
- CE Lehms d'altération et limons de ruissellement
- Rc Argiles à chailles
- L6a-2 Lias marneux
- L6b Aalénien supérieur
- J2-1 Calcaire du Jurassique moyen

Fig. 26 : La Baume d'Echenoz : localisation géographique et cadre géologique.

B) Cadre géologique (Fig. 26 et 27)

Sur le plan régional, la falaise d'Echenoz-la-Méline fait partie de l'extrémité septentrionale des plateaux situés entre l'Ognon et la Saône, plus fréquemment appelés " plateaux de Vesoul ". L'élément caractéristique du relief est la corniche

médio-jurassique dominant les dépressions liasiques. Le plateau est haché de failles subméridiennes dont le rejet s'amortit dans les marnes liasiques.

D'un point de vue stratigraphique, la grotte de la Baume s'ouvre à la base de la falaise bajocienne dans les calcaires à entroques du Bajocien inférieur. Le Bajocien moyen, dit "calcaire à Polypiers", à faciès oolithique, affleure dans le bois des Breuleux dominant la falaise vers l'Ouest.

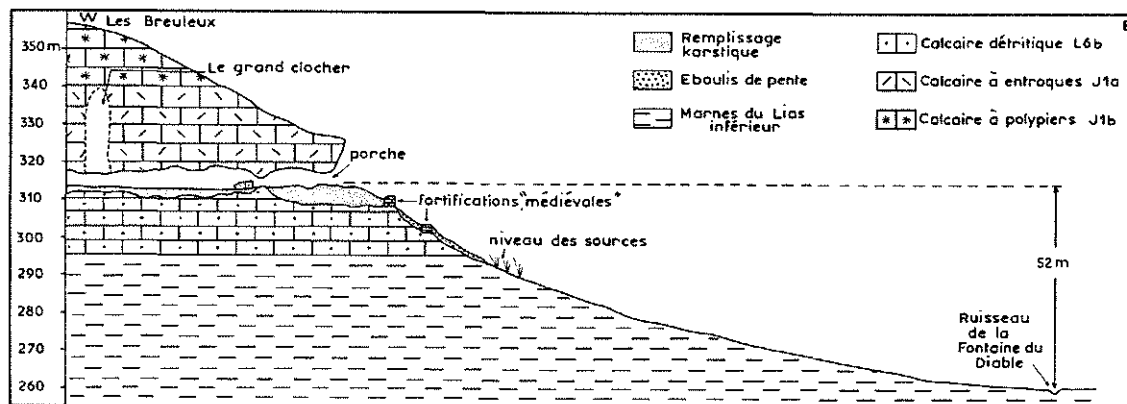


Fig.27 Coupe transversale au niveau du porche de la grotte

Les calcaires de l'Aalénien supérieur sont masqués par les éboulis sur lesquels sont édifiés des empilements de pierre sèche modelant le talus en terrasses discontinues. Ces murs dits "médiévaux" sont plus probablement, tels qu'on peut les voir actuellement, les restes d'aménagements de culture (vigne) relativement récents. Il est possible qu'ils aient été installés sur des vestiges de fortifications, le Trou de la Baume ayant été occupé lors du siège de Vesoul pendant la conquête de la Franche-Comté par les troupes de Louis XIV. Il est possible également qu'une partie du remplissage de la première salle ou "Grange" ait été rejetée vers l'extérieur à cette époque (suggestion et communication orale de A. THEVENIN, originaire d'Echenoz-la-Méline et actuellement Directeur des Antiquités Préhistoriques d'Alsace).

A la base des éboulis, apparaît le niveau des sources signalé par une humidité permanente, marquant sans doute le sommet des marnes du Lias (Aalénien inférieur).

C) Topographie de la grotte (Fig. 28)

Au porche installé actuellement au niveau d'un rétrécissement de la cavité, fait suite une salle de 16 m sur 6 m, haute de 3 m que THIRRIA appelle "la Grange". Celle-ci se rétrécit au niveau d'une chaudière où se trouve la limite actuelle de gélification.

La deuxième salle, longue d'une trentaine de mètres, haute de 6 à 8 m, large de 5 à 10 m, n'est pas exactement dans le prolongement de la Grange.

Ces deux salles se sont creusées à l'emplacement d'une diaclase importante, actuellement obturée de concrétions.

L'orientation de la grotte change brusquement à partir du fond de la deuxième salle et devient NNE-SSW.

. Vers le Sud, un cul-de-sac d'une quinzaine de mètres conserve l'ordre de grandeur de dimension des salles précédentes.

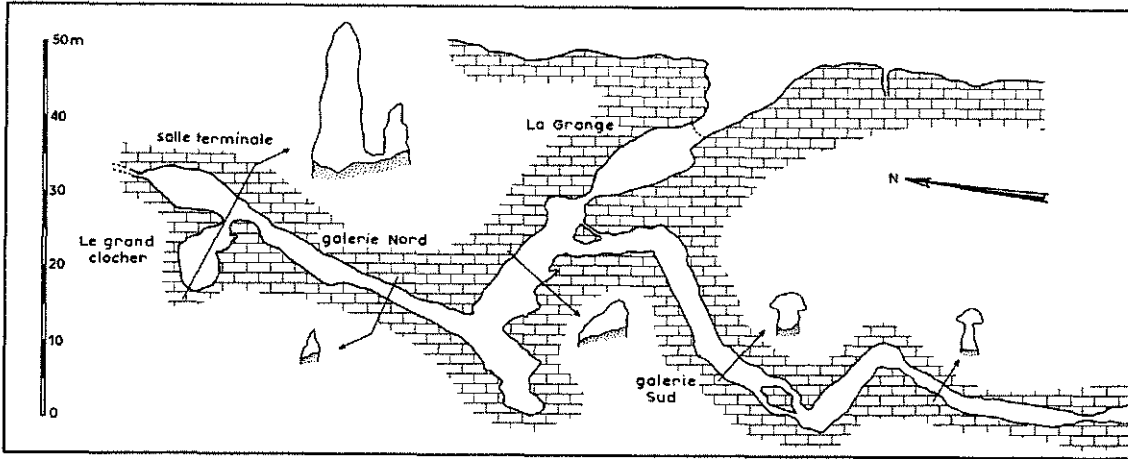


Fig.28 Topographie sommaire de la grotte de la Baume

. Vers le Nord, une galerie conduit à une haute salle terminale (troisième salle) sur les parois de laquelle sont accrochés des témoins bréchifiés.

Cette dernière communique par un orifice bas avec une quatrième salle, subcirculaire, de 5 à 6 m de diamètre, mais très haute (le grand clocher).

De la deuxième salle, part vers le Sud une autre galerie, d'orientation générale NNE-SSW, dont le profil caractéristique en champignon témoigne d'une reprise d'érosion à partir d'une galerie primitive creusée sous conduite forcée. Ses parois sont abondamment recouvertes de calcite et il semble que, par endroits, on puisse discerner des polis d'ours affectant simultanément roche-mère et concrétions. Cette galerie s'ouvre, après un rétrécissement, plus au Sud dans la falaise, près du chalet de Solleborde.

L'axe privilégié NNE-SSW des galeries correspond non seulement à l'orientation générale de la falaise, mais aussi à la direction générale des failles de ce secteur, lesquelles failles relèvent progressivement les différents compartiments vers l'Est.

II. - LES FOUILLES DU GRAND CLOCHER (mai-juin 1969)

Lorsque nous avons entrepris les fouilles du grand clocher, la stratigraphie visible fin février était complètement détruite. Après la pose d'un carroyage fixe, le plus gros travail consista à retrouver les couches en place dont nous étions sûrs de l'existence, puisque vues trois mois auparavant. Un promontoire rocheux limitait le remplissage vers l'Ouest et un premier sondage fut entrepris contre la paroi nord (Fig. 29). Celui-ci ne permit pas de retrouver les couches en place. Un second sondage fut alors tenté en direction de l'entrée, faisant communiquer le grand clocher avec la salle terminale. A notre avis, la paroi "suspendue" entre ces deux salles ne se retrouve pas en profondeur et le remplissage se poursuit sans discontinuité entre les deux (Fig. 30). Les couches en place furent ainsi retrouvées sous 1 m environ de déblais des fouilles anciennes (Fig. 31).

A) Les sédiments

=====

Les couches en place ne sont pas stratifiées, sauf dans la partie tout à fait supérieure où un litage assez net, subhorizontal, est souligné par une forte

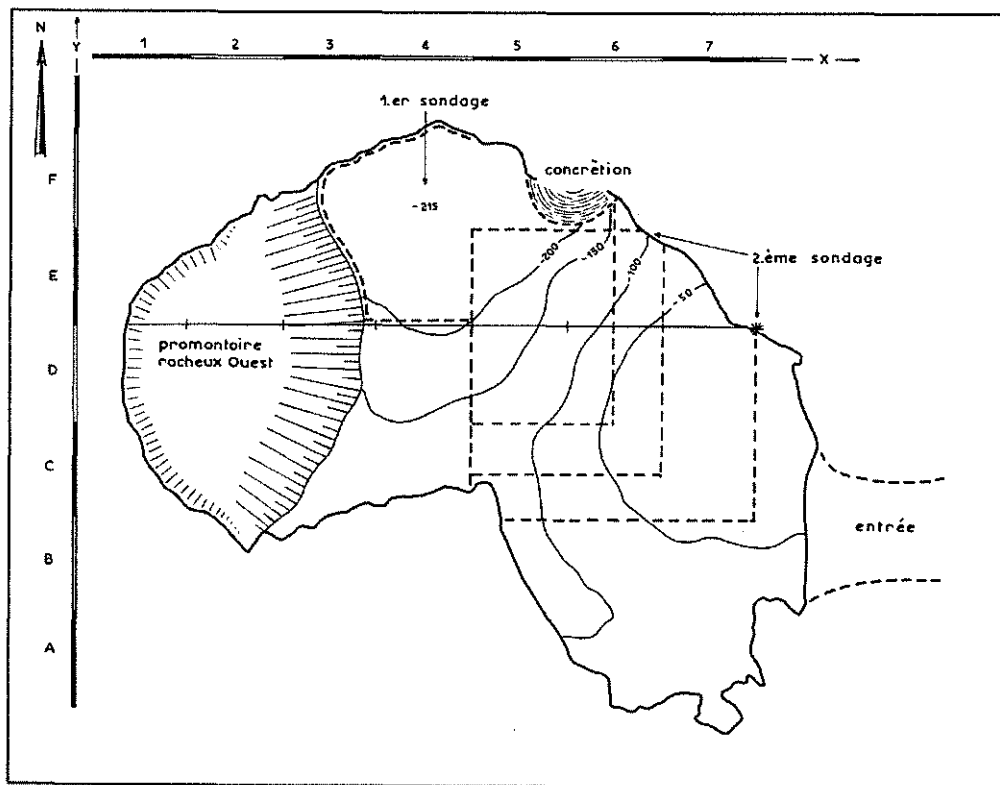


Fig. 29 : La Baume d'Echenoz : plan du Grand Clocher au niveau 0 des fouilles.

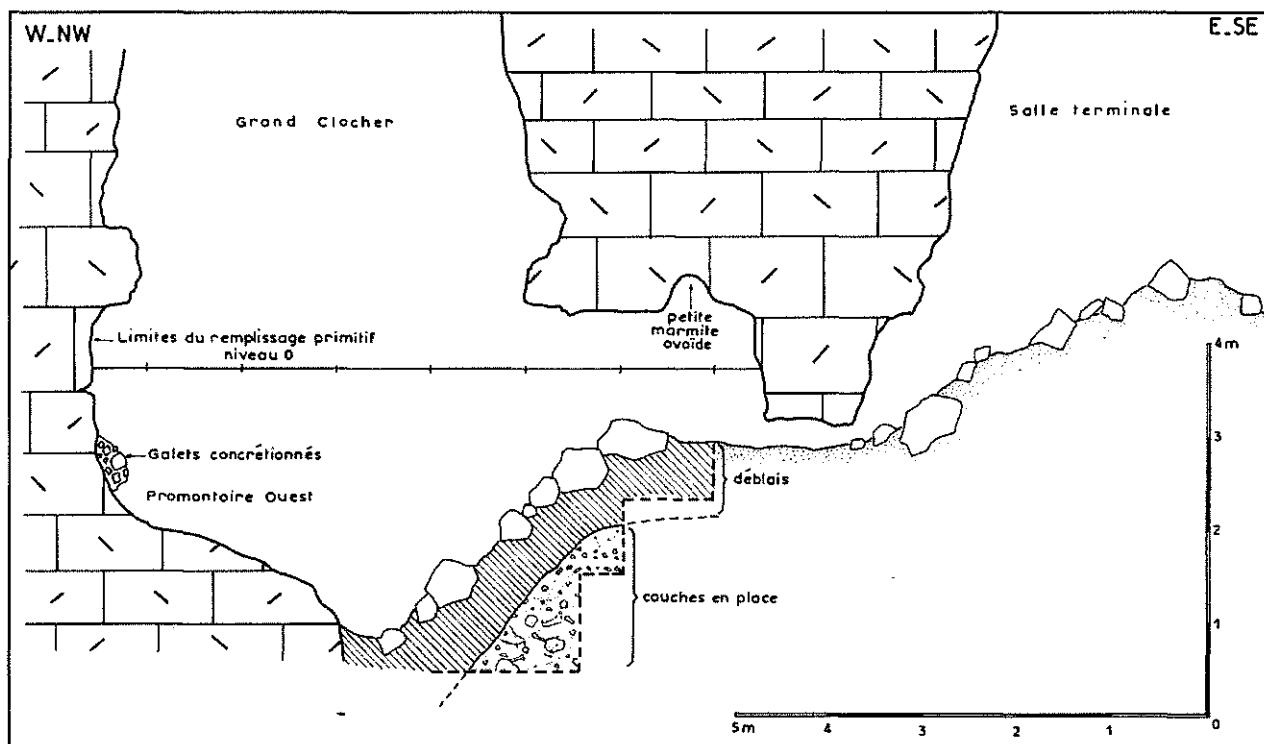


Fig. 30 : La Baume d'Echenoz : coupe longitudinale schématique du remplissage du Grand Clocher.

concentration en petits cailloutis assez anguleux (Fig. 32) surmontant une zone où les os d'ours de taille relativement petite sont particulièrement abondants (métapodes, phalanges, os courts du carpe et du tarse, dents isolées ...). Plus bas,

Grotte de la Baume - Le Grand Clocher

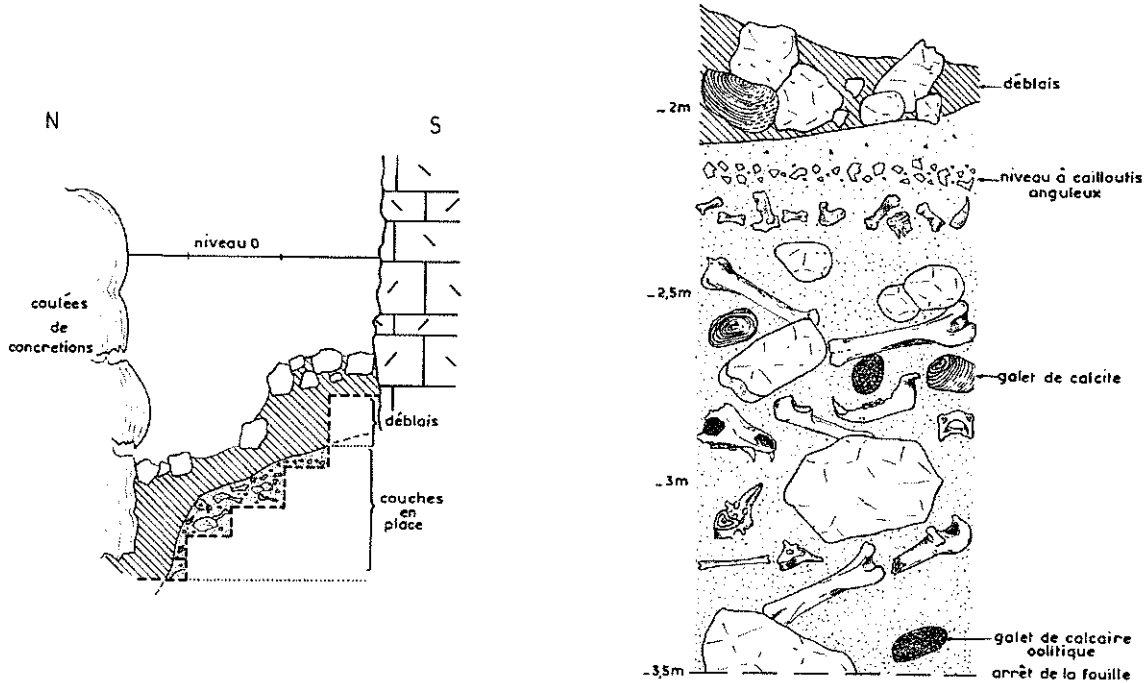


Fig.31 Coupe transversale schématique. Fig.32 Coupe schématique des couches en place.

les sédiments présentent une hétérométrie remarquable : des blocs de calcaire à entroques arrondis et isodiamétriques, auxquels s'ajoutent quelques blocs de calcite, sont noyés dans une matrice argileuse très carbonatée, très aérée malgré une humidité toujours importante. C'est " l'argile à ours " des auteurs, de teinte générale brun-roux, pouvant prendre des variations locales verdâtres. Dans cet ensemble inférieur non stratifié, les éléments osseux sont disposés pêle-mêle, en dehors de toute connexion anatomique. Les os longs sont rarement horizontaux, mais le plus souvent inclinés de 15 à 25°, sans qu'il soit possible pour autant de distinguer un quelconque litage.

Il est assez difficile de se faire une idée du type de mise en place de ces sédiments. La première question qui se pose a trait à l'origine des blocs calcaires. Pétrographiquement, 90 % d'entre eux sont des calcaires à entroques, donc de même nature que la roche encaissante. Par contre, les 10 % complémentaires sont constitués de calcaires oolithiques gris dont le faciès rappelle les calcaires à polypiers du Bajocien moyen et quelques blocs de calcite. Aucune caractéristique de taille ou d'éroulé ne différencie ces derniers de la majorité des blocs. Nous penchons pour l'allochtonie de ces blocs issus directement des parois environnantes (les faciès oolithiques pouvant affleurer dans la partie haute du grand clocher). En effet, les formes de corrosion des parois montrent manifestement une usure importante au niveau des nombreuses diaclases et joints de stratification. Ce réseau de fissures est le siège d'une importante dissolution. Le processus de genèse de ces blocs doit être sensiblement comparable à la formation en boue des granites.

P. LEQUATRE signale dans la Grotte de Preletang (Isère) des " couches à cailloutis, plus ou moins gros, plus ou moins abondants et plus ou moins altérés, mais toujours arrondis ".

Je pense comme cet auteur, et à la suite de E. SCHMID (1958), qu'il faut attribuer une autre explication que le gel à la formation de ces cailloutis.

" L'eau pénétrant avec abondance par les fentes et les fissures de la roche, en dissout le calcaire, et entraîne l'argile et le sable qu'elle contient toujours. Les blocs entourés de fissures finissent par se libérer et par tomber ".

Contre la paroi ouest, les limites du remplissage primitif du grand clocher sont encore visibles, et localement, des placages de galets concrétionnés attestent de ce remplissage. Contre la paroi nord, un placage de calcite antérieur au dépôt tapisse le calcaire encaissant sur une épaisseur de 10 à 15 cm (Fig. 30).

B) La faune

=====

Constituée uniquement d'ossements d'*Ursus spelaeus*, la faune présente des caractères de fossilisation très différents de ceux du porche : les os sont beaucoup mieux conservés, souvent complets, mais les connexions anatomiques sont rares.

C) L'industrie lithique (Fig. 33)

=====

Un élément lithique a été trouvé dans les couches en place en février 1969 (O-C13). Deux autres furent retrouvés dans les déblais lors de la fouille de sauvetage :

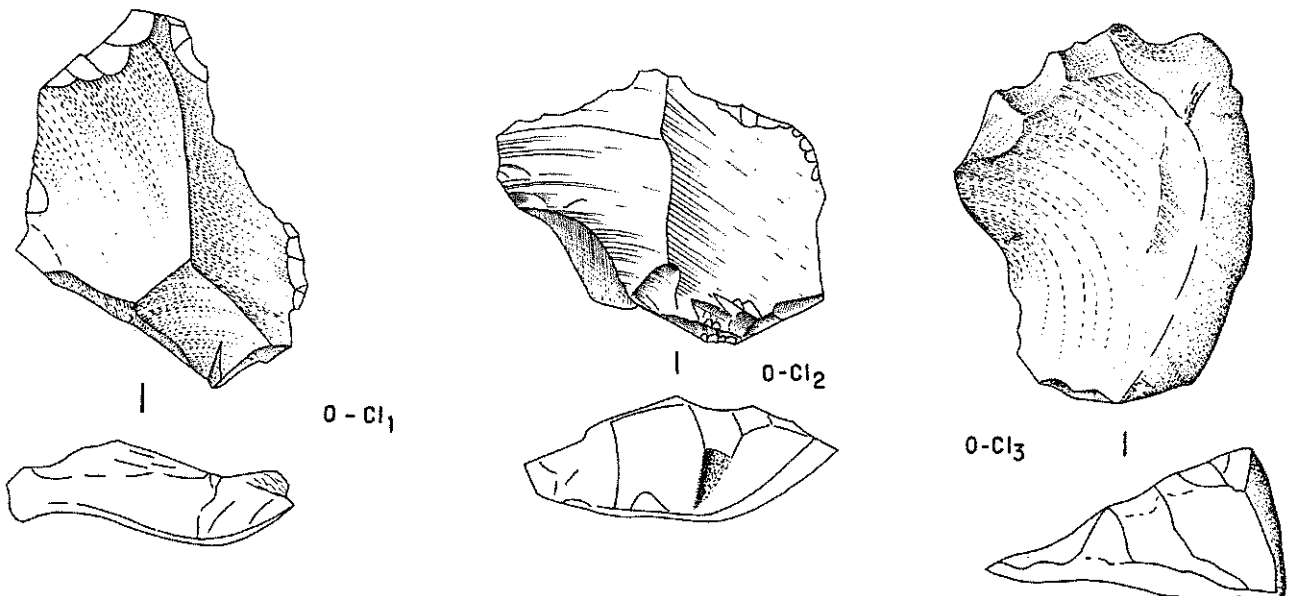


Fig. 33 : La Baume d'Echenoz : l'industrie lithique du Grand Clocher.

O C11 : Eclat levallois en quartzite à grain fin à talon facetté.

O C12 : Pointe pseudo-levallois en chaille.

O C13 : Denticulé distal sur éclat de quartzite à grain grossier issu d'un galet.

Ce matériel sans contexte stratigraphique assuré montre, s'il n'a pas été charrié, une occupation profonde de la grotte. On connaît dans les cavités profondes du domaine jurassien et alpin notamment, d'autres cas analogues.

III. - LES FOUILLES DU PORCHE ET LE SONDAGE DE LA GRANGE

Il était nécessaire, en vue d'une première approche de l'étude, de sonder là où le remplissage était en mesure de nous donner le plus de renseignements paléoclimatiques. Les zones plus profondes de la grotte, bien que plus riches en faune d'ailleurs mieux conservée, ont vraisemblablement moins ressenti les phénomènes d'ordre climatique, style gélifraction.

Deux zones de fouilles principales ont été commencées : l'une au niveau du porche à l'aplomb de celui-ci et se poursuivant vers l'extérieur (sur une surface de 30 m² environ), l'autre à l'intérieur de la Grange, contre la paroi nord-est, sur une surface de 15 m² environ. Les travaux de 1971-72-73 et 74 permirent de nous faire une idée complète de la stratigraphie au niveau de ces deux zones de fouilles. Par la suite, en juillet 73, un sondage fut entrepris après la châtière (sondage 3) en direction de la galerie sud (Fig. 34). Sous un niveau protohistorique dont les résultats de fouilles seront publiés ultérieurement, le plancher rocheux, très déchiqueté, apparut bien vite sous une couche de sédiments non stratifiés, très irrégulière (15 à 35 cm), mais riche en vestiges paléontologiques. Ce sondage confirma le fait que les processus de gélifraction générateurs de niveaux différenciés et stratifiés cessent vers l'intérieur au niveau de la châtière. Seuls, le Porche et la Grange sont susceptibles de posséder un remplissage à couches individualisées rendant compte des variations climatiques externes. Plus en profondeur, le remplissage, dans un environnement tamponné, n'a pas enregistré valablement ces variations climatiques.

A) Déroulement et progression de la fouille

=====

. Mai - Juin 1969 : fouilles du Grand Clocher
. Juillet 1971

* Sondage du porche

Notre objectif fut, à ce niveau, de préserver une coupe stratigraphique longitudinale. Selon cette idée, nous ne fouillâmes que la zone nord-est du porche (carrés H, I, J de 10 à 17 inclus), c'est-à-dire une surface de 24 m² et nous pûmes atteindre le premier niveau archéologique (couche II) en fin de fouille. La présence d'industrie lithique moustérienne était confirmée.

* Sondage de la Grange

Entrepris sur une zone particulièrement perturbée par les fouilles clandestines, ce sondage avait pour objectif de tenter de raccorder les couches stratigraphiques du porche avec celles des fouilles intérieures (grand clocher). Au cours de cette saison, nous atteignîmes la cote - 1,60 m, après avoir traversé deux planchers bréchifiés et sans qu'une stratigraphie cohérente pût être relevée. C'est lors de ces travaux que nous constatâmes qu'une bréchification peut s'engendrer très rapidement : des fragments de verre datant au maximum du Moyen Age ont été retrouvés pris en brèche contre la paroi nord-est dans une zone particulièrement humide.

. Juillet - Août 1972

Continuation des sondages du porche, surtout au niveau de la zone extérieure (carrés 10, 11 et 12) où la cote - 4 m fut atteinte en fin de fouille. Au niveau des carrés 16 et 17, la fouille ne toucha pas la couche II, tandis qu'entre ces deux zones, nous descendîmes jusqu'aux couches IVa - IVb, c'est-à-dire au voisinage des cotes - 3 m.

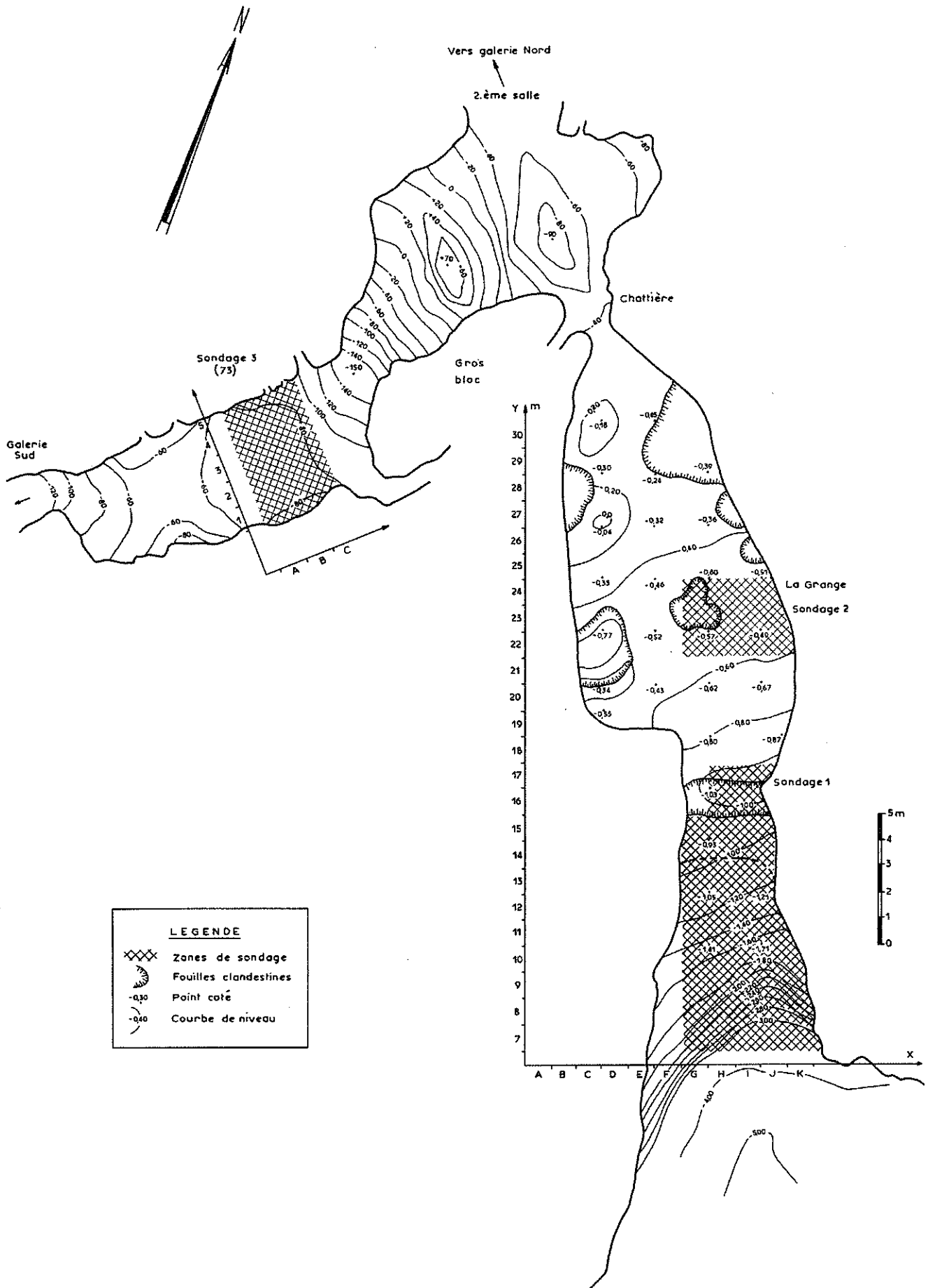


Fig. 34 Grotte de la Baume
Niveau du sol avant les fouilles et emplacement des sondages.

Dans le sondage intérieur, la couche II fut fouillée et sa corrélation avec la couche II extérieure fut établie.

. Juillet 1973

* Sondage du porche

Vu la fragilité du témoin stratigraphique préservé contre la paroi sud-ouest, il fut décidé, avec l'accord de Monsieur le Professeur MILLOTTE, Directeur des Antiquités Préhistoriques, de fouiller ce témoin, c'est-à-dire de faire passer la surface de décapage de 24 m² à 30 m², ce qui permit une vérification et une confirmation des observations stratigraphiques précédentes.

* Sondage de la Grange

Il fut, lui aussi, agrandi (carrés G, H, I, J, K, au niveau des coordonnées 22, 23, 24), ce qui l'amenait à une surface de décapage de 13 à 14 m², celle-ci se rétrécissant vers le bas, vu l'impossibilité de maintenir des coupes stratigraphiques verticales.

* Enfin, c'est en 1973 que fut ouvert le sondage 3 (après la chaudière) dont nous avons déjà évoqué la stratigraphie.

. Juillet 1974

* Sondage du porche

La fouille consista essentiellement à la reconnaissance de la couche VIII (VIIIa et VIIIb) sur toute la largeur du porche et au niveau des carrés 11 à 15 compris. Un puits vertical de 2 m fut creusé dans les couches argileuses stériles (couche IX) au niveau du carré 12. Ce puits n'atteint pas le rocher en place, mais permit de reconnaître l'exiguïté de la cavité se présentant sous forme d'un canyon méandrique.

* Sondage de la Grange

Il se poursuivit jusqu'à l'identification des couches stériles mises en évidence à l'extérieur.

B) La stratigraphie (Fig. 35, 36 et 37)

=====

1) Sondage du porche

→ Couche I : 0,80 à 0,90 m

- Niveau Ia : 0,20 - 0,25 m

. Blocaille calcaire, à éléments émoussés de grosseur très variable, comprenant des blocs de calcaire à entroques parfois très altérés, présence de billes de limonite.

. Une matrice ocre-jaune (C.64), assez " aérée ", légère, peu tassée.

- Niveau Ib : 0,10 - 0,15 m

. Cailloutis fait d'éléments dont le diamètre ne dépasse pas 2 à 3 cm.

. Matrice ocre-jaune (C.63), plus tassée que la précédente.

- Niveau Ic : 0,20 - 0,25 m

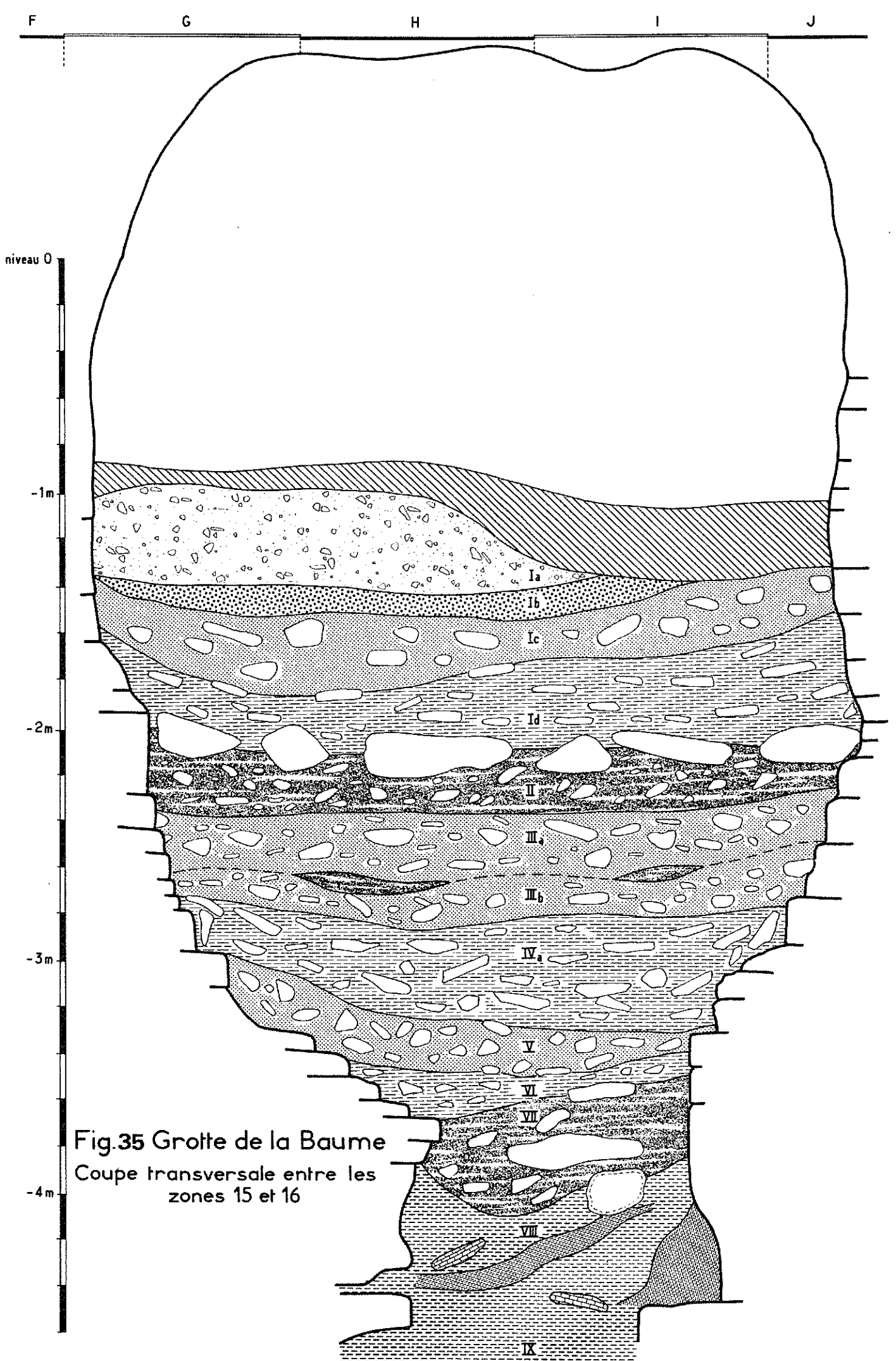
. Blocaille calcaire lâche à éléments plus uniformes que Ia, et plus anguleux.

. Matrice brune (D.63), présentant une assez grande richesse en os.

- Niveau Id : 0,30 - 0,35 m

. Plaquettes calcaires à angles très vifs, peu altérées.

. Matrice jaune-beige (B.61), aérée et légère.



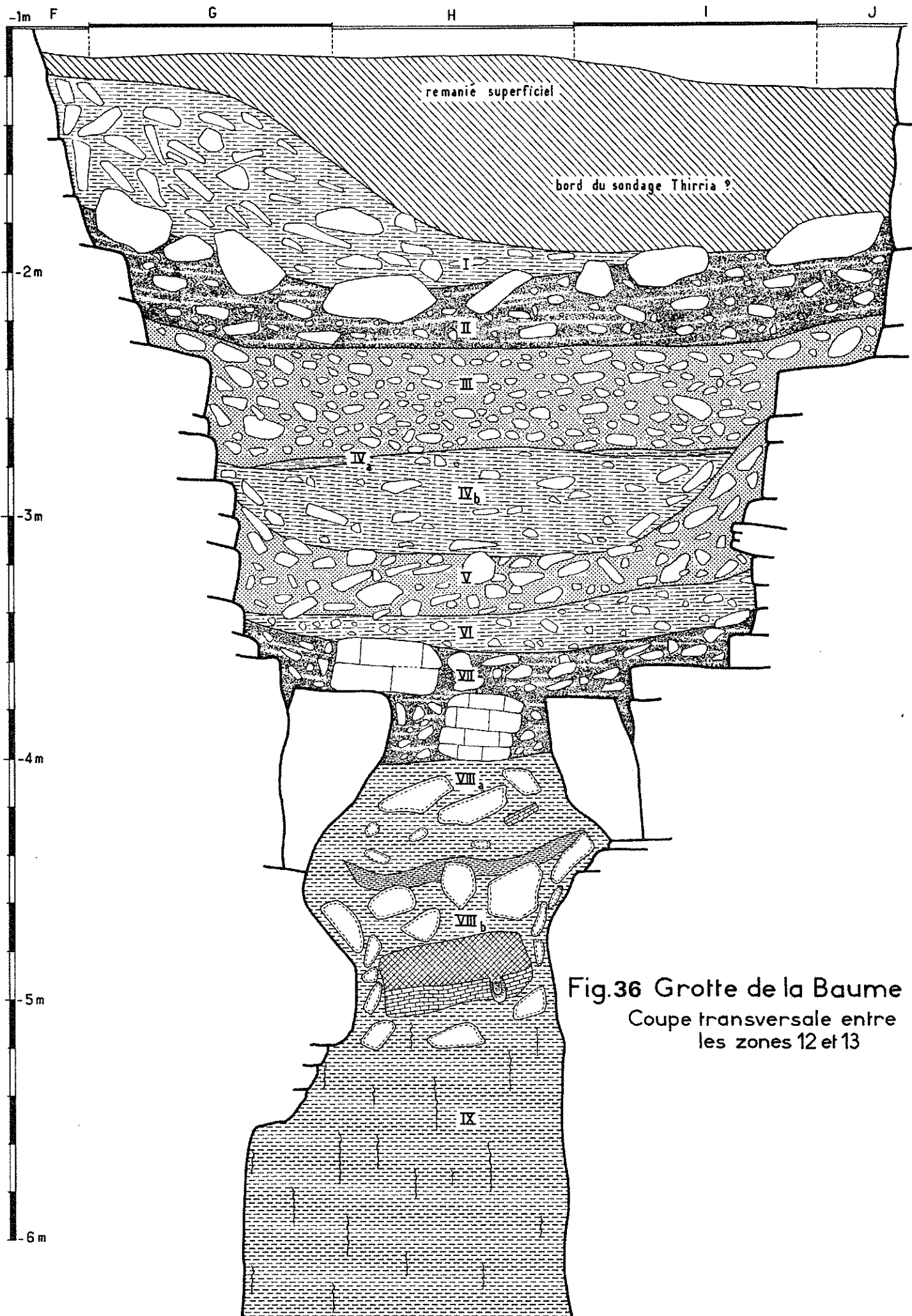


Fig.36 Grotte de la Baume
 Coupe transversale entre
 les zones 12 et 13

→ Couche II : 0,20 - 0,25 m

- . Éléments calcaires très hétérogènes allant du bloc à la plaquette, tous de dimensions inférieures à 15 cm et très corrodés.
- . Matrice d'un brun foncé (F.52) franc, très meuble, aérée (présence de " vides "), granuleuse.

→ Couche III

- Niveau a : 0,25 - 0,30 m

- . Plaquettes calcaires ne dépassant pas 10 cm, aux angles émoussés, moyennement altérées, dont le pendage s'accroît près de la paroi.
- . Matrice argileuse homogène brune (D.64).

- Niveau b : 0,15 - 0,20 m

- . Éléments calcaires moins réguliers, présence de polyèdres, de plaquettes, fortement colorés " rouille " à la suite, semble-t-il, d'un dépôt ferrugineux lessivé dans les couches supérieures.
- . Matrice brun-rouge (E.56), avec des inclusions franchement rousses formant des agrégats.
- . Restes osseux plus complets.

→ Couche IV

- Niveau a : lenticulaire au niveau des carrés 12 et 13, régulier et puissant vers l'intérieur de la grotte (0,30 - 0,40 m).

- . Éléments calcaires plus rares, plus irréguliers en taille et en forme.
- . Matrice argileuse brun-jaune (E.58), grumeleuse.

- Niveau b : puissant vers l'extérieur du porche (0,70 m), se terminant en biseau au niveau des carrés 14.

- . Éléments calcaires en plaquettes aux angles vifs et aux surfaces rugueuses.
- . Matrice argileuse gris-brun (E. 61), très grasse.

→ Couche V : 0,30 - 0,40 m

- . Blocs calcaires et plaquettes nombreuses, dont le pendage augmente au contact de la paroi (C.66).
- . Matrice argileuse brun-jaune, grumeleuse.

→ Couche VI : 0,25 - 0,30 m

- . Blocaille désordonnée sans passage net, très hétérométrique et hétéromorphe.
- . Argile compacte, assez grasse, brun-rouge (D.63).

→ Couche VII : 0,20 m

- . Éléments calcaires plus petits avec nombreux granules de l'ordre du centimètre. Présence isolée de trois gros blocs rocheux allongés (B1, B2, B3).
- . Matrice argileuse brune (D.62), grumeleuse, très aérée.

→ Couche VIII : 0,50 m

- Niveau a

- . Blocs calcaires à grande variabilité de dimensions maximales. Présence de quelques plaquettes de revêtement calcitique.
- . Argile jaune-rouge (D.38), très tassée, ténue, collante et compacte.

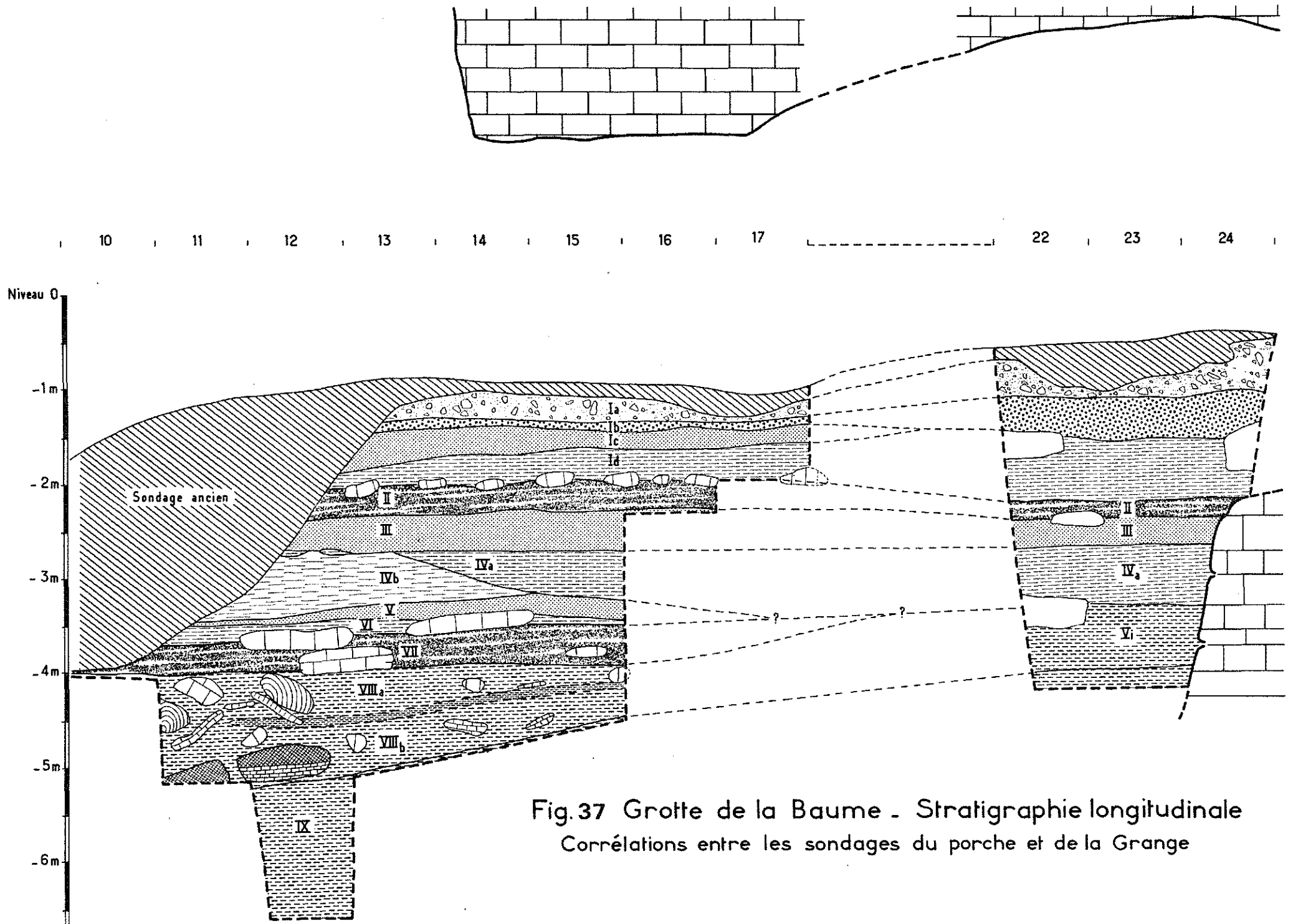


Fig.37 Grotte de la Baume - Stratigraphie longitudinale
Corrélations entre les sondages du porche et de la Grange

- Niveau b : séparé du précédent par un niveau constant riche en granules de manganèse.
 - . Très gros blocs calcaires et stalagmitiques.
 - . Argile, cf. niveau supérieur.

→ Couche IX : 1,5 m

Argile fendillée jaune-rouge (D.38), stérile, avec placage manganésifère dans les craquelures.

2) Le sondage intérieur

→ Couche I : (Total : 1,20 m à 1,40 m)

- Niveau Ia : 0,30 - 0,40 m

- . Blocaille calcaire à éléments émoussés hétérométriques.
- . Matrice argileuse abondante, ocre-jaune (C.63), souvent bréchifiée.

- Niveau Ib : 0,30 - 0,40 m

- . Cailloutis réguliers ("pseudo-galets") à éléments émoussés et de diamètre inférieur à 5 cm.
- . Matrice argileuse réduite, grumeleuse, ocre-jaune (C.63).

- Niveau Id : 0,60 m

- . Plaquettes calcaires à angle vif, peu altérées. Quelques gros blocs épars.
- . Matrice argileuse beige (B.61), humide et plastique.

→ Couche II : 0,15 à 0,20 m

- . Éléments calcaires hétérométriques aussi bien en ce qui concerne la taille que le degré d'altération.
- . Matrice argileuse brun-foncé franc (F.52), meuble et aérée.

→ Couche III : 0,30 m

- . Plaquettes calcaires, émoussées, moyennement altérées.
- . Matrice argileuse brune (D.63), aérée.

→ Couche IVa : 0,80 m

- . Éléments calcaires peu altérés, souvent en plaquettes.
- . Matrice argileuse brun-jaune (E.58), grumeleuse, mais tassée.

→ Couche Ii : 0,70 m

- . Éléments calcaires émoussés et roulés, concrétionnés de manganèse sur toutes leurs faces. Présence de nombreux fragments de calcite roulés.
- . Matrice argileuse jaune-grisâtre, indurée localement.

→ Couche VII : Argile jaune-rouge compacte, de même faciès que la couche IX du sondage extérieur, à laquelle nous l'avons assimilée.

C) Raccord stratigraphique entre sondage du porche et sondage de la Grange

(Fig. 37)

1) Corrélations entre les deux coupes transversales relevées lors de la fouille du porche : limite des carrés 12 et 13 vers l'extérieur et carrés 15 et 16 vers l'intérieur

La couche I n'est représentée vers l'extérieur que par son niveau inférieur Id. L'absence des trois niveaux supérieurs (Ia, Ib et Ic) est probablement due aux remaniements superficiels et en particulier au vaste sondage ancien qui se développe profondément vers l'avant et que nous avons attribué aux fouilles anciennes de THIRRIA.

La couche II est parfaitement régulière de part et d'autre du sondage. On peut remarquer les deux éléments constants qui la matérialisent : d'une part son épaisseur régulière et d'autre part, le niveau de blocs qui la couvre.

La couche IIIa est également présente partout sans variation sensible de faciès (hormis ses deux niveaux différenciés IIIa et IIIb). Son horizontalité est presque parfaite.

L'ensemble des couches IV est plus complexe. A la base de la couche IIIb, des niveaux lenticulaires argileux brun-rouge clair, attestent d'une phase de décapage dont ils constitueraient les reliquats. Vers l'avant, le faciès IVb devient important : il semble tronqué à ce niveau par le faciès IVb qui paraît reposer en discordance sur lui. Ce dernier faciès s'épaissit sensiblement au niveau du carré 15, pour atteindre une puissance de 50 cm à la limite des carrés 15 et 16.

Les couches V, VI et VII représentent les faciès différents d'un même ensemble lithostratigraphique cohérent marqué par une relative abondance de dalles calcaires.

L'ensemble VIII, puissant vers l'extérieur (1,20 m) s'amincit vers l'intérieur et se réduit à 0,70 m à la limite des carrés 15 et 16.

2) Corrélations entre le porche et le sondage intérieur

La couche I devient très puissante (1,40 à 1,50 m) vers l'intérieur. Son développement est la conséquence de l'extension des niveaux Ia (0,40 m), Ib (0,40 m) et surtout Id (0,60 m). Par contre, le faciès Ic disparaît entre les deux sondages.

La couche II est moins épaisse et sa base se trouve dans le sondage intérieur, à une vingtaine de centimètres plus bas qu'à l'extérieur. Même problème pour la couche III qui est également réduite par rapport à l'extérieur.

Dans l'ensemble IV, seule la couche IVa est représentée, comme nous le laissent supposer les observations dans le porche.

Tout l'ensemble des couches V, VI et VII paraît manquer à l'intérieur tandis que l'ensemble VIII trouve son équivalent stratigraphique dans la couche VI.

Le sommet des argiles stériles est 1,50 m plus haut qu'au niveau des carrés 12 et 13, et le toit de cette couche remonte progressivement vers l'intérieur sans qu'on puisse préciser s'il s'agit d'une limite de dépôt ou d'une limite d'ablation.

IV. - ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DU REMPLISSAGE

Le remplissage de la Grotte de la Baume a fait l'objet d'une étude particulièrement poussée : sur le terrain, au cours des fouilles, et au laboratoire. La possibilité de vérifier, au cours des quatre années de fouille, les données de la sédimentologie fut aisée par le fait que le gisement était en cours de fouille. Ainsi, chaque variation locale de faciès a pu être prise en compte.

Trois zones d'échantillonnage ont été choisies à la Grotte de la Baume : deux dans la fouille du porche (zone des carrés 11, 12, 13 et zone des carrés 14, 15, 16) et une au niveau du sondage intérieur (zone des carrés 22, 23, 24). Nous présentons les résultats des différentes analyses sous forme d'une étude comparée des trois grandes zones de prélèvement, ce qui permettra de suivre l'évolution des caractères du remplissage de l'extérieur vers l'intérieur de la grotte.

A) Etude des fractions grossières

=====

Les trois diagrammes stratigraphiques présentés côte à côte (Fig. 38, 39 et 40) font entrevoir des différences : le diagramme de gauche (carré 13) traduit l'absence de la couche IVa, celle-ci n'existant pas dans cette zone de prélèvement. De même en ce qui concerne la couche IVb dans le diagramme central, dans lequel également la couche IX n'est présente que par un seul échantillon (32b). Le diagramme de droite (sondage intérieur) présente une lacune complète des couches V, VI et VII, comme nous l'avions signalé lors de l'étude stratigraphique, ainsi que seulement deux échantillons (32c, 33c) pour la couche stérile de base, celle-ci n'ayant été reconnue que sur 20 cm de profondeur.

1) La granulométrie globale (Fig. 38)

Elle fait apparaître la prédominance générale de la fraction grossière (100 mm à 10 mm) dans les couches I à VII comprises.

a) Prélèvements de l'extérieur du porche (carré 13)

* Couches I à VII

La dominance de la fraction grossière est flagrante. La valeur de celle-ci oscille entre 65 % (couche IVb, éch. 19a) et 92 % (couche Id, éch. 7a). Quatre maximums du pourcentage de cette fraction sont visibles au niveau des ensembles Id (éch. 6a à 9a), III (éch. 13a à 15a), V (éch. 21a et 22a) et VII (éch. 24a à 26a). La valeur de ces maximums croît schématiquement vers le haut de la coupe.

La fraction moyenne (10 mm à 2 mm) est faiblement représentée. La valeur du pourcentage oscille entre 2 (couche V, éch. 21a) et 12 (couche Ib, éch. 3a), la valeur moyenne se situant aux environs de 7. Il est remarquable de constater que le pourcentage de cette fraction moyenne n'est absolument pas proportionnel au pourcentage de la fraction grossière : ils varient tous deux de manière totalement indépendante.

La fraction fine (inférieure à 2 mm) varie au contraire de manière inversement proportionnelle à la fraction grossière. Les valeurs du pourcentage varient entre 2 (couche Id, éch. 6a) et 30 (couche IVb, éch. 19a).

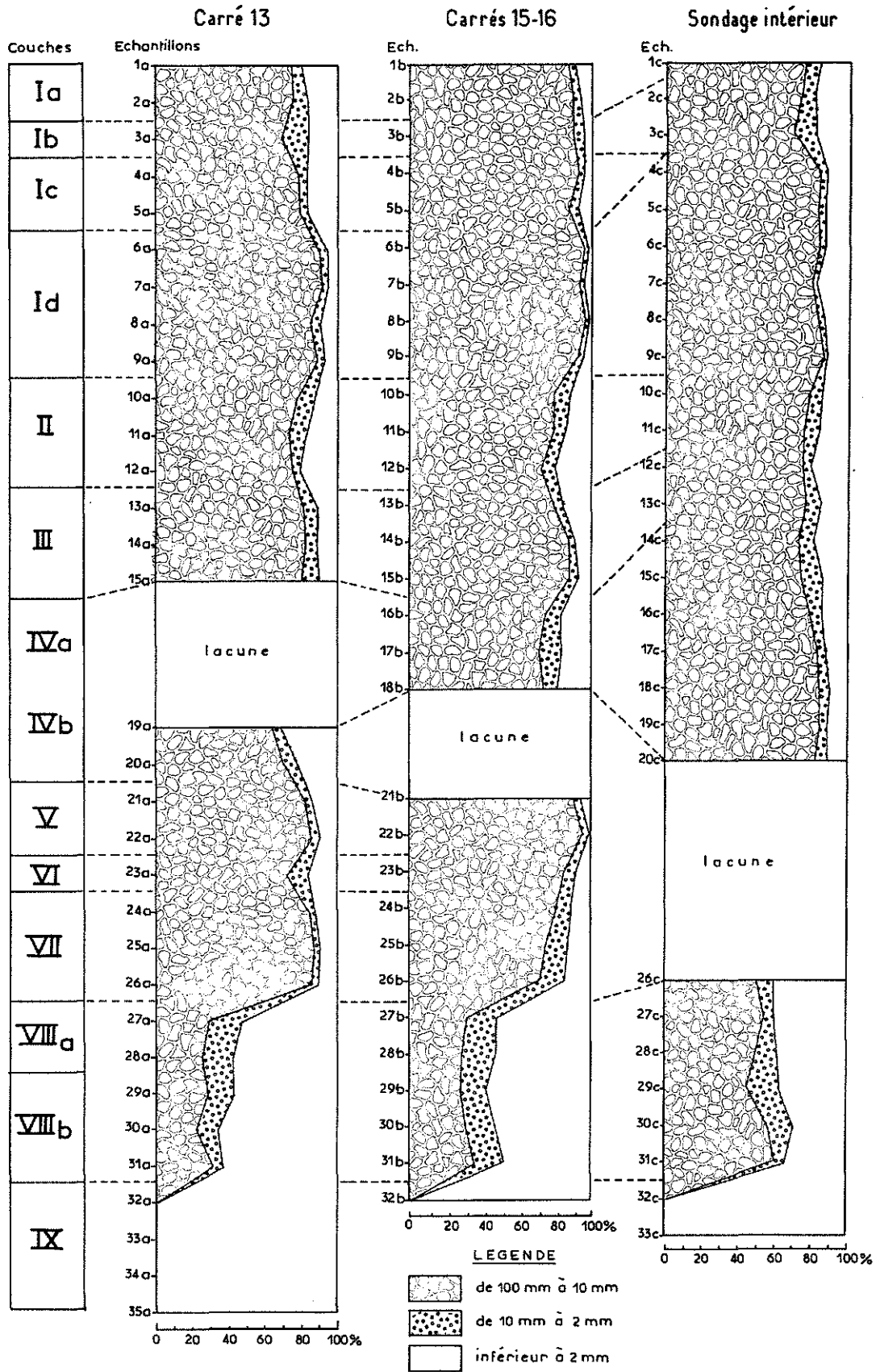


Fig:38 La Grotte de la Baume : Granulométrie globale comparée (blocs non compris) des trois colonnes stratigraphiques

* Couches VIII et IX

Les valeurs respectives du pourcentage des fractions grossières et fines s'inversent à ce niveau. Les premières s'affaiblissant aux environs de 25 au profit des secondes qui atteignent 60 et plus au niveau des couches VIIIa et VIIIb, pour devenir exclusives au niveau de la couche IX.

Les valeurs du pourcentage des fractions moyennes sont légèrement supérieures à celles des couches précédentes puisqu'elles atteignent 20 % environ dans les échantillons 27a à 29a, pour diminuer progressivement vers le bas jusqu'à s'annuler au niveau de la couche IX.

b) Prélèvements intérieurs du porche (carrés 15 et 16)

Les remarques formulées précédemment sont valables à quelques variantes près :

- La dominance des fractions grossières constatée au niveau de la couche Id s'étend à toute la couche I.

- La valeur du pourcentage des fractions grossières de la couche V devient très dominante (éch. 22b) puisqu'elle dépasse 95, alors que la fraction fine n'est présente que par 1 % de l'ensemble.

- La couche VII, par contre, voit la valeur du pourcentage des fractions moyennes s'accroître aux environs de 15 au détriment des fractions grossières.

c) Prélèvements au niveau du sondage intérieur (carré 23)

* Couches I à IV

On peut constater une grande monotonie des valeurs respectives du pourcentage des différentes fractions granulométriques.

Les fractions grossières représentent de 70 % à 85 % de l'ensemble, avec deux maximums peu prononcés au niveau des couches Ic, Id et IV.

Les fractions moyennes représentent de 2 % à 12 % de l'ensemble.

Les fractions fines représentent 10 % à 20 % de l'ensemble.

* Couches VIII et IX

La fraction grossière est plus importante que dans les sondages du porche puisqu'elle atteint des valeurs voisines ou supérieures à 50 % de l'ensemble. La fraction fine est cependant toujours importante et devient exclusive au niveau de la couche IX (éch. 32c et 33c).

Conclusion sur la granulométrie globale

- Caractères du sédiment

L'aspect de blocaille calcaire à matrice argileuse est confirmé et les pourcentages respectifs des trois fractions granulométriques varient peu de bas en haut, mais de manière cohérente latéralement, confirmant les distinctions stratigraphiques faites au cours de la fouille.

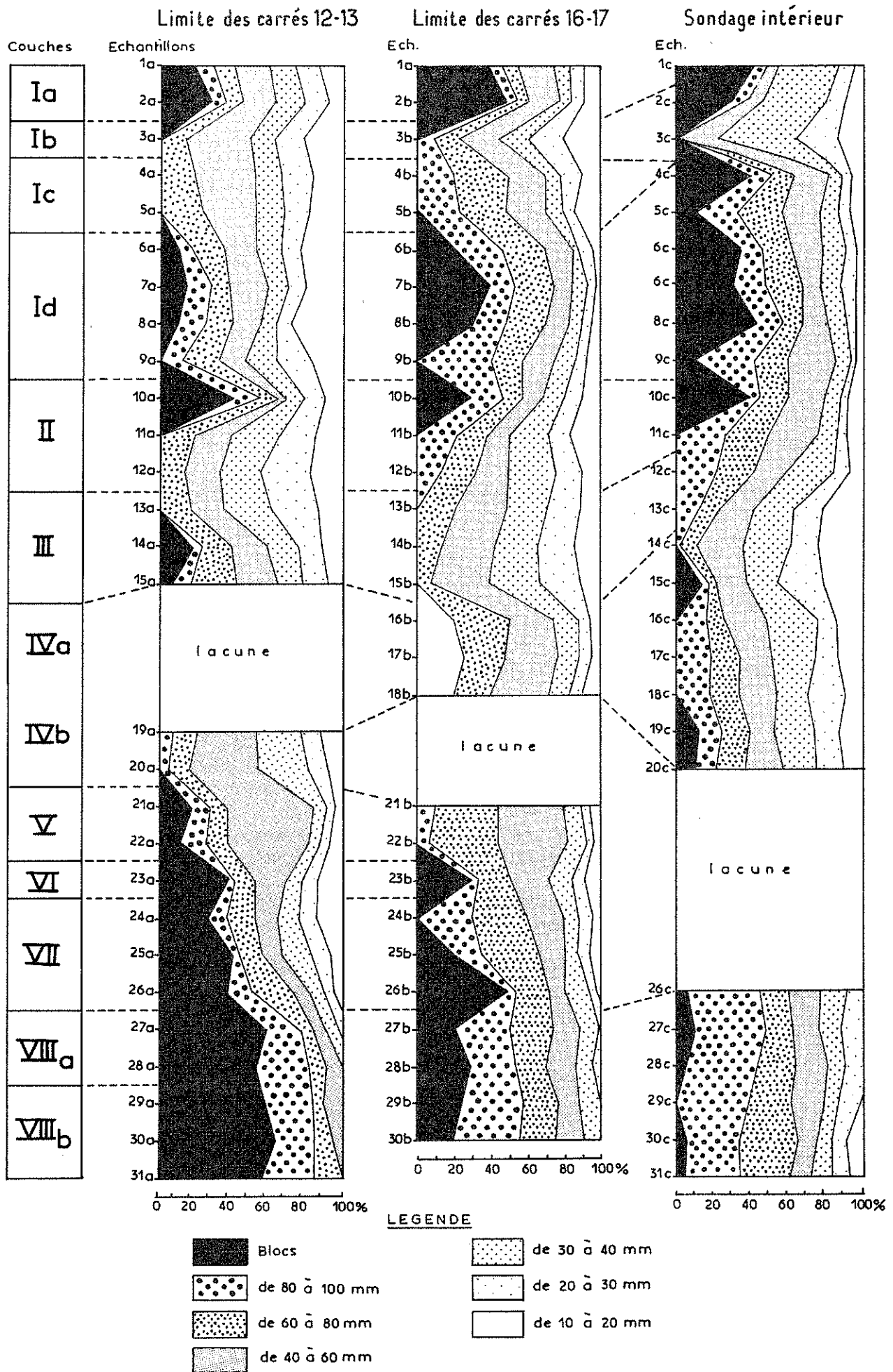


Fig.39 La Grotte de la Baume : Granulométrie comparée des cailloux au niveau des trois colonnes stratigraphiques (blocs compris)

- Variabilité latérale

La différenciation moins accentuée des valeurs respectives des pourcentages des trois classes granulométriques du sondage profond montre le caractère *tamponné* de la sédimentation à ce niveau du remplissage. Les effets du gel y sont moins nuancés.

La plus grande quantité de fraction fine argileuse dans les prélèvements extrêmes (carré 13 et sondage intérieur) semble montrer deux sources de cette fraction : l'une par apport en masse depuis l'extérieur (solifluxion), l'autre par percolation au travers des fissures du calcaire.

2) Granulométrie des cailloux et blocs (Fig. 39)

a) Prélèvements à l'extérieur du porche (carré 13)

Plusieurs niveaux à dominante grossière apparaissent sur le diagramme :

- La couche Ia où les blocs représentent 30 % de l'ensemble et les fractions supérieures à 4 cm, plus de 60 %.
- La couche Id (blocs plus de 10 % - fraction supérieure à 4 cm, plus de 50 %).
- Le sommet de la couche II marqué par un " pavage " de dalles.
- La couche III.
- L'ensemble des couches V et inférieures où le pourcentage des blocs va croissant vers le bas pour atteindre des valeurs supérieures à 50 % au niveau de la couche VIII.

b) Prélèvements intérieurs du porche (carrés 15 et 16)

Les mêmes remarques apparaissent avec quelques variantes :

- Plus grand pourcentage des blocs au niveau des couches Ia et Id.
- Absence de blocs compensée par une abondance de la fraction comprise entre 4 et 10 cm dans la couche III.
- Moins grande importance des blocs dans l'ensemble inférieur où ils restent cependant bien représentés, surtout au niveau de deux maximums sensibles (éch. 23b, 26b et 28b). La relative régression des blocs est compensée, là aussi, par une abondance des fractions grossières de 4 à 10 cm.

c) Prélèvements au niveau du sondage intérieur (carré 23)

L'ensemble couche I et sommet de la couche II est régulièrement riche en blocs et fractions grossières, excepté au niveau de l'échantillon 3c où dominant nettement les fractions 2 à 4 cm.

La base des couches III et IV apparaît comme nettement plus grossière qu'au niveau des prélèvements extérieurs.

L'ensemble inférieur apparaît, par contre, moins grossier, mais la rareté des blocs est compensée, là aussi, par l'abondance des fractions comprises entre 4 et 10 cm.

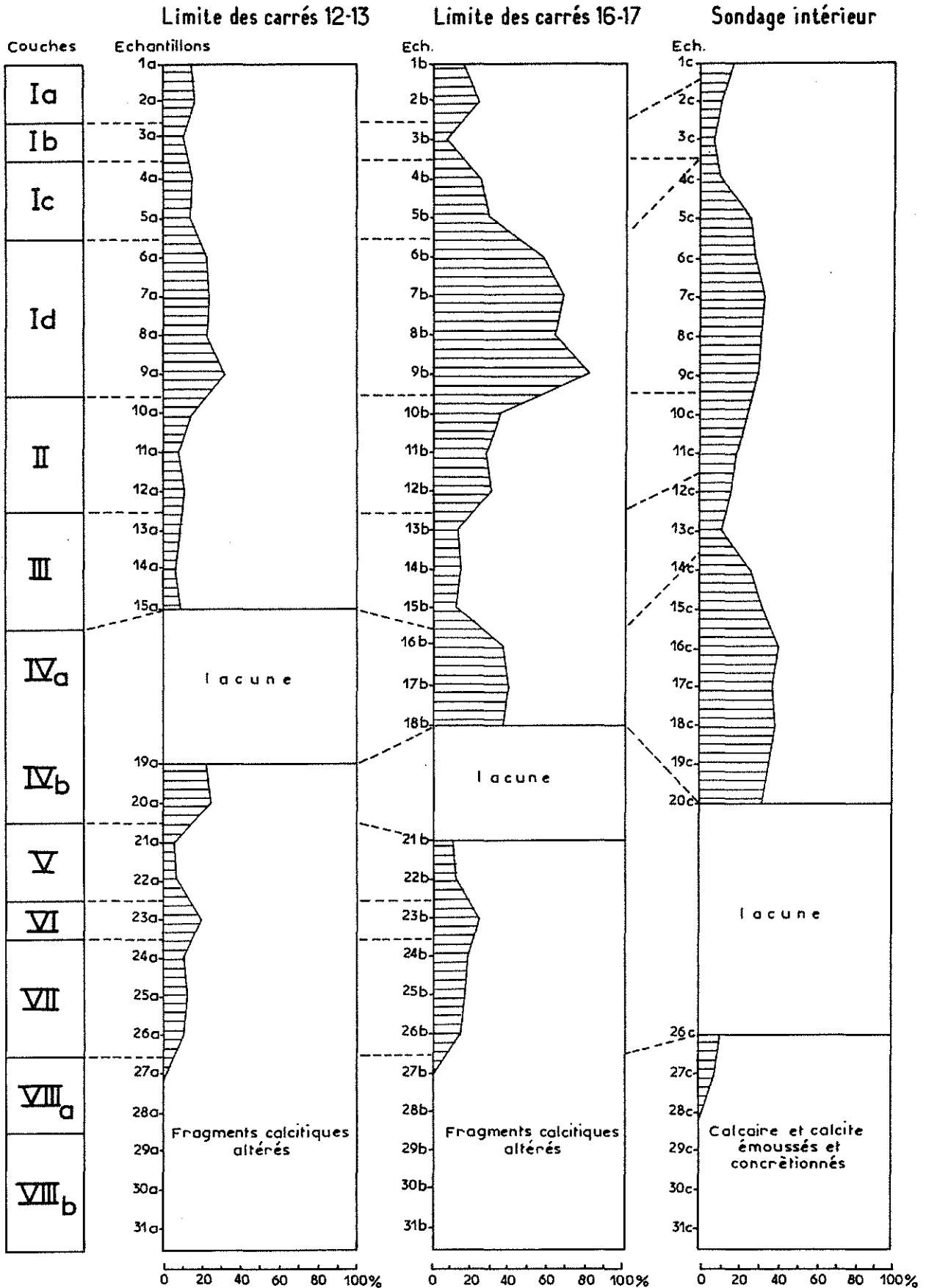


Fig.40 La Grotte de la Baume : Pourcentages comparés des éléments cryoclastiques au niveau des trois colonnes stratigraphiques (sur fraction 3-6 cm).

Conclusion sur la granulométrie des cailloux et blocs

L'inversion du type de sédimentation entre l'intérieur et l'extérieur du gisement est manifeste.

- Vers l'extérieur, la sédimentation grossière est partout importante, mais décroît très sensiblement dans le temps depuis les couches profondes jusqu'aux couches plus récentes.

- Vers l'intérieur, au contraire, la sédimentation grossière croît avec le temps.

- Le prélèvement central présente un terme moyen entre les prélèvements extrêmes, traduisant un maintien continu des apports grossiers.

Nous sommes en présence, pour les couches anciennes, d'une différenciation des apports sédimentaires nettement localisés, avec une zone très soumise aux agents atmosphériques vers l'extérieur, par opposition à une zone intérieure ultra-tamponnée.

Deux critères semblent donc influencer la sédimentation grossière dans un remplissage :

- d'une part le critère climatique reconnu par tous les sédimentologues, spécialistes des remplissages attribuant à des phases froides la production des blocs cryoclastiques.

- d'autre part, le critère géographique ou positionnel mettant en relief l'importance du lieu d'édification du remplissage par rapport au porche de la grotte. Une telle observation n'était évidemment possible que dans un site du type de celui de la Grotte de la Baume où on peut suivre l'évolution du remplissage, latéralement, depuis le porche jusqu'aux zones profondes.

Cette remarque nous permettra de proposer une évolution du site au cours de la genèse du remplissage qui s'y est édifié. Schématiquement, la comparaison des volumes sédimentaires entre l'extérieur et l'intérieur nous amène à distinguer trois phases dans le remplissage de la Grotte de la Baume :

- une phase ancienne où prédomine la sédimentation externe : c'est la période correspondant aux dépôts des couches V, VI, VII et VIII,

- une phase moyenne où la sédimentation est aussi importante à l'intérieur qu'à l'extérieur : couches II, III, IV,

- une phase récente où l'activité sédimentogène s'inverse par rapport à la phase ancienne : les couches internes sont plus épaisses que les couches externes correspondantes : couches Ia, Ib, Ic, Id.

A l'intérieur de ces ensembles, des épiphénomènes productifs ou érosifs interviennent (tronquage de la couche IVb et discordance de la couche IVa - tronquage de la couche Ic et discordance de la couche Ib).

3) Les éléments cryoclastiques (Fig. 40)

Les diagrammes comparés du pourcentage d'éléments cryoclastiques le long des trois colonnes stratigraphiques permettent de mettre en évidence les faits suivants :

- le critère considéré n'est pas très parlant en ce qui concerne la différenciation des niveaux du remplissage. La fouille nous avait déjà montré l'abondance des cailloux et blocs émoussés par rapport aux éléments cryoclastiques,

- un maximum d'éléments cryoclastiques apparaît nettement au niveau Id, surtout dans le prélèvement situé à la limite des carrés 16-17,

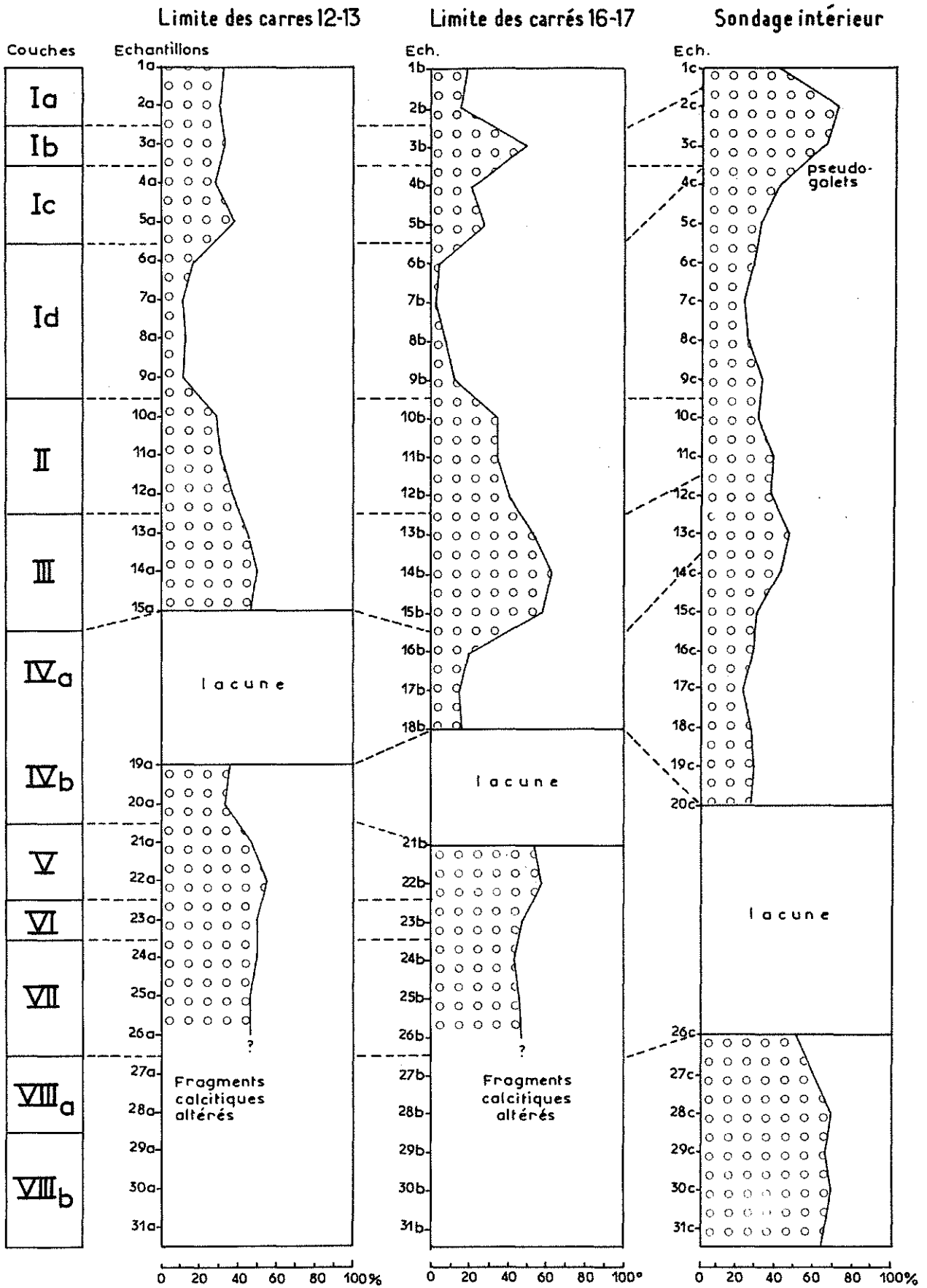


Fig.41 La Grotte de la Baume : Valeur comparée de l'indice d'émoussé au niveau des trois colonnes stratigraphiques

- un autre maximum moins net apparaît au niveau IVa, et de manière aussi intense dans le prélèvement central que dans le sondage intérieur,

- un troisième maximum enfin, plus bref, apparaît au niveau VI dans les deux prélèvements du porche,

- hormis ces " pointes " maximales modestes, il existe le long des trois coupes stratigraphiques un fond d'éléments cryoclastiques toujours présent, voisinant aux environs de 12 % de l'ensemble des blocs, avec quelques minimums déjà repérés lors de la fouille (couche Ib, couche III, couche V).

Au niveau des couches VIII, et plus on va vers le fond du remplissage, il est difficile d'apprécier le caractère cryoclastique des blocs et des cailloux. Ceux-ci sont, en effet, trop fortement altérés, et leur nature essentiellement calcitique implique, dès l'origine, un modèle différent des éléments calcaires.

Ceci nous amène à formuler une remarque sur ce critère de caractérisation des éléments du remplissage, comme d'ailleurs sur le suivant (indice d'émoissé) : l'usure des cailloux précède-t-elle leur dépôt (comme nous l'avons constaté dans la fouille du grand clocher) ou a-t-elle lieu après le dépôt ? Et, dans ce cas, la matrice du sédiment influence-t-elle le modèle des éléments calcaires ? Il est en effet remarquable de constater que dans ce remplissage les maximums d'éléments cryoclastiques se situent toujours dans les couches à matrice argileuse cohérente, alors que les minimums cryoclastiques se situent dans les couches à matrice aérée, présentant des méats assurant une plus grande porosité à l'ensemble et permettant une plus facile percolation des fluides (eau et air). Ce problème soulève une objection fondamentale quant à l'interprétation paléoclimatique que l'on donne de ces deux critères : une cryoclastie vigoureuse engendrée par une phase froide et humide peut disparaître ultérieurement par altération post-sédimentaire. Il semble dangereux à cet instant d'interpréter, seulement à partir du pourcentage d'éléments cryoclastiques, l'intensité du gel d'une période climatique donnée.

4) L'indice d'émoissé (Fig. 41)

La valeur de l'indice d'émoissé évolue de manière inversement proportionnelle au pourcentage des éléments cryoclastiques. L'émoissé des blocs calcaires, déjà constaté lors de la fouille, apparaît important dans les trois séries stratigraphiques étudiées ; cependant quelques remarques supplémentaires peuvent être tirées des diagrammes comparatifs :

- Au niveau de la partie supérieure de la couche I (niveaux Ia et surtout Ib), l'indice d'émoissé croît vers l'intérieur de la grotte.

- Au niveau des couches I et II, l'indice d'émoissé est plus important dans les échantillons de la coupe centrale (carrés 15 et 16).

- L'indice d'émoissé est toujours important dans les couches basales (à partir de la couche IVb) avec cependant un maximum au niveau de la couche V.

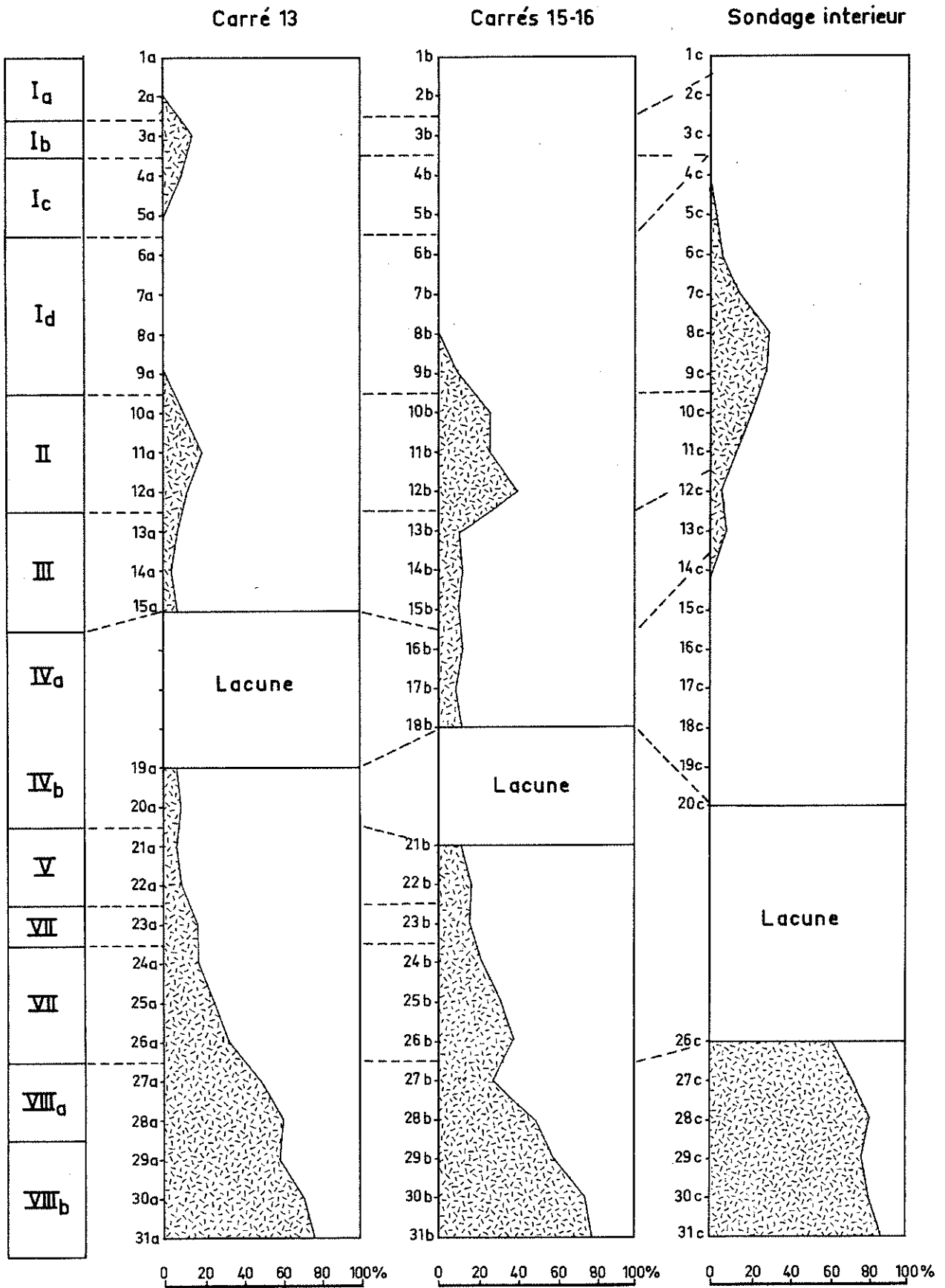


Fig.42 LA GROTTTE DE LA BAUME : Pourcentage de fragments calcitiques par rapport aux fragments calcaires

5) Les éléments calcitiques du remplissage (Fig. 42)

Les fragments de calcite ne sont pas présents dans tous les niveaux du remplissage.

. Verticalement, ils sont largement représentés sous forme de blocs essentiellement dans la partie inférieure du remplissage (couche VIII) et ce pourcentage décroît progressivement à la base du remplissage würmien (couches VII, VI et V). Présents mais peu abondants dans la couche VI, les éléments calcitiques ont un taux présentant un maximum au niveau de la couche II et de la couche Ib.

. Latéralement (de l'extérieur vers l'intérieur) on constate une légère variation du taux de calcite :

- dans la couche VIII où il est plus important au niveau du sondage intérieur,

- dans la couche IVa où, inversement, il est plus important au niveau des carrés 15-16 qu'à l'intérieur,

- le maximum enregistré au niveau de la couche II est plus durable au niveau du sondage intérieur et se prolonge à la base de la couche Id,

- enfin, la colonne stratigraphique la plus externe (carré 13) enregistre un léger maximum de fragments calcitiques (14 %) qui ne se retrouve pas dans les niveaux équivalents de l'intérieur de la grotte.

La présence de calcite cryoclastique dans la phase grossière du remplissage est le signe du dépôt préalable d'un revêtement calcitique contre les parois, donc d'une stabilisation relative de celles-ci lors d'une période de climat tempéré. Leur chute et leur incorporation dans le remplissage traduisent une reprise de l'activité cryoclastique, et par conséquent, le retour à un climat plus froid.

B) Etude de la fraction fine
 =====

La fraction fine est peu importante par rapport à la fraction grossière, exception faite de la partie inférieure du remplissage (couche IX surtout).

1) Granulométrie (Fig. 43)

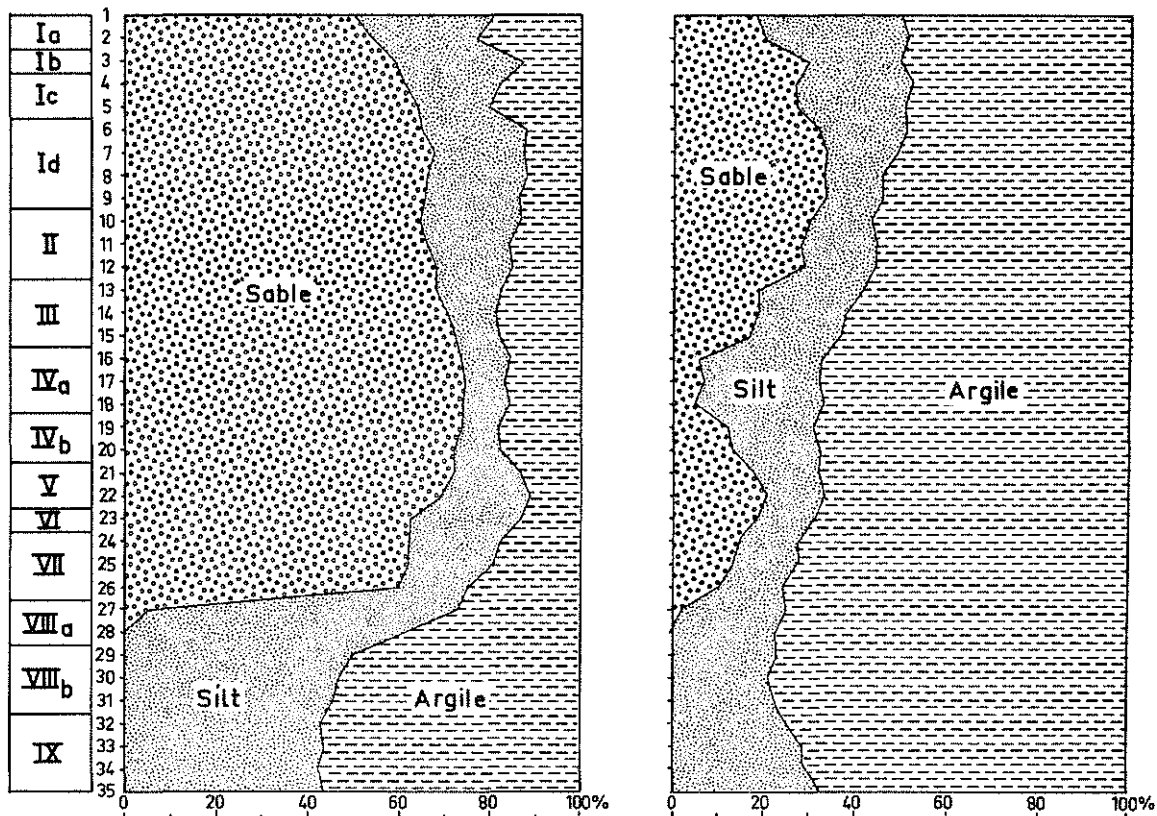


Fig.43 GROTTÉ DE LA BAUME : Granulométrie globale de la fraction fine

- ① Sédiment non décarbonaté
- ② Sédiment ayant subi une décarbonatation ménagée

Une analyse granulométrique classique effectuée sur la fraction fine des couches I à VII traduit un pourcentage dominant des fractions sableuses (supérieures à 50 μ) sur les fractions silteuses (de 50 à 2 μ) et argileuses (inférieures à 2 μ). En fait, l'examen à la loupe binoculaire de cette fraction sableuse laisse apparaître deux types de constituants :

- D'une part, des éléments *strictement détritiques* sous forme de fragments calcaires et de rares éléments de quartz anguleux. Ce type de particules est, à notre avis, directement hérité de la paroi rocheuse par gélivation initiale ou gélivation de reprise.

- D'autre part, des agrégats de particules plus fines formant des granules que l'agitation préalable au tamisage et à la densimétrie n'a pas réussi à dissocier. Le ciment de ces agrégats est constitué de calcite illuviale et une décarbonatation ménagée à l'HCl dilué permet leur dissociation.

Nous présentons donc deux granulométries globales de la fraction fine : l'une exécutée à partir du sédiment brut, l'autre à partir du sédiment ayant subi une décarbonatation ménagée, ménageant les fragments calcaires initiaux, mais suffisante pour désagréger les granules. La comparaison des deux diagrammes montre une nette diminution des sables au profit des silts et argiles lors de la décarbonatation ménagée. Ce transfert de texture est particulièrement net au niveau des courbes granulométriques.

Deux exemples particulièrement représentatifs (couche Id, échantillon 7 et couche IVa, échantillon 17) illustrent la modification texturale obtenue après la décarbonatation ménagée (Fig. 44) :

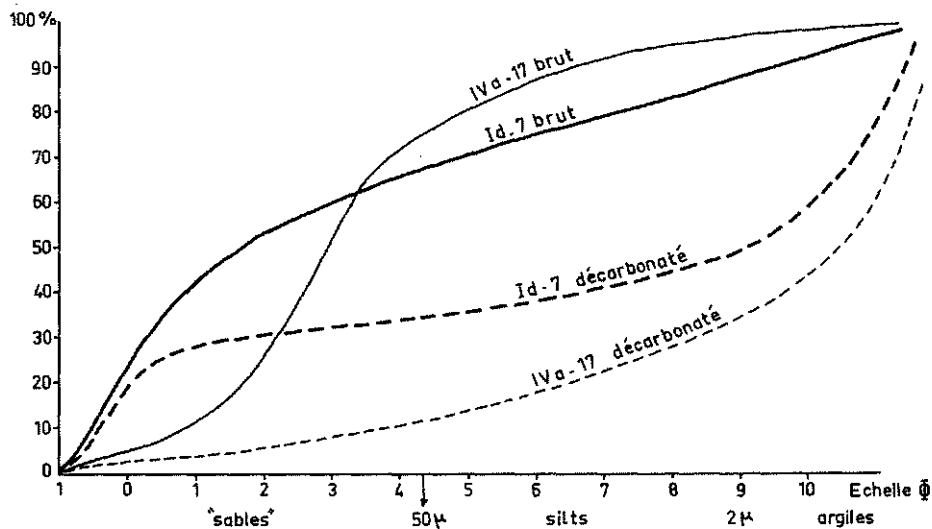


Fig.44 Courbes granulométriques de deux échantillons types avant et après décarbonatation ménagée

- Echantillon Id-7 : la courbe subit peu de modifications dans la zone des sables grossiers ($\phi -1$ à $\phi 0,33$). Ceci illustre la faible action de la décarbonatation ménagée sur les particules clastiques détritiques. Ensuite, par contre, les agrégats présents dans le sédiment brut sont détruits et le pourcentage d'éléments fins est dominant.

- Echantillon IVa-17 : la rapide dissociation des deux courbes des sables grossiers traduit l'absence de particules détritiques ; la majorité des agrégats de texture voisine des sables fins sont dissociés et ne se retrouvent plus dans l'échantillon décarbonaté enrichi en particules fines.

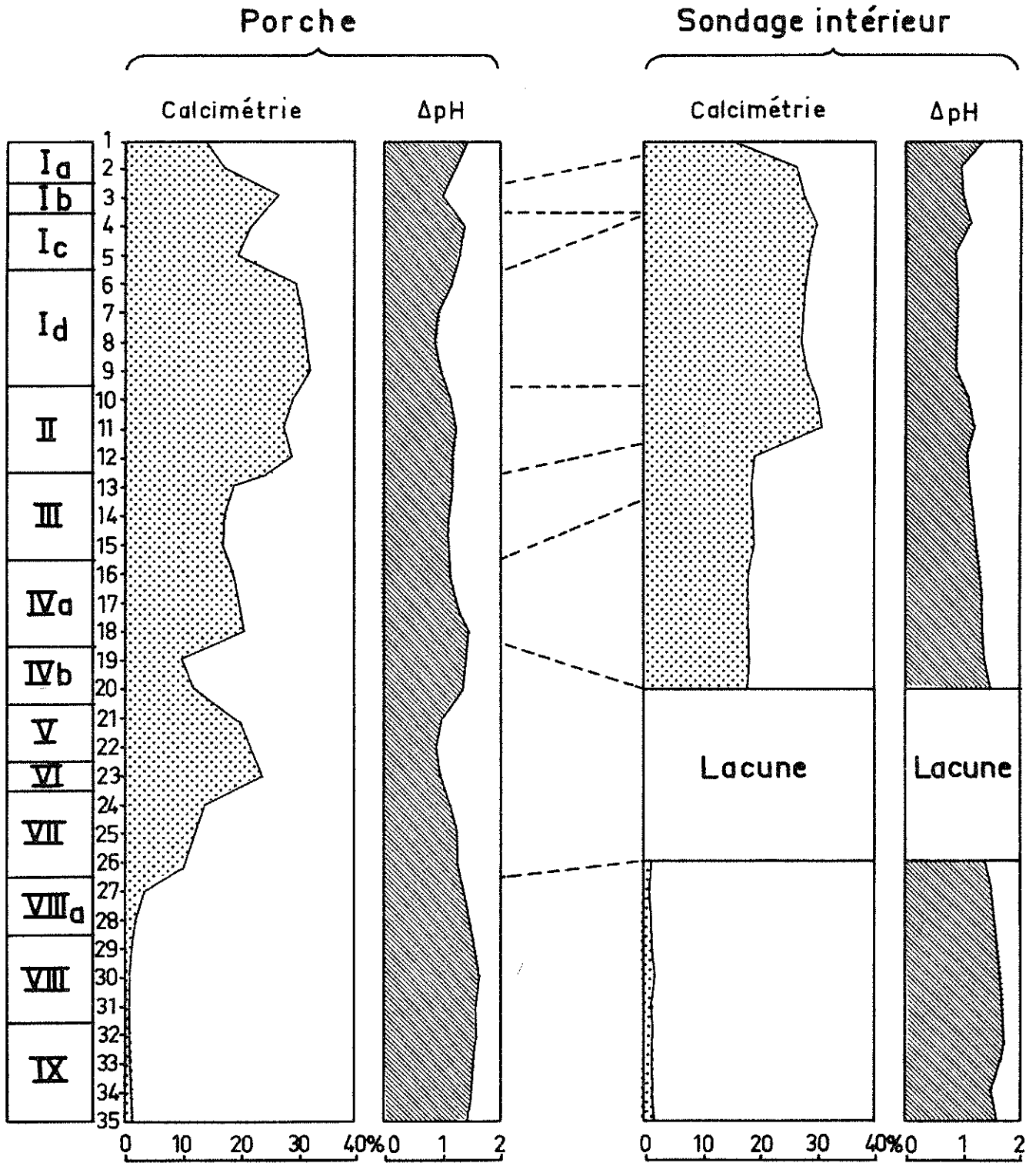


Fig.45 LA GROTTTE DE LA BAUME : Fraction fine
Evolution de la calcimétrie et du ΔpH dans deux
colonnes stratigraphiques

2) Calcimétrie et pH (Fig. 45)

Le dosage des carbonates de la fraction fine a été réalisé systématiquement dans deux colonnes stratigraphiques : l'une au niveau du remplissage du porche, l'autre au niveau du sondage intérieur. Les résultats obtenus appellent plusieurs remarques :

- L'ensemble du remplissage würmien (couches I à VII) présente un taux de carbonates important qui peut dépasser 30 % (couche Id) et n'est jamais inférieur à 10 %. Le remplissage anté-würmien (couches VIII et IX) est, par contre, très décarbonaté, puisque le taux moyen est de l'ordre de 1 %.

- Lorsqu'on compare les taux de carbonates de la fraction fine dans le porche et dans le sondage intérieur, on remarque une grande similitude de ces taux niveau par niveau. Ceci nous amène à penser qu'il n'y a pas, en ce qui concerne ce critère, un processus de différenciation dépendant de la plus ou moins grande proximité des agents atmosphériques. Ceci revient à dire que les phénomènes de pédogénèse *in situ* sont nuls et que les carbonates présents dans la fraction fine du remplissage sont en grande partie hérités.

- Le taux de carbonates varie sensiblement en fonction des niveaux stratigraphiques. Quelle interprétation peut-on donner à cette variation ?

. On peut penser que les carbonates de la fraction fine sont issus de l'altération post-sédimentaire de la fraction grossière qui constitue une part importante du remplissage. Deux objections importantes s'opposent à cette interprétation : le taux de carbonates de la fraction fine ne varie pas proportionnellement d'une part au taux de fraction grossière, et d'autre part à l'indice d'éroulé de cette dernière. De plus, des niveaux riches en fraction grossière comme la couche VIIIa présentent une fraction fine presque complètement décarbonatée.

. On peut d'autre part attribuer cette variation du taux de carbonates à une décarbonatation secondaire par illuviation ou processus pédogénétique. Or, nous avons vu que chaque niveau pris individuellement ne présentait pas de variation sensible de son taux de carbonates de l'extérieur à l'intérieur de la grotte.

. Ces constatations nous amènent à considérer le taux de carbonates de la fraction fine comme *primaire*, c'est-à-dire représentatif des carbonates présents dans la fraction fine au moment de son dépôt. Celle-ci apparaît donc comme héritée des formations superficielles (donc essentiellement des sols) incluse au remplissage par solifluxion ou pénétration par les fissures du karst. La variation du taux de carbonates dépend, à notre avis, de l'intensité de la décarbonatation (donc de la pédogénèse) opérée dans les sols du plateau calcaire couronnant le réseau karstique fossile.

Le taux de carbonate du remplissage peut donc être considéré comme un indicateur indirect du climat contemporain de chaque niveau pris individuellement : un taux important traduira une dégradation rapide des sols peu évolués (type rendzine ou sol humo-calcaire) et un taux plus faible traduira une dégradation de sols plus évolués (de type rendzine brumifiée ou sol brun calcique). Il n'est cependant pas impossible qu'une recarbonatation limitée se produise dans le remplissage lors des phases à forte cryoclastie.

Le pH mesuré dans l'eau distillée varie peu dans toute la colonne stratigraphique. Les valeurs extrêmes sont de 7,15 à 7,48. Par contre, la valeur du ΔpH varie légèrement de bas en haut du remplissage. On constate d'ailleurs que cette valeur varie de manière inversement proportionnelle au taux de carbonates.

V. - LA FAUNE

A) Conditions générales de gisement
=====

1) La grande faune

Tous les éléments faunistiques ont été individualisés dans le gisement lors de la fouille et situés dans les trois dimensions dans chaque carré de fouilles. Au total, 6200 pièces ont été ainsi positionnées dans le remplissage en fonction de la stratigraphie.

Les éléments faunistiques des couches I à VII sont, pour la plupart, des pièces osseuses (os entiers, fragments d'os ou dents) sans connexions anatomiques reconnues. Les dents sont le plus souvent complètes, rarement fragmentées et à trois exceptions près (deux mandibules de canidés et une rangée dentaire d'ursidé) toujours isolées de leur support osseux mandibulaire. Les os courts du tarse et du carpe, les phalanges et les vertèbres sont également souvent entiers, mais jamais en connexion. Les os longs des membres, les côtes, les os du crâne et les mandibules sont, par contre, rarement complets et le plus souvent très fragmentés. On a pu estimer à environ 40 % du poids total des ossements recueillis la masse des esquilles isolées dans le remplissage. Une telle disposition des éléments faunistiques suggère plusieurs remarques :

- La vitesse de sédimentation du remplissage fut probablement lente, ne permettant pas une bonne fossilisation des pièces osseuses et un maintien en connexion des différentes structures anatomiques.

- La grotte fut abondamment visitée par les carnivores (lions, hyènes, loups, renards ...) en dehors des périodes d'occupation humaine, et les cadavres éventuels d'ursidés, morts au cours de l'hibernation, largement dispersés dans toute l'aire du réseau karstique et même probablement à l'extérieur de celui-ci.

- C'est aussi aux carnivores qu'il convient d'attribuer la présence de restes très fragmentés d'herbivores (bovidés, cervidés ...). La grotte a probablement servi de repère d'hyène en dehors des périodes d'occupation humaine probablement très réduites dans le temps.

- Le mauvais état des vestiges osseux est probablement lié également à certains remaniements post-sédimentaires des niveaux initiaux du remplissage : de nombreux os massifs roulés témoignent de ce fait.

Les éléments faunistiques des couches VIIa et VIIb présentent, par contre, un meilleur état de conservation : les os long sont plus souvent conservés, les séries dentaires plus complètes. Il semble que les produits des cadavres animaux aient été moins perturbés par les carnivores ou par les remaniements sédimentaires. L'environnement lithologique plus argileux paraît aussi avoir permis une meilleure conservation des os.

2) La microfaune

Elle est très rare dans toute la série sédimentaire. Aucun niveau riche en microfaune (comme on peut en trouver à Gigny par exemple) n'existe dans le remplissage. Les niveaux les moins pauvres sont situés vers l'extérieur du porche et s'appauvrissent vers l'intérieur de la grotte. Une colonne de 1 m² a été systématiquement tamisée au niveau du carré H 13 en vue de la recherche des os de rongeurs et d'insectivores. Seize prélèvements au total ont été effectués sur 3 m de haut et, pour recueil-

lir un échantillonnage suffisant de fossiles, il a fallu tamiser entre 100 et 150 kg de fraction fine pour chaque prélèvement. Si l'on considère que la fraction fine représente en moyenne 10 % du poids de l'ensemble du sédiment, on peut évaluer chacun des prélèvements à environ une tonne de sédiment total.

B) Répartition stratigraphique des différentes espèces et signification

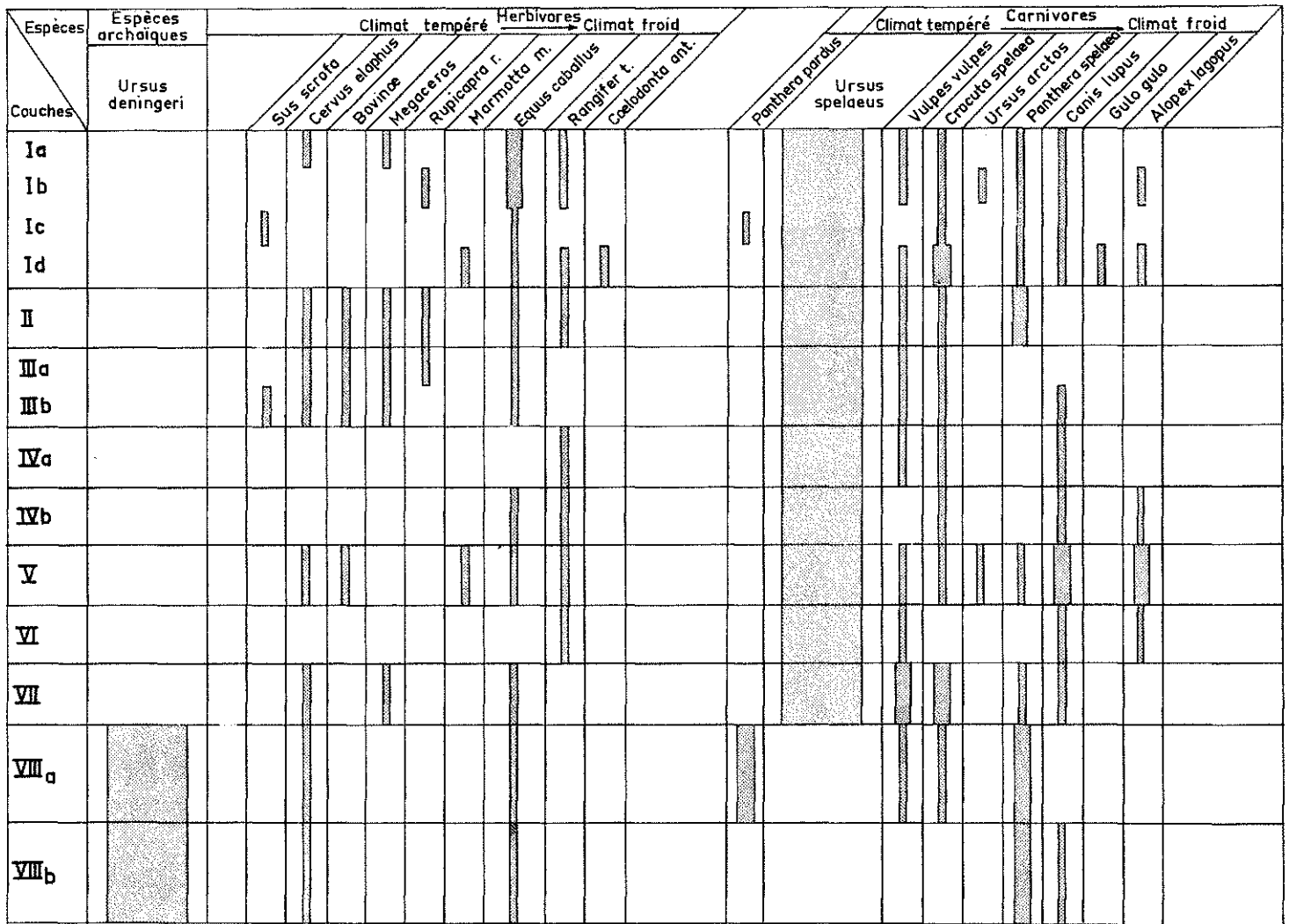
paléoclimatique

1) La grande faune (Fig. 46)

(Déterminations F. PRAT et J. CHAGNEAU)

Tous les niveaux du remplissage ont fourni du matériel paléontologique. Les ursidés dominent largement puisqu'ils constituent 92 % de l'ensemble. Ils sont présents dans tous les niveaux.

Les couches profondes (VIIIa et VIIIb) sont riches en *Ursus deningeri*, tandis que *Ursus spelaeus* prend le relai à partir de la couche VII.



- Nombre de pièces osseuses par espèce : + de 100 50 à 100 50 à 10 10 à 1

Fig.46 LA GROTTTE de la BAUME : Répartition stratigraphique de la grande faune

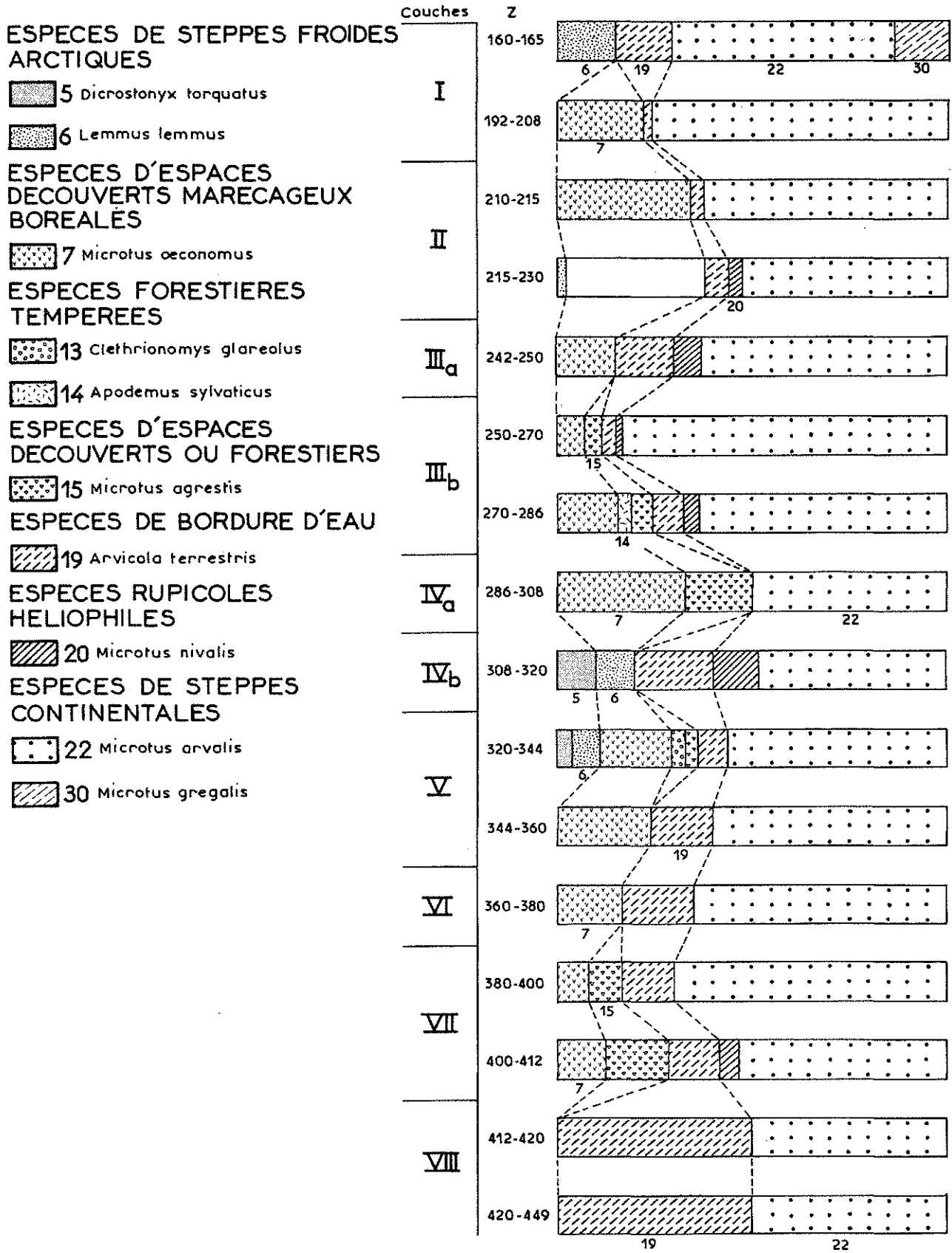


Fig.47 La grotte de la Baume : associations de rongeurs en fonction de la stratigraphie

Du point de vue paléoclimatique, les espèces considérées de climat froid sont présentes dans deux ensembles lithologiques :

- couches Ia, Ib, Ic, Id avec *Marmotta marmotta*
Rangifer tarandus
Coelodonta antiquitatis
Gulo gulo
Leucocyon lagopus
- couches IVa, IVb et V avec *Marmotta marmotta*
Rangifer tarandus
Leucocyon lagopus

Ces espèces sont absentes des couches IIIa, IIIb et VII où, par contre, des espèces réputées de climat tempéré sont présentes : *Panthera pardus*, *Sus scrofa*, *Cervus elaphus*.

Certaines espèces ubiquistes sont présentes dans presque tous les niveaux stratigraphiques : *Ursus spelaeus*
Equus caballus
Vulpes vulpes
Crocuta spelaea
Canis lupus

Ainsi, la grande faune suggère l'existence, à partir de la couche VII, d'une alternance de deux épisodes tempérés (couches VI-VII et couches II-III) suivis de deux épisodes froids (couches IVa, IVb, V et couches Ia, Ib, Ic, Id). Le dernier épisode froid semble plus prononcé avec la présence de *Coelodonta antiquitatis* et *Gulo gulo*.

2) La microfaune de rongeurs (Fig. 47)

(Déterminations J. CHALINE)

L'espèce la mieux représentée à Echenoz-la-Méline est le campagnol des champs (*Microtus arvalis*) qui, avec le campagnol grégaire (*Microtus gregalis*) est un occupant des espaces découverts. Le campagnol des neiges (*Microtus nivalis*) est présent à la base de la couche VII, dans la couche IVb et de la couche IIIb à la base de la couche III. Ces trois espèces, qui représentent toujours plus de 50 % de l'ensemble de la microfaune, témoignent d'un environnement avec de grands espaces découverts de type steppique.

La présence constante du campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*), espèce fréquentant les zones de bordure d'eau, témoigne d'une humidité continue, déterminant l'existence permanente de cours d'eau superficiels. L'environnement froid et humide est également confirmé par la présence du *Microtus oeconomus* dans toute la série stratigraphique.

Les espèces forestières apparaissent à trois reprises :

- dans la couche VII avec le campagnol agreste (*Microtus agrestis*)
- dans la couche V avec, de nouveau, le campagnol agreste et le campagnol roussâtre (*Clethrionomys glareolus*)
- dans les couches IVa et III avec également le campagnol agreste et le mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*) à la base de la couche IIIb.

Les espèces de steppes froides arctiques apparaissent à deux reprises :

- au sommet de la couche V et dans la couche IVb avec le lemming à collier (*Dicrostonyx torquatus*) et le lemming de toundra (*Lemmus lemmus*)
- à la base de la couche II et au sommet de la couche I avec le lemming de toundra.

D'après J. CHALINE, la faune de rongeurs permet la reconstitution des paysages suivants : " Des plateaux couverts par la steppe, des vallées marécageuses, des éboulis de bas de falaise constamment en évolution, les apports s'accumulant régulièrement au gré des saisons, soit couverts par la steppe, soit colonisés par une végétation arbustive peu fournie ".

Les diverses associations faunistiques permettent cependant de distinguer dans la séquence " würmienne " (couches I à VII) quatre ensembles successifs correspondant respectivement à deux phases très froides alternant avec des phases de réchauffement relatif :

- couche VII : phase froide à cachet sec montrant une extension des espaces découverts secs au détriment des terrains marécageux et humides, permettant le développement de zones semi-boisées → OSCILLATION DE ECHENOZ 1

- couche VI - base V : phase de transition vers une phase plus froide et plus humide.

- couche V (sommet) - IVb : phase très froide, très humide, montrant un recul des espaces secs découverts avec peut-être des zones légèrement boisées → STADE DE ECHENOZ 2

- couche IVa - III : climat froid évoluant vers des tendances plus sèches permettant une extension des espaces découverts → OSCILLATION DE ECHENOZ 3

- couche II - I : phase très froide à cachet périglaciaire humide → STADE DE ECHENOZ 4

D'après J. CHALINE, l'absence de *Lagurus lagurus* et de *Allocricetus bursae* à la base du remplissage traduirait une lacune de sédimentation contemporaine du début du Würm, entre la couche VIII anté-würmienne et la couche VII. L'ensemble du remplissage würmien (couches VII à I comprises) appartiendrait déjà à la grande phase froide qui suit l'interstade de Brörup dans sa phase majeure (ce qui correspond au Würm II dans le SE).

VI. - L'INDUSTRIE LITHIQUE

Elle n'est pas très abondante dans le remplissage de la Baume d'Echenoz-la-Méline, mais après la Grotte de Gigny, c'est le gisement moustérien qui a fourni l'échantillonnage le plus complet en ce qui concerne le Paléolithique moyen en grotte : au total 133 pièces, dont 54 outils.

A) Répartition de l'industrie lithique dans le gisement (Fig. 48)

Outre les trois pièces trouvées lors de la fouille du grand clocher à 80 m de l'entrée, cinq pièces sont issues du sondage de la Grange. L'essentiel du matériel lithique vient donc du remplissage du porche (Fig. 48) et sa répartition appelle les remarques suivantes :

- Excepté deux pièces issues de la couche I et du sommet de la couche VIII, tout le matériel lithique provient des couches II à VII.

- Les pièces sont très dispersées dans tout le remplissage, à part une concentration particulièrement nette à la base de la couche IVb, débordant légèrement sur le sommet de la couche V.

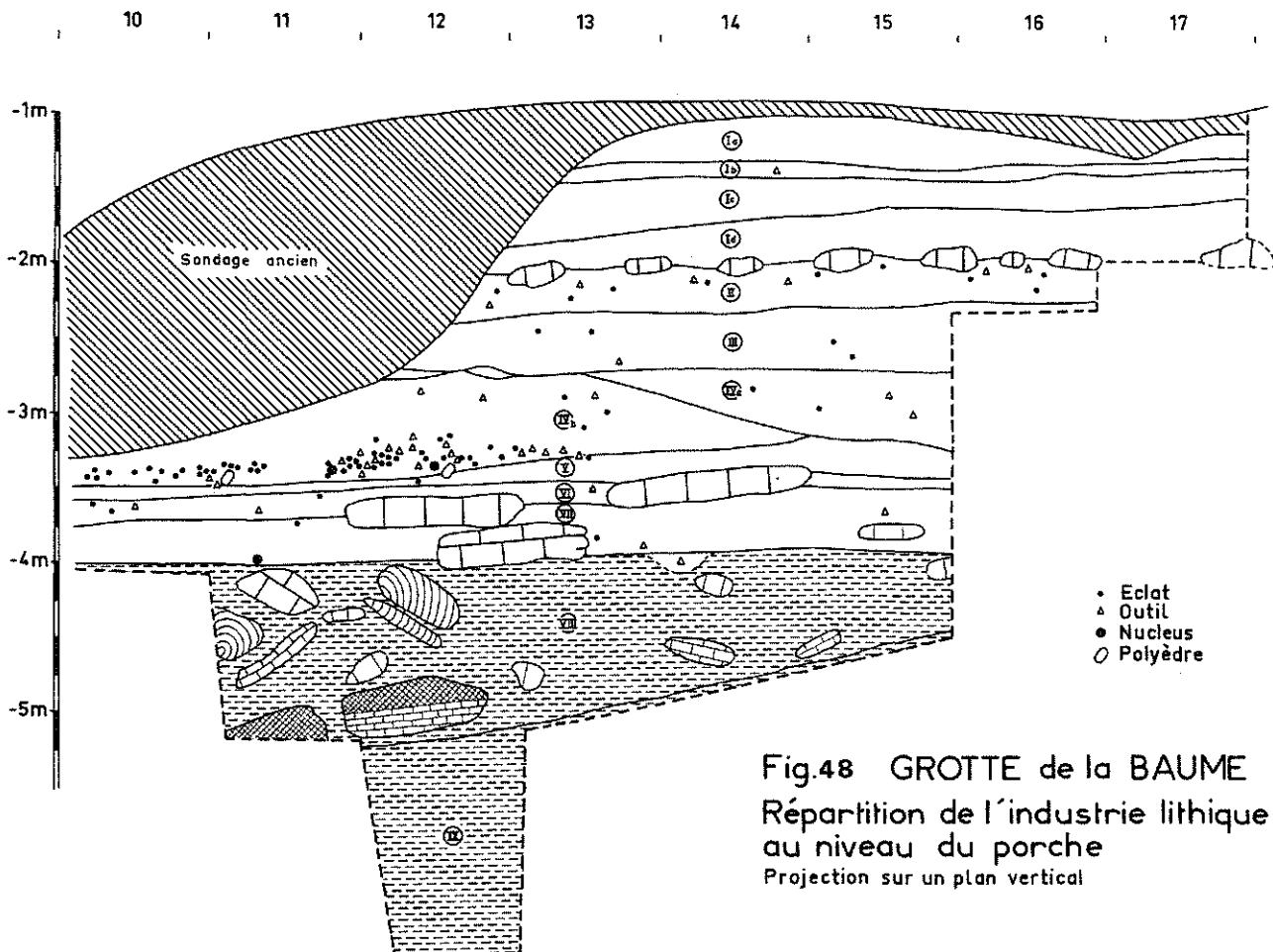
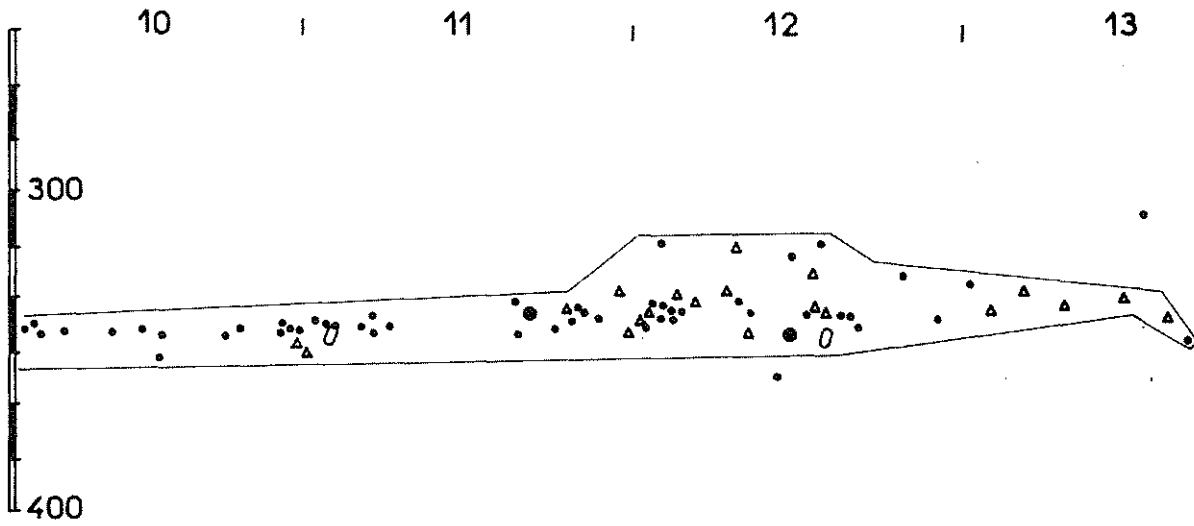
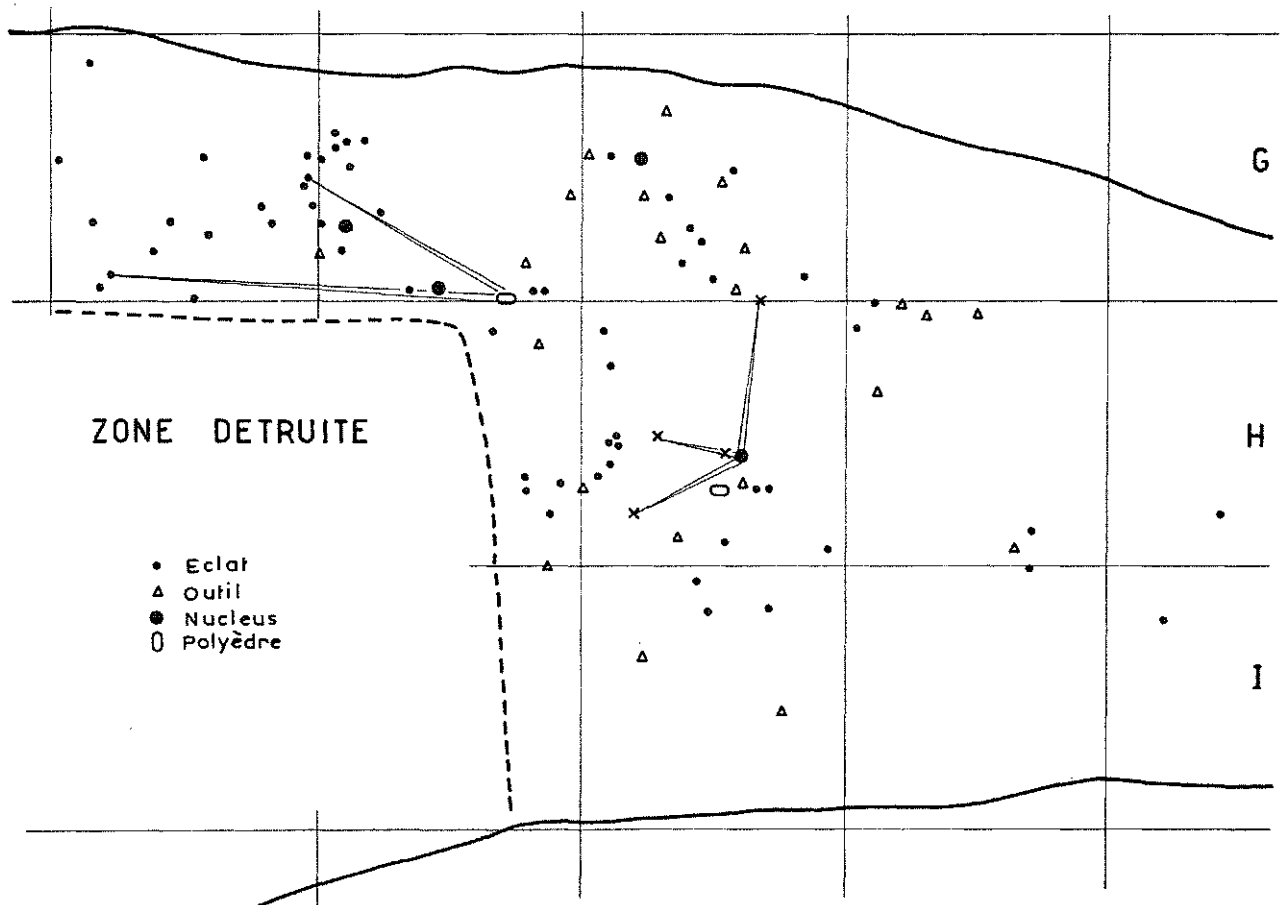


Fig.48 GROTTE de la BAUME
Répartition de l'industrie lithique
au niveau du porche
Projection sur un plan vertical



Projection sur un plan vertical suivant l'axe G-H



Projection sur un plan horizontal

Fig.49 La grotte de la Baume : Répartition de l'outillage lithique du niveau V

En ce qui concerne le niveau IVb-V, la majorité des pièces ont été retrouvées groupées sur une épaisseur maximale de 20 cm constituant un horizon bien délimité stratigraphiquement. En plan, le matériel est concentré dans la partie antérieure du porche actuel sur une superficie de 6 m² environ (Fig.48). Cette aire a sans doute été oblitérée vers l'avant par la reprise d'érosion des niveaux et elle est détruite sur la partie droite par une fouille ancienne. Vers l'intérieur de la grotte, la concentration cesse à 5 m environ de l'entrée actuelle. Les vestiges sont partout présents, mais plus rares en bordure des parois. Deux groupements peuvent être distingués. Vers l'avant (mètres 10-11), les vestiges sont essentiellement représentés par des produits de débitage. Par contre, la bande métrique 12 et le carré H 13 regroupent la quasi totalité de l'outillage, mais aussi des produits de débitage et deux nucléus. Les quelques pièces recueillies plus en profondeur (mètres 14-15, etc ...), plus dispersées et moins nombreuses, sont beaucoup plus concassées. Il est probable qu'elles n'aient aucun rapport avec l'ensemble plus concentré spatialement et qu'il s'agisse d'éclats charriés antérieurement.

Des remontages ont été réalisés à partir d'un nucléus (G 11-275) et d'un galet de calcaire débité (H 12-71). Le premier est un nucléus à enlèvements multiples de chaille grenue jaunâtre dont sont faits une partie des outils de ce niveau. Deux éclats s'y raccordent. Quatre éclats recueillis dans le même m² H 12 appartiennent à un galet de calcaire débité et fracturé semblable aux deux polyèdres retrouvés à proximité. Il s'agit là probablement d'un exemplaire brisé en cours de fabrication (Fig. 49). Enfin, en H 13, un éclat provenant de l'aménagement d'un denticulé a été raccordé à cet outil (H 13-92). Ces deux pièces sont tirées d'un silex patiné blanc crème dont il n'existe pas d'éclats de débitage ni de nucléus dans la série considérée.

Ces observations révèlent un faible déplacement des pièces et viennent confirmer l'existence d'un véritable horizon d'occupation.

B) Matières premières utilisées

=====

Les matières premières utilisées sont très variées.

- Couche II : 8 pièces sont en quartzite à grain fin ou grossier, 2 d'entre elles présentent encore la face du galet dont a été tiré l'éclat. Le reste est constitué de chaille et de silex à patine rosée.

- Couche III : parmi les 5 pièces issues de cette couche, 2 sont issues de chaille (de type chaille argovienne), 1 est un éclat de quartzite tiré d'un galet, 1 est issue d'un silex à patine claire et la dernière est en quartz laiteux (quartz filonien).

- Couche IVa : 3 pièces en calcaire siliceux, 1 pièce en chaille, 1 pièce en quartzite et 1 pièce en quartz laiteux.

- Couche IVb-V : Les matériaux utilisés sont issus de chailles jaunâtres grenues, plus rarement grises à grain fin, de silex patiné blanc crème, de quartzite provenant de galets, de quartz et de galets calcaires. Les chailles sont les plus employées, soit 63,64 % des pièces. Le silex, avec 11,4 % des pièces, est utilisé dans un peu moins d'un quart de l'outillage (un seul éclat de taille en silex a été retrouvé). Les quartzites issus de galets représentent 7,95 % des pièces. Le quartz laiteux aux cassures saccharoïdes a été plus accidentellement utilisé (3,41 %). Le calcaire enfin, souvent difficile à isoler du remplissage lors de la fouille, avec 13,64 % des pièces, n'a été utilisé que pour la fabrication des polyèdres et bola. Le travail des chailles, du calcaire et accessoirement des quartzites et peut-être du quartz sont seuls attestés sur place. Le silex, s'il n'a pas été travaillé dans un secteur du porche actuellement détruit, peut y avoir été apporté sous la forme

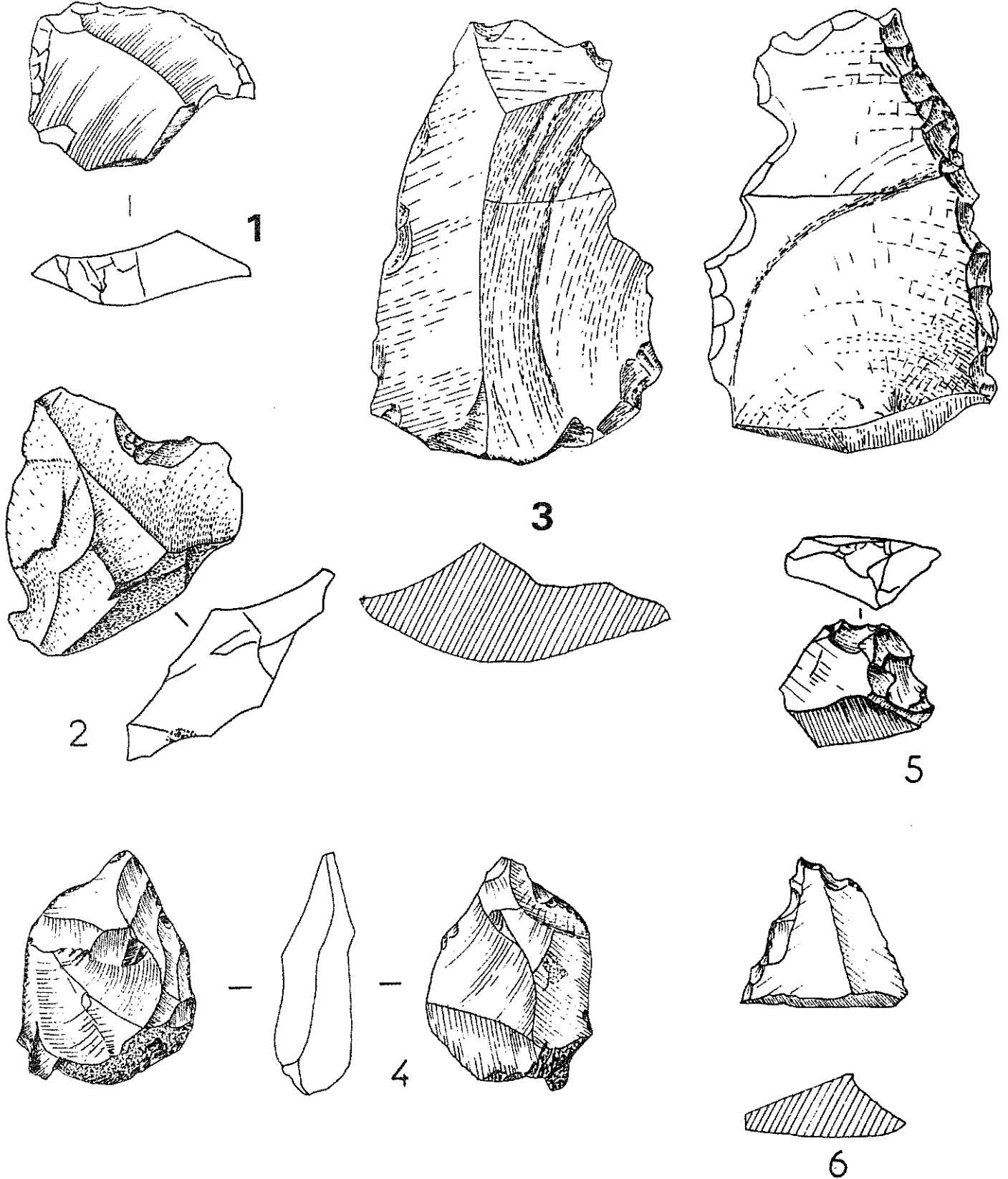


Fig.50 Industrie lithique des couches I et II

- 1 - Pointe pseudo-Levallois (couche I)
- 2 - Encoche sur pointe pseudo-Levallois (couche II)
- 3 - Racloir simple convexe sur face plane (couche II)
- 4 - Racloir à retouche biface associé à un bec alterne (couche II)
- 5 - Denticule à retouche surélevée (couche II)
- 6 - perçoir (couche II)

d'outils ou d'éclats présélectionnés. Chailles, silex et quartzites sont indifféremment utilisés pour des outils de même type. La diversité de matière première est sans doute liée au hasard des approvisionnements. On a regroupé les types de matières utilisées pour l'outillage du niveau IVb-V dans le tableau suivant :

	Chaille	Silex	Quartzite	Quartz	Calcaire	Total
Eclats	30	1	5	3	9	48
Outils	24	9	2		3	38
Nucléus	2					2
Total	56	10	7	3	12	88

- Couche VI : sur 6 pièces, 5 sont en chaille (3 éclats et 2 pointes pseudo-Levallois) et 1 est en quartzite à grain grossier (éclat Levallois).

- Couche VII : 3 pièces sont en silex, la quatrième est un hachereau-biface issu d'un galet de quartzite.

- Couche VIII : le seul outil (racloir biface) est en quartzite à grain grossier.

Cette grande diversité de matière première traduit les difficultés d'approvisionnement des hommes du Moustérien. Toute matière susceptible d'être utilisée est ramassée et taillée. Les chailles sont issues des assises basales de l'Argovien, les silex proviennent probablement des rognons silicifiés de la base du Bajocien, les quartz et quartzites sont taillés à partir de galets présents dans les placages fluviatiles de la Saône. L'ensemble de la matière première utilisée se trouve dans un rayon de 30 km autour du gisement.

C) Etude typologique

=====

Elle a été réalisée par J.F. PININGRE, qui a participé à la fouille du gisement. Nous examinerons les ensembles typologiques niveau par niveau.

1) La couche I

On note la présence d'une seule pièce. Il s'agit d'une pointe pseudo-Levallois. Son talon, apparemment facetté, a sûrement été déformé par le concassage qui l'affecte sur tous les bords (Fig. 50 , n° 1).

2) La couche II

Elle arrive en seconde position derrière la couche V par le nombre de pièces recueillies. Elle a fourni 15 pièces dont 6 outils.

Le débitage est de petite dimension. La plupart des éclats et supports entiers sont compris entre 3 et 4,5 cm à l'exception d'un racloir long d'au moins 8 cm.

Techniquement, on note l'absence de débitage Levallois, mais par contre, la présence de trois pointes pseudo-Levallois dont deux particulièrement typiques. Les talons lisses sont majoritaires, on ne connaît qu'un seul talon facetté.

La conservation des pièces est de qualité inégale. Six ne présentent aucune trace de concassage, six autres le sont profondément sur leur pourtour, de telle sorte qu'il est impossible de reconnaître une éventuelle retouche préexistante.

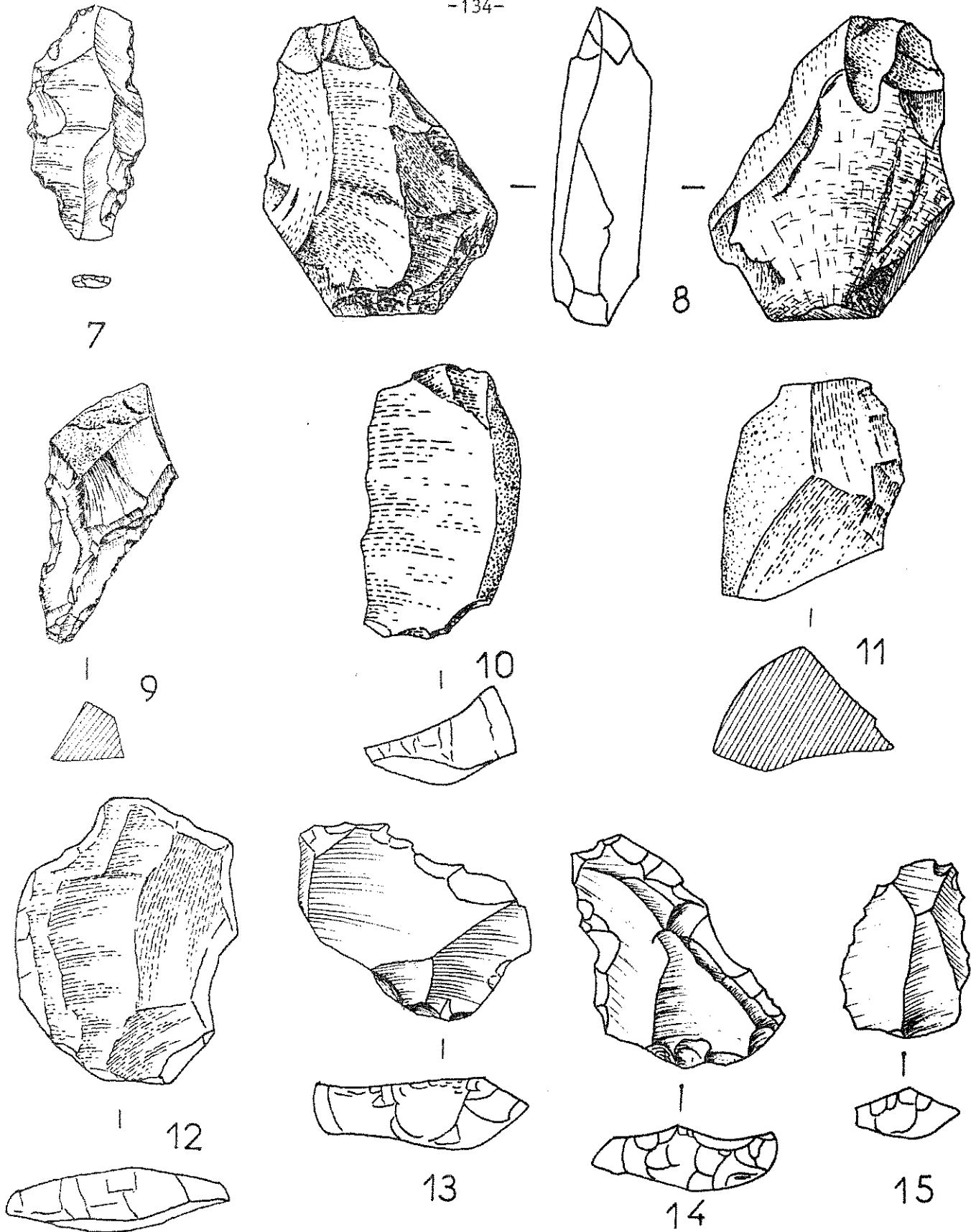


Fig.51

Industrie lithique des couches III, IVa et VI

- 7 - Eclat Levallois allongé (couche IIIa)
- 8 - Outil à retouche bifaciale distale sur éclat (couche IIIb)
- 9 - Encoche latérale (couche IVa)
- 10 - Couteau à dos naturel (couche IVa)
- 11 - Racloir simple, convexe (couche IVa)
- 12 - Eclat Levallois (couche VI)
- 13 - Pointe pseudo-Levallois (couche VI)
- 14 et 15 - Eclats à talon facetté (couche VI)

L'outillage est varié, bien que peu abondant :

- 1 - G 14 - 7 : racloir simple convexe sur face plane (Fig. 50 , n° 3)
- 2 - G 11 - 8 : racloir simple à retouches bifaces, terminé par un bec alterne (Fig. 50 , n° 4)
- 3 - I 13 - 20 : burin atypique
- 4 - G 14 - 6 : perceur typique (Fig. 50 , n° 6)
- 5 - I 16 - 71 : encoche sur pointe pseudo-Levallois (Fig. 50 , n° 2)
- 6 - I 16 - 70 : denticulé à retouche surélevée (Fig. 50 , n° 5).

3) La couche IIIa

Cette couche n'a fourni que deux éclats concassés. Un éclat Levallois allongé en silex à patine crème (Fig. 51 , n° 7) et sans doute un autre éclat Levallois en chaille grise très déformé par le concassage.

Cette seule couche témoigne de l'existence du feu par la présence d'une esquille d'os calcinée (H 15 - 7).

4) La couche IIIb

Deux éclats et un outil appartiennent à cette couche. Il s'agit d'un éclat cortical en chaille concassé, un petit éclat de quartz laiteux et un outil biface aménagé à la partie distale d'un éclat de quartzite issu d'un galet comme le précédent éclat (Fig. 51 , n° 8).

5) La couche IVa

Six pièces dont trois outils proviennent de cette couche. Les longueurs modestes sont comprises entre 3,5 et 5 cm. Les talons visibles sont lisses, à l'exception d'un talon facetté. Le concassage affecte toutes les pièces.

Les outils sont les suivants :

- 1 - H 24 - 99 : racloir latéral simple sur éclat de quartz (Fig. 51 , n° 11)
- 2 - H 15 - 94 : couteau à dos naturel sur quartzite (Fig. 51 , n° 10)
- 3 - H 15 - 113 : encoche (Fig. 51 , n° 9).

6) La couche IVb-V

a) Caractéristiques générales

Avec ses 95 pièces, l'ensemble IVb-V est le plus abondant. Deux séries peuvent être distinguées. L'essentiel du matériel, soit 88 pièces, provient d'un niveau d'occupation bien localisé en stratigraphie au contact des couches IVb et V. Le concassage y est inexistant. La reste a été retrouvé de manière beaucoup plus dispersée en altitude, comme c'est le cas dans les autres couches, le concassage est présent (Fig. 28 , n° 16), les longueurs sont comprises entre 3 et 7 cm.

L'outillage et le débitage de l'ensemble concentré du point de vue spatial présentent une homogénéité technique indéniable et un état de fraîcheur qui contraste avec celui des autres couches. Sur 49 pièces entières, éclats et outils, 40 d'entre elles ont des longueurs comprises entre 2 et 5 cm, soit : 12 de 2 à 3 cm, 19 de 3 à 4 cm et 9 de 4 à 5 cm. Quatre éclats sont inférieurs à 2 cm et cinq supérieurs à 5 cm. Aucune pièce ne dépasse 8 cm.

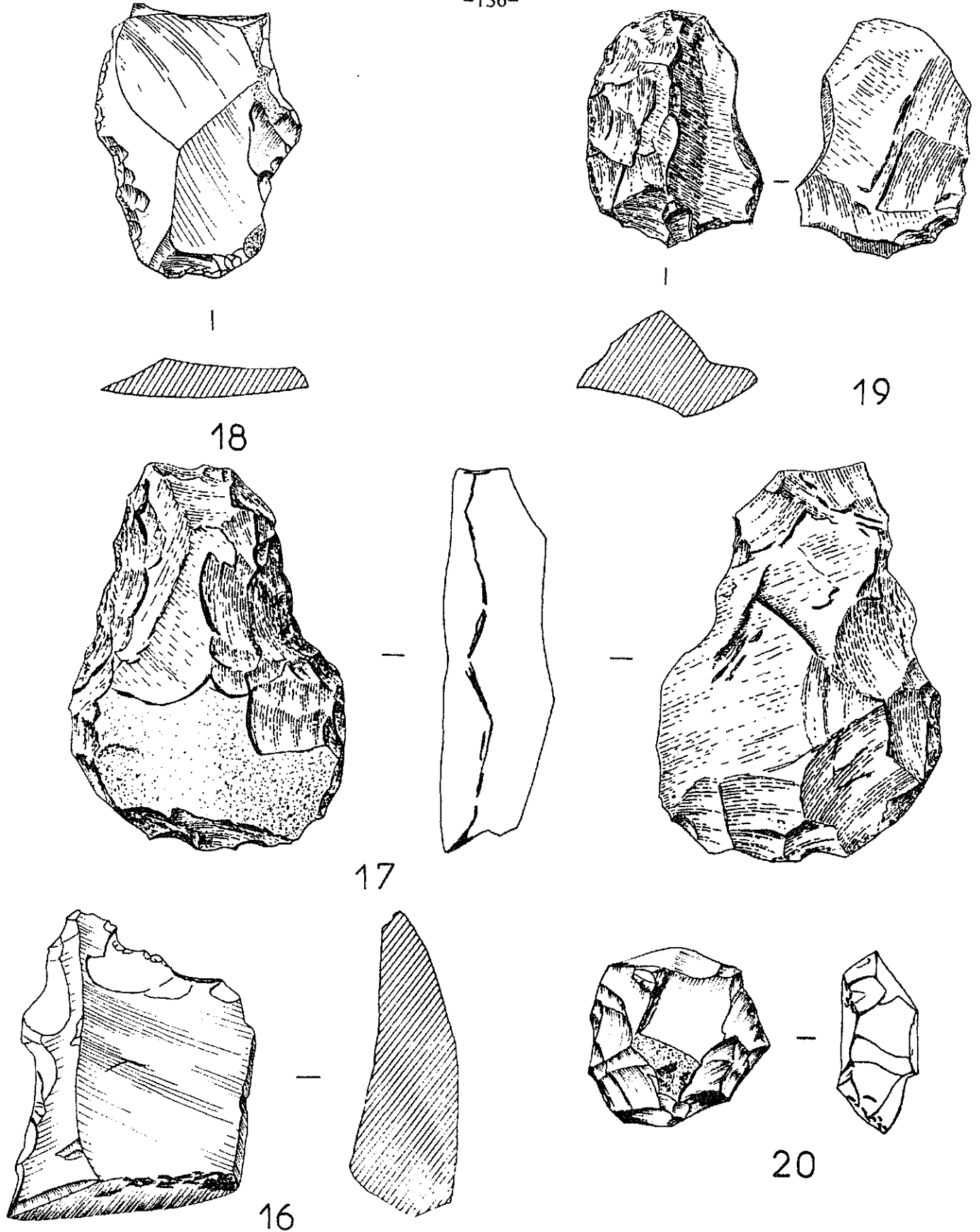


Fig.52 Industrie lithique des couches IVb-V, VII et VIIIa

- 16 - Eclat concassé (couches IVb-V, série concassée)
- 17 - Hachereau biface sur éclat de quartzite (couche VII)
- 18 - Racloir simple (couche VII)
- 19 - Racloir simple convexe à retouche bifaciale (couche VIIIa)
- 20 - Nucleus discoïde (couche VII)

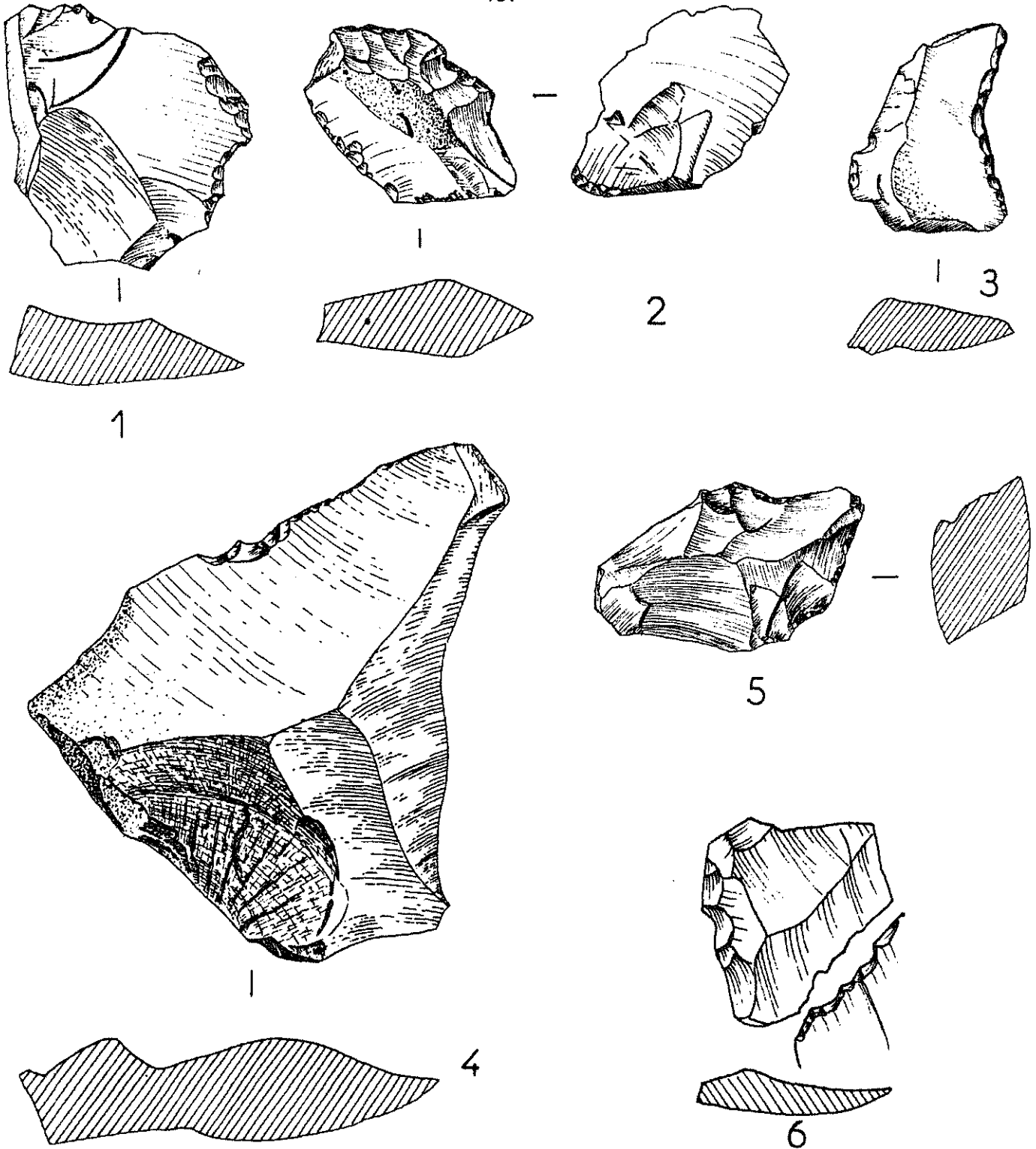


Fig.53 Industrie lithique du niveau IVb-V

- 1 - Eclat à retouche abrupte
- 2 - Racloir simple convexe associé à une encoche clactonienne
- 3 - Racloir simple concave
- 4 - Denticulé aménagé par deux encoches adjacentes
- 5 - Racloir transversal à retouche surélevée tendant au denticulé
- 6 - Denticulé par retouches minces inverses

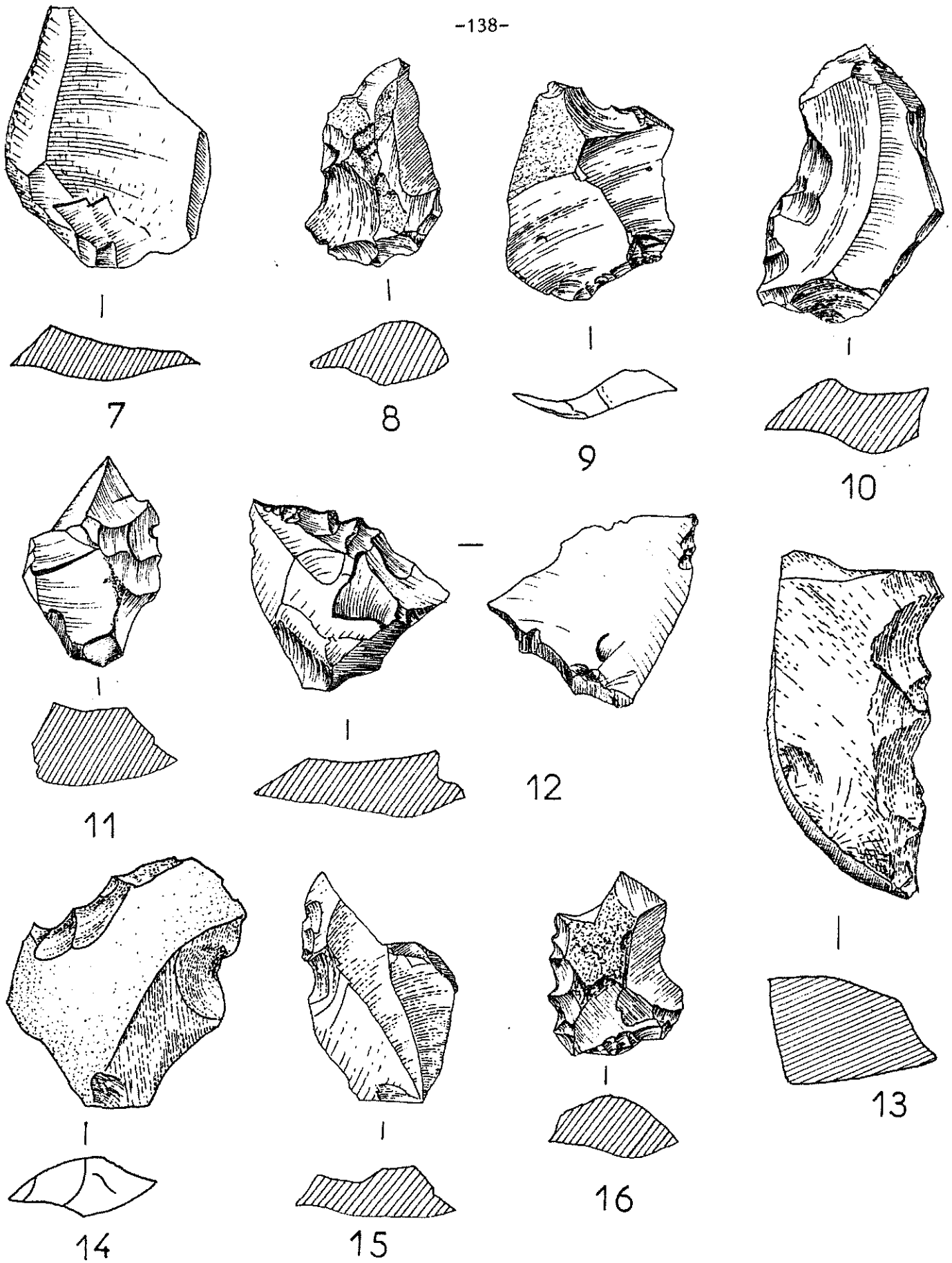


Fig. 54 Industrie lithique du niveau IVb-V (suite)

- 7 - Couteau à dos atypique
- 8 et 10 - Encoches clactoniennes
- 9 - Encoche en bout
- 11, 12 et 16 - Denticulés
- 13 - Denticulé sur face plane
- 14 - Denticulé opposé à une encoche clactonienne
- 15 - Denticulé par encoches adjacentes

Sur les mêmes bases, les rapports longueur/largeur définis d'après A. LEROI-GOURHAN et al., (1966), montrent des produits de débitage presque également répartis entre les éclats larges (20) et assez longs (26). Il n'y a qu'un éclat très large et deux éclats longs. Les lames sont absentes. Il s'agit donc d'un débitage petit et peu long qui caractérise également les supports des outils.

Sur 52 talons lisibles, les talons plans sont en majorité écrasante au nombre de 34 soit 65,5 %. Parmi ceux-ci, les talons plans larges, quelquefois clactoniens, dominant. Les talons facettés ne sont que 4 soit 7,7 %, les talons dièdres 6 soit 11,5 % et les talons corticaux 7 soit 10,5 %. Le nombre des talons illisibles, parce que cassés, est important : 22,5 % des 71 éclats et supports décomptés, abstraction faite des éclats de calcaire. Ils concernent surtout les éclats supports de l'outillage (9/32). Celui-ci a été également aménagé sur des déchets nucléiformes (3 cas).

Les bulbes sont marqués et on note la présence de quatre bulbes doubles.

Le débitage Levallois est totalement absent.

Deux nucléus unipolaires à plan de frappe préparé, semblent avoir été peu exploités (Fig. 56 , n° 27).

b) Etude typologique descriptive

Les outils sont au nombre de 35 auxquels on ajoutera deux polyèdres et une ébauche de polyèdre. Cette série est donc trop restreinte pour donner lieu à une interprétation statistique. Elle présente cependant certains caractères affirmés.

- Racloirs simples convexes	1
- Racloirs simples concaves	1
- Racloirs transversaux	2
- Burins atypiques	1
- Couteaux à dos atypiques	1
- Couteaux à dos naturels	1
- Outils à encoches	6
- Denticulés	20
- Retouches abruptes minces	2
<hr/>	
Total	35

* Les racloirs

Les racloirs sont de type simple. Un racloir simple convexe à retouches envahissantes est associé à une encoche clactonienne à la partie proximale (Fig. 53 , n° 2). Un racloir simple concave est aménagé par retouches marginales semi-abruptes. Deux racloirs transversaux ont une retouche surélevée et un front irrégulier passant au denticulé (Fig. 53 , n° 5).

* Les burins

Un burin d'angle sur déchet nucléiforme opposé à une encoche clactonienne.

* Les couteaux à dos

Un couteau à dos partiel aménagé par retouches abruptes (Fig. 54 , n° 7).

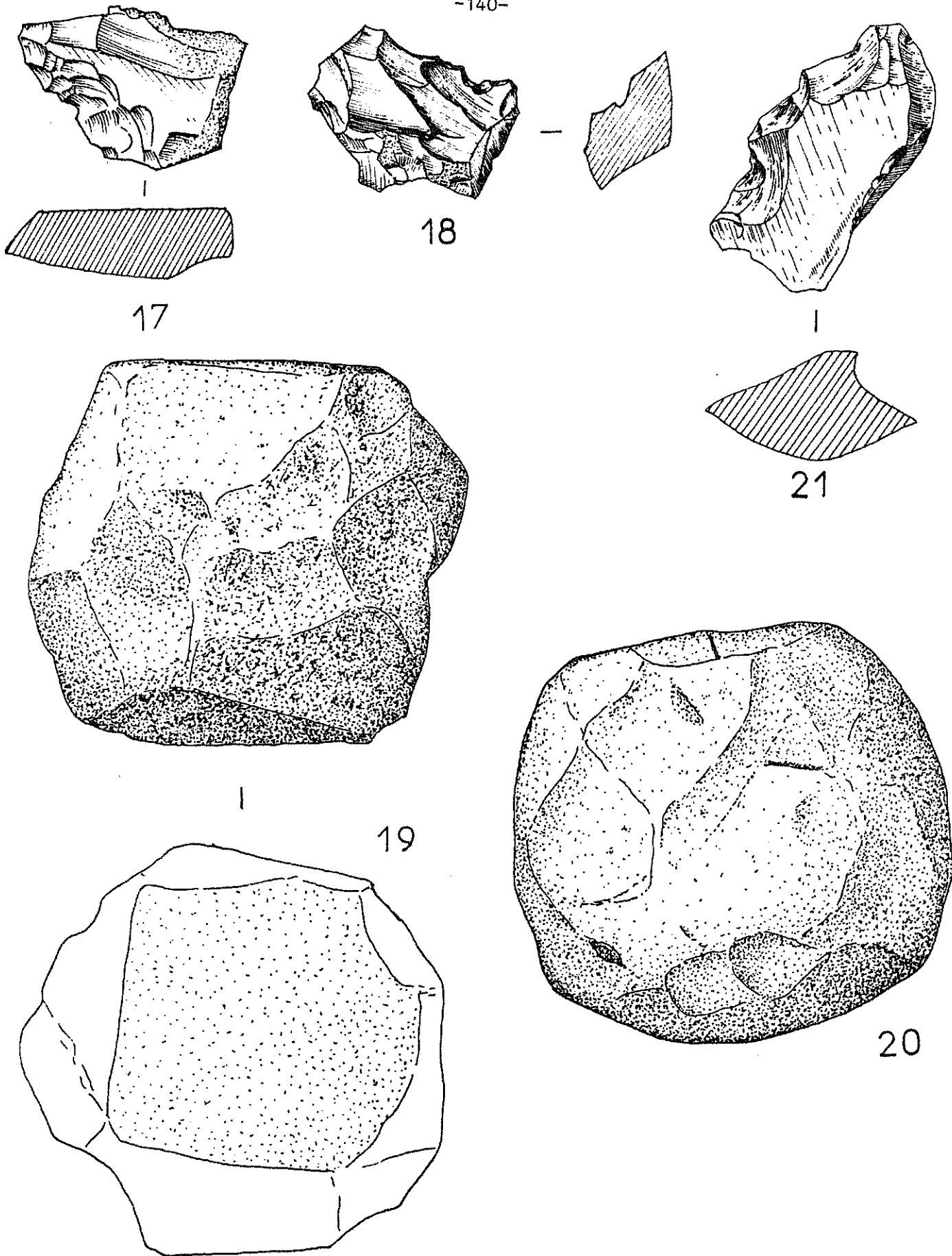


Fig.55 Industrie lithique du niveau IVb-V (suite)

- 17 - Denticulé par retouches épaisses
- 18 - Denticulé par retouches envahissantes
- 19 - Polyèdre
- 20 - Bola
- 21 - Denticulé à encoches clactoniennes

* Les outils à encoches

Les encoches sont clactoniennes, directes. Elles sont aménagées en bout d'éclat (2) (Fig. 54 , n° 9), sur cassons ou déchets nucléiformes (2) (Fig. 54 , n° 8) et latérales sur éclats (2) (Fig. 54 , n° 10). Elles peuvent s'accompagner de retouches secondaires (3 cas).

* Les denticulés

Ils sont tous de type simple direct, à deux exceptions près. Deux exemplaires sont opposés à une encoche clactonienne (Fig. 54 , n° 14 et 22). Ils sont souvent réalisés sur des éclats à dos épais cortical ou non (11). Les denticulations souvent peu nombreuses (2 à 3), sont rarement bien dégagées, comme dans les n° 16 et 25 des figures 54 et 56.

- Denticulés par retouches épaisses directes (3) (Fig. 54-56, n° 16, 17 et 25).
- Denticulés par retouches épaisses directes (3) (Fig. , n° 16, 17 et 25).
- Les denticulés par retouches clactoniennes directes (5) (Fig. 54-56, n° 14, 21 à 24), inverses (1) (Fig. 54, n° 13) et surélevées (1) avec les denticulés par retouches scalariformes (3) (Fig. 54-55, n° 11, 12, 18) caractérisent cette série.
- Les encoches adjacentes directes clactoniennes (3) (Fig. 56 , n° 26) à retouche épaisse (1) (Fig. 54 , n° 15) ou mince (1) (Fig. 53 , n° 4) sont également bien représentées. Elles ne dégagent jamais de bec bien individualisé.

* Polyèdre et bola

Trois pièces justifient cette appellation. La première, de forme sub-sphérique, a un diamètre de 75 mm et un poids de 783 g. Les deux faces opposées parallèles du galet dont il est tiré, sont encore existantes et diamétralement opposées. Les facettes et les arêtes vives des éclats de régularisation sont visibles sur toute la périphérie (Fig. 55 , n° 19). La seconde a un diamètre de 80 mm et un poids de 804 g. Sa forme, beaucoup plus régulière et sphérique, s'accorde avec celle des bolas. La face polie du galet n'apparaît que sur quelques cm² alors que les arêtes ont été régularisées par percussion (Fig. 55 , n° 20). Cette pièce paraît être la forme la plus achevée de cet ensemble dont nous possédons une ébauche fracturée (poids 445 g) déjà citée.

* Comparaisons

Le petit nombre d'outils interdit un diagnostic approfondi. La représentation des outils du groupe moustérien est faible, les racloirs sont de type simple. Etant donné la proportion écrasante des denticulés et des encoches et l'inexistence du débitage Levallois, la couche IVb-V pourrait se rattacher à un Moustérien à denticulés de débitage non Levallois à talons très peu facettés. Les retouches surélevées et les encoches clactoniennes caractérisent cet outillage où les denticulés par encoches retouchées sont absents. Elles lui donnent un aspect archaïque. Cette industrie ne trouve de comparaisons en Franche-Comté dans les dépôts en grottes du Würm ancien, ni dans les séries numériquement peu importantes à débitage Levallois prononcé de la Grotte de Casamène (P. PETREQUIN, J.F. PININGRE, J.P. URLACHER, 1975) ou de Gondanans-les-Moulins, ni dans celle de Rurey évoquant un Moustérien typique (J.F. PININGRE et M. VUILLEMEY, 1976). Certaines caractéristiques du Moustérien à denticulés de la couche XVI de Gigny (Jura) rappelleraient cette série. Techniquement, l'indice Levallois et le facettage sont faibles, ainsi que l'indice laminaire. Typologiquement, les racloirs sont peu abondants et les types d'outils peu nombreux. Encoches et denticulés (43 % essentiel) quoique bien représentés, sont inférieurs aux proportions d'Echenoz, mais les pointes pseudo-Levallois y sont abondantes (37,2 % essentiel).

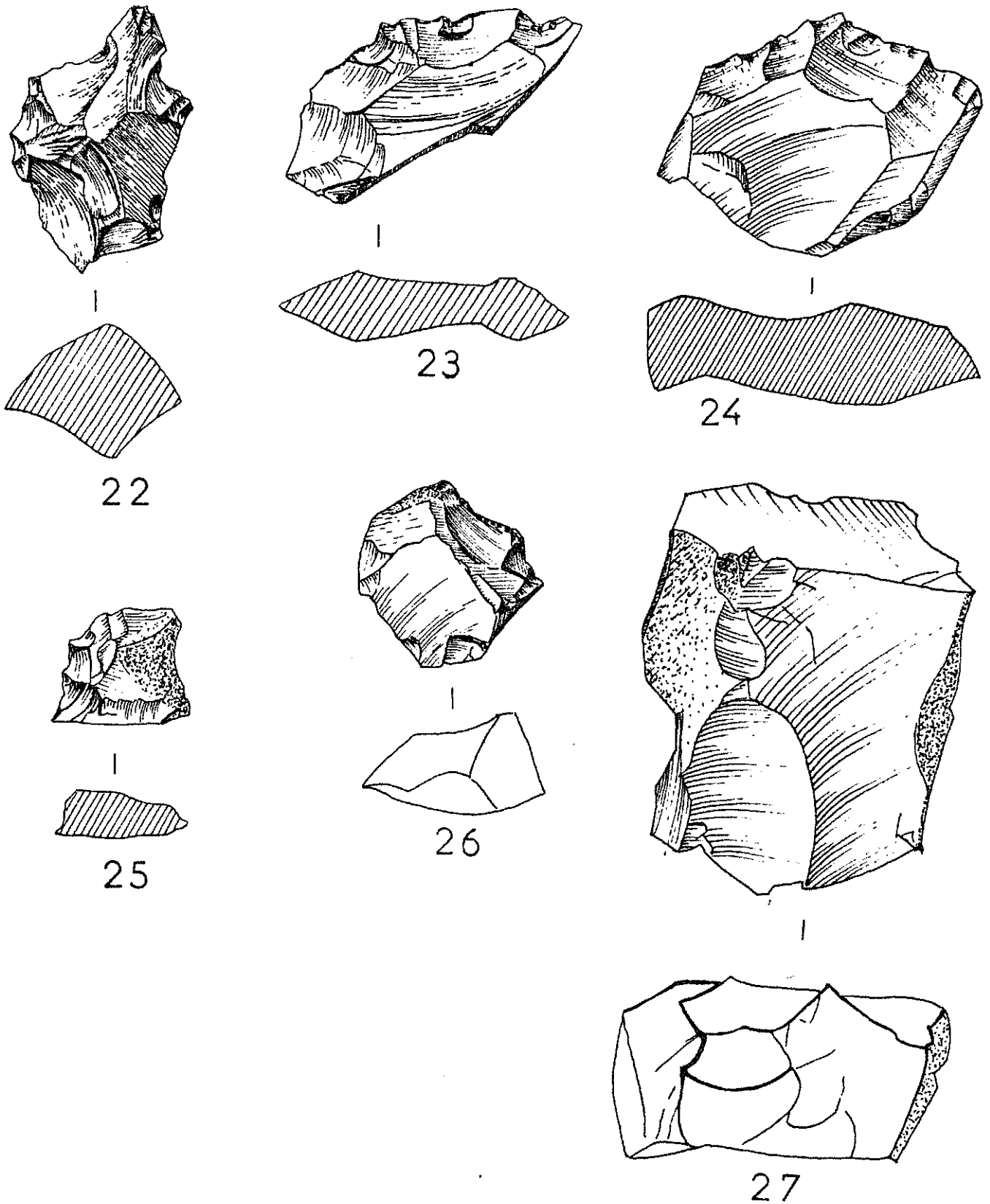


Fig. 56 Industrie lithique du niveau IVb-V (suite)

- 22 - Denticulé opposé à une encoche clactonienne dégageant un museau
- 23 et 24 - Denticulés à encoches clactoniennes
- 25 - Denticulés
- 26 - Denticulés par encoches adjacentes
- 27 - Nucleus

La proportion des denticulés du niveau IVb-V est toujours très forte par rapport aux décomptes réels ou essentiels des Moustériens à denticulés que l'on pourrait lui comparer. On peut se demander si l'aspect sélectif de l'industrie, indépendamment du petit nombre de pièces considéré, ne pourrait en partie résulter du style d'occupation très éphémère lié à un type d'activité ou (et) d'une répartition spatiale privilégiée de l'outillage, comme la physionomie du niveau pourrait nous autoriser à le croire.

7) La couche VI

Avec six pièces recueillies nous retrouvons un matériel numériquement plus proche de celui des couches supérieures à IVb. Trois éclats de chaille (Fig. 51 n° 14 et 15), un éclat Levallois en quartzite à grain grossier (Fig. 51, n° 12) et deux pointes pseudo-Levallois en chaille (Fig. 51, n° 13) sont profondément concassés. Quatre talons sont facettés. Les longueurs sont comprises entre 2,5 et 5 cm.

8) La couche VII

Le matériel est peu concassé.

- H 11 - 98 : petit nucléus discoïde en silex gris veiné (Fig. 52, n° 20)
- H 13 - 375 : hachereau biface en quartzite issu d'un galet (Fig. 52, n° 17)
- H 15 - 155 : racloir latéral convexe (Fig. 52, n° 18).

9) La couche VIIIa

Elle n'a fourni qu'un seul outil. Un racloir biface en quartzite à grain grossier (Fig. 52, n° 19).

Conclusion sur l'industrie lithique

=====

L'étude de l'outillage d'Echenoz-la-Méline révèle une occupation discrète mais continue de tous les niveaux du Würm ancien.

Certaines constantes comme *la diversité de matière première utilisée, la petitesse du débitage* reflètent *la difficulté de l'approvisionnement* et sont de règle dans les Moustériens en grotte du Nord de la Franche-Comté. Mis à part le niveau IVb-V, l'outillage très concassé quelle que soit la nature du remplissage, peu abondant, aux produits de débitage et aux nucléus rares, n'appartient pas à des niveaux précis. On a déjà évoqué la possibilité *d'installations de courtes durées* et d'occupations situées dans la partie antérieure du porche détruite par une érosion régressive de la falaise comme le montre l'étude géologique.

Techniquement et typologiquement, à titre indicatif, les niveaux I à IVa et sous-jacents à V se distinguent de ce dernier. Le facettage des talons est plus fréquent : 11/36 soit 30,5 %, notamment dans le niveau VI. Ce pourcentage reste modeste si l'on admet que le concassage a pu en augmenter le nombre. Le débitage Levallois, présent dans les couches IIIa, VI et dans le " Clocher " par des éclats typiques, est moins abondant qu'à Casamène et dans les sites alpins notamment à Préletang, attribué au Riss-Würm et aux Eugles (M. MALENFANT, 1976).

Les pointes pseudo-Levallois se retrouvent dans plusieurs niveaux.

Typologiquement, l'industrie y est plus variée, les racloirs sont les plus nombreux, de type simple ou biface. La retouche quina est absente. Ces remarques ne font que préciser l'originalité du niveau IVb-V par rapport aux autres couches.

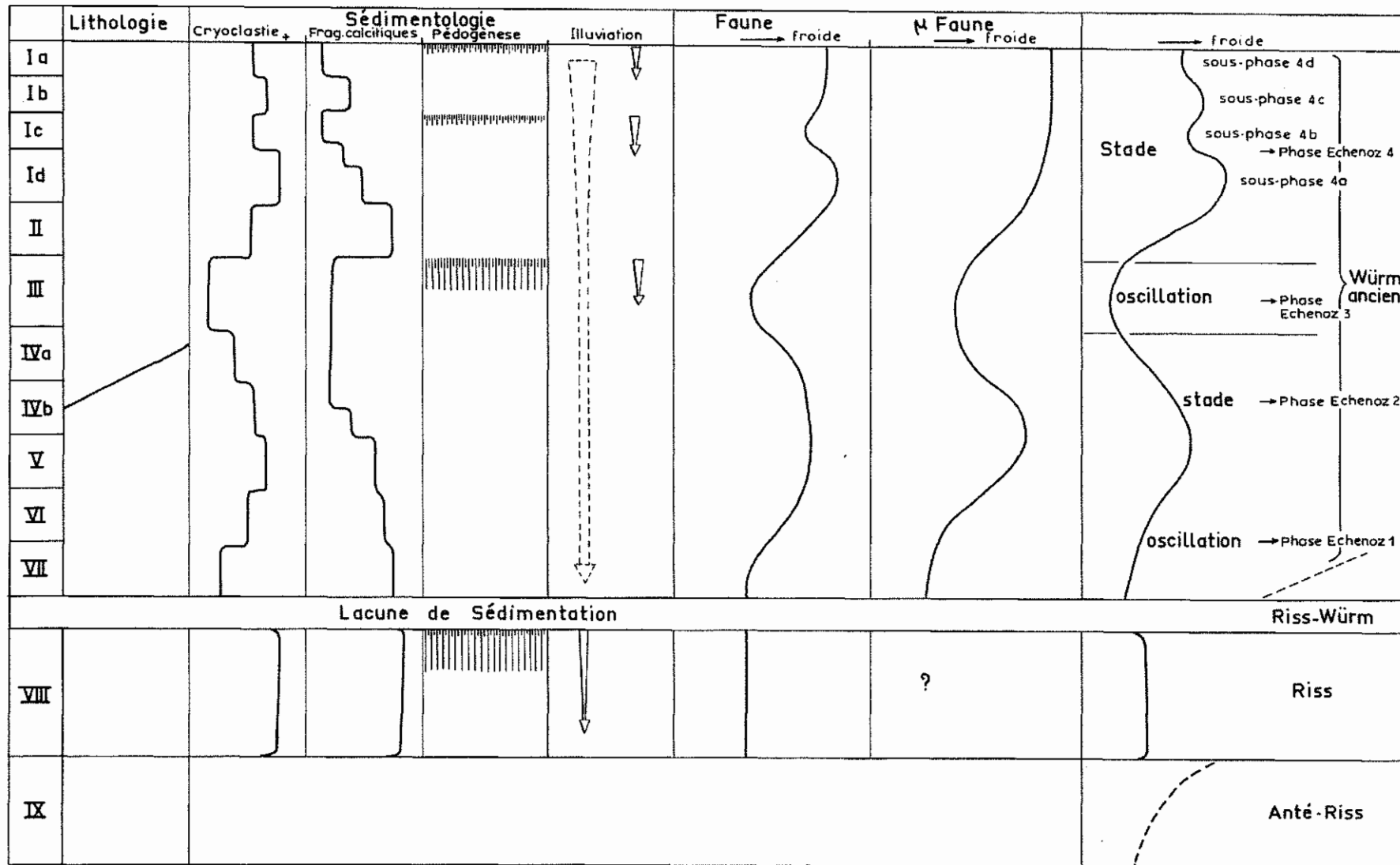


Fig.57 Echenoz-la-Méline : Synthèse des données chronologiques et paléoclimatiques

VII. - CONCLUSIONS SUR LE GISEMENT DE LA BAUME D'ECHENOZ-LA-MELINE

A) Position chronologique du remplissage

=====

Les données sédimentologiques et surtout paléontologiques permettent de situer le remplissage de la Baume d'Echenoz dans la chronologie quaternaire. Deux ensembles distincts par leur lithologie et leur contenu paléontologique constituent ce remplissage.

1) L'ensemble inférieur

Il comprend les couches IX et VIII (seule cette dernière est fossilifère). Il est constitué d'un remplissage de karst profond sans couverture vers l'extérieur, de type porche ou aven, dans un environnement immédiat. Le réseau karstique est parfaitement impénétrable au moment du dépôt de la couche IX. Les influences externes commencent à se faire sentir au niveau de la couche VIII par la présence de blocs d'effondrement essentiellement calcitiques et la pénétration des populations d'ursidés pour l'hibernation. La détermination spécifique de ces ursidés a montré qu'il s'agissait d'une espèce anté-würmienne, *Ursus deningeri*. La présence de blocs d'effondrement témoigne d'importants démantèlements cryoclastiques contemporains d'un fort recul de la falaise calcaire et du porche. Nous proposons donc un âge pléistocène moyen pour la couche VIII.

2) L'ensemble supérieur (couches I à VII)

Une faune typiquement würmienne, dominée par *Ursus spelaeus*, vient brusquement relayer la faune anté-würmienne bien représentée dans la couche VIII. La présence d'industries moustériennes associées à cette faune milite en faveur d'un âge würmien ancien pour tout cet ensemble. Le passage des faunes et en particulier des ursidés anté-würmiens aux ursidés würmiens n'est pas progressif, mais brutal. Il semble y avoir une lacune importante non décelable sédimentologiquement (lacune de sédimentation) entre le sommet de la couche VIII et la base de la couche VII. Cette lacune de sédimentation intéresse en première analyse la période du Riss-Würm, mais également le tout début du Würm, comme semble l'indiquer la microfaune. En effet, d'après J. CHALINE, l'absence de *Lagurus lagurus* et d'*Allocricetus bursae*, et par contre, la présence de *Dicrostonyx torquatus* et de *Lemmus lemmus* excluraient dans la séquence d'Echenoz l'Eowürm (Würm I) et placeraient celle-ci dans le complexe froid qui suit l'interstade de Brörup (Pléniglaciaire inférieur ou Würm II).

Deux datations absolues ont été tentées par le Laboratoire du radiocarbone de Lyon (directeur J. EVIN) à partir du collogène des os. La première, réalisée à partir d'ossements issus de la couche Ib (Ly - 550) a donné un âge de 24.180 B.P. (+ 840 - 630). Considérée comme douteuse par J. EVIN, une nouvelle datation du même niveau a donné un âge " supérieur ou égal à 32.000 B.P." (Ly - 772). Le remplissage d'Echenoz sort donc des possibilités de datation du carbone 14.

B) Données paléoclimatiques

=====

Le remplissage actuel de la Baume d'Echenoz peut être considéré comme le reliquat profond d'un remplissage de porche. La falaise ayant reculé d'une vingtaine de mètres, sa destruction a provoqué également celle du remplissage initial. Ainsi, la stratigraphie étudiée présente-t-elle des caractéristiques atténuées par rapport aux couches externes détruites, cette atténuation, doublée d'une condensation quantitative, rendant les renseignements tirés de l'étude géologique assez flous, ou du moins, peu contrastés.

Cependant, la comparaison des données de la sédimentologie et des faunes de mammifères nous conduit à proposer la séquence chronologique et paléoclimatique suivante (Fig. 57) :

* Couche VIII

Couche condensée d'une période contemporaine du Pléistocène moyen. Le cortège faunistique traduit un climat de type plutôt interstadiaire (*Ursus deningeri*, *Cervus elaphus*, *Equus caballus*, *Panthera spelaea*, *Canis lupus*).

* Couches VII et VI

→ phase Würm ancien - Echenoz 1

Période tempérée froide à cachet sec. Présence de zones boisées discontinues. Tendance à une plus grande humidité et un froid plus intense vers la fin.

* Couches V et IVb

→ phase Würm ancien - Echenoz 2

Période très froide, très humide (cette humidité apparente étant probablement due à l'existence d'un permafrost bloquant les infiltrations).

* Couches IVa et III

→ phase Würm ancien - Echenoz 3

Période tempérée froide à cachet plus sec (disparition du permafrost ?). Environnement boisé discontinu avec de vastes zones découvertes.

* Couches II et I

→ phase Würm ancien - Echenoz 4

Période très froide à cachet périglaciaire humide. A l'intérieur de cette période, on peut distinguer quatre sous-phases :

- . sous-phase 4a (couche Ia)
Très froide, à cryoclastie vigoureuse et abondante.
- . sous-phase 4b (couche Ic)
Moins froide que la précédente (absence d'espèces froides chez les grands mammifères).
- . sous-phase 4c (couche Ib)
Retour du froid et des espèces typiquement froides.
- . sous-phase 4d (couche Ia)
Marquée par un léger réchauffement.

Il faut remarquer que la totalité des sédiments et des faunes fossilisées évoquent un environnement général constamment froid. Les périodes tempérées, absentes du remplissage, n'ont probablement pas donné lieu à une sédimentation.

On constate, d'autre part, qu'une différenciation de plus en plus grande des niveaux stratigraphiques s'installe vers le haut de la coupe. Ceci est peut-être dû au recul du porche, qui supprime peu à peu l'effet tampon de la grotte, en imprimant de manière plus nette les fluctuations climatiques dans le remplissage.

C) Evolution du porche de la Grotte de la Baume au cours de la genèse du

remplissage (Fig. 58)

Il est possible de reconstituer l'évolution du porche de la grotte en se basant sur les données du remplissage. Schématiquement, on peut distinguer six phases successives, disproportionnées dans leur durée et d'autant plus imprécises qu'elles sont lointaines. Nous discuterons au cours de la présentation de ces phases des certitudes et des incertitudes que leur histoire présente.

* Première phase : dépôt de la couche IX

Ces argiles puissantes (plus de 5 m localement) comblent un canyon étroit entaillé dans les calcaires encaissants. Elles représentent un faciès de karst profond, aveugle, peu ou pas ouvert sur l'extérieur. Leur accumulation n'a pu se faire qu'en période interglaciaire (perméabilité du karst) après transport par l'eau dans les fissures du karst à partir d'une part des résidus de décalcification souterrains, mais aussi et surtout, des formations pédologiques superficielles. Il est probable que, pendant cette période, une importante activité concrétionnaire de type calcitique ait eu lieu : les nombreux fragments de calcite que l'on retrouve dans le niveau VIII, immédiatement supérieur, en témoignent. Cette fissure karstique (hauteur plus de 5 m, largeur 1,5 m) communiquait avec l'extérieur par un faible orifice ne permettant pas aux agents atmosphériques, ni aux faunes d'y pénétrer. Il est probable que le remplissage contemporain formé au débouché du système, était différent du remplissage profond qui est le seul à s'être conservé : le précédent fut complètement détruit lors du recul de la falaise. Si l'on attribue au Riss la couche VIII à *Ursus deningeri*, immédiatement superposée, nous pouvons attribuer à cette phase un âge interglaciaire pré-rissien.

* Deuxième phase : dépôt de la couche VIII

Au cours de cette phase, la falaise accuse un important recul, ouvre largement le porche de la grotte, permettant ainsi aux agents atmosphériques, par les gels et dégelés successifs, de détruire les enduits stalagmitiques formés lors de la phase précédente, et même d'attaquer les calcaires du porche. Celui-ci était situé avant le mètre 20 de l'échelle longitudinale, comme en témoigne l'augmentation vers l'avant de la puissance de la couche VIII. Nous l'avons placé arbitrairement au niveau du mètre 18, mais il est possible qu'il fût encore plus avant. Ce recul important de la falaise provoque une instabilité des dépôts du porche qui subissent alors des phases d'instabilité climatique, une destruction partielle par éboulement gravitaire et solifluxion. Les ursidés contemporains utilisent abondamment la cavité comme lieu d'hibernation et c'est leur appartenance spécifique au type *Ursus deningeri* qui permet d'attribuer à cette phase une date rissienne.

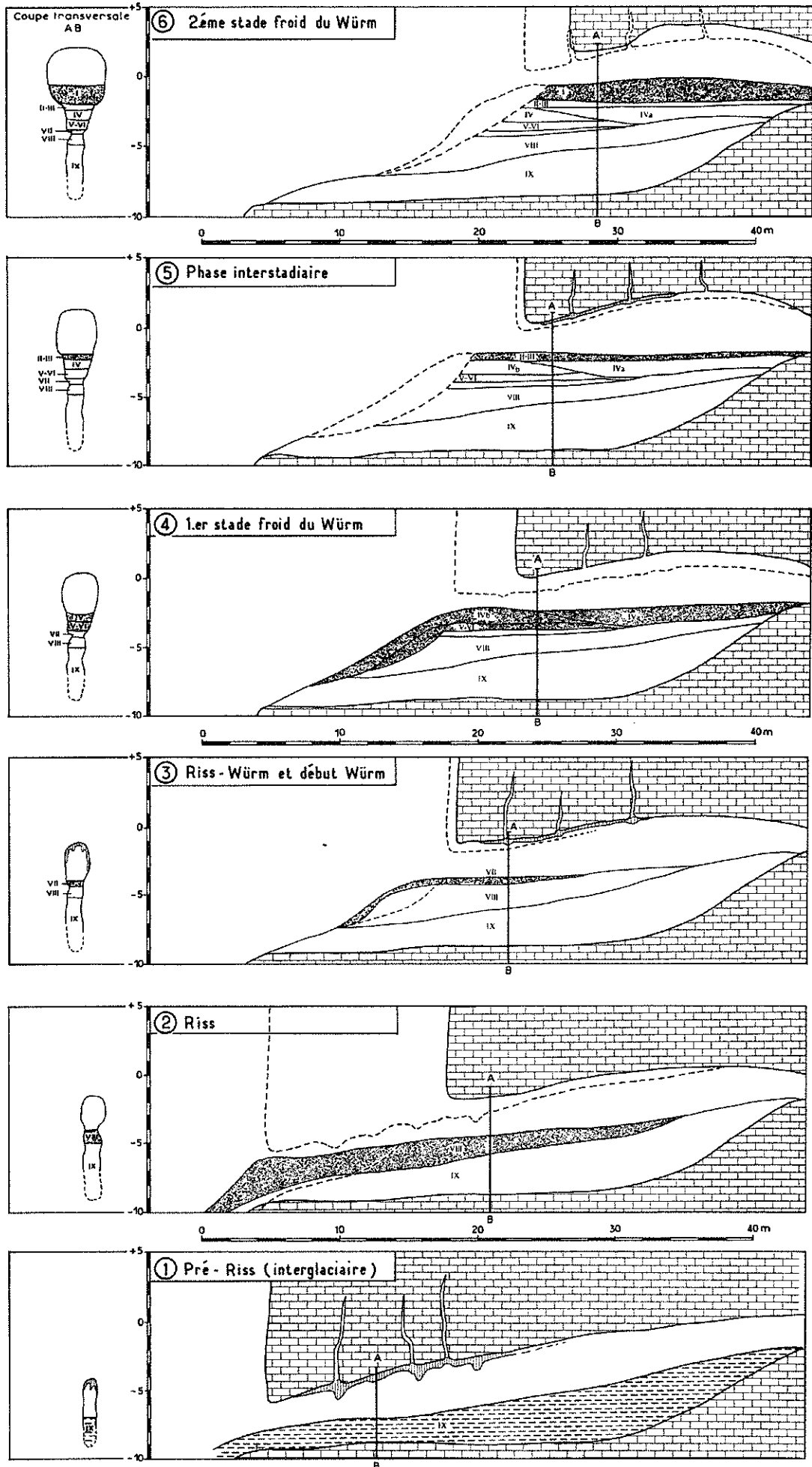


Fig.58 Evolution du porche de la grotte de la Baume au cours de la genèse du remplissage.

* Troisième phase : dépôt de la couche VII

Une amélioration climatique stabilise sensiblement l'évolution du porche, provoquant cependant en fin de phase, un dépôt réduit (0,40 m), seulement présent vers le porche et cessant aux environs du mètre 28. Un concrétionnement calcitique léger recouvre les parois de la grotte et vers la fin de la phase, une destabilisation climatique tronque le remplissage vers l'avant.

Une importante lacune de sédimentation existe entre les couches VIII et VII, cette dernière datant probablement du tout début du refroidissement würmien, comme l'attestent les faunes de mammifères. Aucune édification sédimentaire ne concrétise cette période probablement longue séparant deux espèces d'ursidés nettement distinctes. Les niveaux VIII (rissien) et VII (würmien) qui encadrent cette discordance, permettent d'attribuer un âge interglaciaire Riss-Würm à cette période non génératrice de dépôts.

* Quatrième phase : dépôt des couches IV-V-VI

Un retour relatif du froid provoque une sédimentation cryoclastique d'abord importante à l'aplomb du porche (couches IVb-V-VI) puis, celui-ci s'ouvrant plus largement vers l'extérieur, les effets cryoclastiques peuvent sévir vers l'intérieur de la grotte, permettant à la première salle d'accuser sa voûte (couche IVa). On peut estimer à 4 ou 5 m le recul de la falaise pendant cette phase froide. Les faunes découvertes dans cet ensemble lithologique permettent de lui attribuer un âge würmien ancien.

* Cinquième phase : dépôt des couches II et III

Une amélioration climatique stabilise l'évolution du porche et provoque le développement d'un enduit calcitique sur les parois. Vers la fin de cette phase, la dégradation climatique confère une instabilité aux dépôts situés au niveau du porche et ceux-ci sont partiellement détruits par solifluxion.

* Sixième phase : dépôt de la couche I

Le retour d'un froid probablement intense provoque une cryoclastie abondante qui se développe d'abord au niveau du porche, puis vers l'intérieur de la cavité, accusant la voûte de la première salle. Le début de cette cryoclastie intense est marqué par des blocs importants dont la présence est constante au toit de la couche II. Le paroxysme cryoclastique se manifeste au moment du dépôt de la couche Id, tandis que des remaniements sur place affectent les couches Ic et surtout Ib. C'est pendant cette période que les parois de la grotte s'évasent largement pour atteindre le profil caractéristique que possède actuellement la grotte, profil bien visible sur les coupes transversales.

Il est probable qu'au Würm récent, le porche de la grotte a subi de nouvelles modifications morphologiques. Mais l'absence de dépôts contemporains empêche toute reconstitution morphogénétique lors de cette période. Nous avons de bonnes raisons de penser que, avant la période historique, le remplissage fut plus important. Cependant, il ne combla jamais totalement le porche puisque les hommes de la proto-histoire pénétrèrent dans la grotte.

Conclusion

=====

Bien qu'hypothétique, cette reconstitution de l'évolution du porche de la Grotte de la Baume soulève plusieurs remarques :

1) Le porche, c'est-à-dire la falaise, a reculé de manière importante depuis le dépôt des premiers niveaux du remplissage. Nous estimons qu'il était à plus de 20 m en avant au début du Riss, à plus de 10 m en avant au début du Würm. Ces valeurs hypothétiques sont sans doute évaluées par défaut.

2) Les faciès successifs, l'horizontalité relative des niveaux, nous prouvent que les couches fouillées se sont déposées, non pas directement sous les porches successifs, mais dans l'intérieur de la grotte, là où la différenciation lithologique est la moins accentuée. Les dépôts de porche et d'extérieur ont tous été détruits lors du recul de la falaise par éboulement gravitaire et solifluxion.

3) Ces remarques expliquent, à notre avis, la faible importance des microfaunes de rongeurs ; les rapaces responsables de l'existence de cette faune par l'intermédiaire de leur pelote de rejection, nichent plus volontiers au niveau du porche, près de la falaise. Ce n'est qu'exceptionnellement, qu'une pelote est lâchée ou parvient à l'intérieur de la grotte. La rareté de l'industrie peut s'expliquer également par cette érosion régressive des falaises. Le seul niveau " riche " (couche V) a montré que la quantité des matériaux lithiques décroissait très rapidement vers l'intérieur : les hommes vivaient ou s'activaient plus volontiers aux alentours du porche et les témoignages de leur activité décroissent vers l'intérieur. Les couches les plus riches en industrie lithique ont probablement été victimes du recul de la falaise et des éboulements gravitaires destructeurs.

LA BAUME DE GIGNY / S / SURAN
(J U R A)

HISTORIQUE DES RECHERCHES

La Baume de Gigny est connue depuis longtemps en tant que gisement pré-historique. C'est en effet dès 1835, que des travaux d'extraction de guano de chauves-souris, dans les galeries profondes, y permirent la découverte de restes humains dans les niveaux superficiels. Mention en est faite dans les Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences (Paris, 1835, vol. I, p. 110). En pleine période de controverse sur l'existence de l'homme fossile, ces découvertes firent grand bruit dans le monde scientifique et les débats portèrent surtout sur le degré de fossilisation de ces ossements et le type d'encroûtement qui les recouvrait.

En 1885, E. CHANTRE fait procéder à des fouilles dans le remplissage de la grotte. Très vite, les fouilleurs constatent la présence de sépultures néolithiques dans les niveaux superficiels sur lesquels se porte l'essentiel de l'activité des recherches.

De 1966 à 1977, M. VUILLEMEY procède à un vaste sondage entre les parois de la grotte, légèrement en retrait par rapport à l'aplomb du porche. Ces travaux méthodiquement et patiemment conduits, bénéficiant d'une aide minime du service des fouilles, ont révélé l'ampleur et la qualité de ce gisement. Sur plus de 12 mètres de stratigraphie, de nombreux niveaux archéologiques ont été reconnus de l'Acheuléen aux civilisations protohistoriques. Ce qui fait cependant l'originalité et la qualité de ce gisement demeure l'importante séquence du Würm ancien (environ 6 m) ayant fourni une industrie moustérienne exceptionnelle pour la région.

I. - LE SITE

A) Situation géographique

La Baume de Gigny s'ouvre sur le flanc est de la vallée du Suran, à 1 km à l'Est du village de Graye-et-Charnay, sur la commune de Gigny/s/Suran, à 490 m d'altitude (coordonnées Lambert x = 168,00 ; y = 841,10). Le Suran, qui prend sa source à 1,5 km d'ici, près du village de Loisia, n'est qu'un maigre ruisseau drainant une large vallée à fond plat. Les dimensions disproportionnées de cette vallée par rapport au ruisseau qui la draine sont héritées de la forte érosion pro-glaciaire rissienne (moraines externes). La limite externe du glacier rissien se situait dans cette région, comme l'atteste un placage de moraine ancienne au Sud de Gigny. A une plus large échelle, la vallée du Suran est une dépression d'orientation Nord-Sud, dont le fond est à environ 370 m d'altitude et dont les sommets latéraux culminent à 550 m : c'est la zone de la " petite montagne jurassienne " se poursuivant vers le Nord par les premier et deuxième plateaux jurassiens. A 10 km vers l'Ouest, la petite montagne plonge vers la Bresse par l'intermédiaire du Revermont.

B) Situation géologique

La petite montagne possède une structure géologique bien particulière : c'est une région complexe, compartimentée par des failles de direction subméridienne. Entre chacune de ces failles, existent des " lanières " de largeur inégale, mais dépassant rarement 2 à 3 km. Ces " lanières " ont une structure monoclinale ou plus rarement plissée et les terrains qui les constituent sont, dans l'ensemble, de plus en plus récents d'Ouest en Est, allant du Trias à l'Oxfordien ou à l'Argovien vers Beaufort - St Amour, et du Jurassique moyen au Crétacé à Lains (à quelques kilomètres au Sud du gisement). Dans ces dépressions d'orientation Nord-Sud, affleurent en général les formations calcaréo-marneuses de l'Oxfordien et de l'Argovien, tandis que les crêtes qui les séparent sont constituées des calcaires du Jurassique moyen ou supérieur.

La vallée du Suran est creusée dans l'une de ces " lanières " à structure monoclinale à sub-horizontale. Sur le flanc ouest de la vallée, affleurent les calcaires du Jurassique moyen, tandis que la vallée elle-même est creusée dans les marnes et marno-calcaires de l'Oxfordien et de l'Argovien inférieur. Le flanc E de la vallée est constitué par les niveaux supérieurs de la série : calcaires marneux et calcaires de l'Argovien supérieur, puis vers le sommet, les calcaires bioclastiques du Rauracien (Fig. 59).

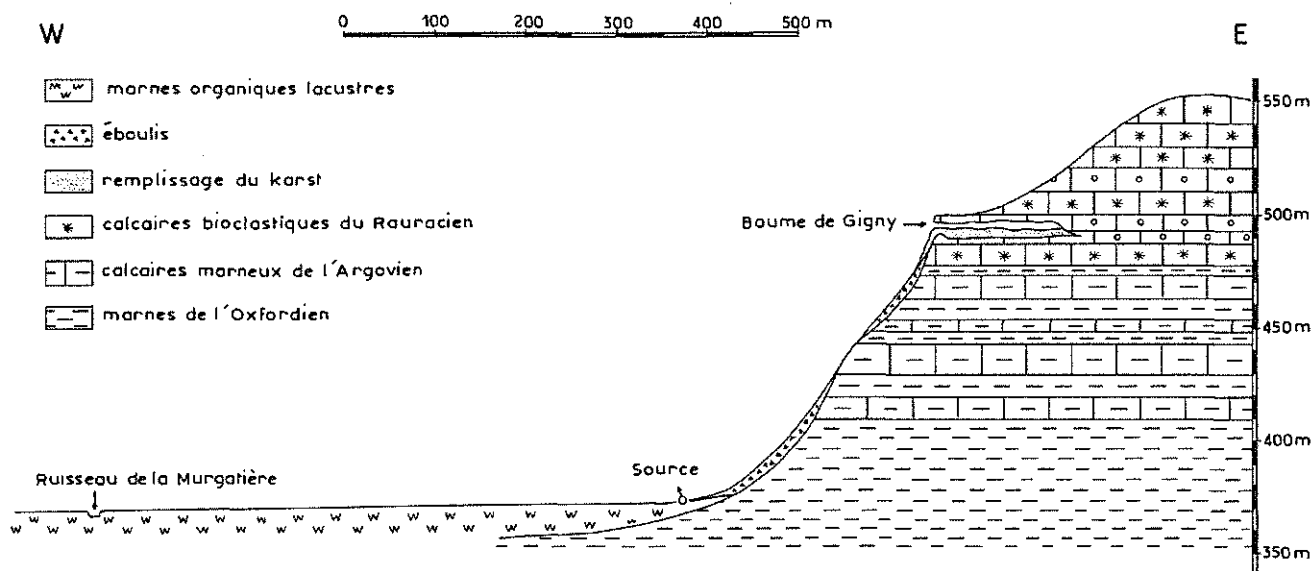


Fig.59 Coupe transversale passant par le porche de la Baume de GIGNY

C'est dans ces calcaires que se développe le réseau karstique dans lequel s'est déposé le remplissage fossilifère de la Baume de Gigny. La partie actuellement visible de ce réseau karstique se présente comme une galerie rectiligne d'environ 100 m de profondeur, d'orientation NW-SE. Le plafond de la grotte est à environ 2,5 m à 3 m du sommet du remplissage et la largeur de la galerie n'excède pas 4 m. Vers le fond, une salle un peu plus large marque la fin de la grotte pénétrable, le reste du réseau karstique apparaissant comme complètement colmaté par le remplissage.

Le fond de la vallée est colmaté par un dépôt de marnes organiques mal drainées. Il s'agit, à notre avis, d'un dépôt de type lacustre, pro ou périglaciaire. Un placage d'éboulis masque les affleurements du substrat rocheux du porche de la grotte jusqu'au pied de la falaise.

II. - STRATIGRAPHIE : ETUDE DESCRIPTIVE DU REMPLISSAGE

La fouille de la Baume de Gigny se présente comme un vaste sondage entre les deux parois de la grotte légèrement en retrait par rapport au porche. Au niveau de celui-ci, les parois ne sont distantes que de 3,5 m, tandis qu'à la limite intérieure du sondage, la grotte s'élargit pour atteindre plus de 6 m. La puissance du remplissage est de l'ordre de 12 m, si bien qu'une fois débarrassée de celui-ci, la grotte apparaît comme une vaste fissure verticale de 16 m de haut sur 2 à 4 m de large, s'évasant légèrement vers le haut.

Pour systématiser ce remplissage puissant et complexe, nous l'avons divisé en quatre ensembles bien distincts géologiquement : (Fig. 60 et 61)

- les niveaux historiques et protohistoriques (couches I à III)
- l'ensemble supérieur (couches IV à VI)
- l'ensemble moyen à industries moustériennes (couches VII à XX)
- l'ensemble inférieur débutant par un niveau calcitique (couche XXI) et se terminant au niveau du plancher rocheux (couche XXVIII).

A) Les niveaux historiques et protohistoriques

=====

→ *Couche I : 10 cm. Niveau superficiel de terre humique et de déblais.*

→ *Couche II : 50 cm. Couche du Moyen Age avec alternances de petits foyers et lits de chaux. Présence d'un mur cimenté orienté N-S, servant à défendre l'entrée (des mortaises très visibles de chaque côté du porche devaient recevoir les éléments d'une palissade en bois). Lors de la construction de ce mur, la partie supérieure des niveaux protohistoriques sous-jacents a été détruite.*

→ *Couche III : 50 à 80 cm. Couche protohistorique constituée par une succession de foyers alternant avec des lits de cendre blanchâtre très compacts. Au sommet de ce niveau, présence d'un tesson de céramique décoré datant de la Tène. Tout le reste du matériel recueilli appartient au Bronze ancien. Ce niveau III s'articule sur la couche IV par l'intermédiaire de deux fosses d'une vingtaine de centimètres de hauteur et de 40 cm de largeur. Cet épais niveau semble avoir été maintes fois remanié à l'âge du Bronze. Dans le carré I 6, une coupure verticale très nette semble correspondre à une fosse peu profonde, creusée à l'époque du Bronze, comme le prouve le mobilier recueilli.*

B) L'ensemble supérieur

=====

→ *Couche IV : 40 cm à l'avant du porche, se réduisant progressivement vers l'intérieur. Sa partie supérieure est remaniée par des aménagements artificiels des époques protohistoriques.*

Sa partie inférieure a un léger pendage (15°) allant en s'accroissant vers l'extérieur. (Fig. 62)

Une matrice pulvérulente, tufacée, calcaréo-argileuse, de couleur claire (B 61), finement litée localement, englobe des éléments grossiers, blanchâtres, constitués de calcaires et de fragments concrétionnés, disposés en lits parallèles et se raréfiant vers l'avant où ce niveau devient moins grossier.

Il repose directement sur le niveau sous-jacent par une zone de transition peu nette, sauf vers l'intérieur de la grotte où existe entre les deux un mince plancher stalagmitique feuilleté, peu cohérent.

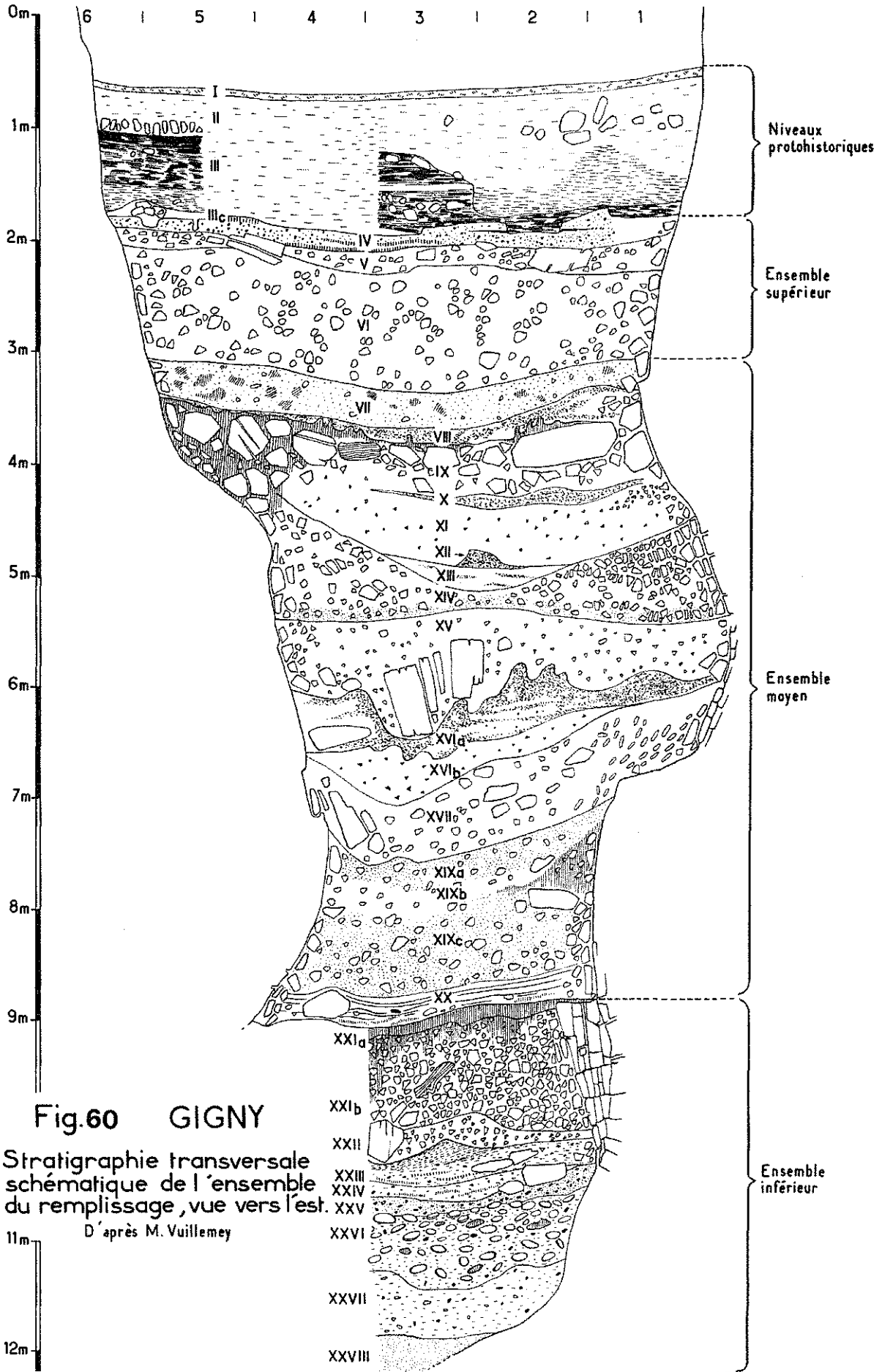


Fig.60 GIGNY

Stratigraphie transversale
schématique de l'ensemble
du remplissage, vue vers l'est.

D'après M. Vuillemy

11m
12m

→ Couche V : 20 cm se réduisant très légèrement vers l'extérieur où elle se dilue progressivement comme les niveaux sus et sous-jacents. Léger pendage (15°) vers l'extérieur.

Cailloutis abondants, quelques blocs disséminés (blocaille), assez émoussés, englobés dans une matrice argileuse de couleur gris-brunâtre (C 81).

→ Couche VI : 1,20 m. Léger pendage vers l'extérieur.

La structure de cet épais niveau est très homogène de haut en bas. C'est une blocaille calcaire formée de cailloux aux angles nettement émoussés, de dimensions rarement supérieures à 7 ou 8 cm, disposés sans orientation particulière (ceci est spécialement visible pour les cailloux allongés) et englobés par une matrice argileuse brun-rouge, aérée et granuleuse.

Aucune différence constitutive n'est visible ni en coupe longitudinale, ni en coupe transversale dans tout le volume fouillé. Et le remplissage ne semble pas particulièrement plus grossier au niveau des parois.

C) L'ensemble moyen à industries moustériennes (Fig. 60 à 63)

=====

→ Couche VII : 40 cm de puissance au flanc de la coupe profonde, se réduisant progressivement au niveau des carrés F pour disparaître et se diluer vers l'avant.

Structure grumeleuse grossière, discontinue : l'essentiel des éléments fins de cette couche est induré en blocs de forme arrondie pouvant parfois dépasser 5 cm de diamètre. Couleur brune.

De rares fragments calcaires très altérés sont inclus dans les indurations argileuses ou libres, surtout à la partie supérieure de la couche.

Localement, et en particulier au niveau des carrés H 5, H 4 et G 5, un plancher stalagmitique discontinu scelle la partie supérieure de cette couche.

→ Couche VIII : 10 à 20 cm de puissance, elle est absente contre la paroi nord. Léger pendage vers l'extérieur, comme d'ailleurs toutes les couches sus-jacentes. Couleur foncée brun-rouge (E 72).

Nature essentiellement argileuse, structure compacte non aérée, très " tassée ". Quelques éléments calcaires et calcitiques très altérés sont présents.

→ Couche IX : puissance très variable : de 10 cm à 70 cm.

Elle est constituée par une épaisse zone calcifiée extrêmement dure, scellant de très gros blocs et un cailloutis anguleux.

Quelques zones plus meubles sont riches en ossements de microfaune et en esquilles osseuses.

→ Couche X : 10 cm. C'est une mince lentille argileuse présente seulement vers l'intérieur de la grotte (carrés H) et dans la zone centrale (carrés 2, 3 et 4).

De couleur brun-foncé, elle est essentiellement argileuse, mais englobe cependant quelques rares fragments calcaires altérés.

→ Couche XI : 30 cm de puissance vers l'intérieur de la grotte, se réduisant progressivement jusqu'à disparaître vers l'extérieur, où elle se mêle à la couche IX qui vient s'appuyer sur elle. Les couches IX, XI, XII et XIII se diluent vers l'avant en s'amincissant en un niveau confus où il est difficile de distinguer chacune d'elles, cette homogénéisation de structure étant renforcée par la bréchification de la couche IX.

Elle est composée d'un cailloutis cryoclastique assez abondant englobé dans une matrice argileuse de couleur relativement claire.

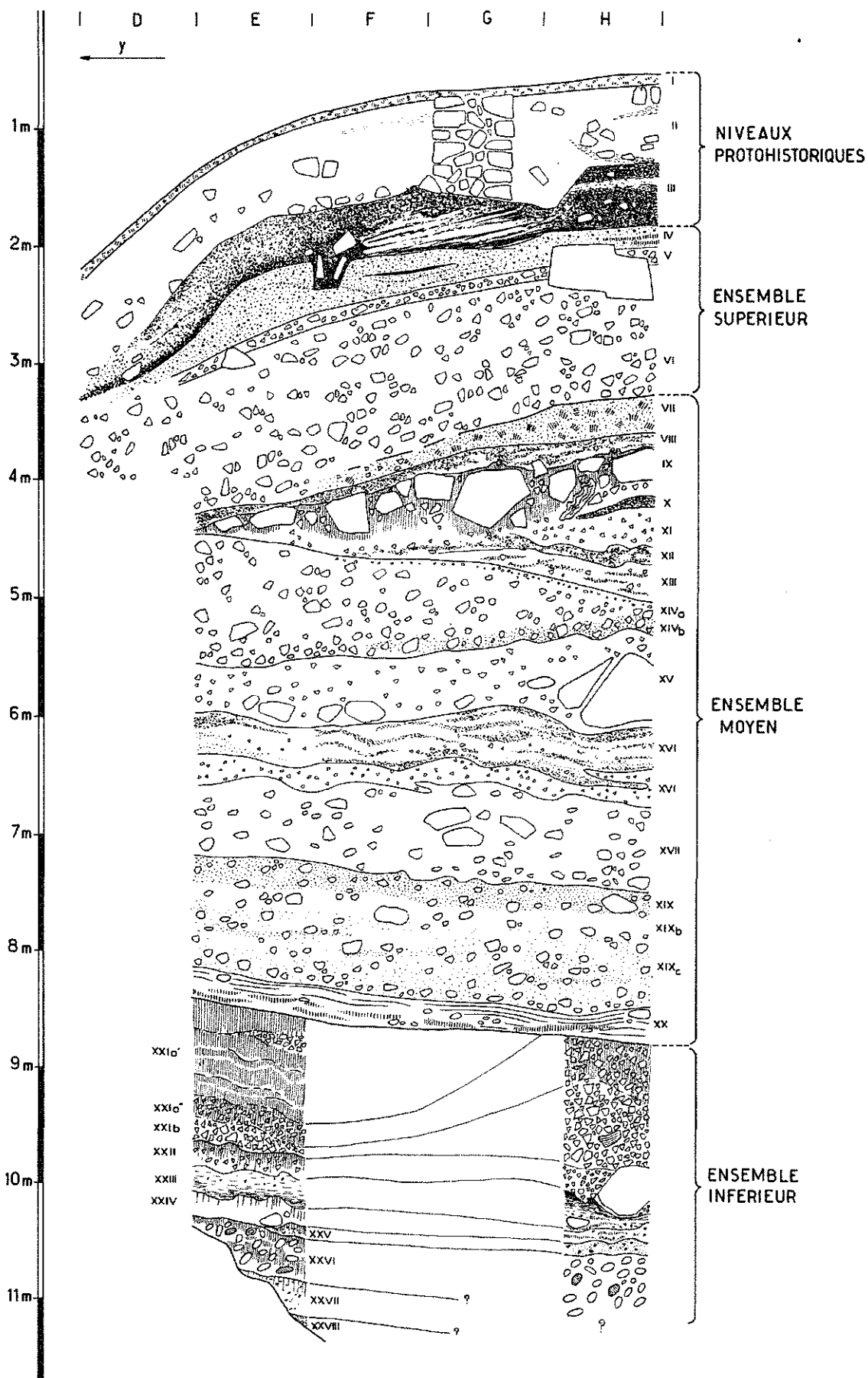


Fig.61 GIGNY : Stratigraphie longitudinale schématique de l'ensemble du remplissage, vue vers le nord. (D'après M.VUILLEMEY)

→ Couche XII : 15 cm de puissance. Elle apparaît comme un reliquat de couche initialement mieux représentée. Elle occupe une zone longitudinale centrale (carrés F 3, G 3, H 3) de 50 cm de large sur 2 à 3 cm de long.

Elle se dilue progressivement vers l'avant du porche avec les couches XI et XIII qui l'encadrent.

De nature essentiellement argileuse, de couleur brun-rouge, elle contient cependant quelques fragments calcaires altérés.

→ Couche XIII : 20 cm de puissance maximum, elle semble occuper, comme la couche précédente, un fond de ravinement longitudinal. Elle est mieux représentée vers l'intérieur que vers l'extérieur et son pendage faible, incliné vers l'intérieur, semble lui être imposé par la couche sous-jacente XIV.

De couleur plus claire (D 64) elle contient une proportion notable d'éléments calcaires anguleux dans une matrice argileuse meuble.

→ Couche XIV : Puissante de 1 m contre les parois et vers l'extérieur, elle a tendance à s'amincir dans la partie centrale et vers l'intérieur, formant un talus important au niveau des carrés externes (E 1 → E 5).

Un mince niveau graveleux de 15° de pendage intérieur et pouvant constituer le reliquat de son tronçage la délimite nettement de la couche supérieure.

Il peut sensiblement se diviser en deux horizons : l'un supérieur (XIVa) à éléments calcaires cryoclastiques abondants surtout contre les parois où la limite entre remplissage et roche encaissante est progressive sur 30 à 40 cm et matrice argileuse réduite de couleur claire, et un horizon inférieur plus riche en matrice argileuse et de teinte plus foncée.

La forme déprimée du toit de cette couche peut être la résultante d'une alimentation en éléments géliques plus abondante des parois qu'au centre, mais aussi d'un ravinement central et vers l'intérieur, postérieurement à son dépôt.

L'enrichissement plus grand vers la profondeur en particules fines peut provenir d'une migration de celles-ci vers le bas au travers du remplissage grossier et lacuneux qui caractérise cette couche.

→ Couche XV : Puissance avoisinant 1 m vers le centre de la cavité et vers le fond et se réduisant progressivement vers l'extérieur et contre les parois.

La base de cette couche est constituée par de très gros blocs d'effondrement situés verticalement dans la partie centrale de la grotte, plus près de la paroi nord que de la paroi sud.

Escepté ces blocs, la texture d'ensemble de cette couche est assez homogène, formée d'un cailloutis anguleux englobé dans une matrice argileuse claire (C 63). Son aspect global rappelle les groizes périglaciaires des bases de corniches franc-comtoises.

→ Couche XVI : Couche de puissance transversale très irrégulière, allant de 30 à 50 cm. Sa base et le sommet de l'horizon supérieur (XVIa) présentent des figures de festons rappelant des phénomènes d'injection de sol mou dans un contexte périglaciaire (mollisol) ou de ravinement profond entaillant ce niveau dans le sens de l'axe de la grotte.

La fouille a reconnu deux horizons différents. L'un supérieur (XVIa) composé de lentilles d'argile grasse, cohérente, allongées dans le sens extérieur-intérieur, intercalées dans des niveaux plus clairs, plus riches en éléments calcaires. Le niveau inférieur est plus homogène (XVIb), plus riche et plus constant en éléments calcaires de faible taille (aspect de groize périglaciaire).

→ Couche XVII : D'une puissance moyenne de 60 cm, cette couche présente un léger pendage vers l'intérieur de la grotte (5°). Sa forme typique " en berceau " visible en coupe transversale traduit l'alimentation dominante à partir des parois. Cette hypothèse est confirmée par la prédominance des blocs au contact des parois et l'orientation générale des plaquettes de gel depuis le bord du remplissage jusqu'à son centre.

Du point de vue textural, cette couche apparaît comme une blocaille à gros éléments calcaires englobée dans une argile de couleur brune (E 62). Des éléments de calcaires oolithiques très altérés, friables, sont caractéristiques de cette coupe.

→ Couche XVIII : C'est un reliquat de plancher stalagmitique ou une induration locale, contre la paroi sud englobant plusieurs niveaux appartenant probablement aux couches XVII et XIX. Dans la première hypothèse, il s'intercalerait chronologiquement entre les horizons b et c de la couche XIX. Dans la deuxième hypothèse, l'induration calcitique localisée intéresserait les horizons a, b et c de la couche XIX et la base de la couche XVII.

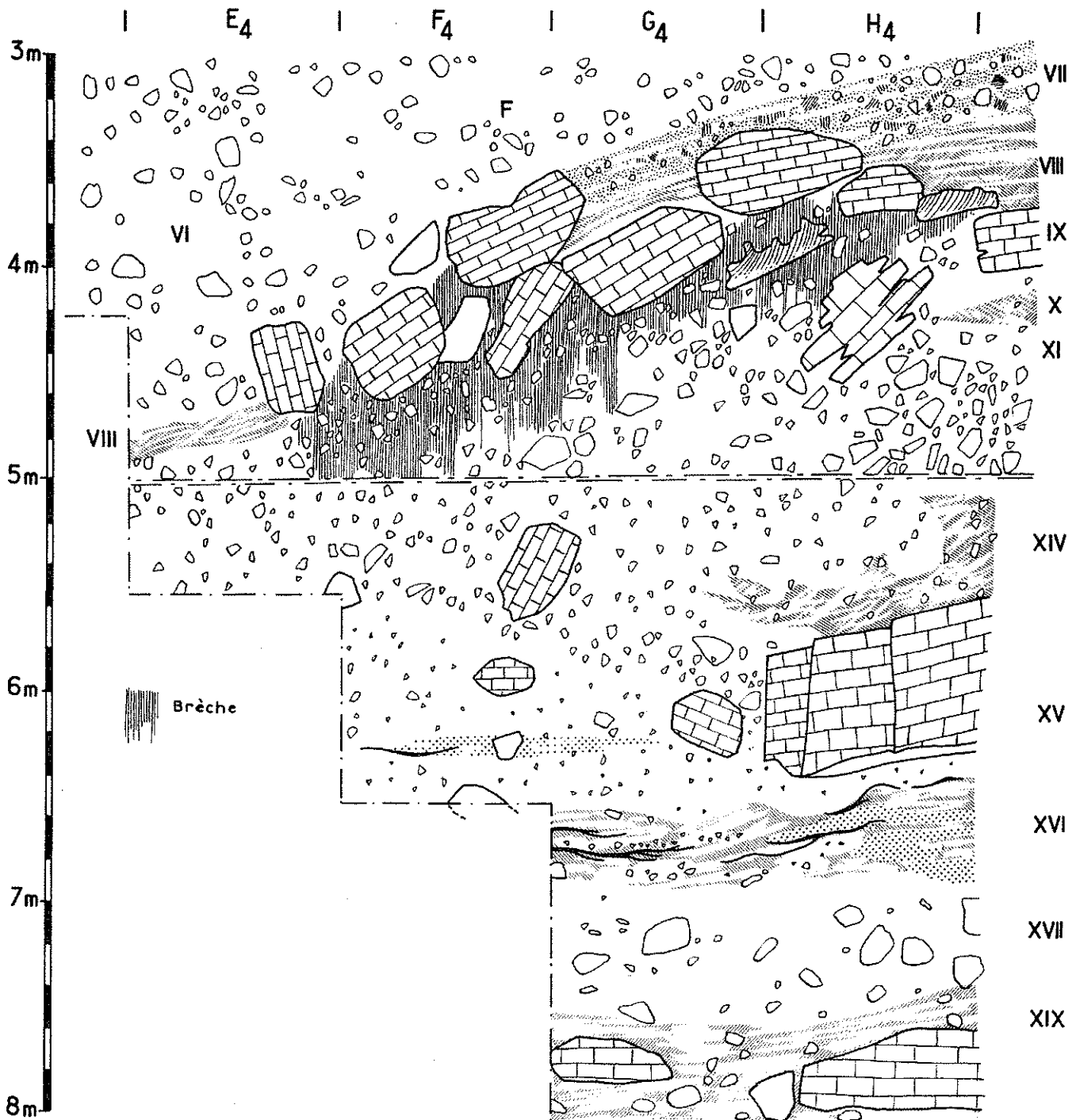
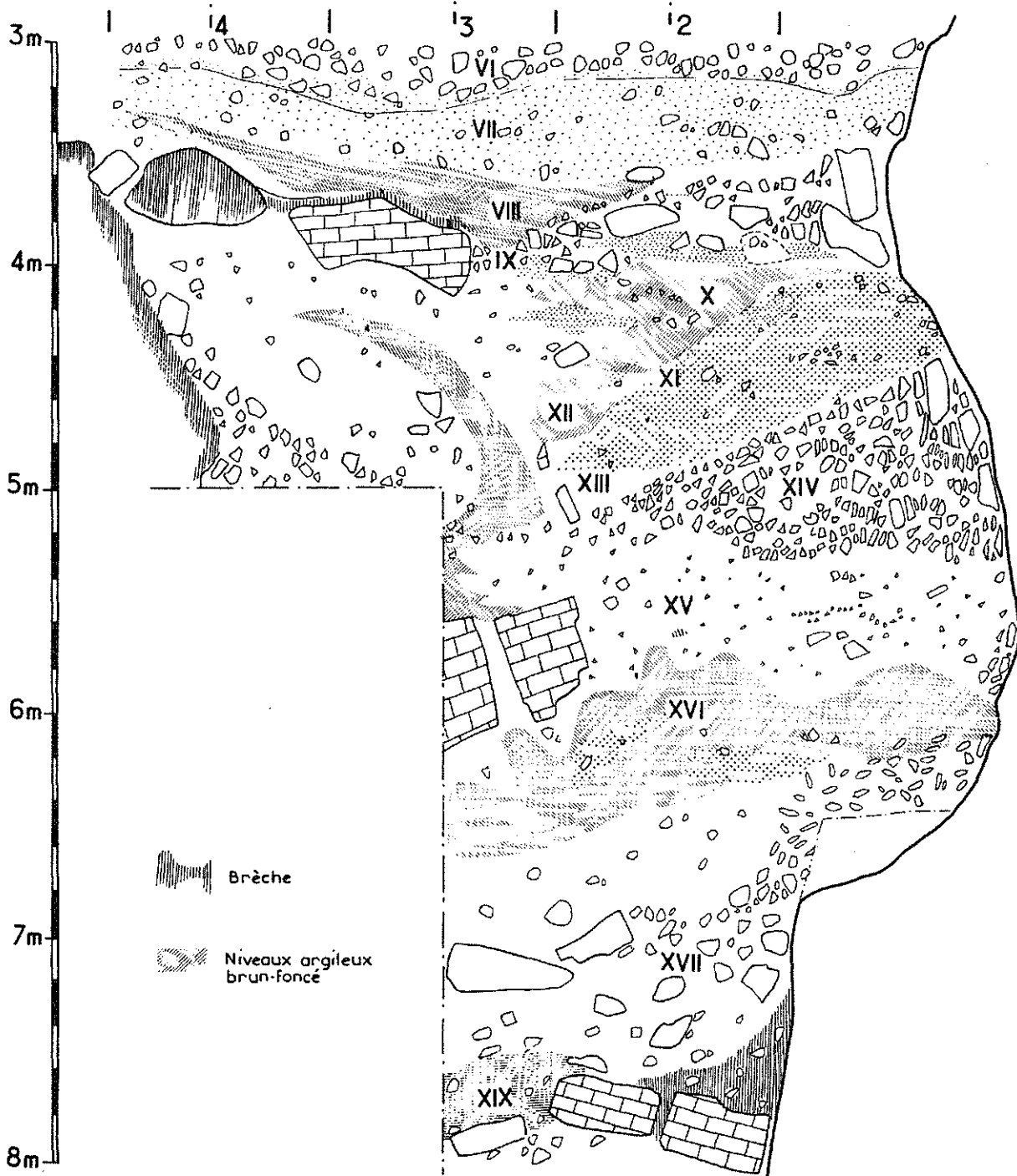


Fig.62 GIGNY : Stratigraphie longitudinale réelle de l'ensemble moyen, vue vers le nord, (entre les zones 3 et 4).

D'après M. Vuillemeys



**Fig.63 GIGNY : Stratigraphie transversale réelle de l'ensemble moyen, vue vers l'est, (entre les zones H et I).
D'après M. Vuillemey**

→ Couche XIX : C'est une couche puissante (1,20 m) présentant un léger pendage longitudinal vers l'intérieur de la grotte, et une disposition transversale " en berceau " peu accentuée. Il est assez remarquable de constater que son dépôt s'est effectué alors que le porche de la grotte était passablement rétréci comparativement aux zones inférieures et supérieures. C'est en effet à partir des niveaux supérieurs à cette couche que les parois du porche s'écartent sensiblement, surtout au niveau de la paroi sud.

Trois niveaux sensiblement différents ont été reconnus : le niveau supérieur (XIXa - 25 cm) apparaît comme une blocaille calcaire aux éléments émoussés enrobés dans une matrice argileuse brun-rouge (F 46) dont la surface supérieure est légèrement ondulée transversalement (visible en coupe longitudinale) ; le niveau moyen (XIXb - 20 cm) de couleur sensiblement plus claire que le précédent, à éléments calcaires plus grossiers ; le niveau inférieur (XIXc), le plus puissant (80 cm) ressemble au niveau supérieur : blocaille calcaire à matrice argileuse de couleur brune (H 62).

D'une manière générale, la couleur globale de cette couche XIX est plus foncée que tous les niveaux sus-jacents. Elle est d'autre part riche en éléments allochtones (galets de quartz, billes de limonite) ainsi qu'en fragments de calcite.

→ Couche XX : Puissance 25 cm. C'est une couche bien individualisée par son aspect général et par ses limites nettes avec les niveaux sus et sous-jacents. Sa base repose en effet sur un plancher stalagmitique cohérent et discontinu, légèrement incliné vers l'intérieur et la paroi nord de la grotte. Sa partie supérieure est soulignée par une pellicule d'argile brun-foncé d'un demi-centimètre d'épaisseur. Un litage pseudo-varvé affecte localement sa structure, parallèlement à ses limites inférieure et supérieure. Cette couche est indurée localement et son débit se fait par plaques cohérentes, mais friables parallèlement à la structure visible.

Malgré quelques gros blocs épars très altérés, cette couche est essentiellement représentée par une fraction fine (argilo-limoneuse).

La partie supérieure de la couche est plus claire, ocre-jaune (C 63) que la partie inférieure plus brune (D 63).

D) L'ensemble inférieur (Fig. 64 à 69)

=====

→ Couche XXI : Elle englobe deux niveaux très différents :

. Niveau XXIa : plancher stalagmitique très dur, formé de calcite cristalline très cohérente, disposé en strates massives séparées par des discontinuités visibles où se glissent des lentilles de cailloutis cryoclastiques plus ou moins soudés.

Très épais vers l'avant du sondage (80 cm), il se réduit vers l'arrière et n'existe pas au niveau des carrés H.

. Niveau XXIb : c'est un cailloutis cryoclastique libre, sans matrice argileuse interstitielle (open-work), légèrement bréchifié au contact du plancher sus-jacent et s'enrichissant progressivement en éléments fins vers le bas.

De 80 cm de puissance au niveau des carrés H, il diminue vers l'avant, c'est-à-dire à l'inverse de la calcite sus-jacente.

Les rapports entre ces deux niveaux sont singuliers : localement, le plancher calcitique semble reposer de manière discontinue sur le cailloutis inférieur, faisant penser à un affaissement postérieur à la cristallisation de cette masse calcitique. Ailleurs, il y a passage progressif entre calcite pure, cailloutis bréchifié et cailloutis libre, évoquant une cristallisation calcitique directement sur le cailloutis. A l'appui de cette thèse, il faut remarquer que la masse cristallisée adhère fortement aux parois calcaires et ne s'en est pas détachée après sa formation. La discontinuité brusque entre ces deux niveaux peut, à notre avis, mieux s'expliquer par une modification structurale du niveau inférieur : originellement plus cohérent et moins lacuneux, c'est-à-dire se prêtant bien à supporter la formation d'un plancher, il a été postérieurement lessivé et dépossédé de ses éléments plus fins que l'on retrouve vers le bas de la couche.

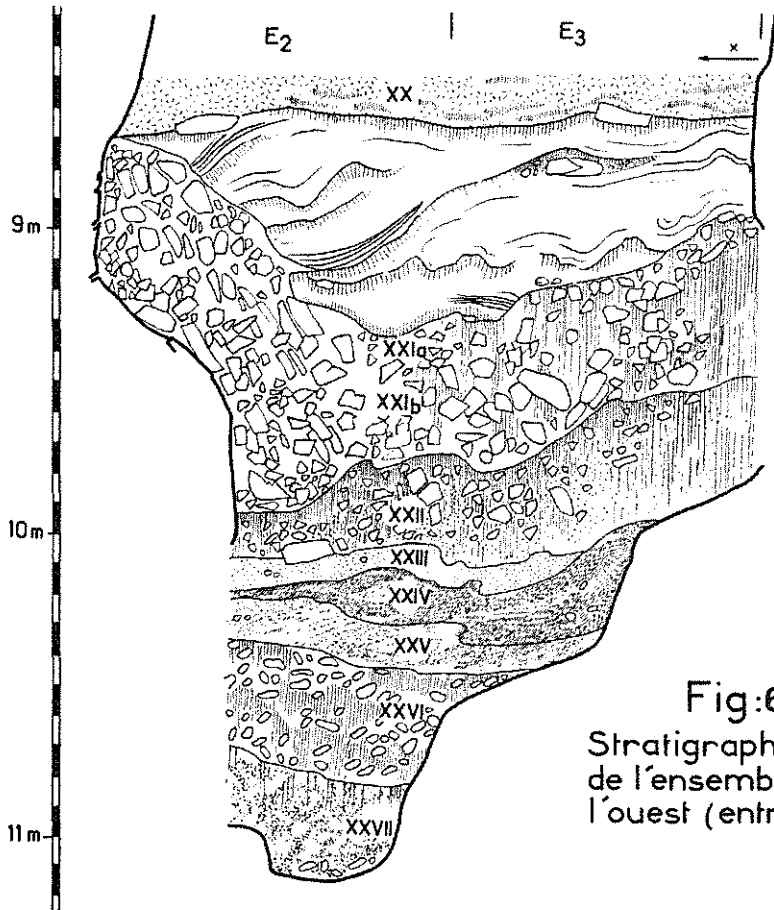


Fig:64 GIGNY
Stratigraphie transversale réelle
de l'ensemble inférieur, vue vers
l'ouest (entre les zones E et F).
D'après M. VUILLEMEY

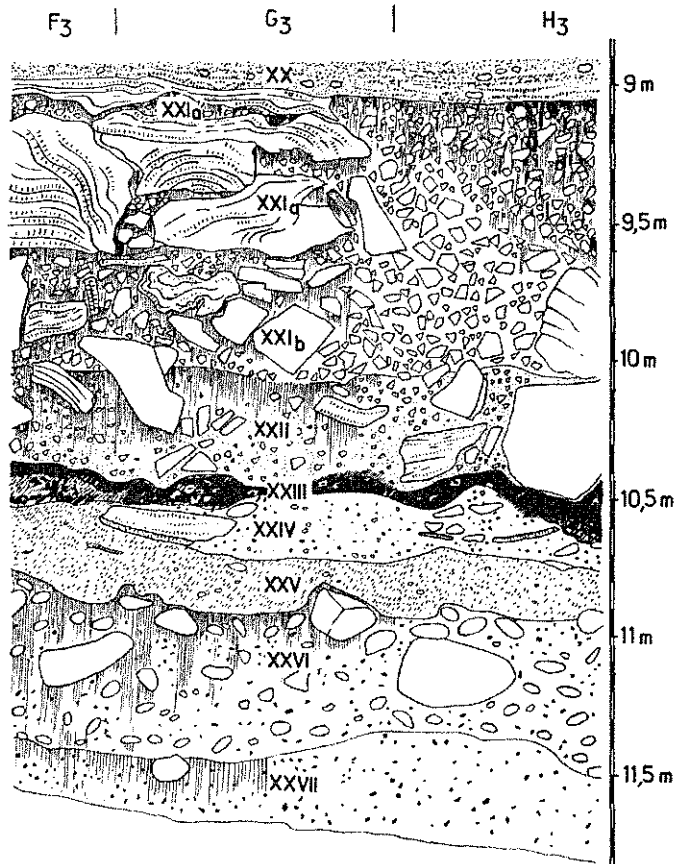


Fig.65 GIGNY : Stratigraphie longitudinale
réelle de l'ensemble inférieur, vue vers le nord,
(entre les zones 3 et 4). D'après M. Vuillemey

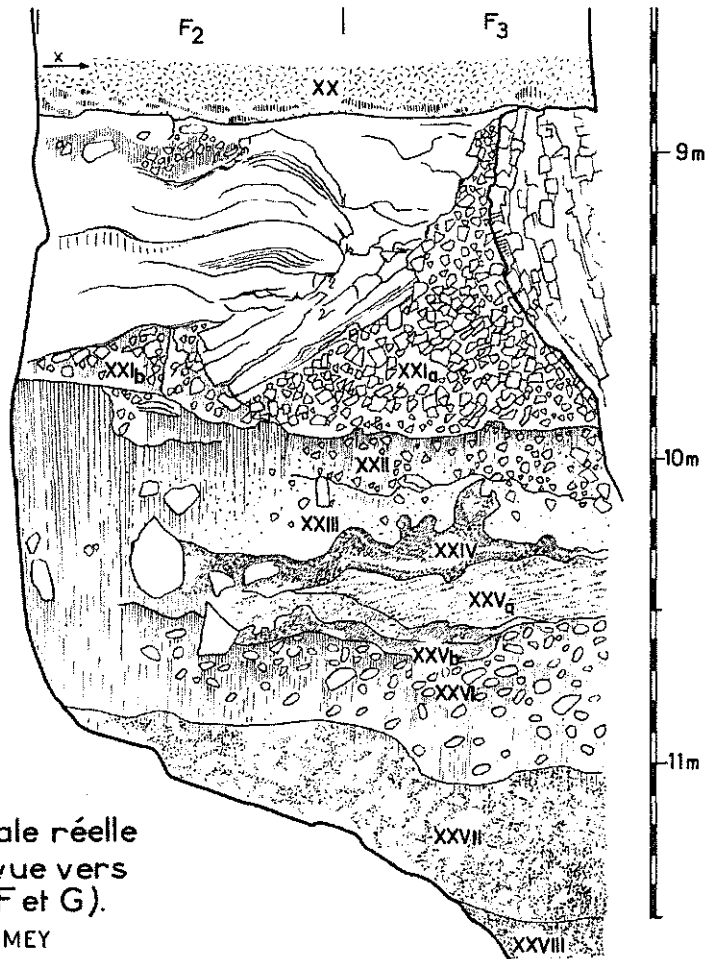


Fig:66 GIGNY
Stratigraphie transversale réelle
de l'ensemble inférieur, vue vers
l'ouest (entre les zones F et G).
D'après M. VUILLEMEY

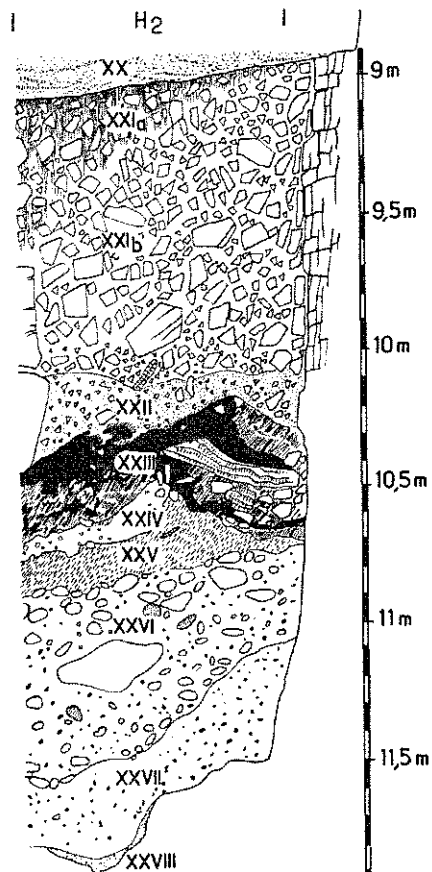


Fig.67 GIGNY : Stratigraphie transversale
réelle de l'ensemble inférieur, vue vers l'est,
(entre les zones G et H). D'après M. VuillemeY

→ Couche XXII : De puissance irrégulière (10 cm contre les parois, 30 cm au centre) la couche XXII pourrait être une variante de la couche XXIIb. Cependant, les blocs y sont présents malgré une absence de fractions grossières comprises entre 6 et 10 cm, donnant une allure mieux classée à l'ensemble. Ainsi, cette couche apparaît comme une blocaille calcaire cryoclastique, mais fortement corrodée, cupulée, localement bréchifiée, englobée dans une matrice sablo-argileuse de couleur sombre.

Il est peu probable que les processus diagénisant (essentiellement par cristallisation calcitique) soient les mêmes que ceux ayant affecté la couche XXI. En effet, il y a lacune de cristallisation calcitique entre ces deux couches d'une part, et d'autre part les éléments calcaires de la couche XXII sont recouverts d'un encroûtement ferro-manganifère important. Ils représentent donc, à notre avis, deux périodes bien distinctes chronologiquement comportant chacune le couple [dépôt-diagénèse] individualisé.

→ Couche XXIII : D'une puissance variant entre 15 et 30 cm, cette couche est très particulière. Sa couleur est nettement plus foncée que celle des autres couches (F 23). Quelques rares blocs sont accompagnés de fragments calcaires et calcitiques très colorés superficiellement par la matrice fine qui les englobe. Celle-ci est argileuse, mais contient également un fort pourcentage de fragments colorés de calcite disloqués. L'ensemble est meuble, plus teinté vers le haut que vers le bas.

→ Couche XXIV : Puissance 15 cm. Elle est très comparable à la couche sus-jacente, mais de teinte générale plus claire. Les éléments calcaires qu'elle contient sont d'autre part plus nombreux, plus anguleux et les fragments de calcite plus abondants.

→ Couche XXV : Puissance de 10 à 15 cm. Elle est également comparable aux deux couches sus-jacentes, surtout à la couche XXIII par sa couleur et sa texture, bien qu'elle soit plus homogène.

→ Couche XXVI : D'une puissance importante et régulière (60 cm) cette couche est remarquable par bien des aspects :

Elle est riche en blocs très émoussés ("pseudo-galets") de calcaire et de calcite cristalline non lités, recouverts le plus souvent d'une épaisse croûte noirâtre ayant parfois (surtout en ce qui concerne les petits éléments) mieux résisté à une dissolution postérieure. Il ne reste, en effet, chez certains uniquement l'enveloppe autour d'un vide.

La matrice argileuse, de couleur foncée, moins bien représentée que dans les trois couches supérieures, est indurée localement, soudant les éléments calcaires et calcitiques en un poudingue hétérométrique. Cette matrice contient de nombreux fragments de croûtes noirâtres, disloqués.

→ Couche XXVII : Puissance de 20 à 30 cm. Elle est comparable à la couche XXV et diffère de la couche XXVI intercalée par la nature moins grossière des éléments calcaires et leur forme générale moins arrondie, leurs arêtes plus émoussées qui les rapprochent d'éléments cryoclastiques classiques. Cette couche est par contre, comme la précédente, consolidée en brèche.

→ Couche XXVIII : Reconnue tout au fond du sondage dans un secteur très limité, sa puissance et sa disposition n'ont pu être estimées avec précision.

Texturalement, elle apparaît composée d'éléments fins d'allure sableuse, englobés dans une matrice argileuse de couleur claire (C 63). Elle repose sur le socle rocheux très nettement incliné vers l'intérieur de la grotte.

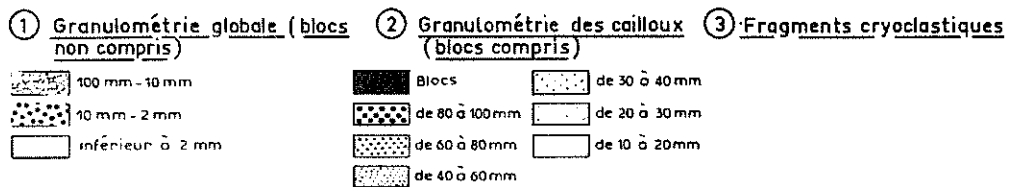
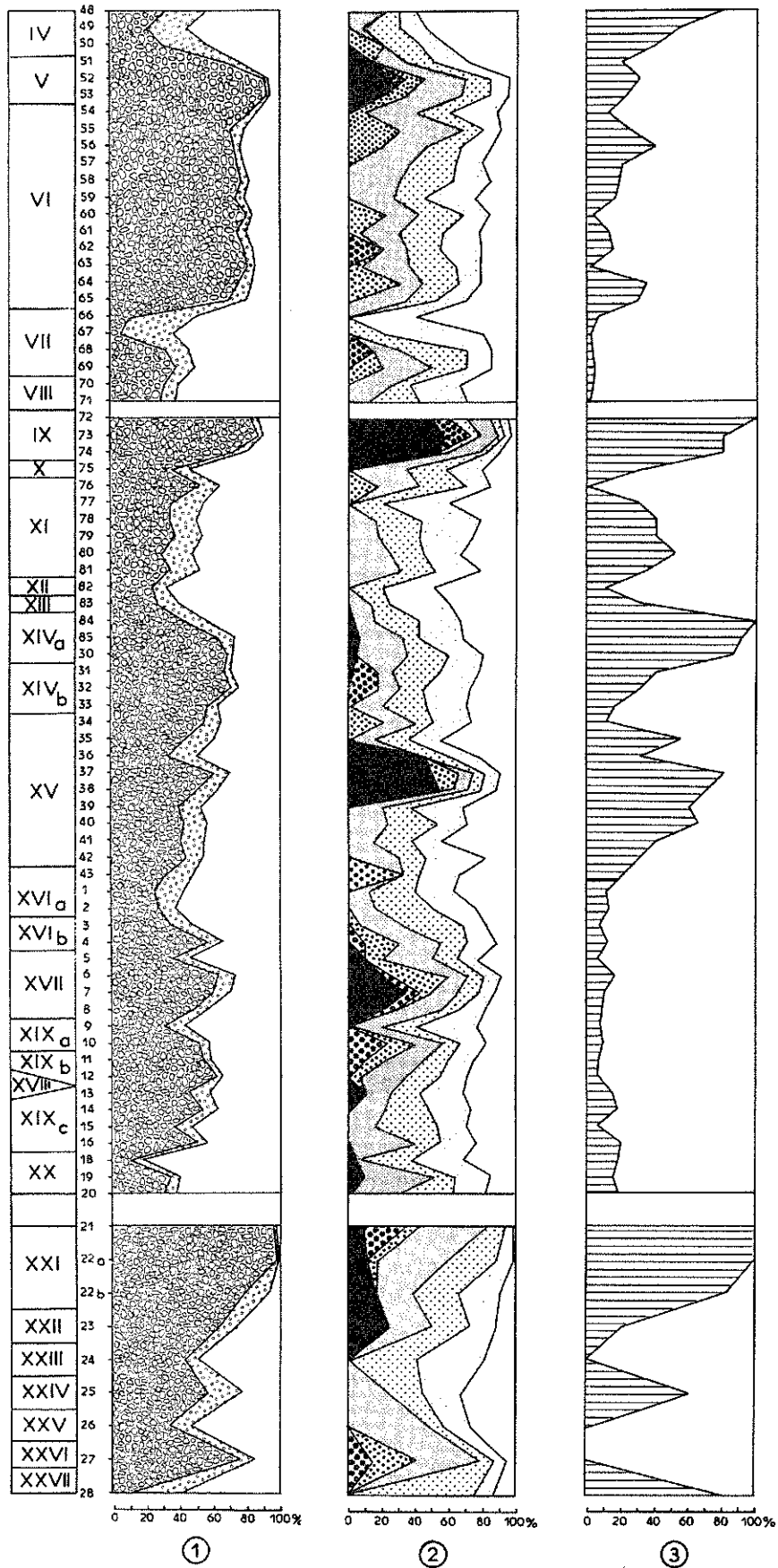


Fig. 68 GIGNY - Fractions grossières

III. - ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

Les niveaux historiques et protohistoriques, trop perturbés artificiellement, n'ont pas fait l'objet d'étude sédimentologique particulière. Leur nature essentiellement cendreuse traduit un apport important par l'homme et, de ce fait, il est impossible de tirer de leur étude les renseignements paléoclimatiques et chronologiques, but premier des études sédimentologiques des remplissages karstiques. Celles-ci concerneront donc les trois ensembles définis précédemment, constitués tous de blocs calcaires et calcitiques entourés d'une matrice argileuse.

A) La fraction grossière (Fig. 68 et 69)

=====

1) L'ensemble supérieur : couches IV à VI

L'ensemble supérieur, d'une puissance de 1,5 m environ, présente des caractéristiques générales propres :

- . un pendage général de 12 à 15 degrés vers l'extérieur,
- . une disposition transversale horizontale ne manifestant aucun apport prédominant des parois en particulier,
- . une prédominance nette du pourcentage de la fraction grossière sur la fraction fine (sauf pour la couche IV),
- . parmi cette fraction grossière, les pourcentages des cailloux de diamètre inférieur à 6 cm sont largement dominants, voire exclusifs,
- . à vrai dire, les deux couches V et VI sont très comparables à quelques nuances près, et très différentes par contre de la couche IV.

Examinons en détail chaque couche de ce sous-ensemble.

→ *Couche IV* : Elle est très différente de toutes les autres et rappelle, par ailleurs, des niveaux reconnus dans d'autres gisements de Franche-Comté (couche III du remplissage du Trou du Diable à Prétin (Jura) - couche de l'abri de Gigot (Doubs)) et précédemment décrits. La fraction grossière, relativement réduite, est constituée d'une majorité de plaquettes de calcite friables et lacuneuses, à porosité élevée. Les fragments de calcaire sont relativement émoussés. La fraction fine est constituée essentiellement d'un tuf argileux pulvérulent blanchâtre. Les fragments concrétionnés, agglomérant des particules plus petites, y sont nombreux.

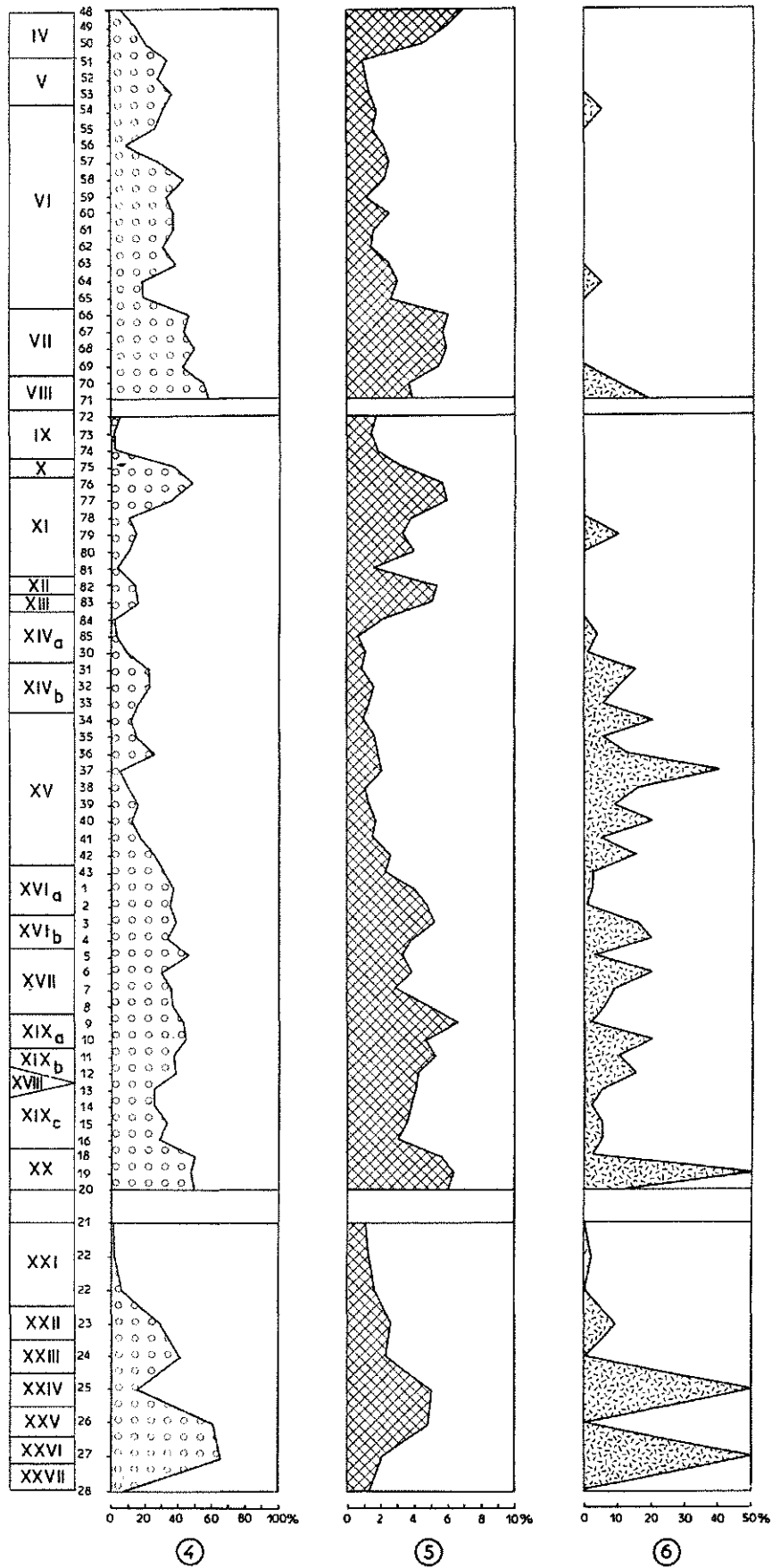
→ *Couche V* : Elle est très comparable à la couche suivante, avec cependant des nuances :

Le pourcentage d'éléments grossiers y est encore plus important.
Toutes les fractions granulométriques sont représentées dans la fraction grossière, y compris des blocs.

L'indice d'émoussé y est sensiblement plus élevé.

L'ensemble des cailloux présente surtout au niveau des échantillons supérieurs un encroûtement calcaire gris très remarquable.

→ *Couche VI* : Elle est, et de loin, la couche la plus puissante de ce remplissage. Les éléments grossiers, de diamètre inférieur à 6 cm, y sont largement prédominants (de 70 à 80 % de l'ensemble). On y trouve, par contre, peu d'éléments cryoclastiques francs et l'indice d'émoussé de tous les échantillons (exception faite de l'échantillon 56) y est important. Elle ne présente aucune différenciation sédimentologique latérale. D'avant en arrière du porche, comme d'une paroi à l'autre de la cavité, le remplissage est comparable à quelques détails près. Les cailloux les plus hétérométriques dans leurs dimensions (lon-



- ④ Indice d'éroussé
- ⑤ Porosité
- ⑥ Pourcentage de concrétions P (calcite)

Fig.69 GIGNY . Fractions grossières

gueur, largeur) ne sont pas systématiquement orientés selon leur plus grande face. Quelques blocs de calcite épars (échantillons 64 et 54) présentent les mêmes caractéristiques morphologiques que les cailloux calcaires. De plus, les fractions moyennes (de 10 à 2 mm) contiennent très peu d'os de microfaune, ce qui contraste avec les autres couches du remplissage.

En résumé, cette couche présente les caractéristiques nettes d'une vaste coulée de solifluxion qu'une discontinuité sédimentologique au niveau des échantillons 55 et 56, interrompt peut-être transitoirement.

2) L'ensemble moyen : couches VII à XX

L'ensemble moyen présente une grande variété stratigraphique de bas en haut, puisque 14 couches différentes y ont été reconnues lors de la fouille sur une puissance totale de l'ordre de 5 mètres dans la zone la plus externe du sondage et de 6 mètres le long de la stratigraphie la plus interne (limite des carrés H et I).

Ce vaste ensemble peut assez nettement se décomposer en deux sous-ensembles à caractéristiques sédimentologiques assez différentes.

a) Sous-ensemble supérieur : couches VII à XV

D'une manière générale, cet ensemble présente de haut en bas des caractéristiques sensibles.

La coupe longitudinale fait apparaître une grande disparité dans la puissance des couches de cet ensemble : elles s'amincissent alternativement vers l'intérieur (couche XIV) puis vers l'extérieur (à partir de la couche XIII).

La coupe transversale traduit une sédimentation discontinue avec des lacunes de sédimentation ou d'érosion importantes.

L'irrégularité de puissance et de disposition se double d'une grande disparité de texture et de contenu : une granulométrie globale très variable de bas en haut, un pourcentage d'éléments cryoclastiques allant de 2 % à 100 %, un indice d'é moussé et une porosité très variables d'une couche à l'autre, le pourcentage de calcite, abondant dans les couches inférieures, diminue, voire même s'annule à partir du sommet de la couche XI.

En résumé, ce sous-ensemble présente des niveaux très contrastés sédimentologiquement, dans un contexte à cryoclastie vigoureuse. C'est d'ailleurs au niveau de cet ensemble que la roche encaissante est la moins stabilisée, la limite entre le remplissage et la paroi étant parfois difficile à placer avec précision. C'est également à ce niveau que les parois se creusent nettement, du moins pour celles exposées au Nord.

Examinons en détail chaque couche de ce sous-ensemble.

→ La couche VII présente une structure originale grumeleuse. Elle est fortement compactée et indurée par une précipitation calcaire qui lui donne l'apparence d'un horizon pédologique d'accumulation calcique.

→ La couche VIII : Comme la couche VII qui la surmonte, mais de manière différente, en relation probable avec un environnement climatique légèrement différent, la couche VIII traduit un ralentissement des agents cryogènes et une altération chimique prononcée : faible pourcentage des éléments grossiers représentés surtout par leurs fractions les plus fines, peu ou pas d'éléments cryoclastiques, fort indice d'é moussé et porosité importante. Les fragments de calcite y sont importants.

→ La couche IX donne une bonne image de la couche cryoclastique par excellence : fort pourcentage de fractions grossières (atteignant 85 % dans l'échantillon 73) représentées par toutes les classes granulométriques, avec prédominance de blocs, pourcentage croissant avant d'arriver au maximum absolu dans la partie supérieure, faible indice d'émoissé et faible porosité. La chute brusque de certains pourcentages peut cependant nous amener à penser que la partie supérieure de la couche a pu être tronquée antérieurement à l'induration calcitique qu'elle a subie.

→ La couche X : Ses caractéristiques sédimentologiques la rapprocheraient des couches XII et XIII avec des nuances sensibles : granulométrie plus grossière, éléments cryoclastiques plus abondants, indice d'émoissé plus important. Elle traduit cependant un ralentissement des agents cryogènes et une importance des phénomènes d'altération.

→ La couche XI peut globalement représenter, comme la couche XIV, un cycle cryoclastique complet, bien que les différentes caractéristiques sédimentologiques nous inclinent à plus de nuances. La granulométrie globale traduit une croissance régulière du pourcentage des fractions grossières et ne passe pas par un maximum dans sa partie moyenne. La granulométrie des cailloux montre une absence des fractions supérieures à 4 cm vers la partie supérieure de la couche (échantillon 77). Le pourcentage des éléments cryoclastiques croît rapidement, passe par un maximum important (50 % - échantillon 80) puis décroît sensiblement pour être nul au sommet (échantillon 76). L'indice d'émoissé et la valeur de la porosité croissent régulièrement depuis la base jusqu'au sommet. Les fragments de calcite ne sont présents que dans l'échantillon 79.

Il semble que nous ayons affaire ici à un cycle cryoclastique incomplet, parce que tronqué en sa partie supérieure, cette ablation précédant une altération poussée.

→ La couche XII : Seules les fractions granulométriques inférieures à 4 cm sont représentées, le pourcentage des éléments cryoclastiques atteint un minimum de 6 %, et la porosité est très importante.

→ La couche XIII : Elle est caractéristique d'un ralentissement net des agents cryogènes et d'une reprise de l'altération chimique : faible pourcentage des éléments grossiers uniquement représentés par les fractions granulométriques inférieures à 6 cm, diminution sensible du pourcentage d'éléments cryoclastiques (25 %), indice d'émoissé et porosité en augmentation, pas de fragments de calcite.

→ La couche XIV : La granulométrie globale traduit un cycle cryoclastique complet, par une importance croissante puis décroissante (passant par un maximum voisin de 70 % au niveau des échantillons 30, 31 et 32) du pourcentage de la fraction grossière. La granulométrie des cailloux confirme cet aspect, nuancé par contre par les autres caractéristiques : le niveau supérieur (XIVa, échantillons 84, 85 et 30) est riche en éléments cryoclastiques (de 90 % à 100 %), présente un très faible indice d'émoissé, une porosité faible et contient peu de fragments de calcite (moins de 5 %). Le niveau inférieur, par contre, présente une légère tendance à l'inversion de ces caractères complémentaires : un plus faible pourcentage d'éléments cryoclastiques tendant cependant à s'accroître, une valeur plus importante de l'indice d'émoissé et de la porosité et une plus grande quantité de fragments calcitiques avec un pic à 20 % dans l'échantillon 31.

→ La couche XV : La granulométrie globale, ainsi que la granulométrie des cailloux, traduisent une discontinuité sédimentologique au niveau de l'échantillon 36. Les niveaux situés en dessous (échantillons 37-38) et au-dessus (échantillons 34 et surtout 35) présentent un fort pourcentage de fractions grossières (50 à 60 %), un équilibre de toutes les fractions granulométriques des cailloux (quoique plus riche en blocs dans le niveau inférieur), un pourcentage d'éléments cryoclastiques important (plus de 50 %), un indice d'émoussé et une porosité faibles, ainsi qu'une importante présence de calcite. L'échantillon 36 présente des caractéristiques nettement inversées, encore sensibles dans l'échantillon 35.

b) Sous-ensemble inférieur : couches XVI à XX

D'une manière générale, cet ensemble présente de haut en bas des constantes assez remarquables :

. une régularité d'épaisseur longitudinale des niveaux reconnus à la fouille, présentant un léger pendage vers l'intérieur, traduisant une tendance à l'alimentation de l'extérieur vers l'intérieur.

. une disposition transversale " en berceau " de chaque niveau, disposition allant en s'accroissant progressivement de bas en haut, traduisant une alimentation pariétale importante et prédominante en tout cas sur l'alimentation à l'aplomb du porche.

. un rapport globalement constant, de 1/3 à 1/5, entre le poids de la fraction moyenne par rapport à la fraction grossière.

. un pourcentage faible des éléments cryoclastiques (de 10 à 20 %).

. un indice d'émoussé important et constant (entre 30 et 50), ayant tendance à diminuer dans les niveaux supérieurs.

. une porosité importante (de 4 à 8 %).

. une présence constante, mais très irrégulière du pourcentage de calcite dans la fraction grossière avec un maximum dans la couche XX (50 %) et une alternance cyclique d'abondance (20 %) et de rareté (5 %).

. un fort pourcentage constant et régulier d'agrégat argileux dans la fraction 5 mm - 10 mm (de 40 à 70 %).

. une présence constante, mais en régression sensible, du bas vers le haut, de petits galets karstiques dans cette même fraction (30 pour 100 grammes dans la couche XX, se réduisant progressivement par une courbe en " dent de scie " régressive à 2 pour 100 grammes dans la couche XVI).

Malgré les caractéristiques générales assez remarquables de ce sous-ensemble inférieur, chaque niveau reconnu à la fouille et même chaque prélèvement successif à l'intérieur de chaque niveau présentent des différences sensibles.

→ Couche XVI : Le tableau comparatif des caractéristiques de la fraction grossière de la couche XVI peut paraître surprenant. Les prélèvements 39-40 et 41 semblent, en effet, annoncer les caractéristiques de la couche XV, très différente par son contenu. Ceci vient du fait qu'il y a décalage entre les deux colonnes de prélèvements, l'une (de 39 à 43) située plus près de la paroi que l'autre (de 1 à 4) et subissant, de ce fait, des conditions d'homogénéisation au contact de celle-ci. Aussi, les caractéristiques de premier ordre (sédimentation) sont assez générales dans tous les prélèvements, alors que les caractéristiques de second ordre (diagénèse) présentent des différences sensibles. La granulométrie globale traduit un maximum des éléments grossiers dans le niveau XVIb (55 %) diminuant progressivement dans le niveau supérieur XVIa (25 %). Les

échantillons 39 à 43 représentant le niveau XVIa sont les équivalents latéraux proches de la paroi des échantillons 1 et 2 situés dans la partie centrale du remplissage. La granulométrie des cailloux montre l'exclusivité des fractions réduites (de 1 cm à 6 cm) sauf à la base de la couche XVIa au contact de la paroi (échantillon 43). Le pourcentage des éléments cryoclastiques va en croissant vers le sommet de la couche, alors que l'indice d'émoissé et la porosité diminuent. Les fragments de calcite sont toujours présents en quantité moyenne (de 10 à 25 %). Les échantillons 1 et 2 contiennent d'importantes boules d'argile indurée et concrétionnée.

→ Couche XVII : Comme pour la couche sous-jacente, la granulométrie globale traduit un cycle cryoclastique complet, apparemment plus court, à en juger par la puissance, mais plus nettement marqué. Toutes les fractions granulométriques sont en effet présentes et les blocs sont en particulier bien représentés dans la partie moyenne (échantillons 6 et 7). Les éléments cryoclastiques sont encore faiblement présents (moins de 20 %) et l'indice d'émoissé est important, comme la porosité. Le pourcentage de calcite passe par un maximum (25 %) dans la partie moyenne de la couche.

→ Couche XIX : La granulométrie globale traduit un cycle cryoclastique complet : croissance du pourcentage des fractions grossières dans la base de la couche (horizon XIXc) atteignant un maximum vers le milieu (horizon XIXb - prélèvement 12) pour décroître progressivement dans l'horizon XIXa, pour atteindre un minimum dans l'échantillon 9 (35 %). Seules les fractions granulométriques 1 cm - 6 cm sont représentées à la base, les fractions plus grossières apparaissant au sommet après une chute limitée de blocs lors du passage de l'horizon XIXc à l'horizon XIXb. Cette fraction grossière est représentée par un faible pourcentage d'éléments cryoclastiques (moins de 20 %) et témoigne au contraire d'un indice d'émoissé important, croissant vers le haut, comme d'ailleurs la porosité. Les éléments calcitiques sont présents dans tous les échantillons en quantité croissante vers un maximum de 20 % par rapport à l'ensemble dans l'horizon XIXa (échantillon 10) pour retomber à un minimum (moins de 5 %) dans le prélèvement sommital.

→ Couche XX : Outre son aspect varvé remarquable signalé dans la partie descriptive des différentes couches du remplissage, l'analyse granulométrique des trois prélèvements (18, 19 et 20) de cette couche traduit son originalité : faible pourcentage des éléments grossiers (30 %), absence des fractions granulométriques supérieures à 6 cm (excepté la présence de quelques blocs), peu d'éléments cryoclastiques, indice d'émoissé élevé (de 50 à 60), forte porosité et surtout près de la moitié des cailloux est représentée par de la calcite (échantillon 19).

3) L'ensemble inférieur : couches XXI à XXVII

Très hétérogène d'une couche à l'autre, l'ensemble inférieur est très différent du remplissage sus-jacent. On ne peut le caractériser globalement ; aussi, examinerons-nous ses couches constitutives une à une.

→ Couche XXIb : Les trois échantillons successifs prélevés dans cette couche traduisent un enrichissement vers le haut en fractions grossières qui représentent près de 100 % des échantillons supérieurs (21 et 22a). Cet enrichissement s'accompagne d'une meilleure répartition des éléments dans toutes les classes granulométriques des cailloux représentés essentiellement et même exclusivement par des fragments cryoclastiques calcaires à faible indice d'émoissé et faible porosité.

→ Couche XXII : La granulométrie globale traduit une hausse sensible du pourcentage des éléments grossiers par rapport aux couches sous-jacentes et ceux-ci ont une distribution plus large que précédemment : présence en particulier de blocs d'effondrement. Les éléments cryoclastiques y sont nombreux, quoiqu'ils soient représentés par des éléments cupulés aux formes de type déchiqueté, plus que par des fragments aux arêtes vives et faces planes. L'indice d'émoissé, ainsi que la porosité, sont de valeur moyenne, tandis que 10 % de l'ensemble grossier sont représentés par des éléments calcitiques.

→ Couche XXIII : Les éléments grossiers représentent la moitié de l'ensemble de l'échantillon et ne dépassent pas 4 cm de diamètre. Ils sont très émoissés (absence d'éléments cryoclastiques) et ont une porosité moyenne.

→ Couche XXIV : La fraction grossière, bien représentée (près de 60 %) est constituée d'éléments de diamètre inférieur à 6 cm, à caractère cryoclastique net, indice d'émoissé faible et par contre, à porosité élevée. La moitié des fragments grossiers est composée de calcite.

→ Couche XXV : Moins de la moitié de l'ensemble de l'échantillonnage (40 %) est représentée par des éléments grossiers uniquement calcaires, de diamètre inférieur à 6 cm, non cryoclastiques, à indice d'émoissé et porosité élevés.

→ Couche XXVI : La granulométrie globale est représentative d'un fort pourcentage des éléments grossiers (70 %) distribués dans toutes les classes granulométriques (de 1 cm à 10 cm). Aucun élément cryoclastique n'y est présent et l'indice d'émoissé est élevé. La moitié de l'ensemble considéré est représentée par des fragments de calcite modelés en pseudo-galets à forts encroûtements ferro-magnésiens.

→ Couche XXVII : La granulométrie globale traduit un pourcentage très faible des éléments grossiers (10 %), surtout représentés par des cailloux calcaires de diamètre inférieur à 4 cm, de type cryoclastique à faible indice d'émoissé. La porosité est faible et aucun fragment de calcite n'y a été reconnu.

B) La fraction moyenne (de 2 à 10 mm)

=====

1) Composition

Les différentes composantes de la fraction moyenne peuvent se réunir en deux types : les composantes minérales et les composantes organiques.

* Les composantes minérales sont essentiellement représentées par les fragments de calcaire qui en constituent souvent la totalité. A ceux-ci, s'ajoutent localement et dans des niveaux bien définis :

- des fragments de calcite, dont la présence et l'importance correspondent schématiquement aux rapports établis lors de l'étude de la fraction grossière,
- des agglomérats calcitiques de précipitation (surtout dès les couches IV (échantillon 48) et VII (échantillons 66, 67, 68),
- des fragments d'encroûtements phosphatés (couche XXVI) probablement décollés lors des manipulations de tamisage,
- quelques fragments et éclats de chailles et silex,
- des petits galets considérés dans la littérature comme galets karstiques, mais que nous préférons appeler galets allochtones et sur la répartition desquels nous reviendrons plus tard.

* Les composantes organiques sont seulement représentées par les esquilles osseuses, dents et fragments de dents de grands et moyens mammifères, os entiers (de membres, vertèbres, ceintures), mâchoires, fragments de mâchoires et dents isolées de microfaunes (rongeurs, insectivores, batraciens).

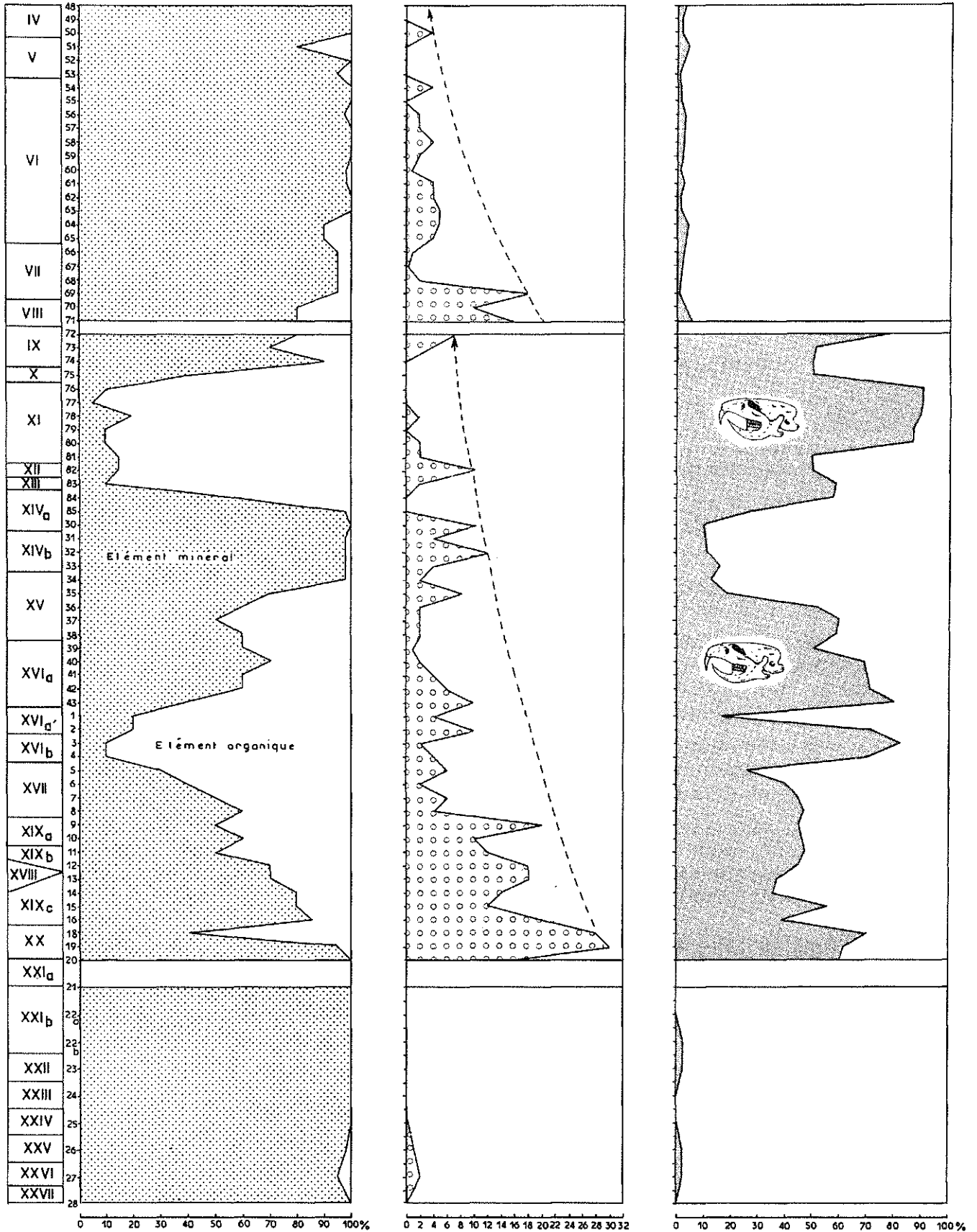
2) Répartition des différentes composantes dans la stratigraphie (Fig. 70)

a) Rapport pondéral entre élément minéral et élément organique dans la fraction 5-10 mm (Fig. 70-1)

L'examen des pourcentages comparés entre ces deux composantes nous amène à formuler les remarques suivantes :

- chacune peut constituer la totalité ou presque (pour la composante organique) de l'ensemble de la fraction comprise entre 5 et 10 mm,
- les pourcentages respectifs peuvent varier brusquement d'une couche à l'autre ou même d'un échantillon à l'autre à l'intérieur d'une même couche. Ainsi, apparaissent des pics de composante minérale ou des pics de composante organique,
- une certaine expression de la *loi du tout ou rien* apparaît sur le diagramme comparatif : lorsque la composante minérale domine, elle le fait par un pourcentage égal ou supérieur à 90. De même, lorsque la composante organique domine (ce qui est moins fréquent) elle s'exprime également par 90 % de l'ensemble.

Trois ensembles assez distincts apparaissent sur le diagramme comparatif, ceux-ci ne se superposant pas exactement d'ailleurs aux trois ensembles précédemment définis par la fraction grossière :



① Rapport pondéral entre élément minéral (calcaire - calcite) et élément organique (esquilles - microfaune) dans la fraction 5 - 10 mm.

② Nombre de galets allochtones (pour 100g de la fraction 5 - 10 mm).

③ Pourcentage pondéral de microfaune dans la fraction lavée (2 - 10 mm).

Fig.70 Gigny - La fraction moyenne (2 - 10 mm).
Evolution verticale des principales composantes.

* L'ensemble supérieur (couches IV à VIII, échantillons 48 à 71)

La composante minérale domine, sous forme de cailloux calcaires. Elle est exclusive pour la couche IV et pour certains niveaux de la couche VI (échantillons 54, 55, 57, 58, 59, 62, 63). Plusieurs pics de composante organique marquent le sommet de la couche V, la base de la couche VI et la couche VIII. Ailleurs, la composante minérale représente 95 % et plus de l'ensemble.

Il est remarquable de constater que la composante minérale est dominante, voire exclusive dans les couches dont l'analyse sédimentologique et l'examen stratigraphique avaient révélé le caractère soliflué. L'indice d'émoussé, les rapports facio-logiques nous ont amenés à considérer ces couches comme non en place : la faible représentation des résidus osseux et de la microfaune dans les fractions moyennes confirme cette hypothèse.

* L'ensemble moyen (couches IX à XX, échantillons 72 à 85, 30 à 43 et 1 à 20)

La représentation des deux composantes principales est beaucoup plus contrastée : trois sous-ensembles à dominante minérale apparaissent, séparés par trois sous-ensembles à dominante organique :

- Le sous-ensemble des couches IX et X : la fraction organique représente 10 à 30 % de la fraction granulométrique, puis croît assez brutalement vers le bas.

- Le sous-ensemble des couches XI à XIII : la fraction organique dépasse 80 % de la fraction granulométrique.

- Le sous-ensemble des couches XVIa - XVIb et sommet de XV : la faible représentation de la fraction organique s'explique par la grande vitesse de sédimentation de ces niveaux stratigraphiques avec un intense approvisionnement en cryoclastes à partir des parois.

- Le sous-ensemble des couches XV (base) et XVI : bonne représentation de la fraction organique (de 30 à 50 %) dans la partie supérieure atteignant 90 % de la fraction granulométrique dans la couche XVIb.

- Le sous-ensemble XVII à XX : la fraction minérale croît régulièrement de haut en bas pour représenter la totalité de la fraction granulométrique à la base de la couche XX. Un pic (60 %) de fraction organique marque le sommet de la couche XX (échantillon 18).

D'une manière générale, la bonne représentation des restes organiques, parmi lesquels des mâchoires complètes de rongeurs, traduit le caractère " en place " de tout cet ensemble moyen. Les poussées de fragments calcaires s'expliquent toujours par une plus grande vitesse de sédimentation dans les niveaux correspondants. Il n'est pas exclu, bien entendu, que tout cet ensemble, malgré son caractère " en place ", ne présente pas des lacunes sédimentaires.

* L'ensemble inférieur (couches XXI à XXVII)

Exclusivité de la fraction minérale, sauf dans la couche XXVI où les esquilles d'ours et quelques restes de microfaune parviennent à représenter 5 % de l'ensemble.

b) Fréquence et répartition des galets allochtones (Fig. 70-2)

Ils apparaissent au tamisage dans la fraction 5-10 mm. Ce sont surtout des petits galets ovoïdes de quartz et quartzites clairs, de roches vertes cristallines ou à pâte fine, de calcaires auxquels s'ajoutent, en petite quantité, des grains de limonite et d'oxyde métallique.

Surtout abondants dans l'ensemble moyen, leur fréquence diminue régulièrement de bas en haut, de la couche XX à la couche IX, avec quelques absences (échantillons 84, 85 et 74, 75, 76, 77). Dans l'ensemble supérieur, on constate le même phénomène de diminution progressive de la couche VIII à la couche IV.

Nous sommes donc en présence de deux cycles générateurs de galets allochtones, chacun de ces cycles s'épuisant petit à petit dans le temps. Du point de vue faciès, chaque cycle débute par un niveau calcitique important (couche XXI pour le cycle inférieur, couche IX pour le cycle supérieur).

Il semble logique de penser que ces deux périodes génératrices de dépôts calcitiques correspondent à deux périodes de réchauffement sensible du climat. Dans l'environnement immédiat de la grotte et en particulier sur le plateau calcaire, ces phases de réchauffement ont provoqué une pédogénèse active. Cette pédogénèse s'est développée sur la couverture probablement morainique et fluviatile héritée de l'extension glaciaire précédente, complètement disparue actuellement (un lambeau de glaciaire affleure dans la vallée du Suran en aval de Gigny). La pédogénèse a ameubli superficiellement ces formations et a permis leur solifluxion lors des phases de refroidissement würmiennes. Ainsi, nous pensons qu'une bonne part de ces galets autochtones ont pénétré de cette manière dans le réceptacle offert par le porche de la Baume de Gigny, entraînés par la masse mouvante des coulées de solifluxion. Aucun indice de reprise d'activité karstique avec existence de ruisseau ou ruissellement issu du fond du karst ne permet de faire venir ces galets de l'intérieur de la grotte, comme le fait est couramment admis pour expliquer leur existence.

c) Evolution du pourcentage pondéral de la microfaune (Fig. 70-3)

Faiblement représentée dans les ensembles inférieurs et moyens, la microfaune peut correspondre à près de 90 % de la fraction 2-10 mm dans l'ensemble moyen. Sa présence constante ici témoigne une nouvelle fois du caractère " en place " des couches de cet ensemble. Sa moins bonne représentation relative dans certains niveaux (couche XIV) peut s'expliquer par une vitesse de sédimentation plus importante diluant les apports microfaunistiques des pelotes de rapaces.

C) La fraction fine

=====

La fraction fine est relativement abondante dans le remplissage de la Baume de Gigny, comparativement à la Baume d'Echenoz par exemple. Nous avons déjà dit que, à notre avis, ce remplissage avait des caractères (relations stratigraphiques, pendages, phénomènes de reprises ...) de remplissages de porche, très proches de l'extérieur. Cette abondance relative de la fraction fine peut être une conséquence de cette position dans le karst : ceci prouverait, une fois de plus, l'importance des apports externes (dégradation des sols du plateau par solifluxion) dans les matériaux fins des remplissages de porche.

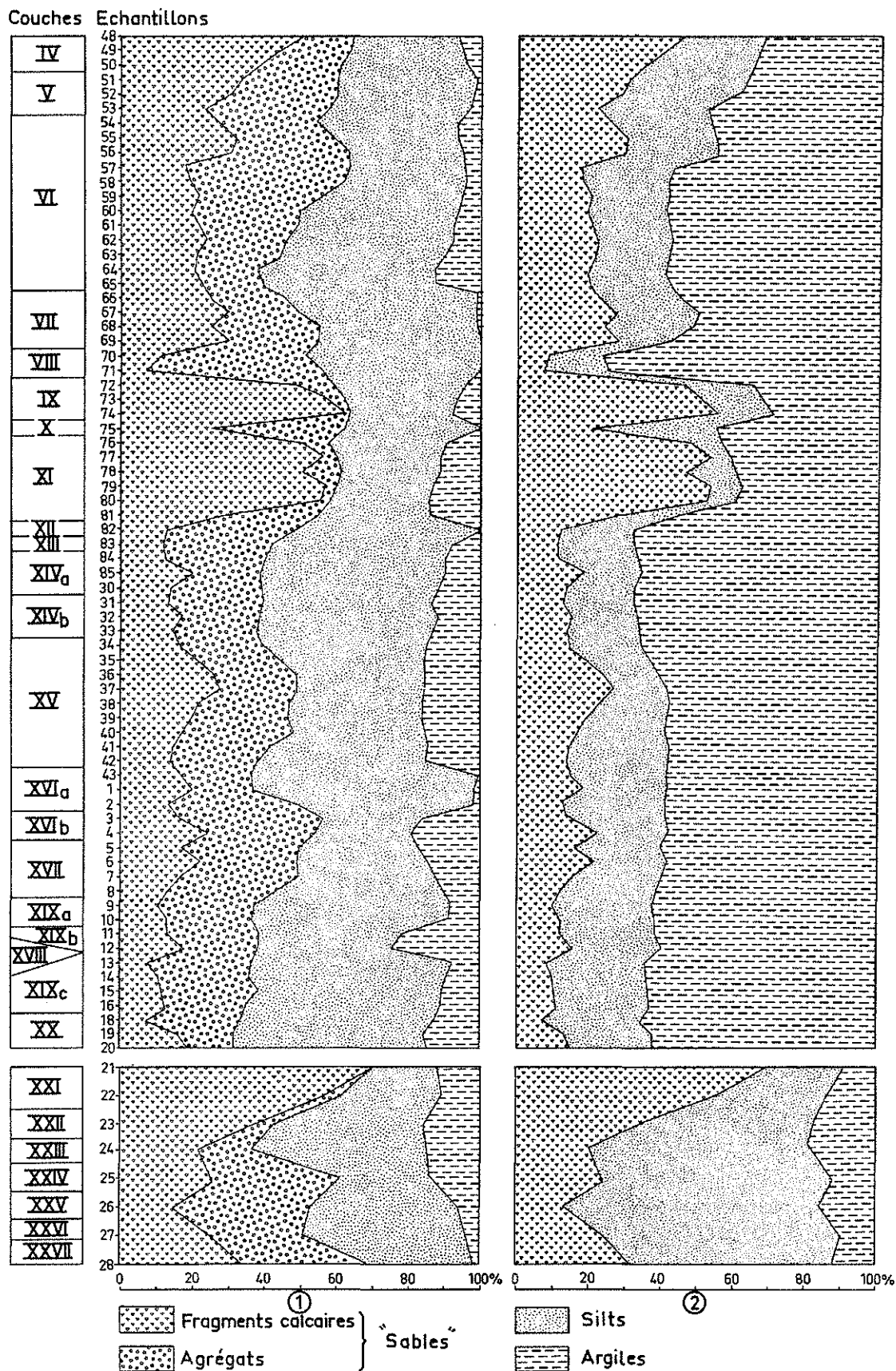


Fig.71 GIGNY : Granulométrie globale de la fraction fine
 ① Sédiment brut, ② Sédiment après décarbonatation ménagée

1) Granulométrie

La granulométrie globale de la fraction fine (Fig. 71) rend compte de l'évolution verticale des trois composantes texturales : "sables", silts et argiles.

Le sédiment brut (étudié après une simple agitation) montre une dominance des "sables" sur les autres classes texturales. En fait, nous pouvons faire la même constatation que dans le remplissage d'Echenoz : les sables sont constitués de fragments calcaires de texture sableuse et d'une forte, mais variable proportion d'agrégat dont le ciment cohérent est constitué par un "liant" carbonaté. Le taux d'argile (au sens textural du terme) est faible dans le sédiment brut et, par contre, les silts sont bien représentés dans toute la séquence stratigraphique.

Le sédiment ayant subi une décarbonatation ménagée (Fig. 71-2) présente une composition texturale nettement différente : le taux d'argile devient supérieur à 50 % de l'ensemble (sauf dans les couches IX à XI), le taux de silt décroît fortement, tandis que ne demeurent dans la fraction sableuse que les fragments calcaires que la décarbonatation ménagée n'a pas sensiblement modifiés.

Deux coefficients s'affrontent et se complètent dans la fraction fine : un coefficient de détritisme proportionnel à la quantité de fragments calcaires issus de gélivation initiale ou plus probablement de gélivation de reprise et un coefficient d'agrégation proportionnel à la quantité d'agrégats ou de granules. Cette agrégation peut être initiale, c'est-à-dire héritée des sols et formations superficielles dont la fraction fine est issue, ou secondaire c'est-à-dire diagénétique et correspondre, dans ce cas, à un taux d'illuviation, comme de nombreux chercheurs l'ont interprétée.

2) Calcimétrie et ΔpH (Fig. 72)

Le pourcentage de carbonates dans la fraction fine est très variable. Il peut aller de 1 à 87 % de l'ensemble de cette fraction. L'interprétation de cette variabilité présente les mêmes problèmes que l'interprétation du taux d'agrégation précédemment évoqué : le taux de carbonates présents dans chaque niveau reconnu est-il directement hérité ou secondaire (reprécipitation, diagénèse) ?

L'évolution du taux de carbonates dans la fraction fine de la séquence stratigraphique de Gigny fait apparaître des variations sensibles :

- Les couches IV et XXI présentent les deux maximums remarquables puisque le taux de carbonates dépasse 80 % de la fraction fine.

- Les couches VIII, X, XII, XIII, XXV et XXVI présentent les six minimums remarquables puisque le taux de carbonates est voisin ou inférieur à 2 % de la fraction fine.

- Entre ces zones de valeurs extrêmes, le taux de carbonates se situe entre des valeurs s'échelonnant entre 4 et 48 %). Plusieurs ensembles peuvent être distingués :

. De la couche V à la couche VII, le taux de carbonates présente des valeurs moyennes situées entre 20 et 38 %. Deux minimums à 20 % au sommet de la couche V (échantillon 51) et à la base de la couche VII (échantillon 68).

. Deux pics à maximum de carbonates séparent les minimums déjà entrevus des couches VIII? X et XII.

. De la couche XIVa à la couche XV, une certaine régularité du taux de carbonates apparaît : sa valeur se situe entre 17 et 31 %.

Couches Echantillons

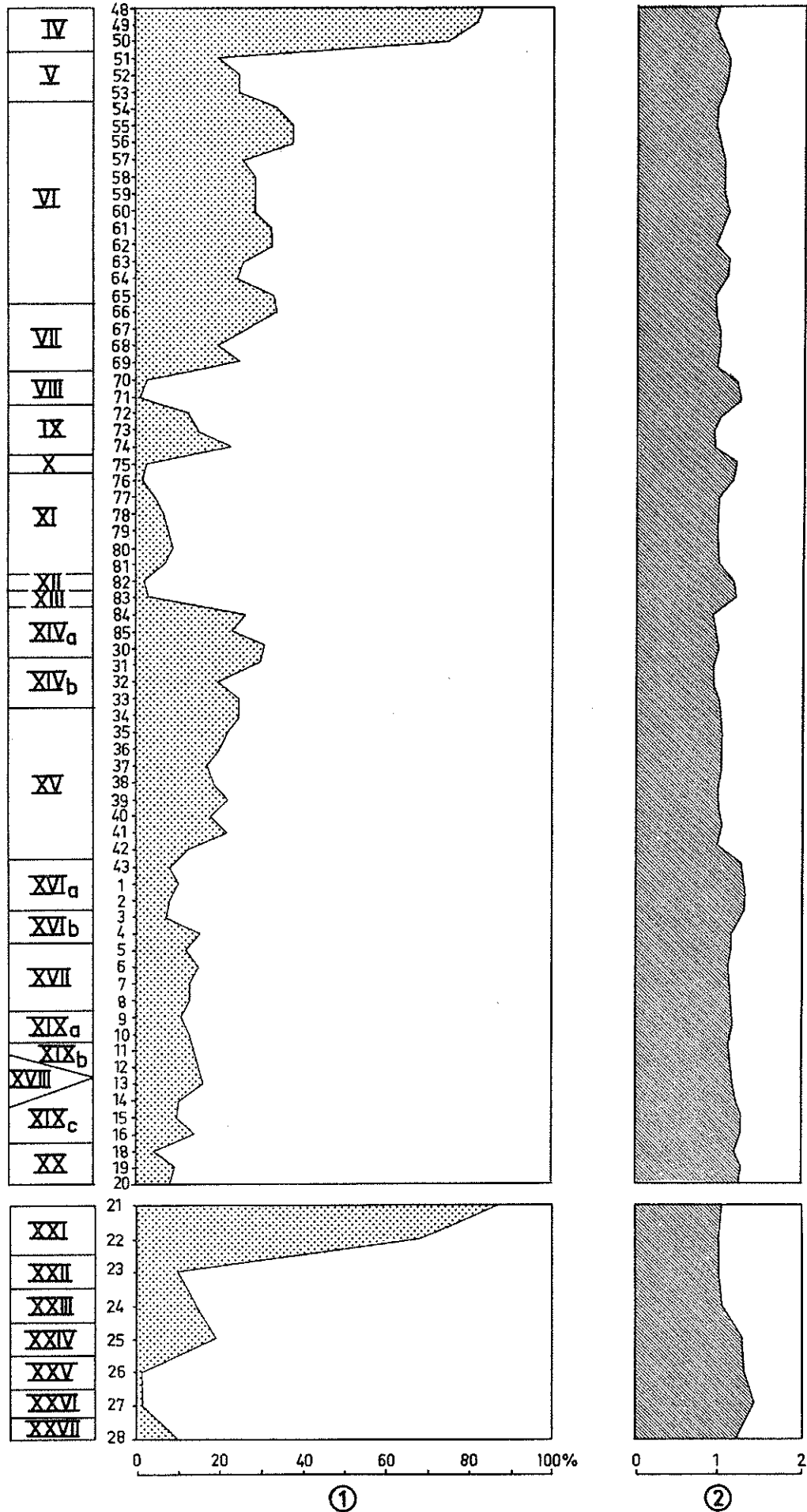


Fig.72 GIGNY : Evolution de la calcimétrie ① et de la valeur du ΔpH ② dans la fraction fine

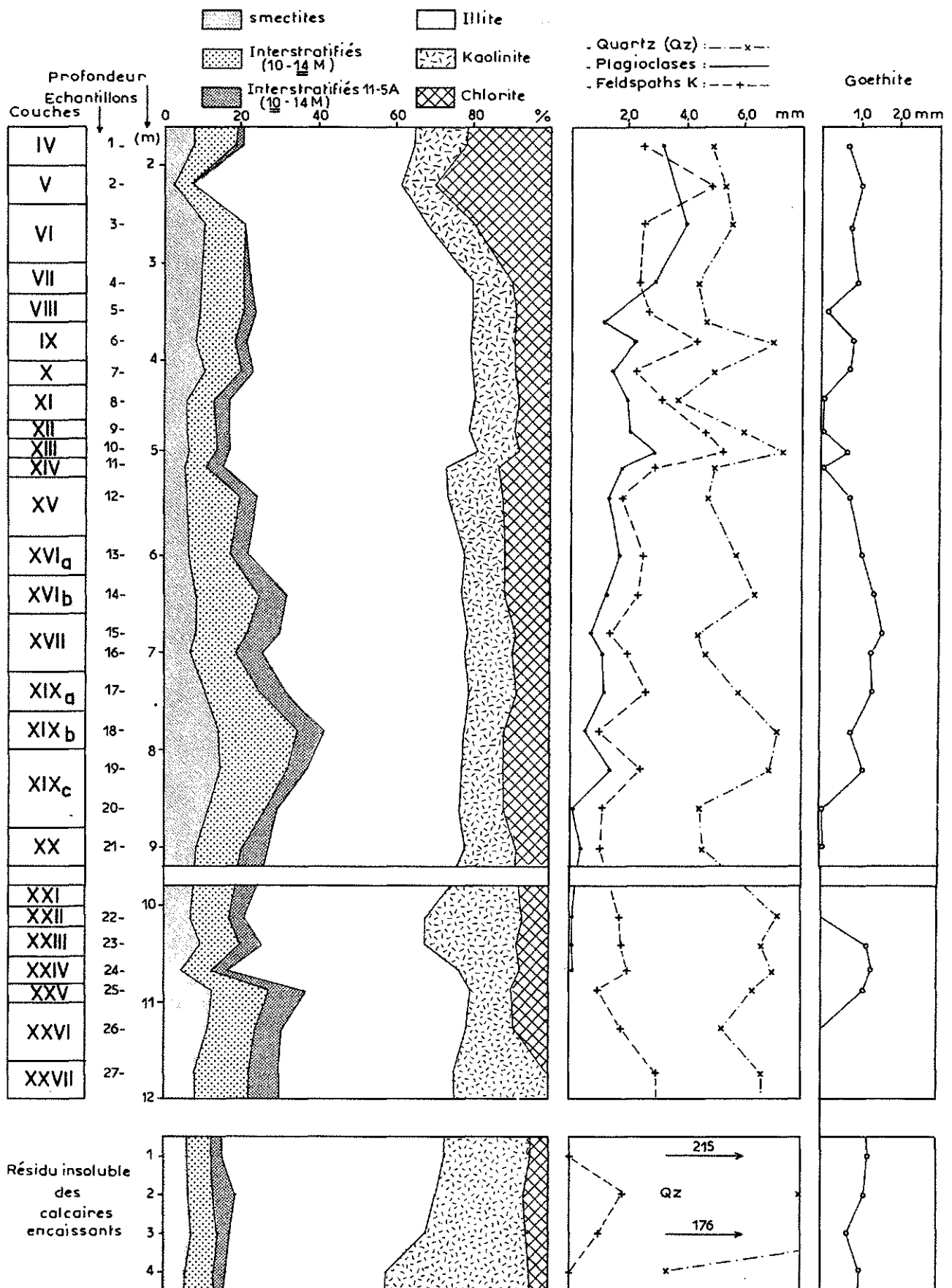


Fig. 73 Gigny. Minéralogie de la fraction $< 16 \mu$

- Les minéraux argileux sont exprimés en % relatifs des minéraux présents.
 - Quartz, plagioclases, feldspaths K et goethite sont exprimés en hauteur de pic de diffraction (mm)
- (Analyses M. POCHON)

. Après un minimum relatif du taux au niveau de la couche XVI (moins de 10 %), celui-ci présente une certaine régularité de la couche XVIII à la couche XIX et chute au niveau de la couche XX.

. La valeur du ΔpH est très voisine de 1, mais ses valeurs maximums (1,3 à 1,4) correspondent aux zones les plus décarbonatées : la valeur du ΔpH est inversement proportionnelle au taux de carbonates et confirme le caractère plus ou moins évolué dans un sens pédogénétique des éléments fins du remplissage.

3) Etude minéralogique

Les différentes analyses minéralogiques et géochimiques ont été réalisées par M. POCHON au Laboratoire de Minéralogie, Pétrographie et Géochimie de l'Université de Neuchâtel. Elles ont porté sur les fractions $<16\mu$ et $<2\mu$ de la fraction fine de chaque niveau du remplissage (échantillons de 1 à 27) et du résidu insoluble des calcaires encaissants. Quatre échantillons de ceux-ci, prélevés à différents niveaux du porche de la grotte et correspondant aux principaux faciès représentés servent ainsi d'analyse de référence par rapport au remplissage.

a) Etude de la fraction inférieure à 16 microns (Fig. 73)

On peut constater les principaux résultats exprimés sur la figure.

- Le résidu insoluble des calcaires encaissants est riche en illite et kaolinite ; les minéraux gonflants et la chlorite ne représentent chacun que quelques pour cents. Parmi les minéraux accessoires, les plagioclases sont totalement absents et les feldspaths K sporadiquement présents.

- Relativement à celle du résidu insoluble des calcaires encaissants, la composition minéralogique du remplissage karstique présente des différences sensibles : haute teneur en chlorites, présence de plagioclases, abondance de feldspaths K et pauvreté en kaolinite.

- La différence de composition minéralogique entre résidu insoluble des calcaires encaissants et fraction fine du remplissage est maximale dans les niveaux récents (échantillon 2), puis diminue régulièrement dans les niveaux sous-jacents (échantillons 5 à 21). Cette différence s'atténue au niveau du plancher stalagmitique qui a totalement colmaté le remplissage entre 9 et 10 m. de profondeur, et elle est insensible dans les couches sous-jacentes (échantillons 22 à 27).

- La cristallinité de la chlorite demeure excellente dans les niveaux supérieurs où ses pics de diffraction sont bien individualisés (Fig. 75).

- On notera la présence très soutenue de la goethite, indicatrice d'un milieu peu agressif, à drainage modéré et à humidité constante.

b) Etude de la fraction inférieure à 2 microns (Fig. 74)

Conformément aux résultats généralement obtenus, la kaolinite et les minéraux gonflants sont mieux représentés ; en revanche, la chlorite n'atteint plus que quelques pour cents ; les plagioclases ont disparu. On notera encore l'abondance de la goethite dans tous les niveaux du remplissage comme des calcaires encaissants.

Même légende que la figure précédente

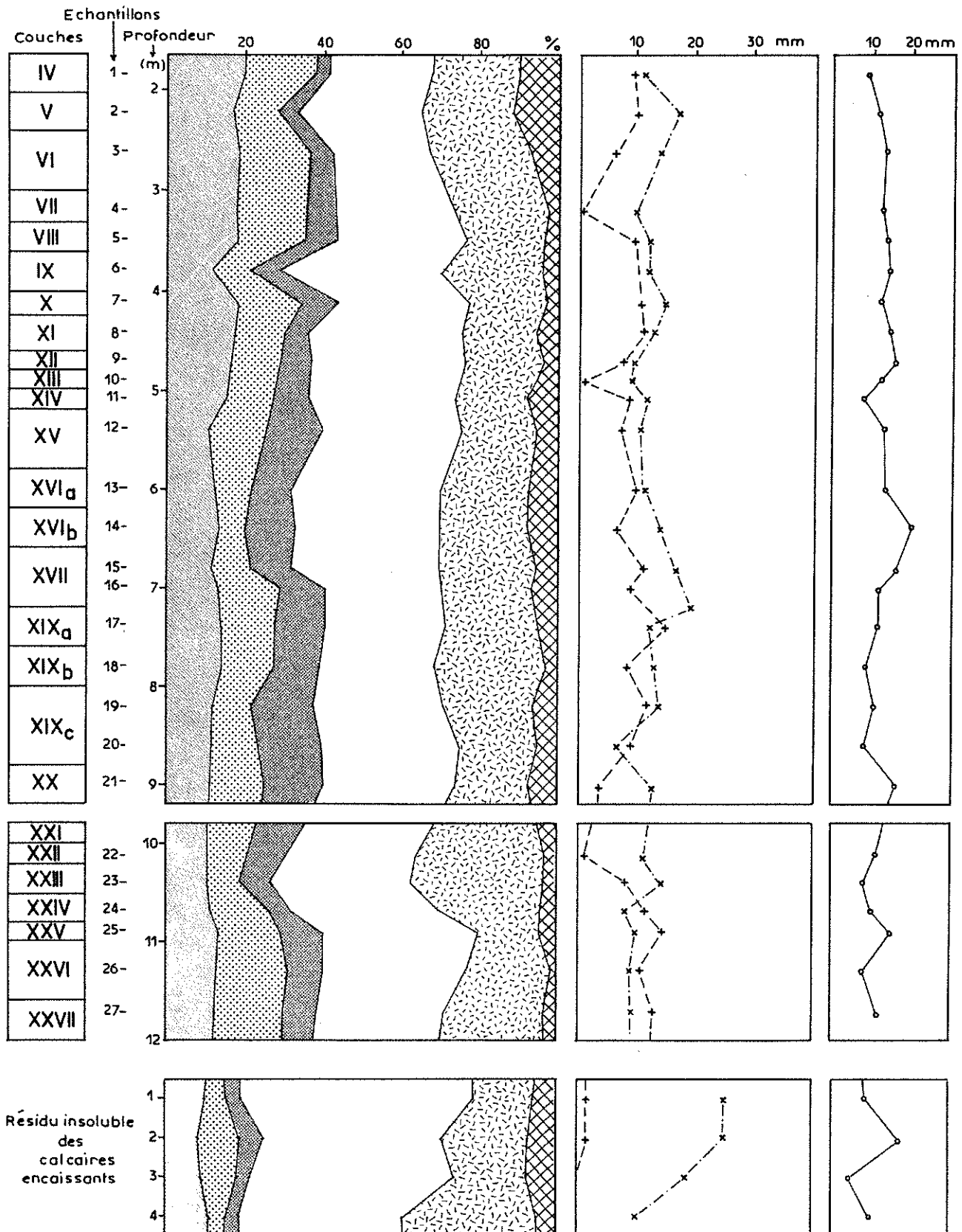


Fig.74 Gigny - Minéralogie de la fraction $< 2 \mu$

- Les minéraux argileux sont exprimés en % relatifs des minéraux présents.

- Quartz, plagioclases, feldspaths K et goethite sont exprimés en hauteur de pic de diffraction (mm).

(Analyses M. POCHON)

c) Interprétation

* Préambule - Données antérieures

M. POCHON, dans des travaux récents (1971-73-74-76) a fait des remarques identiques lors de l'étude de sols du haut Jura. La composition minéralogique de ces sols diffère de celle du résidu insoluble des calcaires du substrat par plusieurs caractères :

- présence de plagioclases (ils sont totalement absents dans le substratum),
- abondance relative des feldspaths K, du quartz et de la chlorite,
- déficit relatif en kaolinite.

Cet auteur a, par ailleurs, mis en évidence les caractères éoliens de ce matériel :

- distribution granulométrique typique des loëss fins,
- traces de chocs en croissant qui burinent la surface des grains de quartz.

Ces différents traits ont permis à M. POCHON de mettre en évidence une bonne part de formations allochtones dans les sols du haut Jura. Ces venues étrangères sont probablement d'origine éolienne.

La composition minéralogique de cet éolien jurassien diffère de celle des grandes formations loessiques européennes décrites dans la littérature (GUNTHER, 1961 ; KALLENBACH, 1965 ; SWINEFORD et FRYE, 1955 ; FUCHTBAUER and MULLER, 1970). Or, la similitude de composition minéralogique des fractions granulométriques comparables des moraines rhodaniennes et sariniennes du Plateau Suisse, qui présentent les mêmes caractéristiques, ont incité M. POCHON à penser que ces deux formations glaciaires ont pu largement nourrir ce loess et oblitérer régionalement l'apport plus ténu d'autres formations nourricières beaucoup plus importantes, comme par exemple les glaciers scandinaves plus lointains.

L'étude minéralogique des moraines de fond de la vallée de Joux (haut Jura vaudois) et de leur couverture pédologique montre que cet apport allochtone existe de manière diffuse dans la moraine profonde, augmente fortement au voisinage immédiat de la surface et passe par un maximum dans les sols de couverture. Ceci semble prouver que l'apport allochtone existait avant la fin de l'activité glaciaire würmienne et s'est poursuivi après la disparition des glaciers, c'est-à-dire pendant les périodes tardi et post-würmiennes.

* Les données du remplissage de Gigny

- Présence de matériaux allochtones

La fraction fine du remplissage de Gigny possède une composition minéralogique différente de celle des calcaires encaissants. Il est donc logique de penser que ces différences sont dues à un apport allochtone (de type éolien) au cours de la genèse du remplissage. De plus, l'identité minéralogique de cet allochtone et de celui des sols du haut Jura nous incline à penser qu'il s'agit du même. A Gigny cependant, le pourcentage relatif du matériel allochtone ne dépasse pas 20 % des minéraux argileux présents (minéral de référence : la chlorite), alors que dans les sols du haut Jura, au voisinage des moraines rhodaniennes, ce pourcentage atteint 35 %. Cette différence quantitative peut s'expliquer par le confinement du dépôt et par l'éloignement des formations meubles nourricières.

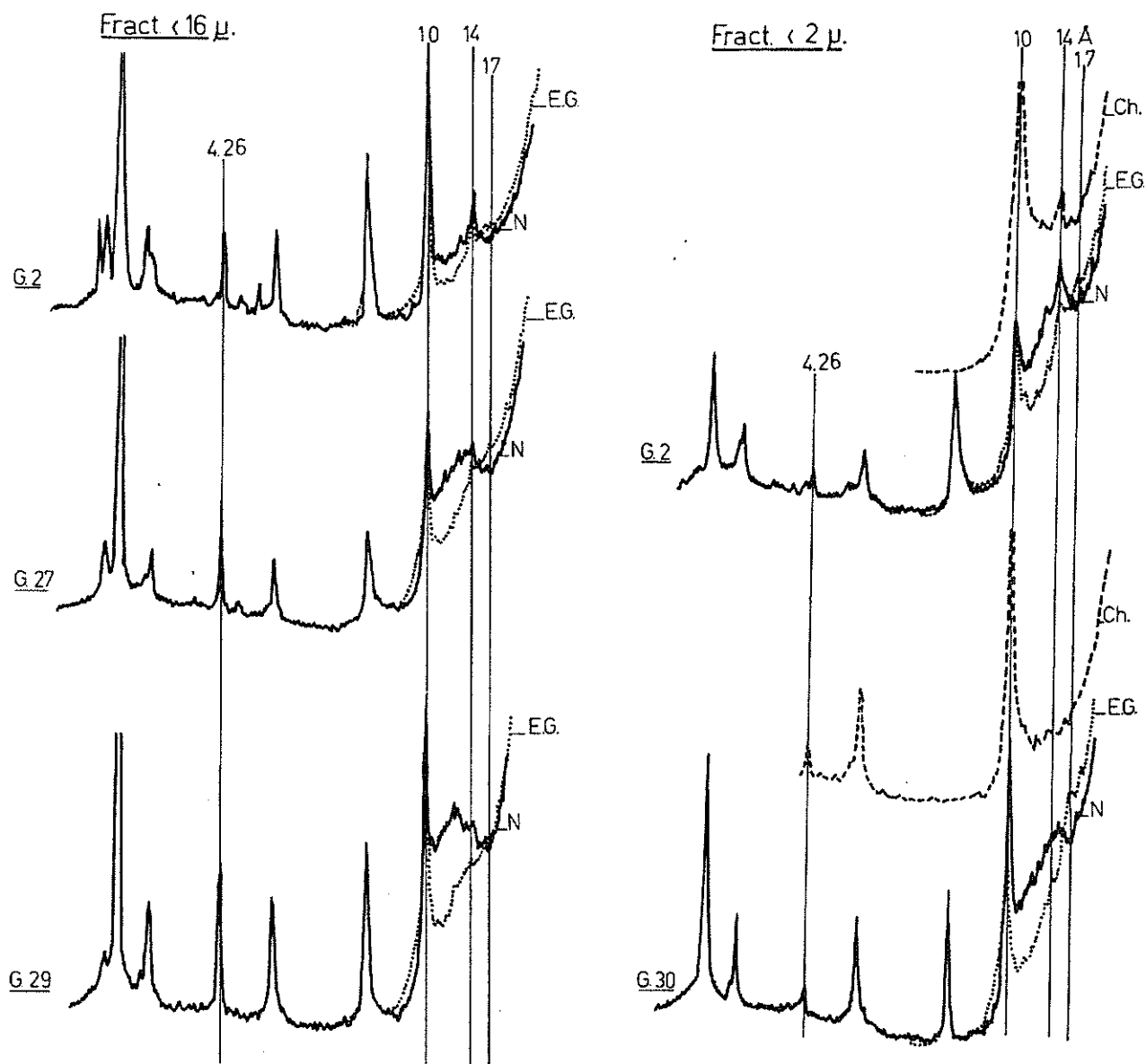


Fig.75 GIGNY : Diffractogrammes X des fractions < 16 μ et < 2 μ

G.2 : échantillon 2 (ensemble supérieur)

G.27 : échantillon 27 (ensemble inférieur)

G.29 : calcaire encaissant (d'après M. POCHON 1977)

- Date de mise en place

On constate (Fig. 73 et 74) que les matériaux considérés comme allochtones ont une concentration maximale dans les niveaux supérieurs (échantillon 2) que leur présence est plus ténue dans l'ensemble moyen (échantillons 3 à 21) et qu'ils sont absents de l'ensemble inférieur (échantillons 22 à 27). On peut interpréter ces faits de deux manières :

- . Les données quantitatives des matériaux allochtones dépendent de l'intensité des phénomènes éoliens.

- . L'apport du matériel allochtone serait quantitativement et qualitativement constant à travers tout le Quaternaire. Sa diminution progressive, puis sa disparition en profondeur seraient alors dues aux mécanismes de l'altération.

M. POCHON (1977) a montré que cette dernière éventualité n'était guère plausible. D'une manière générale, les conditions physico-chimiques de ce remplissage riche en calcaire sont peu agressives. La concentration maximale de la chlorite dans les horizons supérieurs du remplissage atteste de cette faible agressivité du dépôt ; contrairement au cas habituel, sa cristallinité y paraît excellente, ses pics de diffraction présentent le plus faible indice d'aigu. De plus, si l'altération avait fait disparaître le matériel allochtone ancien, le plancher stalagmitique inférieur aurait préservé les couches sous-jacentes et leur contenu éventuel allochtone devrait s'y retrouver. Il est plus logique de penser qu'il n'a jamais existé.

Ainsi, la quantité de matériel allochtone présent dans le remplissage semble être sous la dépendance directe de l'importance des phénomènes éoliens : inexistant au cours du dépôt de l'ensemble inférieur, faible au cours du dépôt de l'ensemble moyen et devenant de plus en plus important dans l'ensemble supérieur.

D) Les cortex d'altération et encroûtements phosphatés des cailloux du

remplissage

1) Nature lithique des cryoclastes

Deux études systématiques de faciès et microfaciès ont été réalisées : l'une sur la roche encaissante (parois latérales du porche), l'autre sur un échantillonnage des fragments cryoclastiques présents dans chaque niveau individualisé du remplissage.

Au niveau de la roche encaissante (Oxfordien supérieur de faciès rauracien), les prélèvements successifs ont révélé une grande homogénéité du faciès : les micrites dominant avec, localement, des petits bancs de biomicrites parcourues de veines finement sparitiques. Au niveau de la niche de la paroi droite (entre 5 et 6 m) un banc oolithique à ciment microsparitique semble présenter une gélivité plus grande que les calcaires micritiques supérieurs et inférieurs. A l'intérieur de ce banc, les oolithes sont micritisées et sur leur pourtour, apparaissent de minuscules cristaux dolomités.

Au niveau des cryoclastes, on retrouve les faciès de la paroi et les faciès microsparitiques à oolithes micritisées n'apparaissent qu'à partir de la couche XVI et deviennent de plus en plus abondants vers le bas. Ils se remarquent très bien dans la stratigraphie par leur aspect blanchâtre traduisant une altération plus intense que les cryoclastes issus de bancs micritiques. Ils représentent de 15 à 20 % du remplissage cryoclastique de la couche XIX.

Ces quelques analyses lithologiques nous amènent à deux conclusions sur la genèse du remplissage :

- Les cryoclastes du remplissage sont directement issus des parois du porche. Il ne s'agit donc, en aucun cas, d'éléments allochtones apportés par solifluxion, Leur altération s'est donc bien faite *in situ* et n'est pas héritée.

- L'empilement stratigraphique des niveaux du remplissage s'est opéré au fur et à mesure de l'excavation vers le haut du porche de la Baume. En effet,

on ne retrouve pas dans les niveaux inférieurs (couches XXI à XXVIII) les faciès repérés représentés par les faciès microsparitiques à oolithes micritisées. Ceux-ci n'apparaissent qu'à partir de la couche XX et ne sont plus présents lorsque le niveau nourricier (entre 5 et 6 m) fut noyé par le remplissage et ainsi préservé. On peut ainsi penser que, lors de la formation du plancher stalagmitique XXI, la voûte du porche était beaucoup plus basse qu'actuellement et n'affectait pas encore ce niveau lithologique repère.

2) Les cortex d'altération

Ils sont représentés par plusieurs types distincts dont nous tenterons d'établir la typologie (du plus faible au plus fort). Nous verrons, dans un deuxième temps, comment ces types sont représentés dans les différents niveaux du remplissage.

Typologie des cortex (Fig. 76)

* Type 1 (ex. Gi-VI-62)

. A l'oeil nu : sur une surface sciée, le cortex apparaît comme un liseré blanchâtre à la périphérie de la roche saine (dans ce cas, il s'agit d'une biomicrite). Le cortex pénètre la roche saine au niveau des fissures du bloc et en particulier au niveau des joints stylolithiques. Son épaisseur varie de 0,5 mm à 2 mm. Dans ce dernier cas, des foliations plus sombres peuvent apparaître parallèlement à la surface du bloc.

. Au microscope optique : le ciment micritique apparaît comme légèrement désorganisé et plus aéré vers l'extérieur, ce qui lui donne une teinte plus claire que la biomicrite saine. Les éléments clastiques biologiques ou sparitiques inclus ne semblent, par contre, non affectés dans la zone corticale. A la base de celle-ci, un épaissement plus sombre souligne une limite nette à la base du cortex. Il s'atténue, par contre, de manière diffuse vers l'intérieur du bloc et passe progressivement à la biomicrite saine.

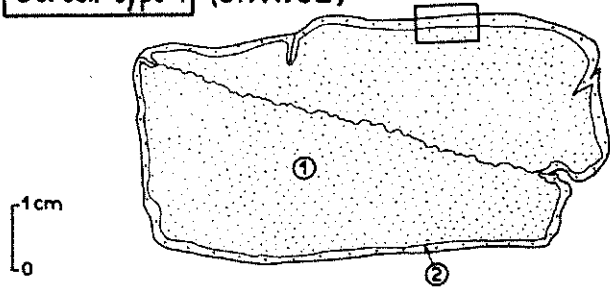
* Type 2 (ex. Gi-IX-72)

. A l'oeil nu : présence d'un cortex blanchâtre comparable à celui du type 1, mais plus épais (2 à 3 mm). Entre le noyau sain de calcaire à pâte fine et le cortex, une zone de desquamation beige-brun, peu épaisse (0,2 à 0,5 mm), parallèle à la périphérie, délimite nettement ces deux unités.

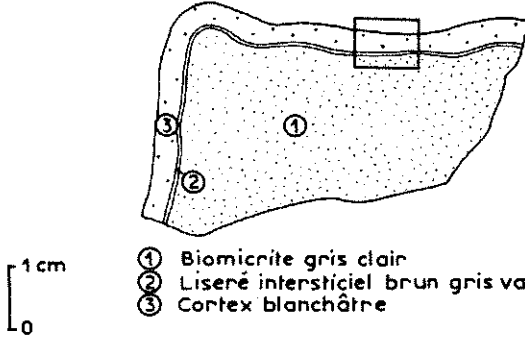
. Au microscope optique : le noyau sain biomicritique présente à sa périphérie une opacité plus grande, interrompue brusquement au contact de la zone de desquamation. Cette opacité s'atténue progressivement vers l'intérieur. La zone corticale présente une désorganisation du ciment micritique comparable à ce qui est observé dans le type 1. La zone intermédiaire marque une discontinuité nette entre cortex et noyau biomicritique, provoquant un isolement du cortex altéré. L'essentiel de l'espace est occupé par un ciment micritique vacuolaire vers l'extérieur. Les clastes minéraux ou organiques ne semblent pas affectés par l'altération. Certains d'entre eux enjambent la zone intermédiaire sans en paraître affectés.

OEIL NU

Cortex type 1 (Gi.VI.62)

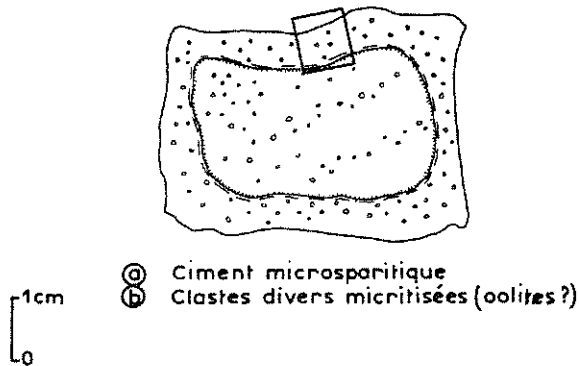


Cortex type 2 (Gi.VI.62)



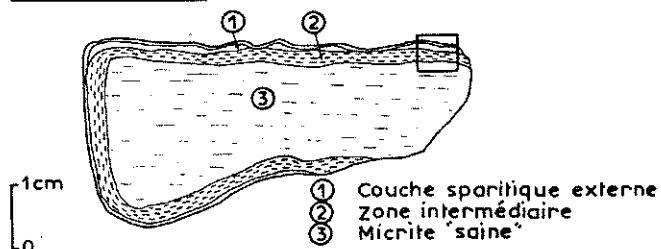
- ① Biomicrite gris clair
- ② Liseré intersticiel brun gris vacuolaire (zone de desquamation)
- ③ Cortex blanchâtre

Cortex type 3 (Gi.XIXc-16)



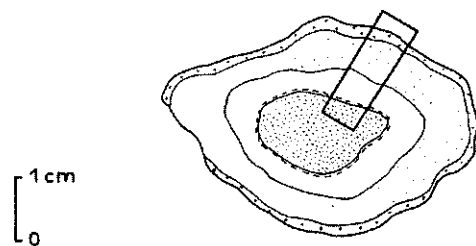
- ⓐ Ciment microsparitique
- ⓑ Clastes divers micritisés (oolites?)

Cortex type 4 (Gi.XVIa-43)



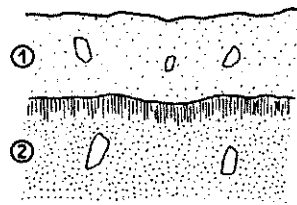
- ① Couche sparitique externe
- ② Zone intermédiaire
- ③ Micrite "saine"

Cortex type 5 (Gi.XIXc-15)

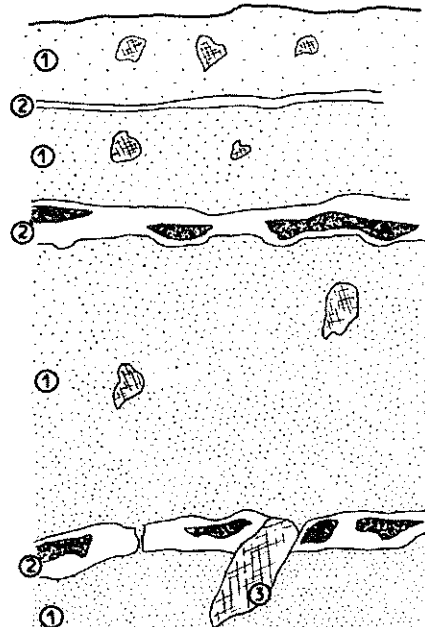
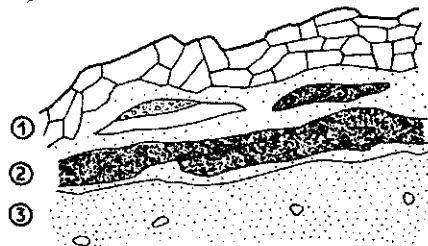
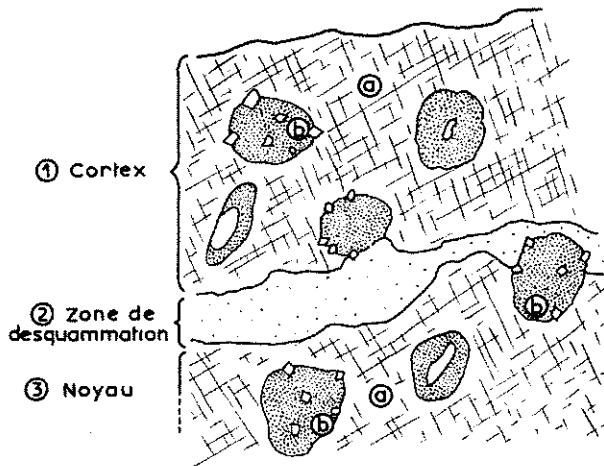
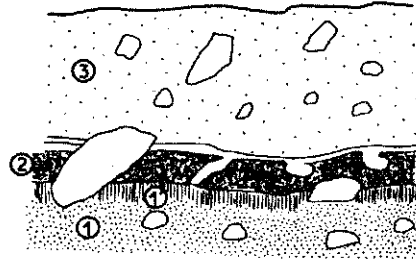


- ① Micrites à clastes disséminés
- ② Zone de desquamation concentrique
- ③ Clastes

MICROSCOPE X 12



- ① Biomicrite gris-clair
- ② Cortex blanchâtre



* Type 3 (ex. Gi-XIXc-16)

Sensiblement différent du précédent, ce type de cortex affecte surtout des oosparites à ciment microsparitique.

. A l'oeil nu : sur plan de sciage, une zone de discontinuité sensiblement parallèle au contour du caillou sépare un noyau interne d'une zone corticale apparemment saine et peu différente du centre. Cette zone corticale est épaisse et peut atteindre localement 10 mm.

. Au microscope optique : une zone de discontinuité (exagérée probablement lors de la préparation de la lame mince) se voit très nettement et apparaît comme une " digestion " du ciment microsparitique, celui-ci devenant de part et d'autre de plus en plus clair et vacuolaire, pour disparaître totalement, séparant nettement " cortex " et noyau central. Ces deux derniers ne présentent pas de différences de structure ni d'altération. Le ciment microsparitique entoure des bioclastes et clastes divers (oolithes, microgravelles, fragments d'entrocques) profondément micritisés. Certains d'entre eux présentent des recristallisations périphériques, ou plus rarement internes, de rhomboèdres clairs (calcitiques ou dolomitiques).

* Type 4 (ex. Gi-XVIa-431)

. A l'oeil nu : la zone corticale apparaît comme déjà complexe, bien qu'elle dépasse rarement 5 mm. Au contact du noyau lithique apparemment " sain ", se développe une couche blanchâtre à beige (elle-même formée de plusieurs " couches ") isolant vers l'extérieur un placage mince, discontinu, d'apparence comparable au noyau.

. Au microscope optique : la zone externe apparaît constituée de gros cristaux calcitiques lui conférant une structure macrosparitique typique, mais discontinue. Vers l'intérieur, entre le noyau micritique " sain " et la couche macrosparitique, se développent de petites couches grumeleuses, jaunâtres, plus ou moins continues (phosphates ?) et localement veinées de traits sombres.

Une variante de faciès 4 est présente seulement dans la couche VII (Gi-VII-68), mais montre une exagération des caractéristiques du faciès précédent : le placage externe, d'apparence " saine ", est beaucoup plus épais que précédemment et s'ajoute vers l'extérieur un encroûtement discontinu. La zone de desquamation de fond blanchâtre est colorée de trainées foncées, parallèles au noyau sain, comparables à ce qui avait été observé précédemment, mais leur expression est nettement plus prononcée.

* Type 5 (ex. Gi-XIXc-15)

C'est le type le plus complexe, que nous baptiserons de polycortical, par le fait que les surfaces sciées présentent une série d'auréoles concentriques de calcaire originel considéré comme sain (clastes sparitiques ou bioclastes noyés dans un ciment micritique) séparées par des zones de desquamation pouvant atteindre le centre du caillou.

. Au microscope optique : chaque zone de desquamation est la réplique des types 2 ou 3. L'importance de la zone " vide ", occasionnellement comblée d'un réseau granulaire discontinu, semble croître vers l'intérieur.

3) Les encroûtements phosphatés zonés

Absents des trois quarts supérieurs du remplissage (couches I à XX), ils se développent surtout sous le plancher stalagmitique inférieur (couche XXI) et ils sont particulièrement bien développés dans la couche XXVI.

Ces encroûtements peuvent atteindre 5 mm ; ils sont brun-foncé, plus ou moins cohérents, et rappellent les dépôts zonaires des phosphates du Quercy. Leur réaction positive au molybdate d'ammonium met en évidence leur nature phosphatée.

Au microscope, on ne reconnaît plus à leur niveau la nature initiale biomicroscopique de la roche saine, et on peut voir des couches superposées granuleuses, séparées par des lits plus sombres.

4) Répartition des différents types de cortex et encroûtements phosphatés dans les couches du remplissage de Gigny (Fig. 77)

Une étude statistique portant sur une cinquantaine de cryoclastes par échantillon granulométrique a été réalisée dans le remplissage de Gigny. Les cailloux sciés ont été classés à partir de l'aspect de leur cortex dans les divers types précédemment décrits, auxquels s'ajoute le type sans cortex ni encroûtement phosphaté. Les résultats globaux en pourcentages sont donnés dans la figure 77.

Les observations d'ordre général que l'on peut tirer de l'examen de cette courbe sont les suivantes :

a) Les encroûtements phosphatés ne sont présents que dans la partie basse du remplissage (couches XXII à XXVI). Lorsqu'ils existent, ils recouvrent la totalité (couche XXVI) ou 80 % de l'ensemble des cryoclastes (couches XXII-XXIII). Notons que ces couches ont livré une grande quantité de restes osseux. Entre ces deux grandes sources de phosphate, les couches XXIV et XXV, à peu près dépourvues d'ossements, semblent avoir bénéficié des migrations de phosphate qui encroûte 20 à 25 % des cryoclastes. On peut imaginer que ces migrations n'ont pas eu lieu dans tout le remplissage, mais seulement au niveau de voies privilégiées favorisant la percolation.

b) En ce qui concerne la répartition des types de cortex dans le remplissage, on peut noter des zones caractéristiques et bien différentes :

- La zone supérieure (couches IX à XV) où dominent les cryoclastes sans cortex ou avec un léger cortex du premier type. Certaines sous-zones (sommet et base de la couche VI, couches IX, X, XI, XII) présentent un pourcentage relativement important de cryoclastes à cortex moyen (type 2). Il faut noter que ces couches correspondent au niveau sédimentologique à des zones considérées comme peu cryoclastiques avec fort pourcentage de fraction fine par rapport à la fraction grossière.

Un cas spécial nous est offert par la couche VII décrite comme une argile indurée très calcique, que nous interprétons pédologiquement comme un horizon B calcique de paléosol.

- La zone moyenne (couches XVI à XX) où dominent les cryoclastes à cortex développé. Deux maxima sont nets au niveau des couches XVIa et XIX, séparés par une zone moins altérée (couche XVII). Comparativement, ces deux maxima d'altération ne sont pas identiques : le second présente un stade plus évolué que le premier, avec dominance des cortex de type 5 et absence de cryoclastes sans cortex ou même de cryoclastes à cortex léger de type 1. Comme nous l'avons évoqué pour la zone supérieure, le

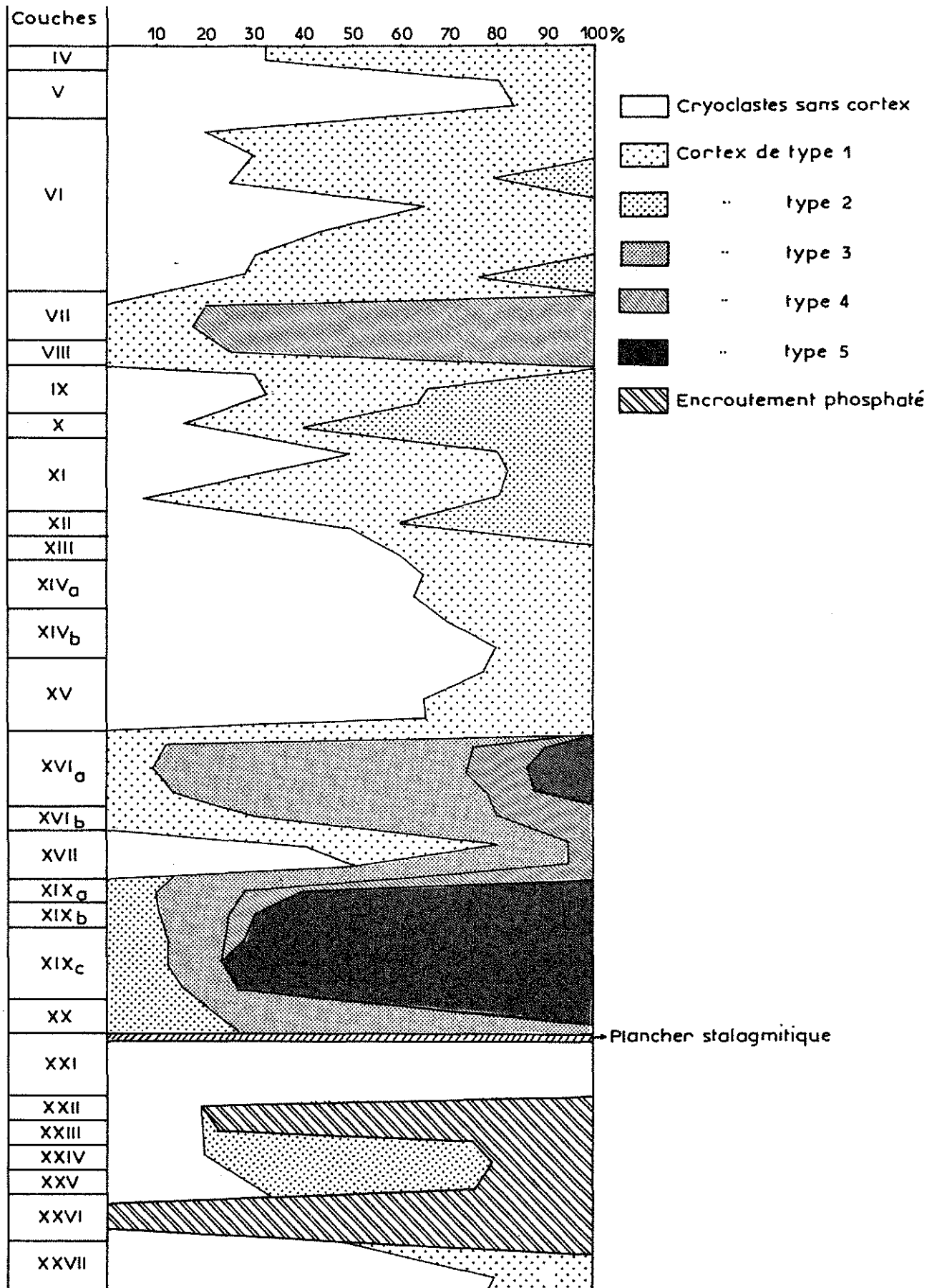


Fig.77 : Répartition des différents types de cortex et encroustements phosphatés dans les couches du remplissage de Gigny.

développement plus ou moins grand des cortex est proportionnel au taux de fraction fine dans le remplissage encaissant (Fig.68).

- La zone inférieure (couches XXI à XXVII) apparaît comme une entité nettement différente des deux premières : d'abord, par la présence d'encroûtements évoquée plus haut, ensuite par l'absence de développement cortical important à la surface des cryoclastes. Cet ensemble inférieur semble avoir eu une évolution diagénétique propre, indépendante des trois quarts supérieurs du remplissage. On peut attribuer cet isolement à la présence d'un plancher stalagmitique épais scellant et en quelque sorte " fossilisant " le remplissage le plus ancien de la Baume de Gigny.

5) Conclusions, réflexions et interrogations après cette approche de type naturaliste

Nous sommes bien en présence d'une altération corticale des cryoclastes de type différenciée. Il existe des cortex plus ou moins importants, répartis de manière différente dans l'ensemble du remplissage. Cortex et encroûtements sont là l'expression d'un même phénomène issu probablement des phosphates primaires des ossements présents dans le remplissage, mais s'exprimant de manière différente : d'une part (zone inférieure) par dépôt d'encroûtement de précipitation à la surface des cailloux, d'autre part par migration de la périphérie vers le centre des cailloux. S'il s'agit bien d'un même type de phénomène, pourquoi s'exprime-t-il différemment ?

La nature lithologique des cryoclastes ne semble pas influencer l'importance du cortex. Celle-ci est-elle conditionnée par

- l'importance des percolations
- l'ancienneté du remplissage (et sa maturité)
- les influences climatiques
- la vitesse du remplissage ?

Le développement du cortex, comme la formation des encroûtements, peut être considéré comme une manifestation de la diagénèse du remplissage karstique. Ce sont des superstructures qui affectent les cryoclastes après leur détachement de la paroi. Mais intervient-il de manière pénécotemporaine ou se poursuit-il encore actuellement, s'exprimant sous forme de paragénèses successives et progressives illustrées par les différents types de cortex ? Il semble que la première éventualité soit plus probable que la deuxième, comme le montre l'influence du plancher stalagmitique sur la zone inférieure.

Nous avons constaté, sinon une influence, du moins une concordance entre :

- l'importance des développements corticaux et
- le contenu granulométrique (importance en sédiments fins).

En effet, les couches considérées par l'analyse granulométrique comme cryoclastiques (grande ric hesse en cailloux, faible indice d'émoussé, faible porosité) présentent, en général, des développements corticaux faibles ou nuls. Au contraire, les couches considérées comme résultat d'altération (autochtone ou allochtone) présentent des développements corticaux importants et variés. S'ajoutant à cette distinction " primaire ", une polarité nette dans le sens d'un développement cortical croissant, se fait sentir vers les couches inférieures plus anciennes certes, mais déposées également sous un climat considéré comme plus humide et à caractère moins périglaciaire que les couches supérieures.

Une étude géochimique de ces cortex d'altération est en cours au Laboratoire de Pédologie de l'École Polytechnique de Lausanne. L'accident mortel dont fut victime Michel POCHON, son Directeur, le 27 mai 1980, a stoppé provisoirement ces travaux. Ils doivent être repris par son Assistant, M. DUBOIS.

IV. - LA FAUNE DE GIGNY

Abondante à Gigny, elle est présente dans tous les niveaux stratigraphiques reconnus. Nous examinerons successivement la microfaune (étudiée par J. CHALINE), la grande faune (F. PRAT et F. DELPECH) et l'avifaune (C. MOURER-CHAUVIRE).

A) La microfaune

=====

1) Généralités

Les os et dents de rongeurs sont abondants dans le remplissage. Une évaluation quantitative pondérale des restes de microfaune est faite dans la fraction moyenne (Fig. 70). On peut constater que :

- la microfaune est présente dans toutes les couches du remplissage ;
- dans la fraction 5-10 mm, elle est relativement peu abondante et ne dépasse jamais 25 % de cette fraction. Le plus souvent, elle ne représente que quelques pour cents de la fraction moyenne ;
- dans la fraction 2-5 mm, l'évaluation quantitative traduit une variabilité très forte du taux de microfaune : dans l'ensemble supérieur (couches IV à VIII), elle représente moins de 10 % de l'ensemble; dans l'ensemble moyen, elle est très représentée, dépassant 90 % dans la couche XI, et se situant rarement en dessous de 50 % (couche XIVb et sommet de la couche XV). Elle n'est, par contre, pas représentée dans l'ensemble inférieur.

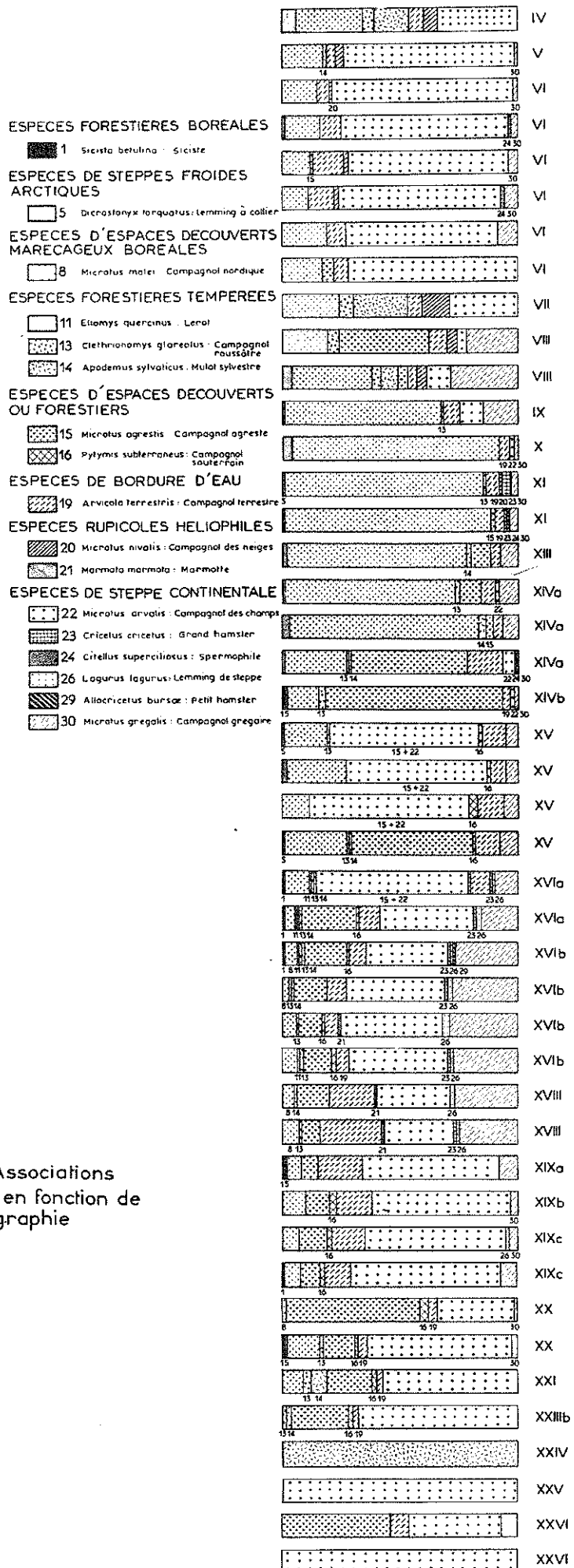
Compte tenu que tous ces restes de microfaune proviennent des débris des pelotes de rejection des rapaces, on peut penser que ces derniers ont niché abondamment aux environs du porche de la Baume de Gigny pendant l'édification du remplissage. La faible quantité de microfaune présente dans l'ensemble inférieur s'explique, à notre avis, par l'éloignement du porche à cet instant du dépôt : nous sommes en présence d'un dépôt de karst profond où les débris des pelotes n'ont pu parvenir (ou seulement exceptionnellement). Quant à l'ensemble supérieur, sa pauvreté en microfaune peut s'expliquer par le type de dépôts : ce sont des couches altérées (couches VII et VIII) ou colluvionnées (couches V et VI) où le matériel osseux a été détruit ou n'a jamais existé.

L'abondance exceptionnelle de microfaune dans l'ensemble moyen (couches IX à XX) est une nouvelle preuve du caractère " en place " de ces couches. Il existe probablement des lacunes de sédimentation dans cet ensemble moyen et plus certainement des lacunes d'érosion, mais les couches actuellement présentes dans le remplissage peuvent être considérées comme globalement non remaniées.

2) Le climatogramme de la Baume de Gigny (Fig. 78)

a) Description

La couche XX marque dans la stratigraphie le début d'un cycle, et d'après la présence d'une industrie moustérienne typique, elle a été mise en corrélation avec le début du Würm. D'après les autres sites connus, le début du Würm correspond à une phase fraîche. Ici, la couche XX correspond bien à ce type de climat, mais dès la couche XIXc, on constate l'apparition des Lemmings à collier (arctiques : *Dicrostonyx*) qui, jusqu'ici, sont connus uniquement dans le Mésowürm. Au sommet de la couche XIXc, apparaît également le Lemming des steppes d'Ukraine



ESPECES FORESTIERES BOREALES

1 *Sicista betulina* : Siciste

ESPECES DE STEPPES FROIDES ARCTIQUES

5 *Dicrostonyx torquatus* : Lemming à collier

ESPECES D'ESPACES DECOUVERTS MARECAGEUX BOREALES

8 *Microtus melei* : Campagnol nordique

ESPECES FORESTIERES TEMPEREES

11 *Elomys quercinus* : Leroi

13 *Clethrionomys glareolus* : Campagnol roussâtre

14 *Apodemus sylvaticus* : Mulot sylvestre

ESPECES D'ESPACES DECOUVERTS OU FORESTIERS

15 *Microtus agrestis* : Campagnol agreste

16 *Pythymis subterraneus* : Campagnol souterrain

ESPECES DE BORDURE D'EAU

19 *Arvicola terrestris* : Campagnol terrestre

ESPECES RUPICOLES HELIOPHILES

20 *Microtus nivalis* : Campagnol des neiges

21 *Marmota marmota* : Marmotte

ESPECES DE STEPPE CONTINENTALE

22 *Microtus arvalis* : Campagnol des champs

23 *Cricetus cricetus* : Grand hamster

24 *Citellus supercilius* : Spermophile

26 *Lagurus lagurus* : Lemming de steppe

29 *Allorchicetus bursae* : Petit hamster

30 *Microtus gregalis* : Campagnol gregaire

78 Gigny : Les Associations de Rongeurs en fonction de la stratigraphie

Lagurus, espèce qui a fait une brève incursion en France (Abri Vaufrey, Mont Dol, Régourdou) au niveau des oscillations interstadias de Brörup-Odderade. La conclusion vraisemblable, c'est que la couche XX du remplissage de Gigny ne correspond pas au début du Würm proprement dit, mais se situe quelque part à la transition Eowürm-Mésowürm. Nous verrons plus loin l'hypothèse que l'on peut retenir après l'analyse de tout le climatogramme.

Dans la couche XIXa, *Dicrostonyx* et la Siciste (*Sciasta*) sont présents et indiquent un climat froid à cachet arctique (froid humide) mais de la couche XVIII (base) à XVIIb (supérieure) les espèces à cachet steppique sec (*Lagurus*, *Microtus gregalis*) prennent de l'extension.

A partir de la couche XVIIb (supérieure) on observe une réduction de ces espèces avec la présence maintenant continue des éléments arctiques (*Dicrostonyx*, *Sciasta*). Cette phase de transition qui s'accompagne de l'expansion momentanée des *Microtus agrestis* (le campagnol agreste) marque un changement climatique. Depuis la couche XVIII (inférieure) on observe constamment la présence de quelques éléments forestiers, sans doute localisés près de la grotte.

De la couche XVIIb à VIII le diagramme climatique montre le développement d'une phase froide très humide (extension de *Microtus malei*). Cette extension de l'humidité passe par un maximum dans la couche X. Parallèlement, les espèces de steppe sèche décroissent (*M. gregalis*) et *Lagurus* disparaît dans la couche XIVa (inférieure) au début du maximum d'humidité. A partir de la couche IX, les espèces de zones humides froides diminuent, les espèces steppiques se développent à nouveau en compagnie d'espèces forestières, ce qui correspond à un changement climatique.

La couche VII marque un nouveau changement. Désormais, le campagnol des champs devient dominant (espaces découverts secs sur les plateaux) tandis que les espèces marécageuses (au fond de la vallée) se maintiennent. Ce type de paysage et de climat persiste jusque dans la couche V. La couche IV indique un rafraîchissement du climat qui, plus humide, favorise l'extension des forêts.

2) Interprétation de J. CHALINE

On peut distinguer dans la séquence plusieurs phases indiquant soit des stades, des interstades, des phases de transition, synthétisées dans le tableau ci-dessous où sont encore indiquées les corrélations possibles avec la chronologie climatique würmienne.

Couches	Climat	Paysages	Phases climatiques	Corrélations possibles
IV	Frais, humide	Plateaux : espaces découverts et forêt Vallée : marécages		
V VI VII	Continental	Plateaux : espaces découverts Vallée : marécages	stade steppique	La Rochefoucault (Charente)
VIII	Très continental	Plateaux : steppe boisée Vallée : marécages Eboulis : boisés	interstade	d'Arcy ? (Yonne)
IX X XI XIII XIVa sup.	Très froid Très humide à cachet arctique	Plateaux : steppe froide Vallée : marécages généralisés Eboulis : boisés	stade arctique de Gigny	La Quina ? (Charente)
XIVa inf. XV XV XVIb sup. XVIII XIXc XIXc XX	Très continental sec	Plateaux : steppe Vallée : quelques zones marécageuses Eboulis : quelques bosquets	transition interstade ? stade steppique de Gigny	odderade ? Brörup ? (Danemark)

B) La grande faune de mammifères (Fig. 79)

=====

(déterminations F. PRAT et F. DELPECH)

La figure 79 montre la répartition de cette faune en fonction de la stratigraphie.

1) Aspect chronologique

Comme à la Baume d'Echenoz, les ursidés permettent de préciser d'emblée les grandes coupures chronologiques du remplissage : de la couche XXVII (premier niveau fossilifère) à la couche XXI (dernier niveau fossilifère sous le plancher stalagmitique) les seuls ursidés présents sont représentés par *Ursus deningeri*, espèce anté-würmienne. Tout ce que nous avons appelé ensemble inférieur peut être donc considéré comme anté-würmien, position chronologique que l'industrie acheuléenne pouvait déjà laisser présager. Les espèces mammaliennes accompagnant *Ursus deningeri* sont *Cervus elaphus* (couches XXI et XXVII), *Bos* ou *Bison* (couches XXVI et XXVII), *Equus caballus* (couches XXI et XXVII) et *Panthera spelaea* (couches XXI et XXVI).

Le cortège faunistique présent dans les ensembles moyens et supérieurs du remplissage est typiquement représentatif des faunes würmiennes de l'Est de la France. Les différents niveaux sont plus ou moins riches en ossements, mais aucun n'est stérile.

D'une manière générale, la composition de la faune ne reflète pas les résultats habituels des grottes à ours typiques de Franche-Comté où les ursidés représentent 95 ou 98 % de l'ensemble.

2) Aspect paléoclimatique

Il y a cohabitation tout au long du remplissage de Gigny d'espèces réputées froides (le renne par exemple) et d'espèces réputées tempérées (le cerf, le chevreuil). Aucun niveau du remplissage würmien n'accuse nettement par son contenu faunistique une originalité climatique nette. On peut cependant noter une légère domination dans la couche VI des espèces froides (*Rangifer tarandus*, *Coelodonta antiquitatis*, *Ovibos moschatus*, *Alopex lagopus*), mais d'une manière générale, les différences ne sont pas suffisamment accusées pour tenter une interprétation paléoclimatique, à partir de la grande faune de mammifères.

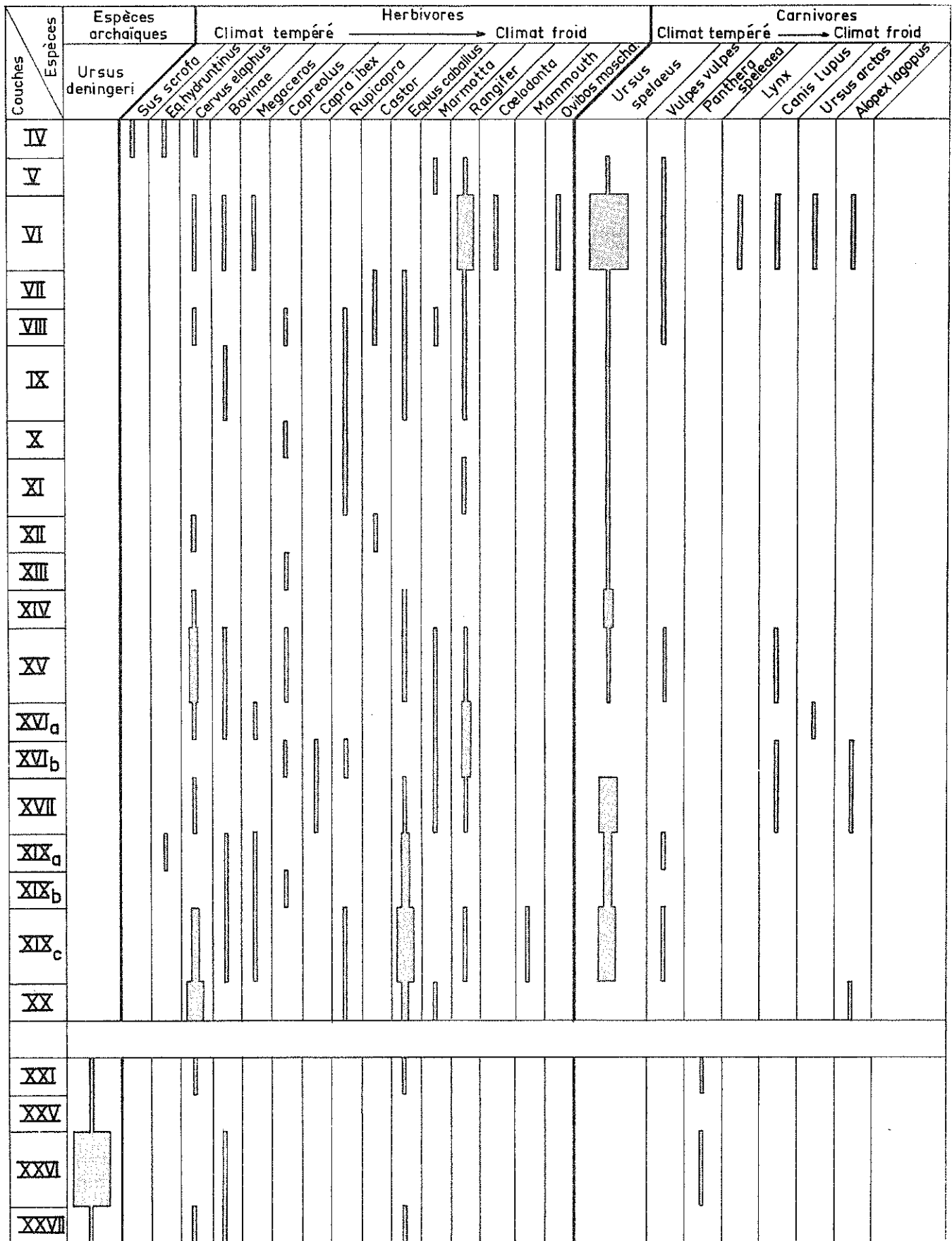
C) L'avifaune (Fig. 80)

=====

Parmi les nombreux ossements récoltés lors de la fouille ou au tamisage figuraient de nombreux restes d'oiseaux. Ceux-ci ont été déterminés et étudiés par C. MOURER-CHAUVIRE (1975) qui, sur 248 restes, a reconnu 42 espèces différentes.

Toutes les couches stratigraphiques reconnues à la fouille en ont fourni, sauf les couches V, VII, XI, XIII, XVI et l'ensemble inférieur. L'abondance en restes d'oiseaux suit les fluctuations des restes de microfaune et c'est dans l'ensemble moyen (couches VII à XX) que l'avifaune est la mieux représentée.

Nous ne reviendrons pas sur le détail des déterminations et nous retiendrons seulement la présence d'espèces tout à fait inattendues comme *Plantus alle* (le mergule nain) représenté par un humérus entier.



Nombre de pièces osseuses par espèce : plus de 100, de 20 à 100, de 10 à 20, de 1 à 10.

Fig.79 : LA GROTTTE de la BAUME : Répartition stratigraphique de la grande faune

" Cette espèce, typiquement marine, n'a été signalée à l'intérieur des terres qu'à la Fage, qui est relativement beaucoup plus proche des océans. Elle niche sur les côtes dans les régions circumpolaires et hiverne en pleine mer. Cependant, c'est une espèce qui est capable de voler. On peut admettre que des tempêtes très violentes l'aient entraînée aussi loin des côtes que l'est le Jura, ou encore elle a pu être introduite dans le gisement par des hommes préhistoriques "

D'une manière générale, la plupart des espèces sont présentes, surtout par des tarso métatarsiens et métacarpiens, ce qui fait dire à C. MOURER-CHAUVIRE que les restes d'oiseaux ne constituent pas des restes de chasses humaines, mais qu'ils ont été apportés dans la grotte par des prédateurs. Deux indices cependant peuvent être interprétés comme liés à la présence humaine : c'est d'une part la présence de nombreux os coracoïdes de grandtétraras (*Tetrao urogallus*) dans les couches à industries préhistoriques et l'aspect manifestement décoré de la seule phalange postérieure de cygne sauvage (*Cygnus cygnus*) ayant probablement été utilisée comme pendeloque.

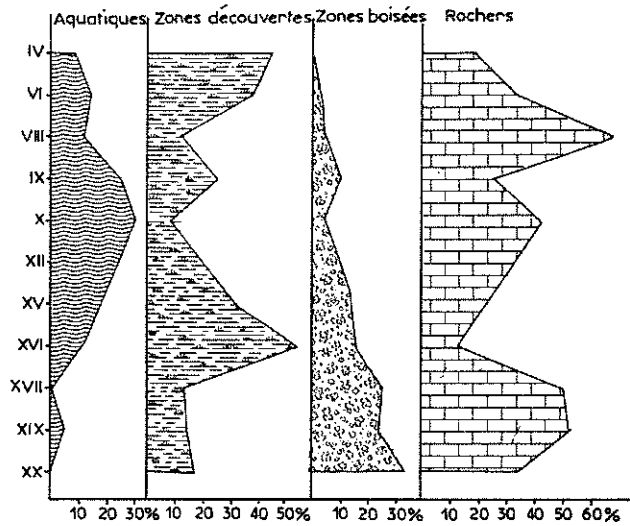
C. MOURER-CHAUVIRE propose une interprétation paléoclimatique à partir des différentes associations de l'avifaune en fonction de la stratigraphie (Fig. 80). Les données principales de cette interprétation sont les suivantes :

" Les espèces aquatiques, très peu abondantes dans les couches inférieures, passent par un maximum dans la couche X, puis diminuent de nouveau dans les couches supérieures. Les espèces qui vivent dans les régions découvertes, peu abondantes également dans les couches inférieures, passent par un maximum dans la couche XVI, puis subissent des fluctuations et augmentent de nouveau dans les couches supérieures. Celles qui vivent dans les forêts sont au contraire relativement nombreuses dans les couches inférieures, puis diminuent progressivement et deviennent très peu abondantes dans les couches VIII, VI et IV. Enfin les espèces vivant dans les rochers, sans doute à proximité de la grotte, sont toujours relativement abondantes et passent par trois maximums, un dans la couche XIX, un dans la couche X et un dans la couche VIII.

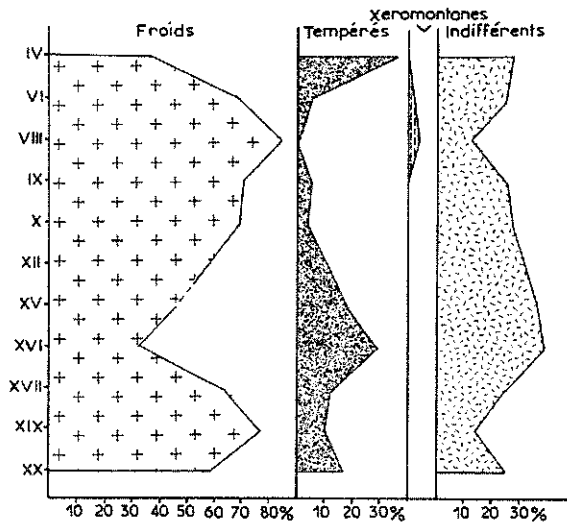
Au point de vue climatique, aucune espèce n'indique un climat plus chaud que le climat actuel et les éléments xéromontanes, *H. daurica* et *P. pyrrhocorax*, sont très peu abondants. La courbe des espèces tempérées et celle des espèces froides présentent des formes absolument opposées tandis que la courbe des espèces indifférentes est relativement parallèle à celle des espèces tempérées. On peut voir très nettement deux périodes de froid maximum, l'une dans les couches XX, XIX et XVII, l'autre dans les couches X, IX, VIII et VI, séparées par une période beaucoup plus tempérée durant le dépôt de la couche XV et surtout de la couche XVI. Ceci montre que pendant tout l'épisode correspondant au dépôt des couches XX à X, le réchauffement se fait sentir uniquement durant le dépôt des couches XVI et XV. Ce réchauffement n'a pas dû être très important, car il subsiste à proximité de la grotte des lagopèdes, des tétras lyres, des grands tétras, des chocards et aussi peut-être des niverolles. Cependant, ces espèces froides sont nettement moins abondantes que dans les autres couches. C'est à la fin de cette période d'amélioration climatique, dans la couche XV, qu'apparaît le mergule, ce qui montre que sa présence est probablement accidentelle ou liée à l'occupation humaine. C'est également dans la couche XV que se trouve la phalange de cygne utilisée comme pendeloque. Dans la couche XVI, on trouve peu de restes de chocard, celui-ci semble remplacé par la pie qui a laissé de nombreux ossements. La grue cendrée, qui semble liée au réchauffement postglaciaire dans les autres gisements, apparaît également dans la couche XVI.

L'amélioration climatique des couches XV et XVI ne s'accompagne pas d'une extension des formes arboricoles, comme cela se produit généralement dans les temps holocènes, mais d'une extension des espèces qui fréquentent les régions découvertes comme le faucon kobez, la perdrix grise, la caille, l'alouette lulu, le traquet motteux, la pie, le choucas. Cela semble traduire un climat peut-être un peu moins froid, mais surtout nettement plus sec "

(A) Répartition des différents groupes écologiques



(B) Répartition des différents groupes climatiques



(C) Répartition des galliformes

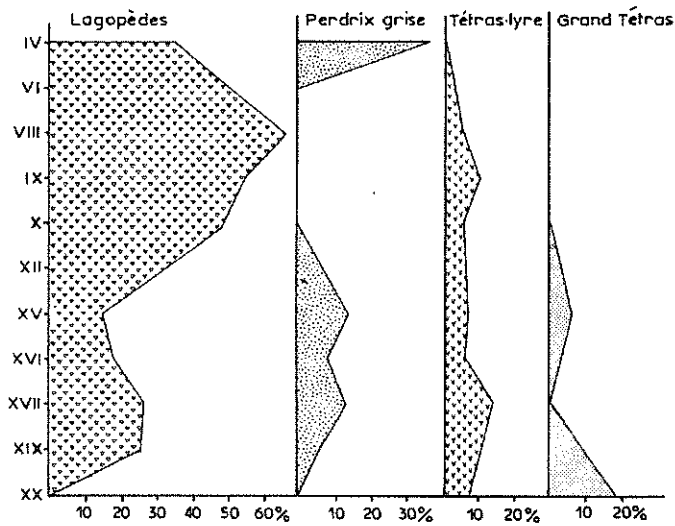


Fig.80 GIGNY : Répartition des différentes associations de l'avifaune en fonction de la stratigraphie. (D'après C. MOURER-CHAUVIRE)

L'avifaune des couches XX, XIX et XVII correspond donc à un climat très froid. Puis celle des couches XVI et XV semble correspondre à un réchauffement contemporain d'une moins grande humidité. A partir de la couche XII, une période de froid s'intensifie progressivement, provoquant la disparition complète des espèces arboricoles. Pendant cette période, les éléments les plus importants sont les lagopèdes. Enfin, durant le dépôt de la couche IV, le climat est nettement moins froid, mais les espèces de régions découvertes sont prédominantes et les espèces arboricoles totalement absentes.

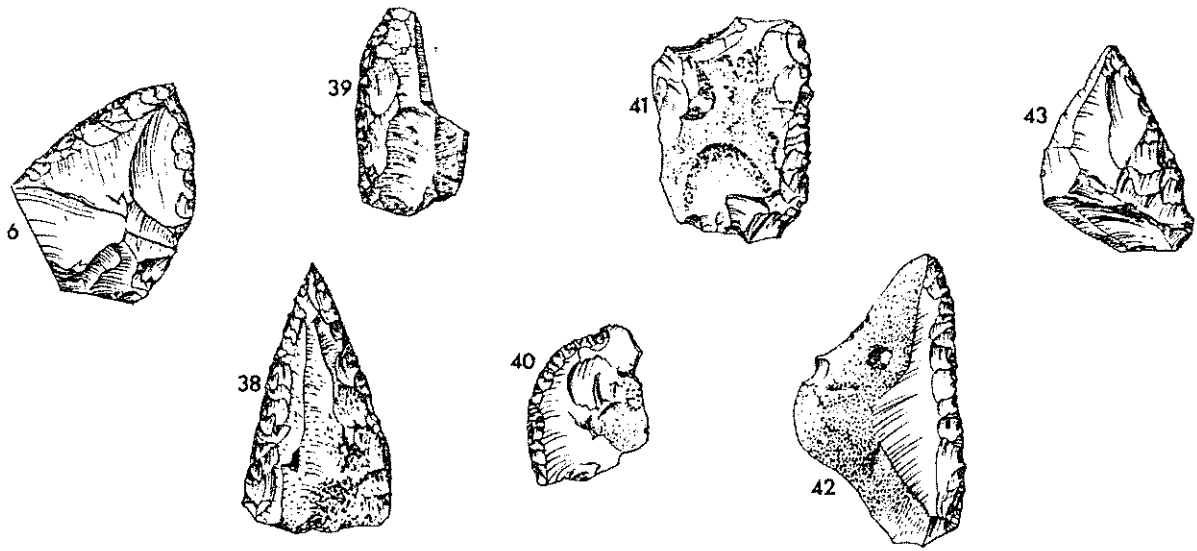
" La figure 80 montre l'évolution de la répartition des galliformes au cours du remplissage. Les courbes sont tracées d'après le pourcentage des individus de chaque espèce par rapport au nombre total d'individus identifiés dans chaque couche. Les lagopèdes passent par un maximum pendant le dépôt des couches X, IX, VIII et VI, époque durant laquelle la perdrix grise, qui était abondante dans les niveaux inférieurs, disparaît complètement, mais elle réapparaît dans la couche IV, alors que les lagopèdes diminuent. Les deux tétras sont surtout abondants dans les couches inférieures. Ces deux espèces indiquent un milieu boisé, le tétras lyre qui vit plutôt dans les boisements clairsemés ou à la lisière des forêts reste présent durant tout le remplissage, tandis que le grand tétras qui vit dans les grandes forêts de conifères, disparaît après la couche XV ".

V. - L'INDUSTRIE LITHIQUE (Fig. 81 et 82)

Le gisement préhistorique de la Baume de Gigny constitue un cas à part parmi les sites moustériens francs-comtois. L'abondance du matériel lithique et la fraîcheur des éclats font de ce gisement un site comparable aux plus beaux exemples du Sud-Ouest de la France. Il constitue, en tout cas, une preuve de l'occupation importante de la Franche-Comté par les hommes du Moustérien à l'époque du Würm ancien. L'originalité archéologique du gisement de Gigny par rapport aux autres gisements moustériens vient probablement du fait que le site a subi moins que d'autres les effets dévastateurs du recul de la falaise : cela n'est donc pas une originalité *initiale*. Les gisements moustériens de Casamène, Echiénoz ou Rurey ont sans doute possédé des stratigraphies aussi complètes et des ensembles industriels aussi riches que la Baume de Gigny. Mais les niveaux moustériens actuellement présents dans ces gisements ne sont que le reliquat de remplissages profonds dont les équivalents stratigraphiques plus externes par rapport au réseau karstique ont été détruits par le recul de la falaise.

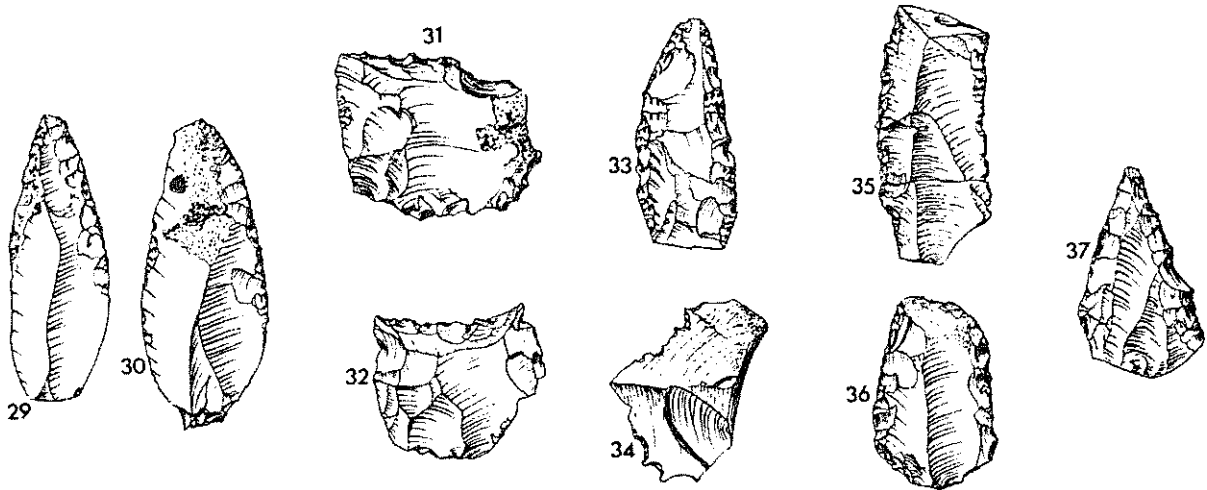
L'étude typologique de cette industrie a été faite par M. VUILLEMEY, fouilleur du gisement. Nous reprendrons sommairement son étude (J.F. PININGRE et M. VUILLEMEY, 1976) :

" Six périodes distinctes d'occupation y ont été mises en évidence. Les différentes industries ont en commun un certain nombre de caractères leur donnant un incontestable air de famille qu'accentue l'emploi des mêmes matières (silex et chaille) dans les mêmes proportions. Elles ne sont pas de faciès levallois (sauf dans le niveau XX) bien que les éclats levallois soient de belle venue et le plus souvent laminaires, conservés tels quels, sans retouches d'aménagement. Les indices laminaires compris entre 7 et 13 ne traduisent pas l'impression élancée des séries XX, XIX, XV et VIII dont le module d'allongement des éclats est souvent voisin de 2. Le facettage des talons est largement utilisé, principalement dans les niveaux XX et XIX où il est voisin de 60. Dans l'ensemble, les éclats sont minces et la valeur basse des indices clactoniens voisine de 10, confirme bien le caractère assez particulier qui originalise quelque peu les industries des niveaux VIII, XV, XIX et XX. Dans le niveau XVI, l'-

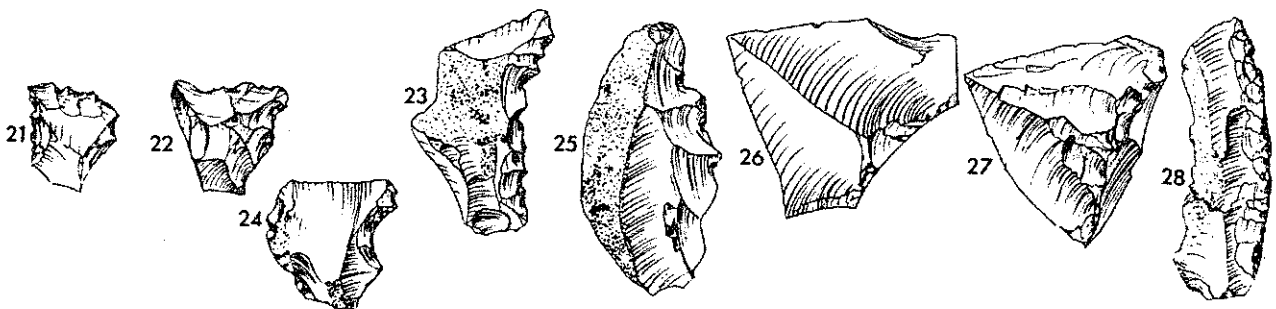


niveaux VIII et XII

5cm

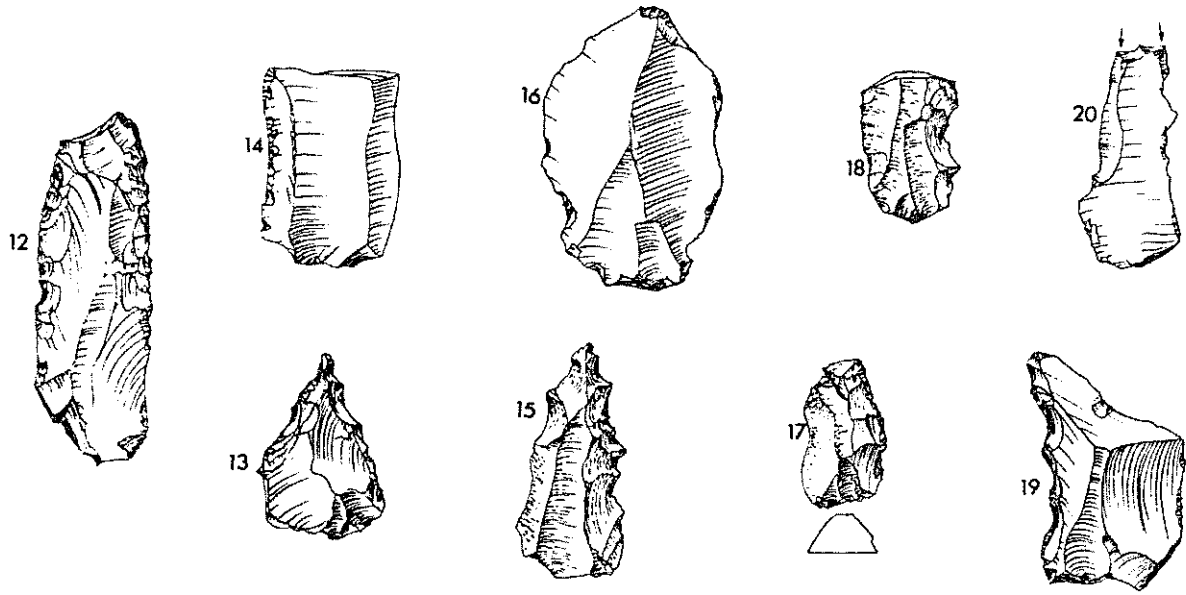


niveau XVII

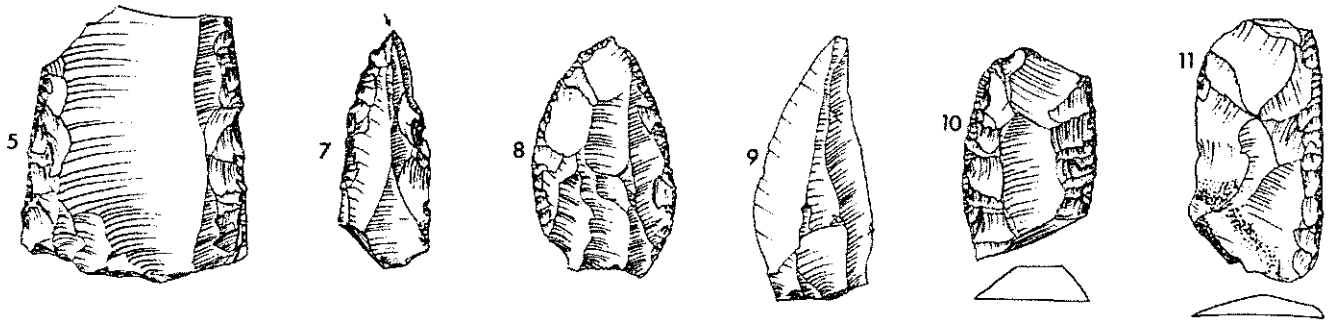


niveau XVI

Fig.81 Quelques pièces caractéristiques de l'industrie lithique de Gigny (Dessin M.Vuillemey)

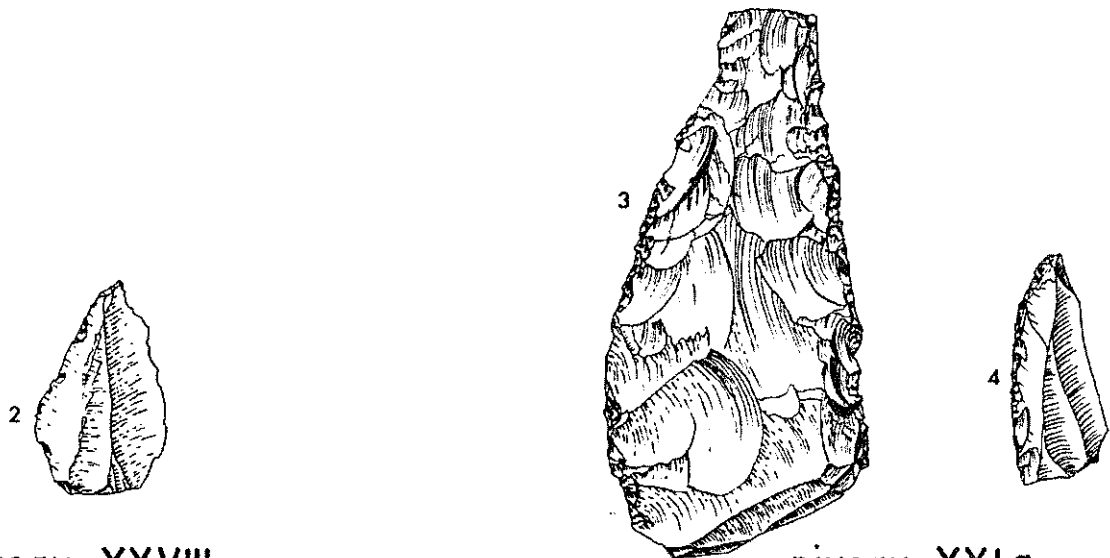


niveau XIX



niveau XX

5cm



niveau XXVIII

niveau XXI a

Fig.82 Quelques pièces caractéristiques de l'industrie lithique de Gigny (Dessin M. Vuilleme)

indice levallois (IL = 6,8) très faible et l'indice clactonien relativement fort traduisent l'aspect archaïque d'un débitage très différent, à première vue, de celui des autres horizons. Hormis le fait qu'on ait affaire à des industries de faciès non levalloisien (IL $\text{ty} < 25$), l'étude des autres indices typologiques fait apparaître une incontestable similitude entre les niveaux XX et VIII d'une part, XIX et XV d'autre part. Le niveau XVI s'originalise par la présence d'un très fort pourcentage de pointes pseudo-levallois (44 %) dont un certain nombre transformé en outils (encoches ou denticulés) ne figure pas dans ce pourcentage. Les racloirs y sont rares (IR = 5,9), les denticulés nombreux (Moustérien à denticulés), rappelant de façon frappante la composition typologique de l'industrie des niveaux de la série B de l'Abri Breuil (LUMLEY, 1972).

Dans les séries des niveaux XX et VIII, les racloirs sont en proportion écrasante (IR. ess. voisin de 75). Tous les types sont représentés, mais les racloirs simples latéraux dominant. Les racloirs déjetés, absents dans le niveau VIII, font une timide apparition dans le niveau XX. La rareté des denticulés des encoches, l'indice de racloirs très fort, permettent de classer ces industries dans le Moustérien de type charentien ; toutefois, l'absence des outils caractéristiques incite à rattacher ces industries au groupe moustérien typique, riche en racloirs de faciès non levalloisien dont on trouve de nombreux exemples dans le Sud-Est de la France et en particulier à l'Abri Breuil série D. Les industries des niveaux XIX et XV, très proches typologiquement, se différencient de celles des niveaux XX et VIII par un enrichissement en denticulés au détriment des racloirs qui, bien que moins nombreux (IR. ess. 40 environ) regroupent les différents types dans des proportions assez semblables. Ces industries rappellent les moustériens typiques enrichis en denticulés du midi méditerranéen (Hortus, Abri Breuil). L'absence de racloirs déjetés et la rareté des transversaux, des limaces, des racloirs à retouche biface, paraissent être un caractère commun à tous les niveaux ".

VI. - CONCLUSIONS SUR LA BAUME DE GIGNY

A) Données chronologiques et paléoclimatiques (Fig. 83)

Quatre ensembles lithologiques, définis par des contenus sédimentaires, paléontologiques et archéologiques très différents, apparaissent dans le remplissage de Gigny. Inégaux en puissance, ils peuvent être circonscrits de la manière suivante, de bas en haut :

1) De la couche XXVII à la couche XXI (ensemble inférieur)

Type de remplissage évolué (taux de bréchification générale important) passant du bas vers le haut d'un remplissage de karst profond, en voie de comblement, à un remplissage de porche (importante cryoclastie du niveau XXI). Faune archaïque à *Ursus deningeri* et herbivores de climat tempéré. Industrie lithique peu typique pouvant se rapporter à un type d'Acheuléen évolué. Cet ensemble représente le complexe rissien, mais son édification a certainement eu lieu au cours d'interstades ou de phases peu froides du Riss. Seules les couches XXI et XXII, vigoureusement cryoclastiques, sont attribuables à une phase froide du Riss.

Nous avons déjà soulevé le problème du caractère très particulier du plancher stalagmitique surmontant cet ensemble : il est constitué de volumineux fragments calcitiques massifs apparemment détachés de la paroi et recimentés localement et secondairement par des enduits calcitiques. Par endroits, cette calcite secondaire conso-

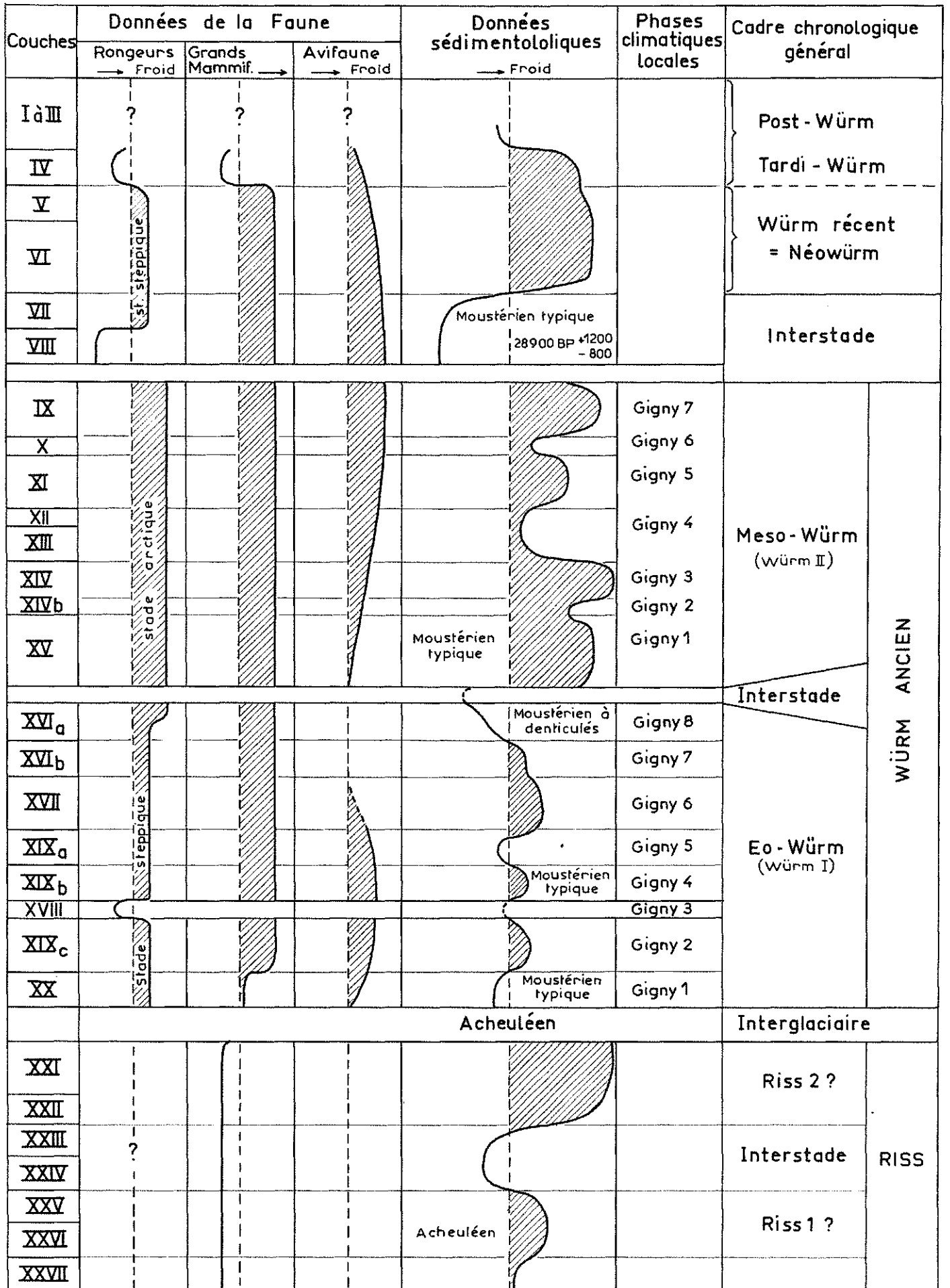


Fig.83 La Baume de Gigny : Synthèse chronologique et paléoclimatique

lide le cailloutis " open-work " sous-jacent, et entre les fragments calcitiques primaires, des lentilles de gélifraction subsistent de manière discontinue. C'est dans l'une de ces lentilles que fut trouvé le biface de faciès acheuléen supérieur. Ces masses calcitiques, en position primaire ou (et) secondaire, marquent une période de réchauffement majeur précédant un remplissage à industrie moustérienne typique. Il paraît logique de lui attribuer un âge interglaciaire Riss-Würm.*

2) De la couche XX à la couche VII (ensemble moyen)

Les données de la faune sont fondamentales, mais relativement peu précises. Le cortège caractéristique du Würm est présent au niveau de la grande faune de mammifères. L'avifaune traduit deux poussées froides séparées par une phase de réchauffement. Les associations de rongeurs font apparaître deux épisodes froids à des degrés divers : un stade à caractère steppique de la couche XX à la couche XVIa, et un stade à caractère arctique du sommet de la couche XVIa à la couche IX.

Les données sédimentologiques confirment et précisent cette vision. Deux ensembles lithologiques nettement différents apparaissent d'emblée et sont confirmés par les analyses sédimentologiques et en particulier de la fraction grossière.

a) De la couche XX à la couche XVIa

Sous-ensemble inférieur où les caractéristiques diagénétiques traduisent un degré d'altération assez poussé : peu de plaquettes gélines, indice d'émoussé et porosité élevés, cortex d'altération bien développés. Ces caractéristiques s'acquièrent dans un environnement climatique modérément froid, probablement humide (lessivage important). Trois épisodes plus cryoclastiques viennent perturber cette impression générale, sans doute par des péjorations climatiques. Ce sont les phases correspondant aux couches XIXc, XXb et XVII. Dans une moindre mesure, la couche XVIb prolonge par une relative amélioration climatique la péjoration de la couche XVII. La couche XVIa, fortement et brusquement altérée par rapport à la couche XV sus-jacente, traduit un arrêt de sédimentation prolongé. Les profonds ravinements dont elle est affectée traduisent d'autre part une ablation importante qui a provoqué son tronçage partiel. Ces caractéristiques sédimentologiques nous inclinent à placer après le dépôt de cette couche une phase de réchauffement majeur (interstade ?).

b) De la couche XV à la couche VII

Sous-ensemble supérieur.

Ici, au contraire, les phénomènes physiques (essentiellement cryoclastiques) l'emportent sur les phénomènes d'altération. Quatre épisodes très froids (couches XV, XIVa, XI et IX) sont séparés par des épisodes à caractéristiques cryoclastiques moins nettes et plus fortes impressions diagénétiques. Ces derniers épisodes semblent cependant de courte durée et les influences froides dominent largement cet ensemble lithologique. La couche IX est scellée par un plancher stalagmitique diffus, mais réel. Les couches VII et VIII, qui ne représentent probablement que le reliquat d'un corps sédimentologique plus complet mais démantelé, montrent des caractéristiques d'altération poussée. Nous les avons interprétées comme déposées au cours d'une phase de réchauffement majeur ayant valeur d'interstade. Deux

*

une datation récente vient d'être réalisée à l'Institut für Kernchemie de l'Université de Cologne (Dr. J.G. HENNIG) par la méthode Uranium-Thorium. Elle donne un âge corrigé de 145.000 ans ± 18.000 , ce qui correspondrait à un interstade du Riss plutôt qu'au Riss-Würm.

datations absolues ont été réalisées sur les ossements de la couche VIII par le Laboratoire de Radiocarbone de Lyon (Ly 556 et Ly 789). La moyenne compensée de ces deux mesures indique un âge de

$$28.900 \text{ B.P. } + 1200 \\ - 800$$

soit un intervalle de 28.100 à 30.100. D'une manière générale, les données sédimentologiques évoquent une période froide, dont la rigueur climatique atteint un maximum lors du dépôt de la couche XIV.

3) Couches VI à IV (ensemble supérieur)

Les faunes de l'ensemble supérieur évoquent encore un cortège froid (cortège steppique de la microfaune) jusqu'à la couche V comprise. Par contre, l'amélioration climatique débute avec la couche IV. Du point de vue préhistorique, aucun niveau n'a été individualisé ; par contre, les quelques pièces éparses sont de type paléolithique supérieur.

Du point de vue sédimentologique, nous avons déjà montré le caractère non stratifié et massif de la couche VI et ses caractéristiques de type coulée de solifluxion. Sous cet aspect, ce puissant niveau remanie, à notre avis, des sédiments déposés lors de phases froides du Würm récent. La couche V présente des caractéristiques comparables auxquelles vient s'ajouter un voile de concrétionnement sur les blocs calcaires. Il y a donc arrêt de sédimentation au sommet de cette couche. La couche IV montre des caractères cryoclastiques nets au niveau des éléments lithiques, mais la matrice tufacée évoque une humidité importante et une température clémente. Cette couche a donc probablement une origine double, de manière non contemporaine ; la dernière phase (précipitation tufacée étant sans doute post-würmienne).

4) Les niveaux protohistoriques (couches I à III)

Essentiellement formés de dépôts cendreux gris-noir, profondément remaniés par les occupations humaines, ces dépôts n'ont pas enregistré les variations climatiques du cadre naturel.

B) La genèse du remplissage de Gigny (Fig. 84)

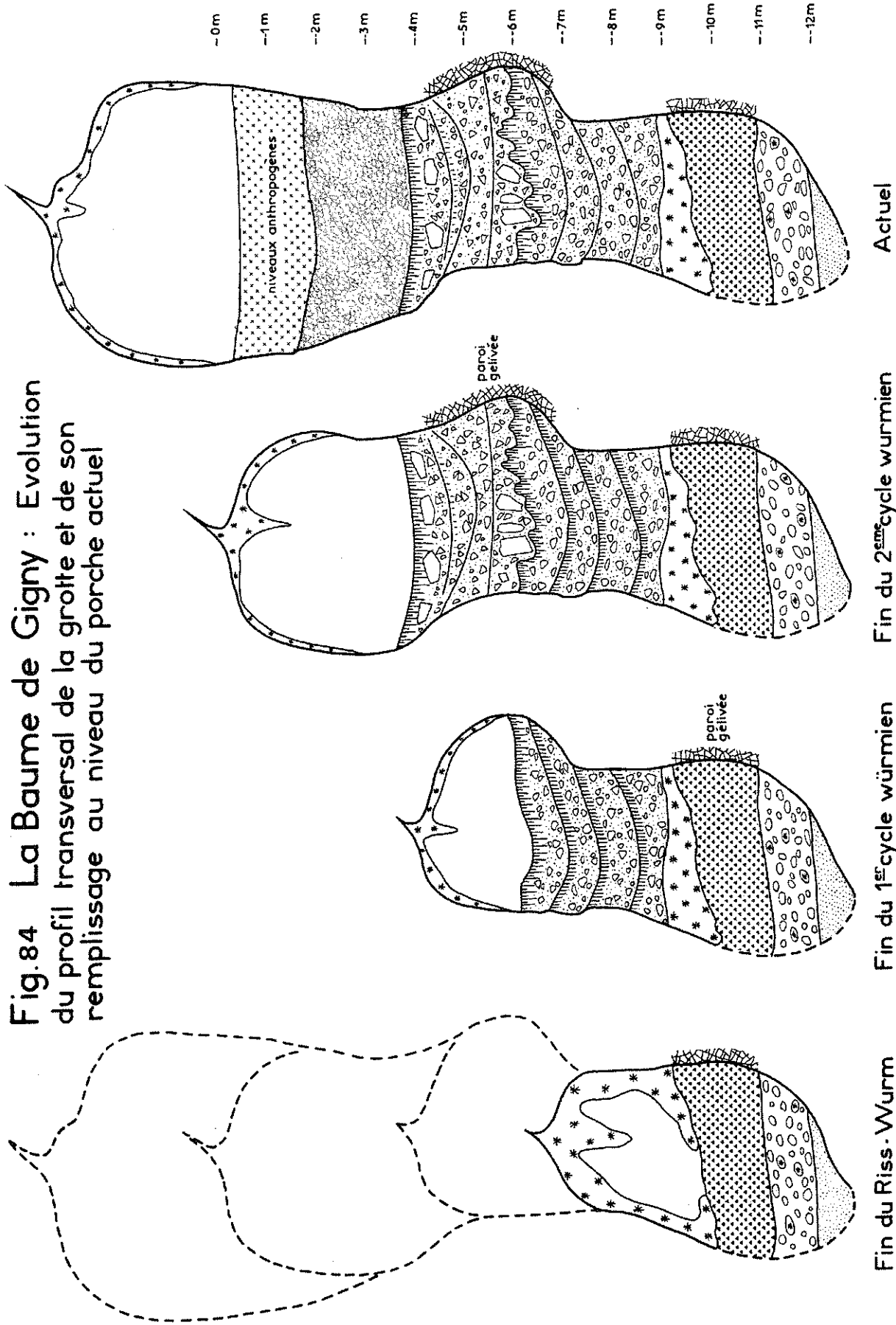
=====

Nous reviendrons plus tard, au moment de tirer les conclusions sur les remplissages karstiques, sur le mode de formation de ce type de remplissage de porche, à la lueur des observations réalisées sur les divers sites étudiés. Le gisement de Gigny s'intègre dans ce type général, mais présente quelques particularités qu'il nous a paru bon d'évoquer sous forme d'une évolution du profil transversal de la grotte et de son remplissage au niveau du sondage effectué, c'est-à-dire au niveau du porche actuel. Quatre étapes principales ont été dégagées :

1) Fin du Riss-Würm

Les niveaux inférieurs du remplissage situés chronologiquement dans le Riss sont, au moins pour leur séquence profonde (couches XXVII à XXV) des formations de type karst profond (galets roulés). C'est à partir de la séquence supérieure (couches XXII et XXI) que les dépôts cryoclastiques apparaissent, les marques de gélivation étant encore visibles sur la paroi rocheuse latérale. Une importante phase de calcitisation scelle partiellement les dépôts antérieurs pendant l'interglaciaire. Il est probable qu'un revêtement calcitique important se soit déposé sur les parois de la grotte, et que la cryoclastie des premières phases froides du début du Würm détruise ces formations qu'elle incorpore au remplissage.

Fig.84 La Baume de Gigny : Evolution du profil transversal de la grotte et de son remplissage au niveau du porche actuel



2) Fin du premier cycle würmien (Eowürm ? - Würm I ?)

Un remplissage d'environ 3 m de puissance, constitué de fragments cryoclastiques très altérés (cortex) est tronqué aux environs de la cote - 6 m par un ravinement dont les chenaux sont très visibles en coupe transversale. Un dépôt calcitique assez important recouvre les parois de la grotte et alimentera les premiers cryoclastes du cycle suivant.

3) Fin du deuxième cycle würmien (premier pléniglaciaire ? - Würm II ?)

Une sédimentation cryoclastique de blocs marque le retour d'une période froide après un interstade tempéré. Ce type de sédimentation se poursuit avec quelques variantes jusqu'à la fin de la couche IX scellée par un plancher stalagmitique. Un interstadaire complexe se matérialise ensuite par une sédimentation condensée, fortement altérée (couches VII et VIII).

4) Situation actuelle

Après un arrêt ou une réduction de la sédimentation, le troisième cycle würmien provoque une nouvelle sédimentation. De celle-ci, nous ne possédons qu'un reliquat important mais homogénéisé pour une reprise d'érosion post-glaciaire (couche IV). Après ce bouleversement destructeur de stratigraphie, deux épisodes froids contemporains des couches V et IV, redonneront une allure stratifiée au remplissage. Les occupations humaines importantes de la période holocène provoqueront un dépôt artificiel important au sommet du remplissage naturel.

LA GROTTÉ DE CASAMÈNE
A BESANCON (DOUBS)

HISTORIQUE

La Grotte de Casamène est signalée pour la première fois en 1912 par M. THOMAS dans la Feuille des Jeunes Naturalistes de Besançon. Cet auteur y relate l'exécution d'un petit sondage à l'aplomb de la voûte et mentionne la découverte d'ossements d'ours des cavernes. L'information est reprise par E. FOURNIER en 1923.

Au printemps 1967, P. PETREQUIN signale la découverte d'éclats de chaille taillée dans les déblais de la fouille de 1912. A la suite de fouilles clandestines constatées peu après, la Direction des Antiquités Préhistoriques de Franche-Comté décide d'y organiser une fouille de sauvetage " afin de déterminer l'intérêt du site et d'assurer la protection et la fermeture de la grotte ".

Les fouilles ont lieu sous la direction de J.P. MILLOTTE et P. PETREQUIN, d'abord en septembre-octobre 1968, puis en décembre 1969 et janvier 1970. Les résultats de cette fouille sont publiés dans une note importante de Gallia-Préhistoire (1976) par P. PETREQUIN, J.F. PININGRE et J.P. URLACHER. Un examen annexe concernant l'étude sédimentologique du remplissage est exécuté par R. PETIOT.

Avec l'autorisation de J.P. MILLOTTE, Directeur des Antiquités Préhistoriques de Franche-Comté et de P. PETREQUIN, nous effectuons, au printemps 1977, un rafraîchissement de la stratigraphie de la coupe afin d'y réaliser des prélèvements en vue d'une étude sédimentologique complémentaire.

Il s'avérerait effectivement utile et nécessaire d'étudier ce gisement par les méthodes utilisées pour les remplissages contemporains d'Echenoz, Gigny et Rurey, afin d'être en mesure de comparer utilement ces stratigraphies franc-comtoises à industries moustériennes.

I. - LA GROTTE DE CASAMÈNE DANS SON CONTEXTE GEOLOGIQUE

La Grotte de Casamène (x = 878,9 y = 252,6 z = 390 m) se trouve dans un contexte géologique complexe d'un point de vue structural : le faisceau bison-tin. Du NNW au SSE, la Fig. 85 présente les différentes unités structurales :

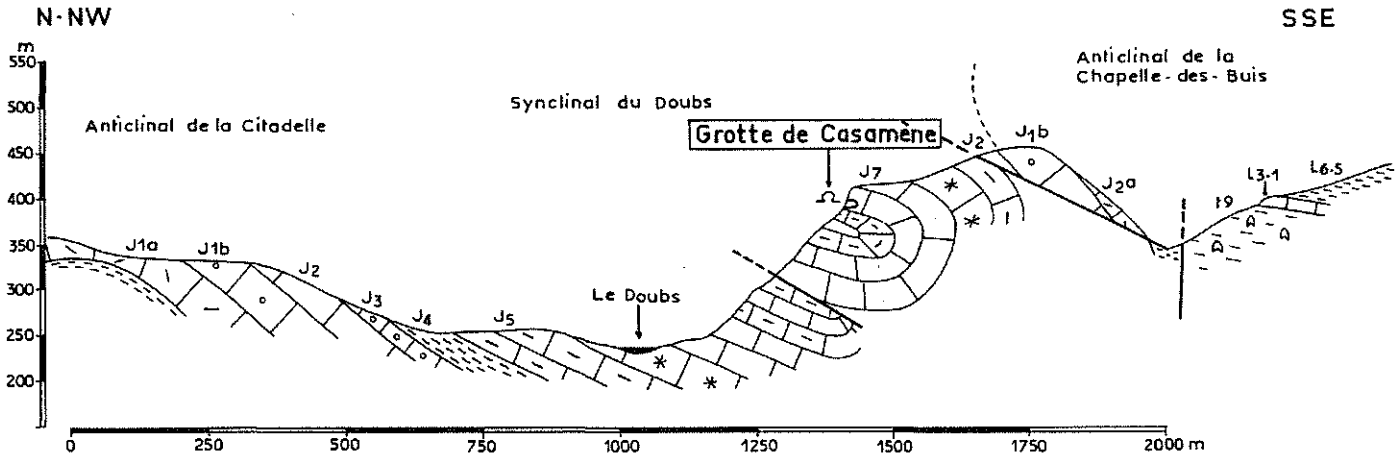


Fig.85 La grotte de Casamène - Coupe géologique au niveau du porche

- L'anticlinal de la Citadelle, d'axe Jurassique moyen, dont le flanc monoclin est creusé par la vallée du Doubs.

- Le synclinal du Doubs affecté de failles chevauchantes complexes et son coeur Jurassique moyen constituent l'essentiel du flanc sud de la vallée du Doubs. C'est dans le flanc inverse du synclinal, au niveau des calcaires micritiques très gélifs du Séquanien, que s'ouvre le porche de la grotte.

- L'anticlinal complexe de la Chapelle des Buis à flanc nord déversé chevauchant et à coeur triasique.

Quant au réseau karstique proprement dit, il est décrit par P. PETREQUIN et all. (1976) :

" Dans son état actuel, la grotte est constituée par une galerie unique, colmatée à 25 m de l'entrée par des dépôts d'argile de décalcification. La section de la galerie est importante à l'entrée et atteint une largeur moyenne de 4 m pour une hauteur de 3 à 5 m ; les effets de la gélifraction se font très bien sentir jusqu'à une dizaine de mètres de l'entrée et ont dégagé une voûte en plein cintre, bien caractéristique d'un cadre climatique froid et humide, avec de brusques et fréquentes variations de température ; la structure même des calcaires compacts et lités favorise la formation de cette voûte d'équilibre. Entre 10 et 15 m de l'entrée, la galerie se rétrécit progressivement pour atteindre une section moyenne de 3 m sur 1 m ; la voûte est constituée par une strate oblique, à pendage vers l'Ouest, les effets de la gélifraction ne sont plus guère sensibles, et l'action de la corrosion est largement prépondérante - cupules et vagues d'érosion en base de paroi, parois et voûte découpées en blocs selon les axes de microfissuration, etc ... "

II. - LA STRATIGRAPHIE : ETUDE DESCRIPTIVE DU REMPLISSAGE (Fig. 86)

Nous reprenons ici la nomenclature descriptive de P. PETREQUIN et all. en y ajoutant nos propres observations faites lors des prélèvements exécutés dans le témoin stratigraphique n° 3, ligne 7-8, carrés B, C, D.

Notre prélèvement concerne les couches II à X, c'est-à-dire que nous n'avons pu prélever les niveaux supérieurs (Ia, Ib, Ic, I') ni les niveaux XI (sables, galets) et XII (revêtements stalagmitiques). L'ensemble des prélèvements effectués constitue cependant l'essentiel de la stratigraphie interprétable de Casamène et la totalité des niveaux moustériens du gisement.

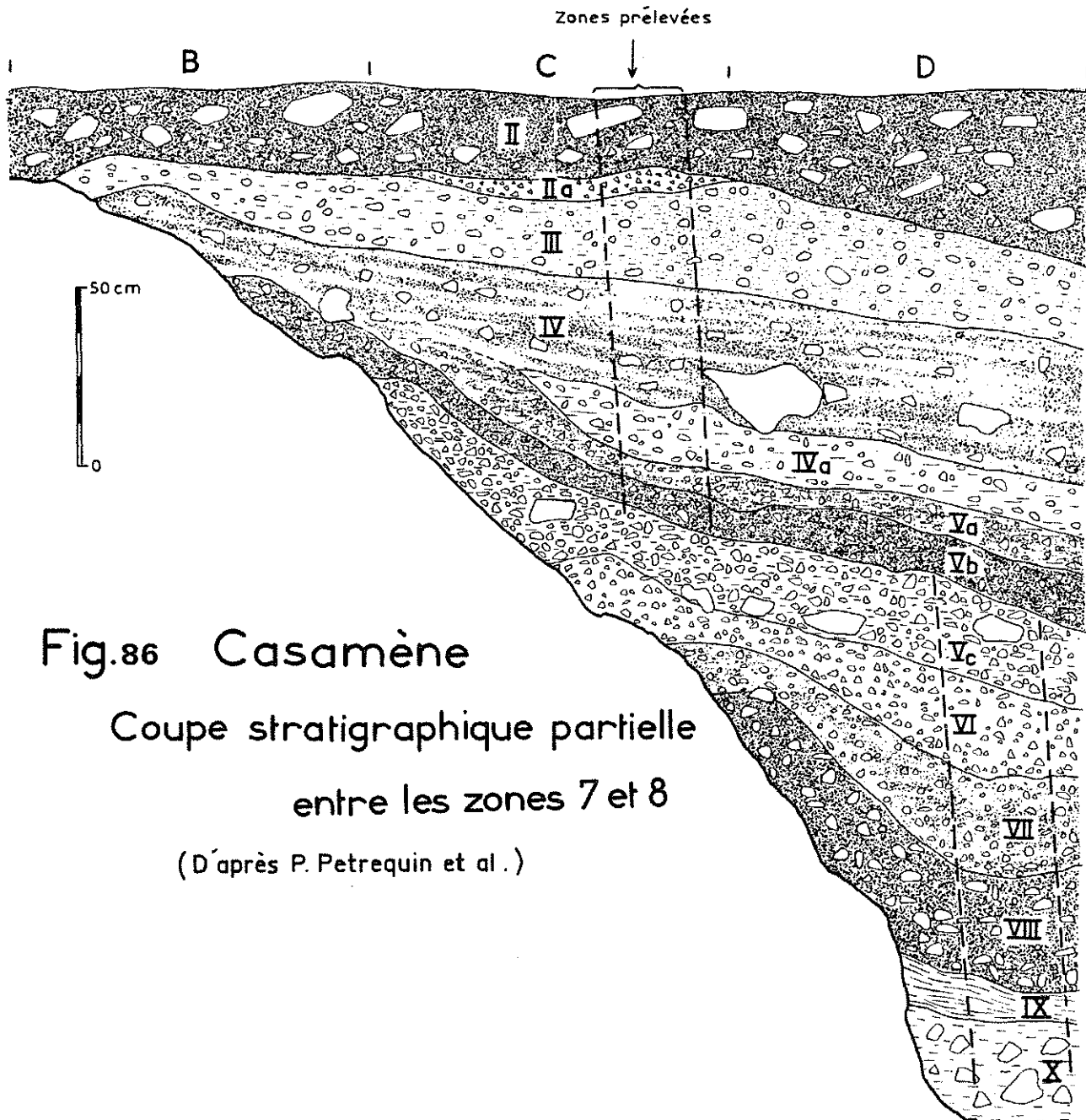


Fig.86 Casamène
Coupe stratigraphique partielle
entre les zones 7 et 8
(D'après P. Petrequin et al.)

→ Niveau X

Niveau de blocaille calcaire riche en éléments moyens (4 à 8 cm). La matrice argileuse est peu abondante. Les cailloux calcaires ont des caractéristiques cryoclastiques assez bien conservées : trace de surface d'éclatement, angles peu émoussés.

→ Niveau IX

Couche argileuse jaune-clair, de structure compacte, avec quelques cailloux corrodés.

→ Niveau VIII

Eboulis de gélifraction dans une matrice argileuse noire et grasse.

→ Niveau VII

Eboulis de gélifraction dans une matrice argileuse marron. Cailloutis altérés.

→ Niveau VI

Eboulis de gélifraction, de couleur claire jaune-ocre. Les cailloutis sont assez laches et la matière argileuse manque par endroits. Quelques plaquettes de taille supérieure à 10 cm. Surfaces très peu corrodées. Vers le haut, la grossièreté des cailloux s'accroît.

→ Niveau Vc

Eboulis de gélifraction à matrice argileuse brun-clair. Structure grumeleuse et aérée de la matrice fine.

→ Niveau Vb

Eboulis de gélifraction à matrice argileuse noire et grasse. Cailloutis nombreux. Dans la partie supérieure, passe progressivement au

→ Niveau Va

Dépôt de même type, à matrice argileuse brun-foncé.

→ Niveau IVa

Cailloutis de gélifraction avec matrice argileuse jaune-clair, abondante. Lessivage et légère reprise d'érosion à la partie supérieure, provoquant contre la paroi rocheuse une ablation des niveaux Vb et Va.

→ Niveau IV

Eboulis de gélifraction, avec matrice argileuse brun-foncé. Quelques blocs effondrés et fissurés sur place par le gel.

→ Niveau III

Eboulis de gélifraction, avec nombreuses arêtes mousses. Matrice argileuse jaune abondante. Lessivage probable de ce dépôt.

→ Niveau IIa

Eboulis de gélifraction, avec matrice brun-noir. Ce niveau n'existe qu'à l'état de lentille.

→ Niveau II

Eboulis de gélifraction, avec matrice argileuse noire. Plaquettes calcaires non corrodées. A sa partie supérieure, éboulis et blocs de gravité qui peuvent atteindre 50cm dans leur plus grande dimension.

D'après P. PETREQUIN et all. :

" L'ensemble des niveaux moyens atteint une puissance de 2,80 m. Dans les niveaux XI et IX, le ruisseau souterrain paraît en pleine activité. Dans les autres couches, l'action de l'eau est assez réduite, tout au plus des lessivages partiels, et les dépôts semblent avoir été mis en place par gélifraction, sous climat froid, avec des variations régulières d'humidité ".

Pour notre part, nous ne pensons pas à la suite de nos observations, qu'il y ait eu à proprement parler, d'activité de ruisseau réel lors des dépôts de la couche X à la couche II. Un ruisseau en système karstique érode plus qu'il ne dépose. C'est seulement en phase de récession de réseau souterrain que le système se colmate d'argiles (dites de décalcification). Lorsque celles-ci existent, il est peu probable que le ruisseau soit entré en activité postérieurement à leur dépôt.

III. - ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

A) La fraction grossière (Fig. 87)

Etudiée en contenu à partir de 33 échantillons, la fraction grossière a donné lieu à quatre critères de caractérisation : granulométrie globale (blocs non compris), des cailloux (blocs compris), pourcentage des fragments cryoclastiques et variation de l'indice d'émoussé.

1) Granulométrie globale

L'évolution de la granulométrie globale est assez claire : elle traduit, malgré la différenciation des différents niveaux stratigraphiques, une bonne homogénéité du dépôt. Les pourcentages respectifs des trois classes granulométriques comparées permettent les remarques suivantes :

- bonne représentation de la fraction fine (inférieure à 2 mm), qui constitue toujours plus de 20 % de l'ensemble.
- la fraction moyenne, toujours présente, oscille entre 8 et 18 %.
- la fraction grossière, bien représentée dans la couche X (échantillons 32 et 33) chute brusquement à 10 % environ de l'ensemble dans la couche IX. Son pourcentage croît dans les couches VIII et VII, passe par un minimum (37 %) dans la partie moyenne de la couche VI (échantillon 23), puis croît de nouveau jusqu'à la couche Va où elle atteint un maximum de 62 % (échantillon 16). Après une brusque chute à la base de la couche IVa, le pourcentage croît régulièrement jusqu'au sommet de la couche II, en passant par un léger pic à la base de la couche III (échantillon 10).

D'une manière générale, et mis à part l'accident sédimentologique des couches IX et X, la granulométrie globale traduit :

- un environnement cryogénique réel, mais que l'on peut qualifier de relativement atténué,
- une progression régulière de la fraction grossière évoquant une augmentation faible, mais régulière, des facteurs cryoclastiques.

2) La granulométrie des cailloux (blocs compris)

Les classes les moins grossières (1 à 4 cm) sont représentées sur toute la stratigraphie et leur variation est liée à la montée des classes granulométriques grossières.

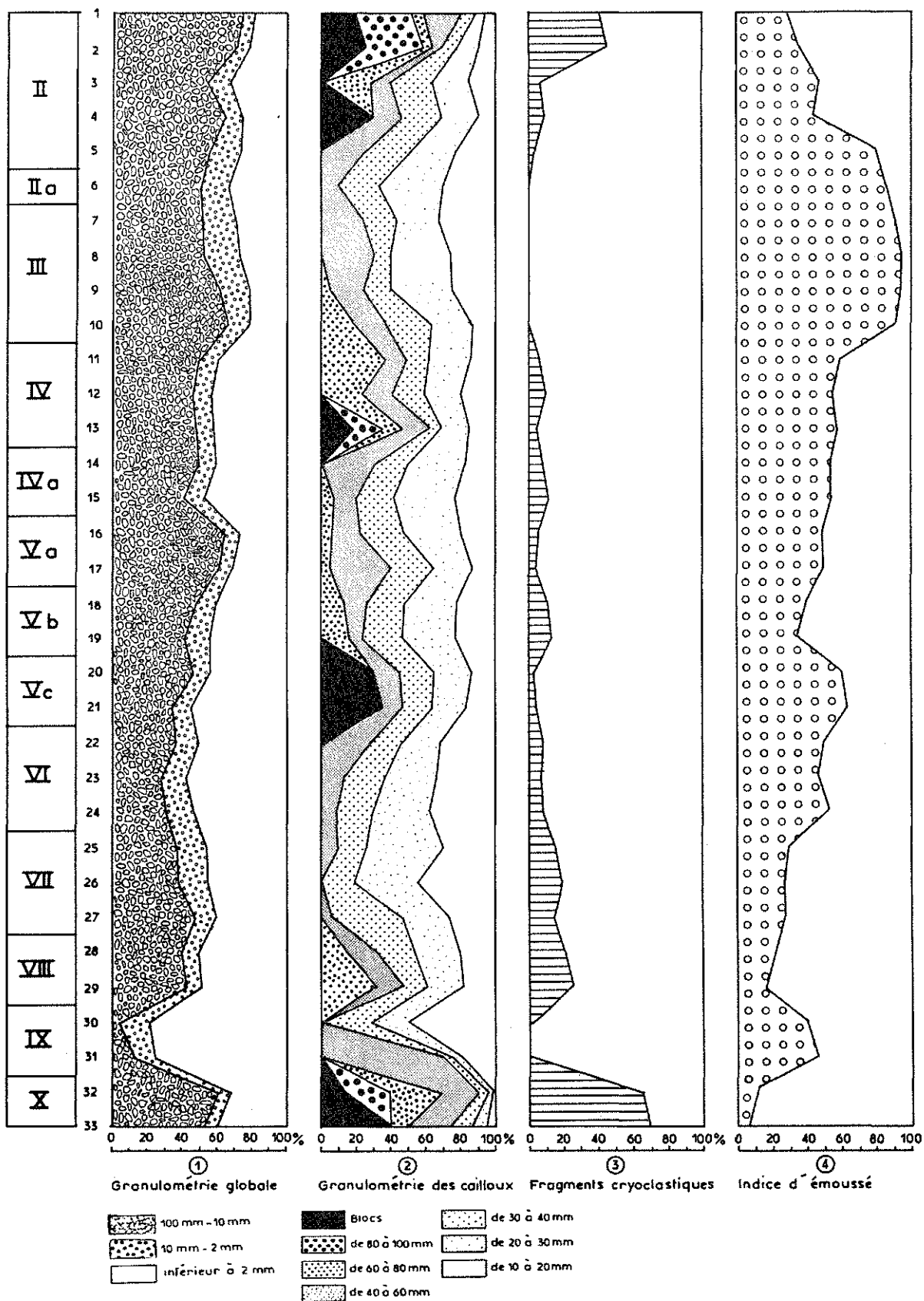


Fig.87 La Grotte de Casamène
(Fractions grossières)

Quatre phases génératrices de blocs apparaissent nettement :

- la couche X : les blocs représentent 40 % de l'ensemble, les fractions moyennes (4 à 8 cm) 33 %.
- la couche Vc : les blocs représentent 42 % de l'ensemble au détriment, semble-t-il, des fractions moyennes qui n'existent que par la classe 4-6 cm.
- la base de la couche IV (échantillon 13) où, malgré la présence de blocs (22 %), toutes les fractions granulométriques sont représentées.
- la couche II où les fractions grossières et les blocs deviennent vraiment très importants.

3) Pourcentage des fragments cryoclastiques

Très abondants dans la couche X, ils sont absents dans la couche IX et réapparaissent à la base de la couche VI où ils atteignent un pourcentage relativement important (28 %). Ce pourcentage va régulièrement décroître jusqu'au sommet de la couche IV et dans tout cet ensemble, sa valeur excédera rarement 10 %. Absents de la couche III, les fragments cryoclastiques réapparaîtront dans la couche II et deviendront abondants (45 %) au sommet de celle-ci.

4) Indice d'é moussé

Il varie globalement en sens inverse de la valeur du pourcentage des fragments cryoclastiques avec quelques nuances :

- il est plus important dans la couche II que dans la couche IX, ce qui laisse sous-entendre un remaniement de type solifluxion pour la première et exclut un dépôt de type ruissellement pour la seconde.
- il reste important au sommet de la couche II, malgré une granulométrie grossière riche en fragments cryoclastiques.

Conclusion :

D'un point de vue paléoclimatique, trois phases climatiques de durée très inégale peuvent être dégagées à partir de l'étude des fractions grossières :

1° Couches X et IX

Période à contraste climatique très marqué, caractérisée d'abord par une cryoclastie abondante provoquant une sédimentation rapide, génératrice de blocs et de fractions calcaires grossières (phase immédiatement postérieure à une phase de réchauffement), puis par un arrêt de la cryoclastie prise en relai par un apport de type solifluxion (indice d'é moussé important).

2° Couches VIII à IIa

Longue période à caractères climatiques peu contrastés, caractérisée par une cryoclastie relativement faible (entrecoupée par deux périodes plus cryogènes : couche Vc et base de couche IV). Chaque couche ou niveau subit immédiatement après son dépôt une altération sensible et peut-être un remaniement léger. Les fragments de parois s'é moussent avant de se séparer. Des apports soliflués enrichissent la blocaille en matière fine et en humus à partir des sols environnants du plateau.

Cette période se termine (couche III) par un niveau à caractère soliflué, ou du moins fortement remanié, puis altéré sur place.

3° Couche II

Arrivée d'une période froide, génératrice d'une cryoclastie abondante.

B) La fraction moyenne
=====

Représentée par 95 % à 98 % de fragments calcaires et quelques éléments calcitiques et esquilles d'os, la fraction moyenne n'apporte pas d'éléments déterminants supplémentaires.

IV. - LA FAUNE

D'après P. PETREQUIN :

" Lors de la fouille, nous avons tamisé à l'eau un volume moyen de 80 litres de sédiments pour chaque niveau stratigraphique. Il n'y a pas de trace de microfaune dans les niveaux moyens du Würm I-II, ou alors quelques échantillons dans des secteurs pollués par des terriers sub-actuels ... "

Ainsi, les seuls éléments faunistiques de la Grotte de Casamène nous sont donnés par la grande faune qui a été étudiée par F. PRAT de l'Université de Bordeaux.

A) Répartition stratigraphique de la grande faune de mammifères
=====

Ursus spelaeus domine quantitativement la faune de Casamène et il est présent dans toutes les couches.

Parmi les cervidés, *Cervus elaphus* existe dans les couches I, II, V à VIII, *Capreolus capreolus* dans les couches I et II.

Les carnivores sont représentés par *Crocuta spelaea* (II), *Canis lupus* (I, III, IV, VIII), *Panthera pardus* (IX), *Lynx lynx* (I).

Les autres espèces remarquables sont *Marmotta marmotta* (I), *Capra ibex* (I, III, IV, VI, X), *Rupicapra rupicapra* (VI), *Sus scrofa* (I, II).

B) Données chronologiques et paléoclimatiques
=====

D'un point de vue chronologique, toutes les espèces de l'ensemble faunistique de Casamène font bien partie du cortège du Würm ancien. Les espèces présentes sont celles, à quelques exceptions près, que l'on retrouve dans les niveaux correspondants de la Baume d'Echenoz ou de Gigny.

D'un point de vue paléoclimatique, la faune de Gigny ne contient pas d'espèces réputées froides comme *Rangifer tarandus* et *Coelodonta antiquitatis* pour les herbivores et *Gulo gulo* et *Alopex lagopus* pour les carnivores. La plupart des espèces présentes peuvent être considérées comme ubiquistes et certaines comme des espèces d'environnement climatique tempéré (*Cervus elaphus*, *Sus scrofa* ...). Nulle part dans la stratigraphie de Casamène, un ensemble à espèces réputées froides ne vient s'ajouter à l'ensemble de fond à caractère tempéré ou ubiquiste. Ainsi, le cortège faunistique de Casamène évoquerait plutôt les faunes du début du Würm (Würm I ?) avant la progression glaciaire et l'arrivée des faunes froides considérées comme contemporaines du premier épisode réellement froid de l'ensemble würmien, c'est-à-dire le Würm II. Il est remarquable de constater que ces caractères paléoclimatiques des faunes de Casamène correspondent au caractère de la sédimentation que nous avons qualifiée de relativement peu cryoclastique, évoquant un climat tempéré-froid peu contrasté.

V. - L'INDUSTRIE LITHIQUE

Nous évoquerons très succinctement ses caractères en reprenant l'étude faite par J.F. PININGRE et M. VUILLEMEY (1976) :

" L'industrie de la couche VIII, attribuable au début du Würm II, est très difficile à caractériser du fait du concassage qui affecte le bord de toutes les pièces et de la faiblesse numérique de celles-ci.

Techniquement, le débitage laminaire domine (7/18 soit : IL = 38), il est essentiellement levallois (6/18 soit IL = 33). Du fait de l'extrême fragmentation, bon nombre de pièces ne présentent plus de talon. Trois sont facettés. Un racloir latéral simple sur lame et un couteau à dos naturel constituent le seul outillage de ce niveau.

Les couches Ic et II appartenant à la séquence du Würm ancien sont les seules à avoir fourni plus de 10 pièces. Techniquement, le débitage levallois y est majoritaire (15/23 et un nucléus, soit IL = 65). Le facettage des talons est élevé (11/23 soit IF1 = 47). Les talons lisses sont assez rares (4/23 soit 17 %). Une lame à retouche bilatérale scalariforme à troncature distale complète cette modeste série "

VI. - CONCLUSIONS

A) Type de remplissage

=====

Le gisement de Casamène est, comme l'ont souligné P. PETREQUIN et all., un remplissage de fond de porche. Plusieurs caractéristiques importantes nous le démontrent :

- le faible pendage des différents niveaux individualisés,
- la différenciation peu sensible de ces différents niveaux, traduisant un lieu de dépôt " tamponné " et éloigné des influences atmosphériques,
- la rareté (voire l'absence ici) de la microfaune et des outillages lithiques.

P. PETREQUIN et all. estiment que le porche de la grotte a reculé d'une dizaine de mètres depuis l'occupation du niveau VIII. Nous aurions tendance à penser que cette distance est sous-estimée. Pour mieux préciser ce recul, il faudrait établir des sondages complets jusqu'au sol rocheux, permettant d'apprécier, comme à Echenoz, les rapports latéraux entre les différents niveaux du gisement. Il est toutefois certain que l'essentiel du remplissage a été tronqué lors du recul de la falaise.

Il est dommage qu'une coupe transversale complète du gisement n'ait pu être établie. A notre avis, un canyon doit inciser le substrat de la grotte, seul vestige de l'incision réellement karstique de l'ancienne résurgence de Casamène. L'essentiel du modèle actuel du porche (ce qui expliquerait son ennoyage vers le fond à une quinzaine de mètres) est dû aux effets cryoclastiques.

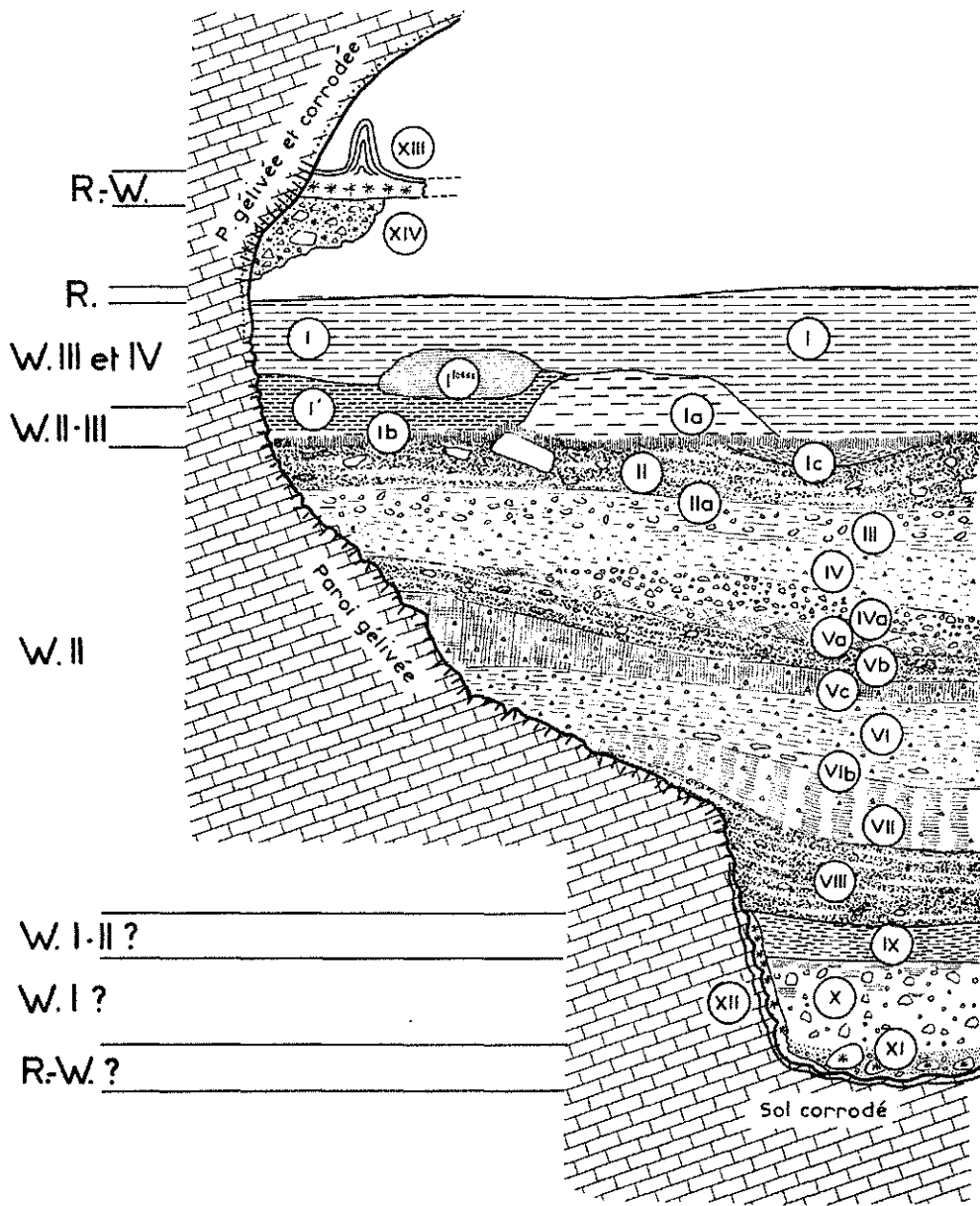


Fig.88 Casamène

Stratigraphie schématique transversale et la chronologie proposée par P.Pétrequin et al. (Dessin P. Pétrequin).

B) La chronologie et la genèse du remplissage
=====

P. PETREQUIN et all. ont mis en évidence l'existence de brèches anciennes : (Fig. 88)

" Sur la paroi occidentale de la galerie, au-dessus du sol actuel, existent quelques placages bréchifiés de sédiments anciens. Il s'agit là de témoins calcités d'un remplissage ancien de la grotte, qui a été déblayé presque intégralement par une reprise d'érosion du ruisseau souterrain : des plaquettes calcaires et des éboulis de gélifraction, non corrodés, sont englobés dans une matrice argileuse jaune calcitée. En surface, le niveau est scellé par un plancher stalagmitique de 20 cm d'épaisseur moyenne. Quelques fragments d'os, qui ne permettent pas de détermination spécifique, ont été trouvés dans la fraction grossière du remplissage. Ce dépôt devait, à l'origine, occuper toute l'étendue de la grotte. La comparaison de l'altitude relative de la couche de calcite sur les différents lambeaux permet de savoir que la surface des dépôts était en légère pente en direction de l'intérieur de la cavité. De toute évidence, il s'agit d'un dépôt de cailloutis de gélifraction dont l'épaisseur décroît vers l'intérieur de la grotte, en fonction de la diminution des effets du gel. La paroi rocheuse, sous les brèches résiduelles, a été gélivée, puis corrodée ; partout ailleurs, la paroi a été attaquée par la gélifraction würmienne ".

Cette formation est, pour ces auteurs, le reliquat d'un remplissage ancien occupant toute la cavité et détruit avant les dépôts actuellement visibles :

" Postérieurement à la formation du plancher stalagmitique, une augmentation du débit du ruisseau souterrain a provoqué une reprise d'érosion régressive à partir de la rupture de pente constituée par le seuil de la grotte. Les remplissages anciens ont été déblayés jusqu'au sol rocheux de la grotte, c'est-à-dire sur près de 5 mètres de hauteur, hormis quelques lambeaux calcités ... cette reprise d'érosion semble correspondre à l'interglaciaire Riss-Würm et peut ainsi assurer le point de départ de nos hypothèses chronologiques ".

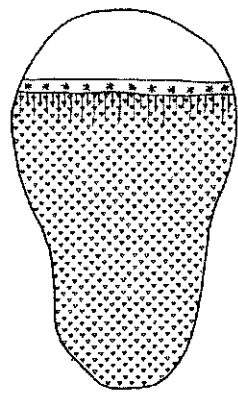
Nous ne partageons pas cette reconstitution des faits et nous en proposons une autre qui ne veut être, comme celle des auteurs précédents, qu'une hypothèse de travail. Afin de mieux illustrer ces deux hypothèses contradictoires, nous proposons en parallèle, d'une part l'évolution du site et de son remplissage, telle que P. PETREQUIN et all. l'imaginent et d'autre part, notre propre vue des événements (Fig. 89).

* Hypothèse 1 (P. PETREQUIN et all.)

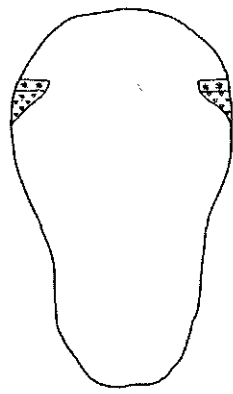
1a - Dépôts du Riss (ou plus ancien) : la grotte est totalement colmatée par les dépôts rissiens qui se scellent dans leur partie supérieure par une bréchification et un plancher stalagmitique.

1b - Erosion du Riss-Würm : les dépôts rissiens sont intégralement déblayés par une reprise d'érosion du ruisseau souterrain qui provoque une reprise d'érosion régressive à partir de la rupture de pente constituée par le seuil de la grotte. Seuls, quelques lambeaux de calcite forment le reliquat de ces dépôts anciens.

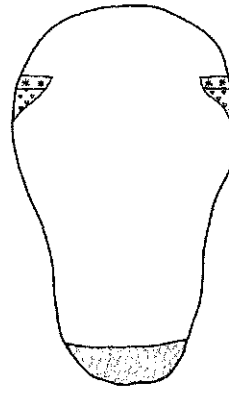
1c et 1d - Reprise de sédimentation au Würm, et dans le vide ainsi créé par la reprise d'érosion précédente, s'accumulent les niveaux successifs du Würm ancien (Würm I et Würm II).



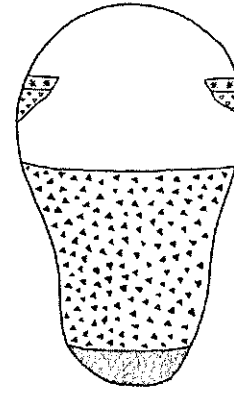
1a



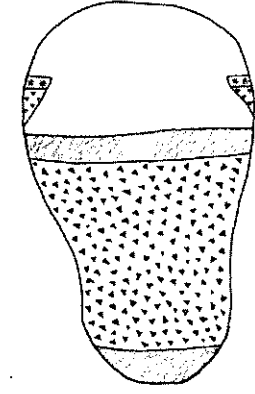
1b



1c



1d



1e

Hypothèse ①

"Riss"?

Riss- Würm

Würm I

Würm II

Post-Würm ancien

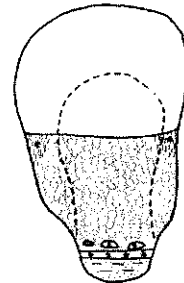
Hypothèse ②



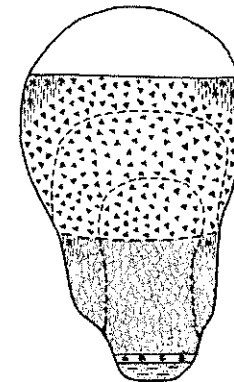
2a



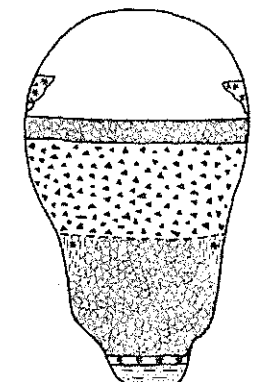
2b



2c



2d



2e

Fig.89 Evolutions chronologiques parallèles d'un porche de grotte et de son remplissage selon les deux hypothèses (Explication dans le texte)

Plusieurs objections majeures peuvent être exprimées quant aux phénomènes mis en oeuvre et à la logique de ce schéma hypothétique :

- Les matériaux calcaires constituant les remplissages würmiens proviennent des parois de la grotte. Ce fait est admis par tous. Ces matériaux présentent bien un indice d'émoussé certain qui peut être parfois important, mais qui n'en fait pas des éléments strictement allochtones. Ils ont sans doute été affectés par des reprises partielles, mais on peut, sans grand écart par rapport à la vérité, les qualifier de *sub-autochtones* et considérer qu'ils ont été détachés des parois environnantes : *Celles-ci ont donc reculé latéralement*. Comment donc imaginer que les brèches anciennes aient résisté à ce recul, d'autant plus qu'elles ne sont pas particulièrement supportées par des promontoires rocheux de la paroi, mais quand elles existent, elles se trouvent plutôt coïncées dans des anfractuosités des parois rocheuses !

- L'hypothèse proposée suppose " une augmentation du débit du ruisseau souterrain " au Riss-Würm, qui aurait provoqué le démantèlement des dépôts antérieurs. Toutes les observations que nous avons pu faire dans les autres gisements du même âge (Gigny, Echenoz, Rurey), ainsi que l'analyse sédimentologique des dépôts de porche et de grotte, nous ont convaincu de l'ancienneté des karsts (en tant que phénomène spéléogénétique) et de l'absence de niveaux réellement alluviaux dans les sédiments du remplissage. Lorsque ces éléments alluviaux existent, ils sont posés directement sur le sol rocheux de la grotte et fréquemment compactés en grès calcaires. De plus, il est plus probable de penser qu'en période interglaciaire, les karsts fossilisés par des sédiments ont peu de chance de redevenir actifs : la perméabilité retrouvée du sous-sol après le blocage du permafrost aurait plutôt tendance à provoquer l'enfoncement du réseau karstique actif et son débouché dans les zones beaucoup plus basses du flanc de la vallée.

- A la lumière de nos observations et de celles de nombreux quaternaristes, par quels critères phénoménologiques et morphogénétiques peut-on définir un interglaciaire ? C'est une période plus conservatrice que destructrice de sédiment. Il est vrai qu'en *début de réchauffement*, la fonte généralisée peut provoquer des effets de chasse d'eau destructeurs pouvant tronquer une partie des remplissages antérieurs. Mais cette phase est suivie, lors de l'optimum glaciaire, d'une phase de consolidation des sédiments, par bréchification de ceux-ci et développement de dépôts calcitiques le long des parois. Dans l'hypothèse proposée, la bréchification aurait *précédé* la destruction ; cet ordre des choses est, à notre avis, peu probable.

- Hormis ces objections, l'hypothèse proposée laisse supposer que la voûte actuelle de la grotte était *grosso-modo* la même qu'à la fin du " Riss ", comme en témoignent les reliquats bréchifiés qui ont fossilisé la paroi pendant toutes les phases cryoclastiques ultérieures ; ceci est peu probable à notre avis : la voûte s'est profondément modifiée pendant les périodes froides du Würm dont la zone ou les effets de gels et de dégels successifs ont pu s'exprimer, c'est-à-dire dans le cas de Casamène, jusqu'à l'endroit où la paroi s'abaisse, au point d'être ennoyée par le remplissage.

* Hypothèse 2

Nous ne prétendons pas détenir la vérité des choses en proposant une autre façon de voir. Nous pensons seulement que celle-ci rend mieux compte des observations, des faits et de la logique des raisonnements en fonction des données nouvelles apportées par l'étude d'un certain nombre de gisements du même type.

2a - Riss ou Pré-Riss : Le niveau actuel du porche et de son remplissage correspond, pour les niveaux " anciens " et profonds, à un environnement sédimentologique complètement différent de celui qui a présidé au dépôt des couches " récentes " et superficielles. Aussi, n'est-il pas surprenant de constater que ces niveaux profonds ont des caractéristiques lithologiques complètement différentes des niveaux superficiels : ce sont, dans la plupart des cas, des dépôts de colmatage de karst (Echenoz couche IX, Vergranne, Rurey) et alors les niveaux sont fins, sableux ou argileux, ou des dépôts réellement fluviatiles, grossiers, sableux et à galets (Prétin, Gigny). A Casamène, la couche XI nous semble correspondre à cet épisode.

2b - Riss-Würm : les dépôts du Riss-Würm sont mal connus et, d'une manière générale, les phases de réchauffement du climat sont peu génératrices de dépôts. A Gigny, les sédiments cryoclastiques rissiens sont recouverts d'un plancher stalagmitique. A Echenoz, il n'y a pas eu, à notre avis, de plancher stalagmitique proprement dit, mais le sommet de la couche VIII et la base de la couche VII contiennent des fragments calcitiques hérités des placages de paroi. A Casamène, les éléments calcitiques de la couche XI constituent les reliquats de ces encroûtements détachés de la paroi lors des premiers gels würmiens.

2c - Würm I : Une phase cryoclastique importante provoque un élargissement sensible des parois de la grotte par rapport au profil précédent. Avant les dépôts würmiens, la section transversale de la grotte, au niveau des dépôts, présente une étroitesse caractéristique qui ne subsiste qu'à la base, là où les sédiments antérieurs bloquent les effets de gel. La cryoclastie würmienne évasera sensiblement ce profil lors de la phase modérément froide du Würm I et dans ce premier évasement, s'en emboîtera un second, plus important, au Würm II. Localement et en général en bordure des parois, les sédiments se bréchifieront lors de l'arrêt de sédimentation et du réchauffement. Cette bréchification latérale est bien visible à Gigny et surtout au niveau de la couche XVIII.

2d - Würm II : nouvel apport cryoclastique des parois avec évasement emboîté de celles-ci. En Franche-Comté, les dépôts du Würm I et ceux du Würm II sont assez différents :

- les premiers sont peu différenciés dans l'ensemble, riches en fraction fine argileuse, de teinte brun-foncé, à cailloutis altérés. C'est, à notre avis, le cas des couches VII à III d'Echenoz, des couches X à XVI de Gigny, des couches CII-CIII de Rurey. A Casamène, l'ensemble des couches VIII à IIA rentre dans cette catégorie. Cet ensemble lithologique traduit un climat tempéré-froid humide, peu contrasté.

- les seconds sont très différenciés, les niveaux cryoclastiques riches en éléments cryoclastiques alternant avec des niveaux plus altérés. Les éléments fins, moins abondants, sont de teinte plus claire : ocre-jaunâtre. C'est le cas des couches Ia, Ib, Ic, Id à Echenoz, des couches XV à IX à Gigny, des couches CI-DI-II à Rurey. A Casamène, la couche II est le seul reliquat stratigraphique de cette période. Ce second ensemble lithologique traduit un climat froid, alternativement sec et humide, très contrasté. Lors de l'arrêt de sédimentation (Würm II-III ?), les niveaux stratigraphiques se bréchifient au contact de la paroi (couche IX de Gigny).

2e - Ultérieurement, les dépôts du Würm ancien sont tronqués par des remaniements importants au cours du Würm récent. A notre avis, les témoins bréchifiés de parois, considérés par P. PETREQUIN et all. comme rissiens, sont les reliquats du sommet du remplissage du Würm II. Des dépôts souvent remaniés avec industrie lithique de type Paléolithique supérieur, viennent coiffer les couches plus anciennes. Les niveaux IV à VI de Gigny, les niveaux Ao et AI de Rurey, les couches I de Casamène rentrent dans cette catégorie.

Ainsi, ces deux conceptions sont, comme nous venons de le voir, profondément opposées. Chacune d'entre elles ne reflète probablement pas la réalité des faits chronologiques. La vérité progressera par la confrontation de ces deux hypothèses, confrontation qui a le mérite de provoquer de nouvelles réflexions, et notamment de tenter de préciser les flous inévitables présentés par chacune d'elles. L'une des clés de ce problème réside en particulier dans la datation des témoins bréchifiés de paroi. Mais ceux-ci sont souvent réduits et les débris faunistiques qu'ils contiennent, insuffisants pour les placer avec sécurité dans la chronologie du Quaternaire.

Quoi qu'il en soit de la validité de l'une ou l'autre de ces hypothèses, et en comparant les dépôts majeurs de Casamène à ceux des autres gisements étudiés, nous proposons une chronologie différente de celle de P. PETREQUIN et all.
A notre avis :

- couche XI : Riss-Würm
- ensemble des couches X à IIa : Würm I
- couche II : reliquat des couches du Würm II
- couche I : couche remaniée du Würm récent.

LA GROTTÉ DE LA PIQUETTE
A RUREY (DOUBS)

HISTORIQUE

Par opposition à de nombreuses grottes franc-comtoises très anciennement connues et pillées, la Grotte de la Piquette à Rurey est une découverte récente. C'est en effet lors de prospections systématiques dans la vallée de la Loue, qu'un groupe spéléologique sous la responsabilité de P. PETREQUIN découvrit ce site en 1967. Malgré la non diffusion de la découverte dans les milieux archéologiques franc-comtois, une fouille clandestine, mais " normalisée " (début de sondage carroyé, surface de fouille plane ...) fut constatée peu de temps après la découverte. Devant le danger, et dans l'espoir d'être en présence d'un gisement vierge, J.F. PININGRE obtint de la Direction des Antiquités Préhistoriques de Franche-Comté une autorisation de fouilles. La campagne eut lieu du 31 juillet au 1er septembre 1972.

I. - LE GISEMENT DANS SON CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le porche (x = 877,80 y = 236,40 , altitude 315 m) s'ouvre au pied d'un abrupt rocheux de 7 à 8 m dominant d'une trentaine de mètres la basse nappe alluviale de la Loue à 800 m environ à l'amont de la confluence avec le Lison. La voûte au niveau du porche a 2 à 3 m de haut (par rapport au sommet initial du remplissage) sur 5 à 6 m de large. Après le porche, une vaste galerie de 25 m de longueur, sur 5 m de largeur et 2 à 5 m de hauteur se poursuit par une voûte basse sur 40 m environ. La zone pénétrable est obstruée par un massif calcitique. L'orientation générale de la galerie est de 52° Nord.

Le réseau karstique de la grotte est creusé dans les assises horizontales du Bajocien supérieur oolithique (Fig. 90). Stratigraphiquement, une bonne partie de la

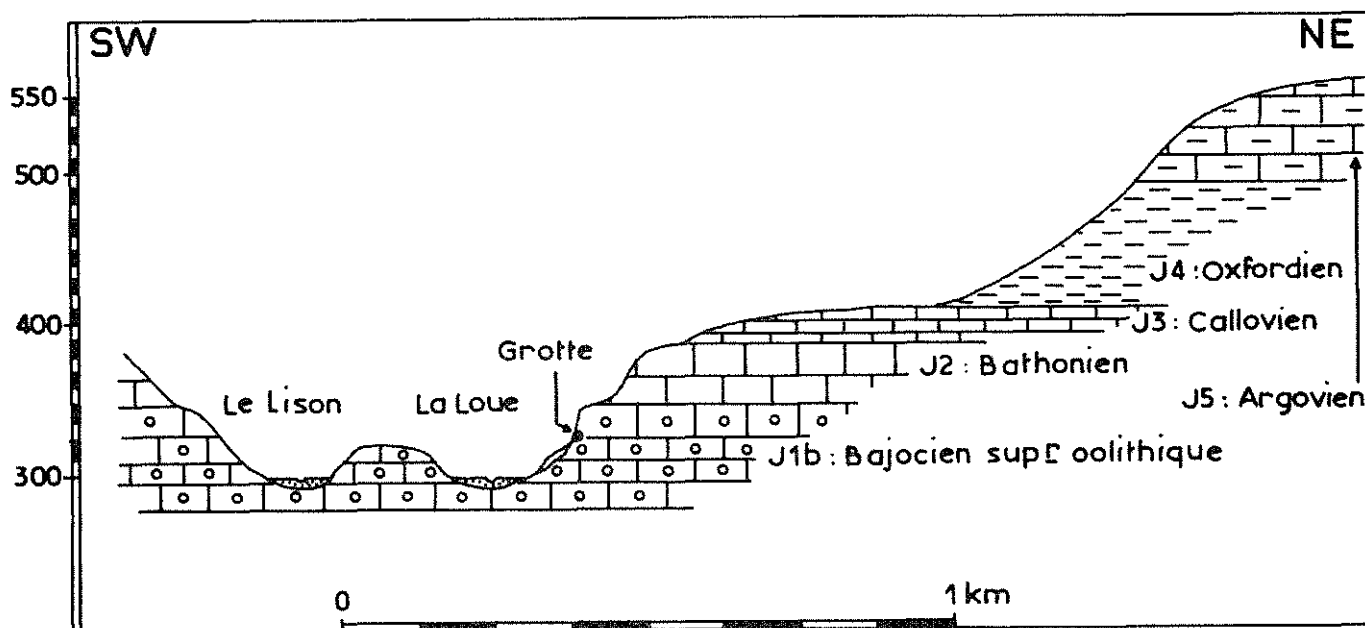


Fig. 90 La Grotte de la Piquette à Rurey
Coupe stratigraphique au niveau du Porche de la grotte

série jurassique affleure sur la rive droite de la Loue. Un premier ensemble calcaire (du Bajocien supérieur au Callovien) détermine un ressaut morphologique au pied duquel s'ouvre la grotte. Un replat structural, déterminé par l'érosion des marnes de l'Oxfordien et des marno-calcaires de l'Argovien, sépare ce premier abrupt d'un deuxième, plus en retrait, déterminé par les calcaires de l'Argovien supérieur.

La Loue coule sur une petite nappe alluviale peu épaisse, limoneuse en surface, et plus grossière en profondeur. Le gisement se trouve dans une zone où la rivière, après un parcours Nord-Est - Sud-Ouest, amorce un changement de direction vers le Nord-Ouest en direction de Chenecey-Buillon.

II. - LA STRATIGRAPHIE : ETUDE DESCRIPTIVE DU REMPLISSAGE

Malgré son abondante industrie moustérienne, la Grotte de la Piquette présente un remplissage décevant : largement remanié dans sa partie supérieure (couches 0 et I) par une reprise naturelle des sédiments et par des terriers de blaireaux, seuls quatre témoins profonds, limités dans l'espace, ont fourni une stratigraphie lisible. Difficiles à relier lithologiquement entre eux, ces témoins ont été étudiés séparément et, à la suite de cette étude, une corrélation stratigraphique est proposée. Les séquences stratigraphiques trop réduites de chacun de ces témoins n'ont pas permis d'arriver à des conclusions chronologiques et paléoclimatiques propres au gisement. Nos propositions pour Rurey et dans ces domaines précités, s'appuieront sur les coupes plus complètes connues et étudiées en Franche-Comté (Gigny, Echenoz-la-Méline, Casamène). Nous terminerons par une tentative de reconstitution phénoménologique et chronologique de l'édification du remplissage de cette grotte.

A) Les zones remaniées supérieures

=====

0 - Zone remaniée par les fouilles clandestines (30 cm).

- Couche d'habitation du XVI^e siècle (Monnaie de Charles-Quint) très cendreuse, avec aménagement de foyers et argile rubéfiée (40 à 60 cm). Cette couche nous a fourni, outre la monnaie de bronze signalée plus haut, deux autres monnaies (de bronze également) non déterminées, des fragments de céramique vernissée, de nombreux ossements, ainsi que de nombreux éclats de chaille souvent concassés, provenant de niveaux moustériens sous-jacents.

1 - Une couche argileuse gris-jaune très hétérogène, à blocailles de dimensions diverses, plus ou moins corrodées et quelques gros blocs.

Cette couche a été profondément perturbée par de nombreux terriers de blaireaux, certains comblés, d'autres pas.

Le matériel témoigne d'un profond remaniement : nous avons, en effet, rencontré, sans qu'il soit possible d'établir une stratigraphie et sans distinction de niveaux, malgré les nombreuses projections : des tessons de céramique néolithique et protohistorique, des éclats de chaille et outils de type moustérien, des outils d'allure Paléolithique supérieur, et ce, sur toute la hauteur.

Le matériel osseux ne fait que confirmer ce mélange : très fragmenté en ce qui concerne les faunes anciennes (dents d'*Ursus spelaeus*, renne, cervidé), ces espèces cotoient des ossements d'allure très fraîche, souvent apportés par les blaireaux ou les ossements des blaireaux eux-mêmes. Cet ensemble, dont l'épaisseur varie de 0,80 à 1,80 m, isole des témoins de couches anciennes en place, dont les raccordements stratigraphiques sont très malaisés. Nous avons préféré, tant que les corrélations n'étaient pas sûres, les numéroter individuellement.

B) Les niveaux en place
=====

1) Témoïn A

- A I - Couche de cailloutis sec, cryoclastique, faible matrice argileuse jaune (15 à 20 cm).
- A II - Blocaille plus ou moins corrodée, matrice argileuse très compacte, brun-roux. Granules de calcaire abondants. Eclats de chaille frais et concassés, esquilles d'os (15 cm).
- A III - Argile jaune compacte, cailloux anguleux isolés. Prend un aspect gréseux au contact de la couche sous-jacente (15-20 cm).
- A IV - Alternance de planchers de calcite impure, de formations sableuses plus ou moins prises en brèche où les grains de quartz et billes de limonite abondent, de lentilles de limon très jaune, très fin. (15 à 30 cm). Cette couche, souvent très dure, n'a pas été attaquée par les terriers. Elle repose sur le substrat rocheux pendant légèrement vers l'Est.

2) Témoïn B (Fig. 91)

- B I - Couche de cailloutis et blocailles corrodées à matrice argileuse brun-rougeâtre. Mobilier lithique et osseux très fragmenté, réparti sur toute la hauteur (50 cm).
- B II - Isolée à la base par un trou de blaireau, elle repose sur un bloc de brèche isolé renfermant quelques éclats de chaille et esquilles d'os.
- B III - Ce bloc repose sur des formations analogues à A IV.

3) Témoïn C (Fig. 92)

- C I - Cailloutis fin anguleux, matrice argileuse brun-gris (10 cm, lenticulaire).
- C II - Limon argileux jaune compact. Cailloutis épars (25 cm).
- C III - Plaquettes plus ou moins corrodées, matrice rouge. Mobilier lithique et osseux (5 à 15 cm).
- C IV - Plaquettes peu corrodées, souvent dressées sur champs (cryoturbation ?). Matrice argileuse jaune grumeleuse (30 cm). Outillage et esquille d'os.
Fin de la fouille 1972.

4) Témoïn D

- D I - Cailloutis anguleux, matrice grise (à l'état de lambeaux).
- D II - Cailloutis jaune, semblable à A I.
- D IIIa - Argile jaune, faible cailloutis, comparable à C II.
- D IIIb - Même argile jaune, mais blocaille plus ou moins anguleuse.
- D IV - Cailloux corrodés avec blocaille, nombreux granules de calcaire. Outillage et esquilles d'os. Blocs à la base.
Fin de la fouille 1972.

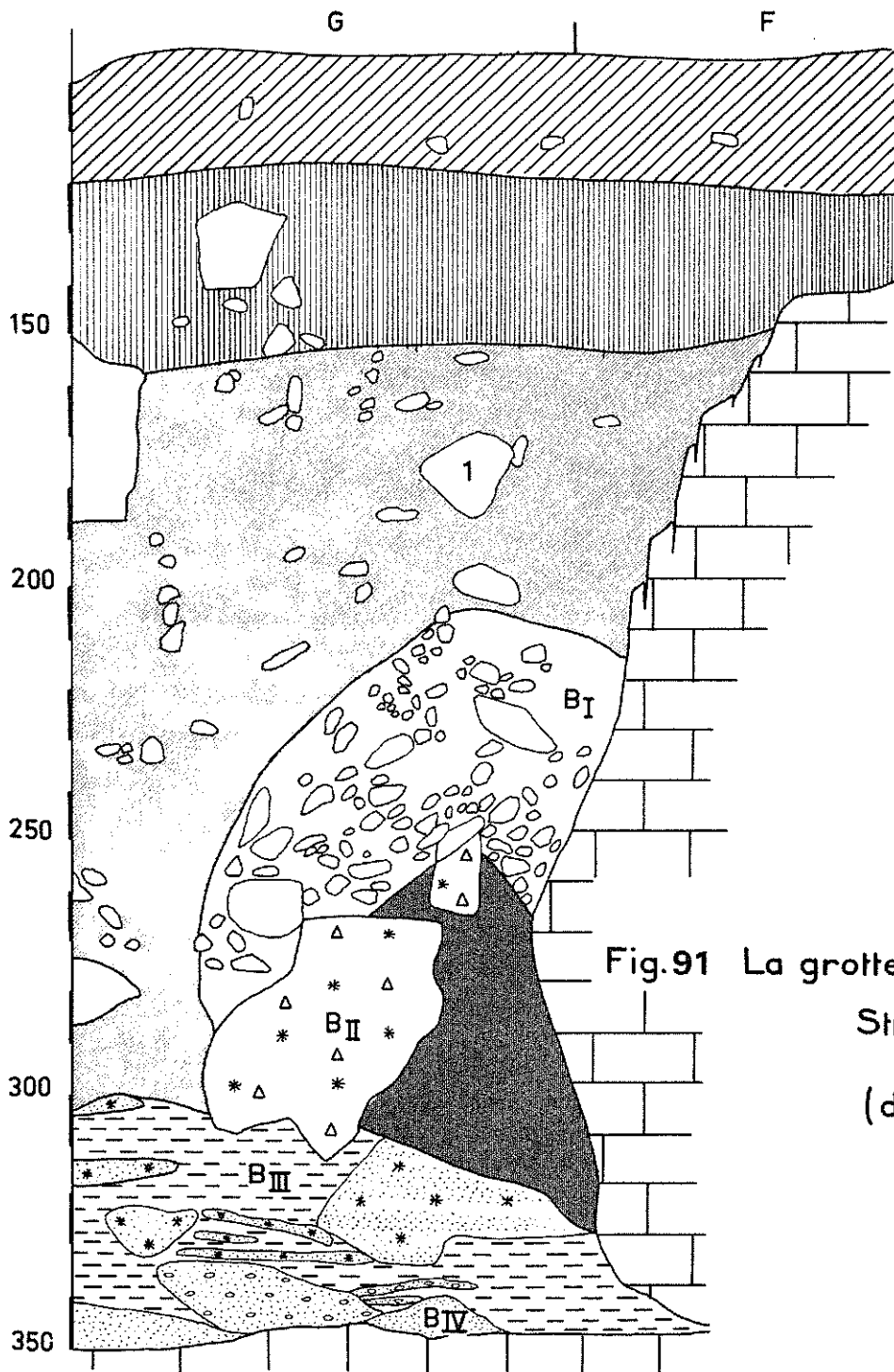


Fig.91 La grotte de la Piquette à Rurey
Stratigraphie du Témoin B
(d'après J.F.Piningre).

- Couche 1
zone perturbée
- Terriers
de Blaireaux
- Calcite

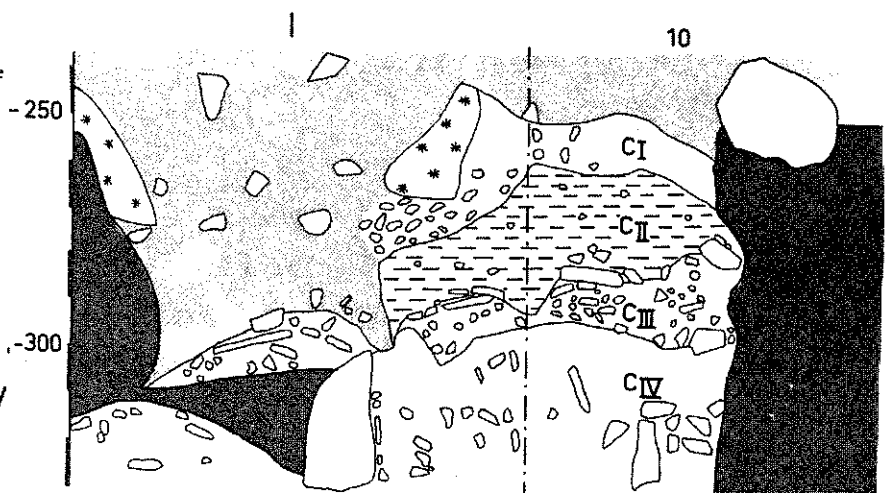


Fig.92
La grotte de la Piquette à Rurey
Stratigraphie du témoin C
(d'après J.F. Piningre)

C) Systématique des différents ensembles (Fig. 93)

A partir de cette description lithologique, trois ensembles peuvent, *a priori*, être proposés :

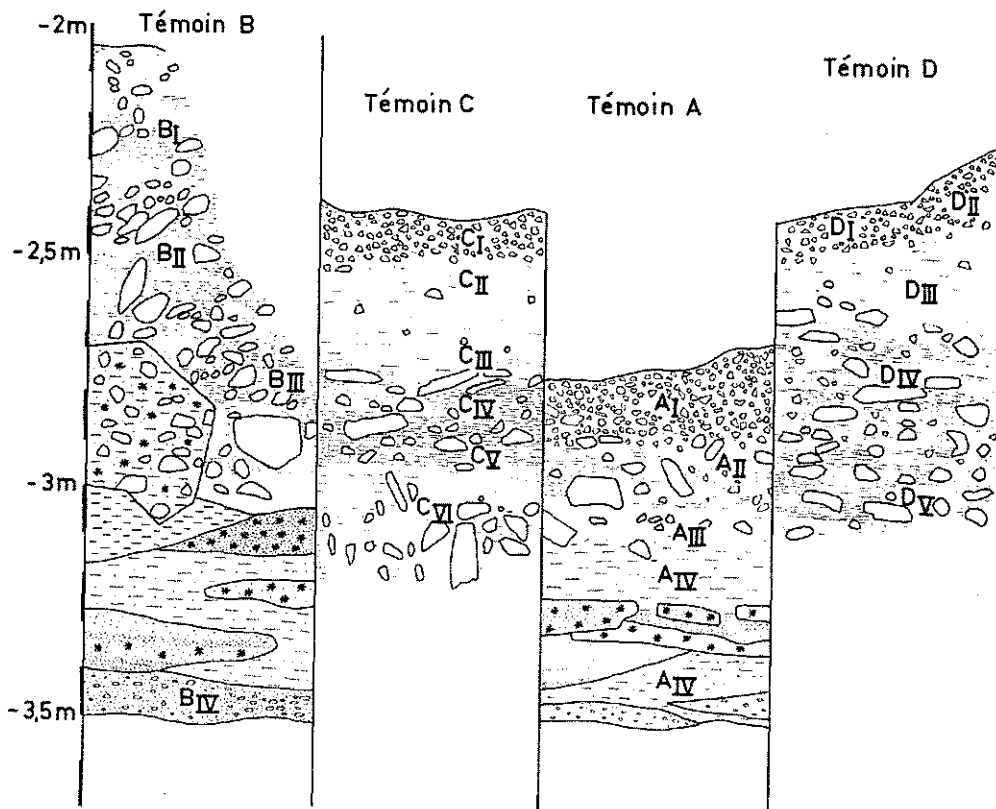


Fig. 93 La grotte de la Piquette à Rurey. Stratigraphie comparée des quatre Témoins en place. (d'après J.F. Piningre)

- Ensemble inférieur :

Visible à la base des témoins A (A III) et B (B III), comprenant donc les couches profondes des seuls témoins ayant atteint le socle rocheux. Ce sont des formations de type alluvial indurées, surmontées d'argiles jaunes compactées.

- Ensemble moyen :

Présent dans les quatre témoins : A (A II), B (B I, B II), C (C II, C III, C IV) et D (D IIIa, D IIIb, D IV). Ce sont des formations à blocs calcaires émoussés, englobés dans une matrice argileuse importante, brumâtre. Un bloc bréchi- que isolé (B II) s'interstratifie dans cet ensemble.

- Ensemble supérieur :

Réduit et disloqué, il est présent dans les témoins A (A I), C (C I) et D (D I et D II). Il est représenté par des éléments calcaires cryoclastiques à arêtes vives, enveloppés d'une gangue argileuse jaune à brun-gris.

III. - ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

A) La fraction grossière

=====

1) La granulométrie globale (Fig. 94-1)

Le diagramme granulométrique, malgré l'étroitesse des séquences, amène plusieurs constatations :

- Une masse à prédominance grossière apparaît sur les quatre colonnes granulométriques. C'est celle de l'ensemble moyen qui se caractérise par un pourcentage supérieur ou égal à 50 % de la fraction grossière, une relative faiblesse du pourcentage des fractions moyennes (10 à 15 %) et un pourcentage de la fraction fine s'échelonnant entre 20 et 30 %. Ce dernier augmente vers le bas et en particulier au niveau du prélèvement inférieur du témoin C, au détriment de la fraction grossière.

- Vers le bas, cette masse à dominante grossière s'atténue, et les pourcentages des diverses fractions s'inversent et vont même au-delà : la fraction fine représente 70 à 80 % de l'ensemble, la fraction moyenne reste stable, tandis que la fraction grossière ne représente plus que 10 à 15 %. Ces caractéristiques sont surtout sensibles au niveau des prélèvements 2 et 3 des témoins C et D.

- Plus haut, ce déséquilibre s'amortit et la fraction grossière représente 40 à 50 % (phénomène amorti en D) de l'ensemble, la fraction moyenne prenant une proportion qu'elle connaît rarement dans les remplissages, tandis que la fraction fine reste importante (20 % en A et C) ou très importante (60 % en D).

2) Granulométrie des cailloux (Fig. 94-2)

- L'ensemble moyen, entrevu lithologiquement et confirmé par la granulométrie globale, apparaît également sous le couvert de la granulométrie des cailloux. Il est caractérisé par une bonne représentation de toutes les classes granulométriques pour des pourcentages à peu près équivalents (témoins A et D). Une sur-représentation des classes moyennes (4 à 6 cm) se manifeste cependant dans les témoins B et C au détriment des classes plus grossières (6 cm à 10 cm). Le témoin A est caractérisé, au contraire, par la sur-représentation en fractions grossières et par la présence de blocs. Ces variations de détail n'altèrent cependant pas, à notre sens, l'originalité et l'unicité de l'ensemble moyen. Elles témoignent, tout au plus, du plus ou moins grand éloignement des divers témoins par rapport aux parois latérales de la grotte ou par rapport à l'aplomb rocheux de la falaise au moment des dépôts. La partie supérieure de cet ensemble moyen, présent dans les témoins C (prélèvements 2 et 3) et D (prélèvements 2 et 3) voit la disparition des fractions grossières supérieures à 8 cm, et par contre-coup, une sur-représentation des fractions inférieures à 2 cm.

- L'ensemble supérieur apparaît comparable à l'ensemble moyen après cet intermède fin : seulement présents dans les témoins A, C et D, les échantillons prélevés traduisent une diminution régulière des fractions grossières dans l'ordre cité. Là encore, il est difficile de dire si cette variabilité traduit des niveaux chronologiquement différents ou, au contraire, les variations de faciès d'un même niveau.

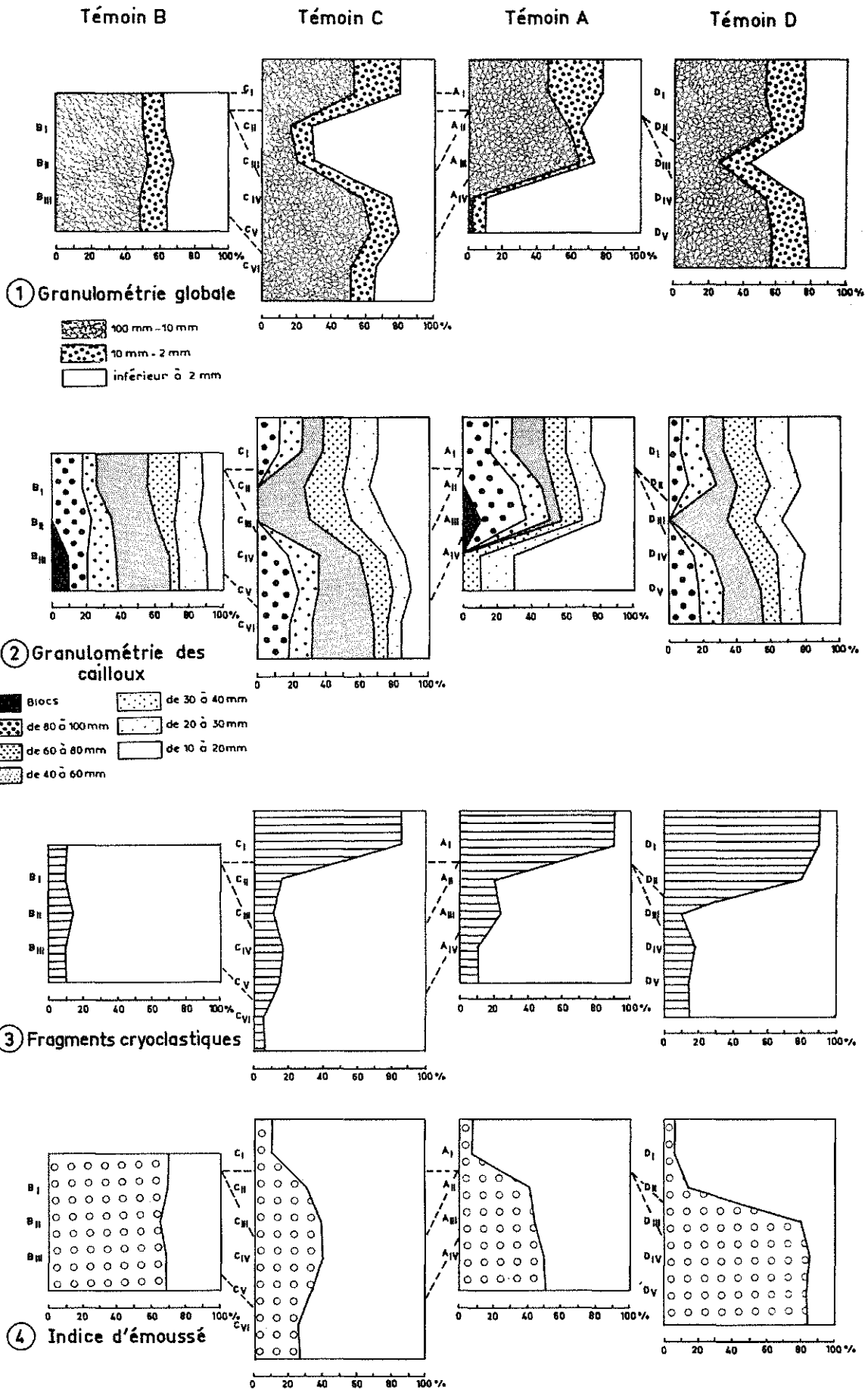


Fig.94 La grotte de la Piquette à Rurey. Fractions grossières

- L'ensemble inférieur, induré partiellement comme nous l'avons vu, n'a été étudié que par ses niveaux meubles (témoin A, échantillon 4). La fraction grossière n'est pas représentée par des blocs de calcaires, mais par des concrétions de type 5, ou encroûtements calcaires de style "poupée".

3) Fragments cryoclastiques (Fig. 94-3)

Le pourcentage des fragments cryoclastiques évalué de bas en haut de chaque témoin stratigraphique est, à notre avis, extrêmement parlant : non mesurable dans l'ensemble inférieur (absence de blocs calcaires), faible tout au long de l'ensemble moyen (10 % ou moins), et par contre fort ou très fort dans l'ensemble supérieur (90 % en A, 80 % en C, 50 % en D). L'absence de ce pic au sommet du témoin B et l'homogénéité du pourcentage des trois échantillons étudiés y confirment l'absence de l'ensemble supérieur.

4) L'indice d'émoissé (Fig. 94-4)

Il est très important au niveau de l'ensemble moyen (70 dans le témoin B, 80 dans le témoin D) ou seulement conséquent (50 dans le témoin A, 40 dans le témoin C) et par contre très faible au niveau de l'ensemble supérieur (de 10 à 15).

B) La fraction moyenne
=====

En dehors des considérations énoncées dans le paragraphe "granulométrie globale" relatives à son importance, elle n'apporte pas de résultats sensibles par rapport aux fractions grossières.

IV. - LA FAUNE

Vu le faible volume des couches en place fouillées, la faune est peu abondante. De plus, les pièces osseuses sont souvent en mauvais état, aucune mâchoire n'est complète. Il est difficile de dire si cet état des vestiges osseux est dû à l'action de l'homme moustérien, des carnivores ou des sédiments.

L'ensemble des pièces a été déterminé par L. CHAIX, du département d'Anthropologie de l'Université de Genève. On peut résumer, niveau par niveau, dans chaque témoin stratigraphique, les espèces déterminées par le tableau suivant :

Couches	AII	BI	CIII	DIII	DIV	DVI
Indéterminés	6	6	4	2	10	1
<i>Rhinoceros</i> sp.	1	1	-	-	-	-
<i>Ursus spelaeus</i>	-	2	1	1	4	-
<i>Panthera pardus</i>	-	-	-	-	1	-
<i>Canis lupus</i>	-	-	1	-	-	-
<i>Meles meles</i>	-	-	1	-	-	-
<i>Rangifer tarandus</i>	-	-	1	-	-	-
<i>Capra ibex</i>	-	3	1	-	-	-
<i>Castor fiber</i>	-	-	2	-	-	-
Total	7	12	11	3	15	1

D'après L. CHAIX :

" On peut tout de suite remarquer que sur un faible nombre d'ossements (50), 8 espèces ont pu être déterminées, ce qui prouve une faune assez variée.

D'autre part, sur ce nombre total, 30 restes sont indéterminables, soit le 60 %. Ceci est à mettre en relation avec des phénomènes de charriage et d'érosion.

Du point de vue de la composition de cette faune, il faut remarquer plusieurs points intéressants :

a) La présence de la panthère (*Panthera pardus* L.), assez bien représentée au Würm dans le Midi, mais qui semble assez rare dans la région jurassienne.

b) La présence du bouquetin (*Capra ibex* L.) semble indiquer un climat assez froid et peu humide.

c) L'ours des cavernes vient confirmer ce fait, car il n'aime pas les froids trop rigoureux.

d) D'autres espèces, comme le loup et le renne, sont fréquentes dans la plupart des sites de cette période.

e) Le castor (*Castor fiber* L.) indique, par sa présence, la proximité de la Loue.

En conclusion, les espèces retrouvées à la Piquette présentent un spectre faunique assez typique du Würm moyen.

Certains niveaux, comme le B I, semblent montrer un caractère plus humide et frais, d'après les micromammifères déterminés par J. CHALINE (*Microtus ratticeps* et *nivalis*).

L'échantillonnage beaucoup trop restreint de la macrofaune ne permet pas d'observer à ce niveau de telles variations.

Remarquons encore la présence, presque continue, de l'ours des cavernes (*Ursus spelaeus* BLUM.), animal qui, d'après STEHLIN, trouve un milieu favorable dans un climat à extrêmes modérés. Quant à la panthère (*Panthera pardus* L.), elle semble aussi, d'après STEHLIN, être sensible aux climats extrêmes, d'où sa disparition à l'Aurignacien".

V. - L'INDUSTRIE LITHIQUE

Le remplissage de la Grotte de la Piquette à Rurey n'a pas subi les déprédations habituelles des grottes à ours de Franche-Comté. Difficile d'accès et bien camouflé par la végétation, il n'a pas fait l'objet de fouilles clandestines. Par contre, un remaniement naturel a détruit et tronqué une bonne partie des niveaux moustériens dans la zone du sondage entrepris en 1972. De plus, de volumineuses galeries de blaireaux ont bouleversé une bonne partie des niveaux en place à l'aplomb du porche.

L'étude typologique a été réalisée par J.F. PININGRE et M. VUILLEMEY (1976) :

" Le débitage a été pratiqué à plus de 90 % sur les chailles de l'Argovien local. Il semblerait y avoir une certaine uniformité de technique ; le débitage levallois y est faiblement représenté ainsi que les lames, les talons facettés sont peu nombreux, malgré le concassage qui a tendance à augmenter cet indice 9 % (IFs = 9 et IF = 17) par rapport aux talons lisses (40 %) et corticaux (11 %). Les pointes pseudo-levallois sont en proportion très forte, de même les réavivages de nucléus. D'après les observations de J.F. PININGRE, il ne serait pas impossible que l'industrie lithique de la Piquette appartienne à un Moustérien typique ; en effet, des racloirs bien représentés ne sont pas en quantité écrasante, les denticulés et outils à encoches ne sont pas rares, mais n'atteignent pas les proportions d'un Moustérien à denticulés. Les couteaux à dos naturel sont très nombreux et sont révélateurs du style de débitage pratiqué sur de petits blocs de chailles. Les outils du groupe Paléolithique supérieur sont rares : une pièce biface très mince à talon réservé et pointe déjetée évoquerait certains outils du Moustérien d'Allemagne. Certains racloirs ont une retouche quina très nette, mais les racloirs bifaces et spéciaux sont absents, plusieurs pièces présentent de larges enlèvements d'amincissement sur la face inférieure.

L'outillage des Moustériens de Rurey n'est pas de faciès levalloisien et n'appartient pas au Moustérien de tradition acheuléenne et vraisemblablement pas à un Moustérien à denticulés, ni le débitage, ni l'outillage type Paléolithique supérieur ne nous permettent de supposer la présence d'un faciès évolué tendant typologiquement au Paléolithique supérieur ".

VI. - CONCLUSIONS

Elles seront de deux ordres : nous tenterons tout d'abord de retrouver les diverses étapes de la mise en place de ce remplissage : *synthèse phénoménologique*, puis nous proposerons des dates correspondant à chaque étape de la genèse de ce remplissage : *synthèse chronologique*.

A) Synthèse phénoménologique : genèse du remplissage (Fig. 95)

=====

1) Dépôts fins de karst " aveugle " et induration : croûte indurée de plancher stalagmitique et de sables calcaires avec billes de limonite. Niveaux d'argile indurée avec fente de retrait de style dessiccation. Nous pensons que cette formation de base, fréquente dans les remplissages karstiques, s'est déposée avant l'ouverture du porche par alimentation à partir de la surface au travers de fissures dans le calcaire pendant une période tempérée chaude (absence de permafrost, existence d'un sol superficiel abondamment pédogénétiisé) et humide (induration de l'ensemble). Une phase plus sèche (dessiccation) a provoqué l'arrêt de sédimentation et la formation de fentes de retrait superficielles.

2) Après l'ouverture du porche vers l'extérieur (ou son recul consécutif au recul de la falaise) une importante phase cryoclastique alimente le remplissage (période froide).

3) La sédimentation cesse et une altération pédogénétique importante lui fait suite, altérant le cailloutis initial, libérant un complexe fin argileux qui remplit les interstices et accélérant l'éroulement et l'altération. Localement, en bord de paroi ou sous une fissure suintante, ce matériau se bréchifie (période chaude et humide).

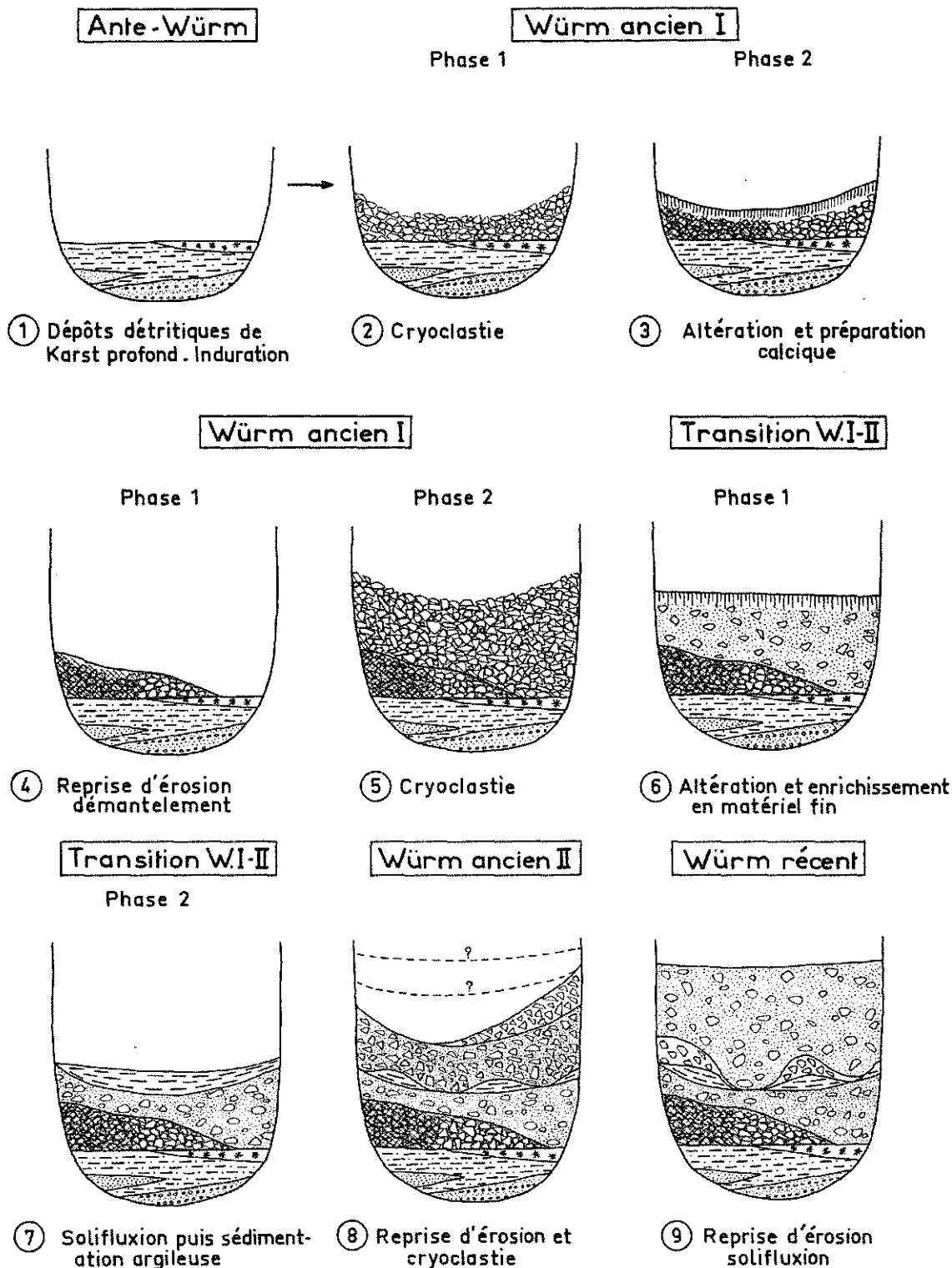


Fig.95 La Grotte de la Piquette à Rurey
Les différentes étapes de genèse du remplissage dans la chronologie du Würm.

4) Une importante reprise d'érosion (période de transition chaude → froide) démantèle ce premier remplissage et le tronque profondément en ne conservant que des reliquats plus durs ou mieux protégés.

5) Une nouvelle phase cryoclastique marque le retour d'un froid intense. Un important dépôt s'édifie, monogénique ou polygénique, le fait étant difficile à préciser, le résidu des dépôts étant largement homogénéisé postérieurement.

6) Suit une période d'altération qui provoque une pédogénèse importante, émoussant et altérant les cailloux dont les interstices se combleront de matériaux fins.

7) Après une légère reprise d'érosion tronquant ce remplissage dans sa partie postérieure, une période humide et chaude homogénéise la partie supérieure du remplissage par un important dépôt d'argile héritée des sols superficiels ou néoformée localement. Un important lessivage de ces formations provoque la précipitation de nodules calcaires (de type horizon à calcique).

8) Après une reprise d'érosion (retour du froid) un important matériel cryoclastique colmate le porche. Là encore, il est difficile de préciser si cette édification s'est faite en un seul ou en plusieurs cycles ; un léger emboîtement de couches, visible dans le témoin D, nous ferait pencher pour la deuxième solution sans plus de précision. Il est également probable que le remplissage se soit poursuivi tout au cours du Würm (présence d'industries type " Paléolithique supérieur " dans les niveaux remaniés superficiels). Mais là encore, nous ne pouvons pas faire parler des couches absentes.

9) Un remaniement important affecte toutes les couches supérieures, mêlant sédiments et objets lithiques typologiquement anachroniques (industries moustériennes et Paléolithique supérieur, céramiques néolithiques et protohistoriques). Ce remaniement naturel de type solifluxion est lui-même doublé d'un labourage et troncage d'origine animale (trou de blaireau) venant perturber secondairement cet ensemble. Historiquement, la grotte est habitée et d'épaisses couches cendreuses surmontent le tout.

B) Synthèse chronologique (Fig. 95)

=====

- Etape 1

Période chaude pré-würmienne (couches III et IV du témoin A, couche III du sondage B).

- Etapes 2, 3, 4, 5 : Würm I

La discontinuité et le troncage des séquences sédimentaires étudiées ne permettent pas de préciser dans le détail l'histoire pourtant complexe de cette longue période qui intéresse la première moitié du Würm ancien. C'est comparative-ment aux autres gisements franc-comtois plus complets que nous plaçons ces étapes dans le Würm I. Le seul gisement de Rurey nous permet de dire que cette période se caractérise par deux phases froides et cryogéniques successives (étapes 2 et 5), séparées par une phase d'abord chaude et humide, altérante (étape 3), puis destructrice (étape 4). La première phase froide serait représentée par la couche IV du témoin C et par la brèche II du témoin B. La deuxième phase froide serait représentée par :

la couche II du témoin A
la couche I du témoin B
la couche III du témoin C
et les couches IIIb et IV du témoin D.

- Etapes 6 et 7 : interstade Würm I - Würm II

Il commence par une phase d'altération sans sédimentation (étape 6), puis par une phase plus humide alimentant le remplissage en colloïdes de type argileux, eux-mêmes lessivés (étape 7, couches II du témoin C et III du témoin D).

- Etape 8 : Würm II

La cryoclastie est vigoureuse, les blocs n'ont pas le temps de s'émousser et s'accumulent probablement sur de fortes épaisseurs dont il ne nous reste que des reliquats. Il est probable que la sédimentation se soit poursuivie au Würm récent, comme l'annonce la présence d'industries de type Paléolithique supérieur.

- Etape 9 : post-Würm : fin du cataglaciale würmien

Les niveaux remaniés contiennent des céramiques protohistoriques et néolithiques et il serait logique, de ce fait, d'attribuer ce remaniement à une période post-néolithique. Cependant, les observations faites dans d'autres gisements nous montrent que ce remaniement majeur a eu lieu à la fin du Dryas III et nous aurions tendance à ne pas faire de Rurey une exception. La présence de témoignages holocènes serait due, à notre avis, aux apports des blaireaux dont les terriers descendent à plus de 2 m de la surface actuelle du sol de la grotte.

Le remplissage de la Grotte de la Piquette à Rurey n'apporte pas de précisions sur la chronologie climatique du Würm en Franche-Comté. La chronologie proposée n'a pu être établie que par référence sédimentologique aux gisements plus complets étudiés par ailleurs (Echenoz, Gigny).

Le sondage étudié a été fait au niveau du porche actuel de la grotte. Le gisement y est démantelé comme l'a montré la fouille. S'il existe encore dans cette grotte des niveaux en place mieux stratifiés, nous pensons qu'ils se trouvent plus au fond de la galerie, où les couches ont été probablement mieux préservées de la débacle post-glaciaire.

CHAPITRE V

UN REMPLISSAGE D'ABRI SOUS ROCHE :

LE GISEMENT DE ROCHEDANE

A VILLARS SOUS DAMPJOUX

(DOUBS)

HISTORIQUE

Abondamment pillé depuis la fin du siècle dernier, l'abri de Rochedane, situé sur la commune de Villars-sous-Dampjoux (Doubs), est une cavité creusée dans la barre de calcaire du Séquanien qui détourne le cours du Doubs en amont du village de Pont-de-Roide. Gisement martyr du Nord de la Franche-Comté, les fouilles en furent reprises par A. THEVENIN dès 1967. Après plusieurs campagnes décevantes, parce qu'uniquement consacrées à tamiser les déblais de fouilles anciennes, un lambeau intact fut découvert et fouillé dans la zone ouest du gisement à l'aplomb du porche. Une fouille méthodique et une exploitation rigoureuse de toutes les données du gisement permirent à A. THEVENIN de faire de ce site épipaléolithique et mésolithique l'une des sources les plus sûres de la Préhistoire comtoise. Nous lui sommes très reconnaissants de la confiance dont il a fait preuve en nous demandant d'en assurer l'étude sédimentologique.

I. LE GISEMENT DANS SON CONTEXTE GEOLOGIQUE

A) Contexte géologique général (Fig.96)

=====

Au niveau de Pont-de-Roide, la moyenne vallée du Doubs, d'orientation générale S-N, entaille profondément les plateaux jurassiques et les accidents tectoniques principaux (dont l'anticlinal du Lomont) qu'elle recoupe perpendiculairement. C'est une vallée ancienne, d'empreinte primitive probablement tertiaire, non méandriforme comme elle l'est plus à l'aval, entre Montbéliard et Dole, là où d'orientation ENE-WSW, elle suit l'orientation générale des plis du faisceau bisontin *sensus lato*. Les plateaux calcaires monoclinaux encaissants sont constitués par l'empilement régulier des assises du Jurassique supérieur (du Callovien au Kimméridgien inférieur). A deux kilomètres environ en amont de l'abri de Rochedane, l'axe anticlinal E-W du Lomont fait affleurer une lanière de Jurassique moyen, et au niveau de la vallée du Doubs, le coeur de l'anticlinal est marqué par l'affleurement du Lias supérieur.

Au moins au niveau de Pont-de-Roide, la direction méridienne de la vallée est causée par un fossé d'effondrement qui abaisse le Séquanien inférieur à 400 m d'altitude. Plus au Nord, l'axe drainant semble avoir été attiré par le golfe tertiaire de Montbéliard comblé par les argiles rouges des formations sidérolithiques de l'Eocène, surmontées par les marnes à conglomérats oligocènes.

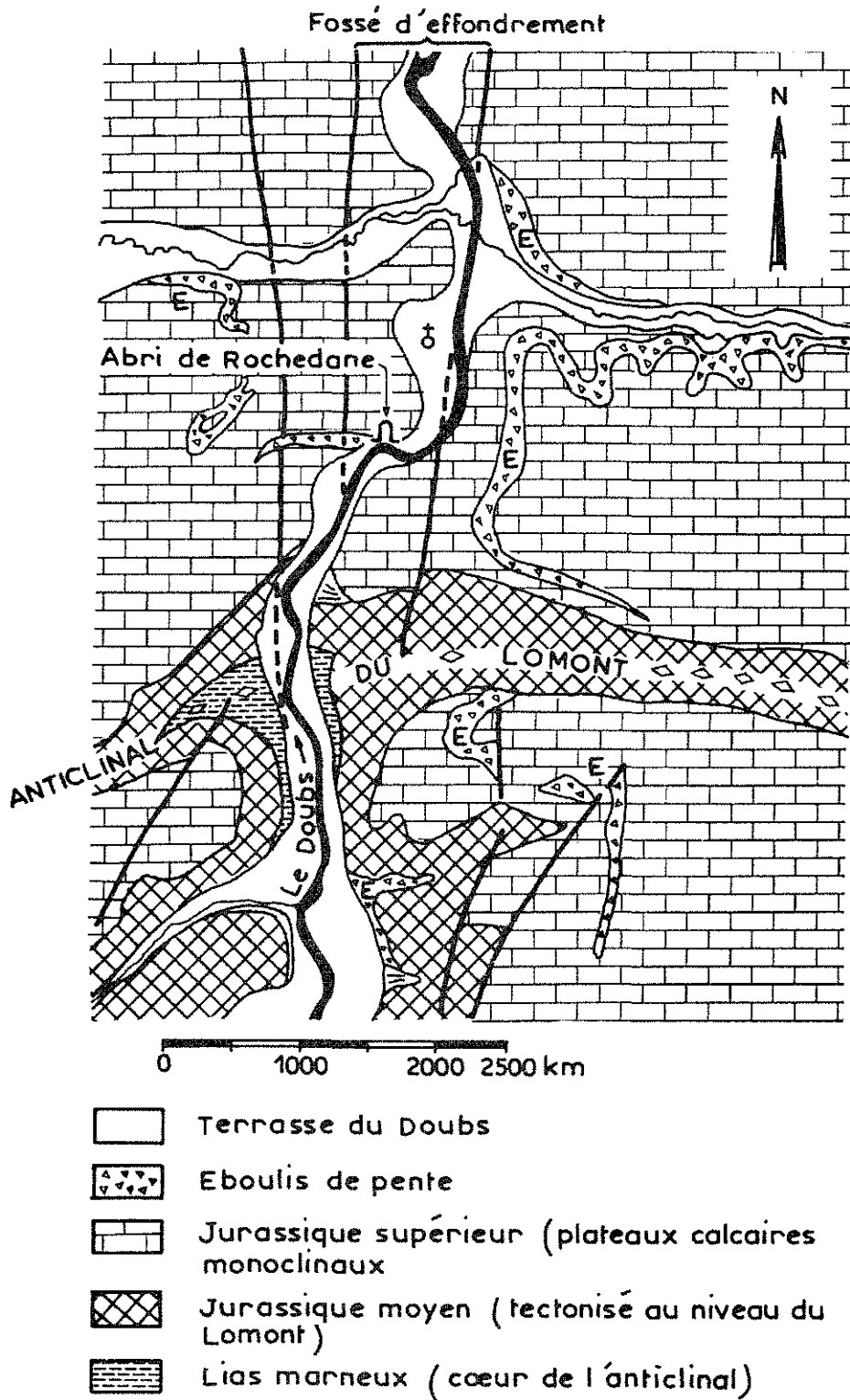


Fig.96 Contexte géologique général de l'abri de Rochedane (d'après la carte géologique de Montbéliard)

Une barre de calcaire séquanien du fossé d'effondrement fait dévier le Doubs vers l'Est. C'est dans cette barre d'une quinzaine de mètres de haut que sont creusés les deux abris de Rochedane. Seul l'abri supérieur, dont le plancher rocheux est à 5 m au-dessus du niveau moyen du Doubs, a fait l'objet de fouilles préhistoriques méthodiques.

B) Contexte géologique quaternaire

=====

1) Dynamique de la formation des abris

Le site des abris de Rochedane a été profondément transformé par les aménagements modernes (Fig. 97). La barre rocheuse a en effet été transpercée par une voie ferrée, tandis que plus au Sud, un remblai réhausse la terrasse de 5 m d'une plate-forme artificielle de 3 m.

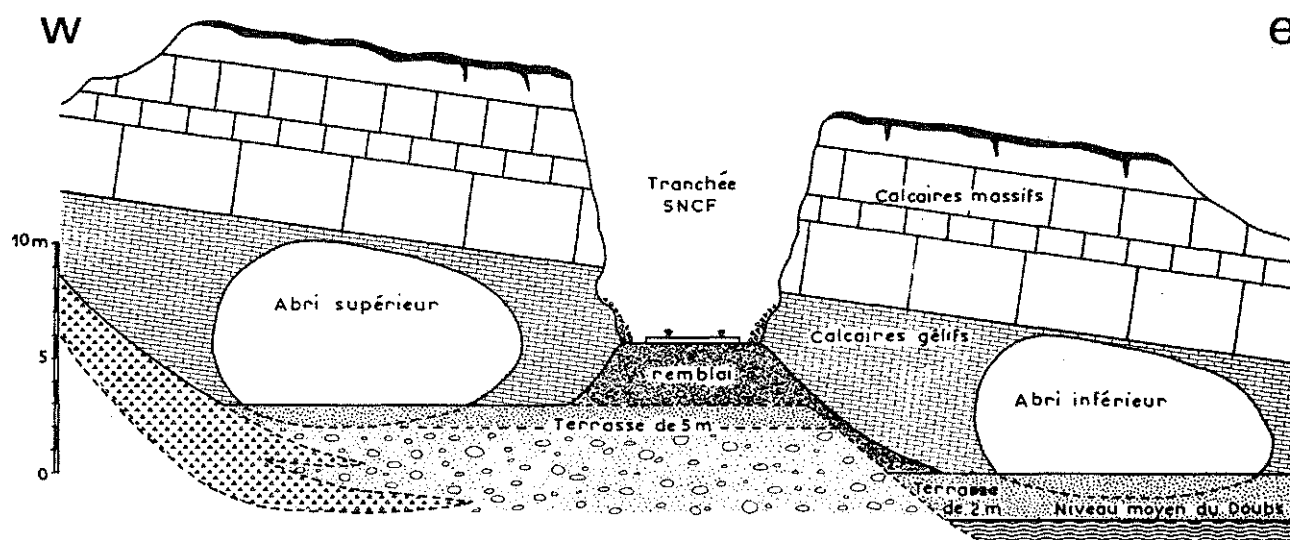


Fig. 97 Schéma des relations entre les abris de Rochedane et leur contexte lithologique (substrat et formations alluviales).

L'existence des abris de Rochedane est liée à deux facteurs génétiques : 1'un lithologique, l'autre érosif. En effet, les deux excavations se sont formées dans un niveau de calcaire sublithographique à petits bancs et débit prismatique particulièrement gélif. Cette gélivité est attestée par la formation récente de mini-abris se développant de part et d'autre de la voie ferrée, dans les abrupts rocheux provoqués par la percée récente. Une cryoclastie vigoureuse provoquant des talus d'éboulis très anguleux s'est développée de part et d'autre de la voie ferrée. Les bancs sommitaux de la barre rocheuse, plus massifs, ne se sont pas prêtés à une telle action cryogénique. Mais ce facteur lithologique important n'aurait pas suffi à provoquer l'approfondissement des abris de Rochedane. Chacun d'entre eux correspond à une phase de stabilisation verticale du cours du Doubs :

- La base de l'abri supérieur se situe précisément au niveau supérieur de la terrasse de 5 m du Doubs marquant une phase ancienne de stabilisation verticale du cours de la rivière. Celle-ci a évacué régulièrement les produits

de la cryoclastie au fur et à mesure de leur genèse, en les incluant aux matériaux grossiers de cette terrasse. Si le seul critère lithologique avait existé, l'abri à peine ébauché aurait été rapidement comblé par le matériel cryoclastique et son approfondissement aurait cessé. C'est l'eau du Doubs, venant buter contre la barre rocheuse et évacuant les produits du gel, qui a permis le creusement de l'abri.

- Avec l'enfoncement postérieur du Doubs dans ses alluvions grossières, il s'est légèrement déporté vers l'Est. La terrasse de 2 m marque un deuxième niveau de stabilisation. Comme précédemment et selon les deux critères évoqués, c'est cette nouvelle stabilisation qui a provoqué le creusement de l'abri inférieur par évacuation progressive des éléments cryoclastiques issus des calcaires particulièrement gélifs de la partie inférieure de la barre rocheuse.

2) La basse terrasse du Doubs (Fig.98)

De Villars-sous-Dampjoux au Sud à Mandeure au Nord, le Doubs développe ses méandres dans une vallée relativement encaissée, surtout lorsqu'il traverse l'anticlinal du Lomont (de Villars à Pont-de-Roide). La largeur de la plaine alluviale n'excède pas 500 m à ce niveau. Plus au Nord, le Doubs traverse une vaste zone de plateaux et la vallée devient plus large : 1000 à 1500 m au niveau de Mathay.

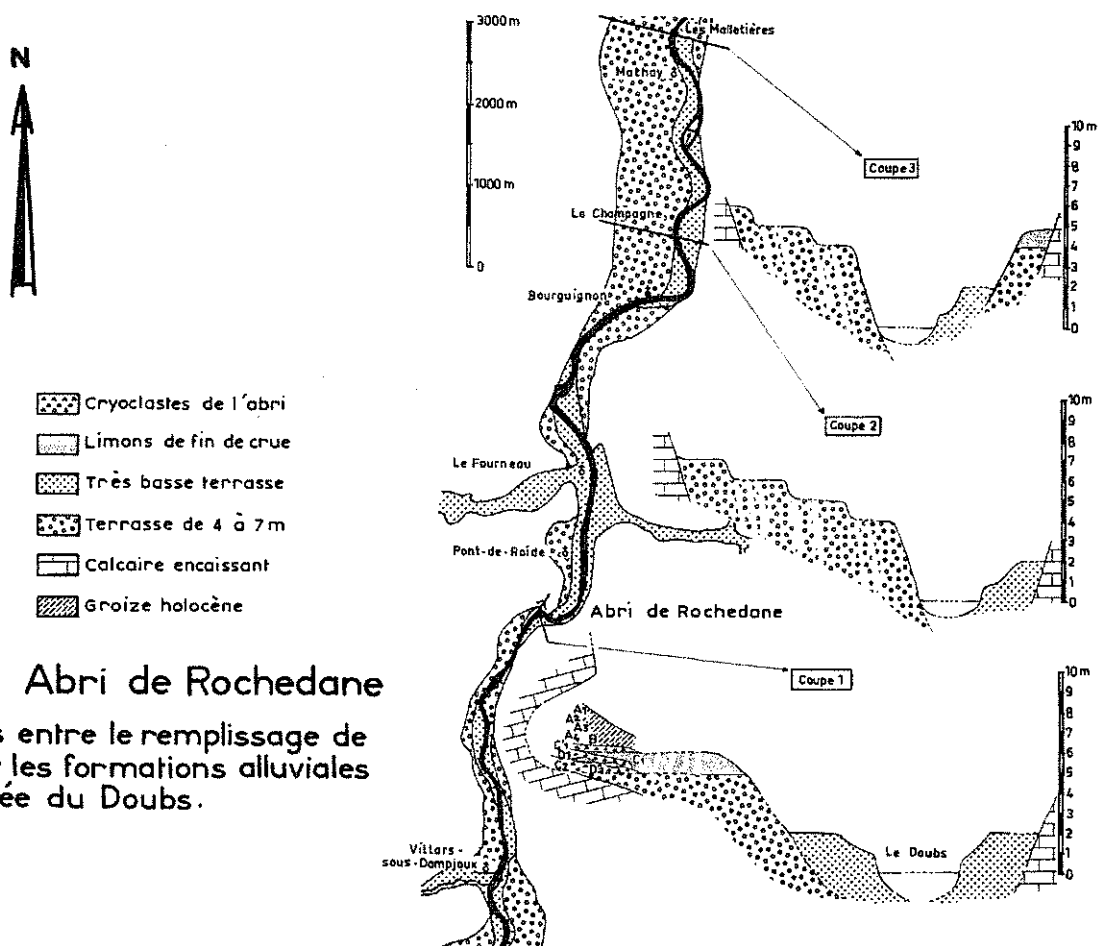


Fig.98 Abri de Rochedane
Relations entre le remplissage de l'Abri et les formations alluviales de la vallée du Doubs.

Le lit mineur est occupé par une très basse terrasse que l'on retrouve régulièrement du Nord au Sud de la zone étudiée. Elle domine le niveau d'étiage du Doubs de 2 m et se raccorde à celui-ci par une pente douce terminée par un abrupt de 0,70 m. De nature lithologique grossière, elle est rarement recouverte par un placage limoneux.

L'élément morphologique déterminant de la plaine alluviale est la basse terrasse proprement dite qui en occupe les trois quarts de sa surface. Elle domine le Doubs de 4 à 7 m et diverses exploitations récentes nous ont permis de mieux l'étudier.

Au niveau de l'abri de Rochedane (Fig. 98 , coupe 1), les niveaux grossiers de la terrasse passent progressivement à la couche D2 en s'enrichissant progressivement en cryoclastes vers le fond de l'abri. Elle est recouverte d'une couche limoneuse, considérée comme des apports de fin de crue, s'interstratifiant à deux reprises dans les niveaux archéologiques de l'abri (C1 et C2).

Au niveau du lieudit " La Champagne " entre les villages de Bourguignon et Mathay, cette terrasse est bien visible dans une tranchée d'exploitation de 200 m de long, perpendiculaire à la vallée. Plusieurs ressauts bien visibles morphologiquement font passer la hauteur relative de 4 m près du Doubs à 7 m contre la roche encaissante (Fig. 98 , coupe 2). Cependant, ces petits changements de niveau se font par pente douce (exagérée sur la coupe) sans entraîner de remaniement lithologique dans la terrasse (enboîtement, coulée de solifluxion etc ...). Il s'agit, à notre avis, d'un seul épanchement fluvial, entaillé plusieurs fois par des érosions mineures. En coupe, la terrasse est constituée de galets d'un diamètre maximum de 10 cm, entourés d'une matrice sableuse. Localement, nous avons pu observer quelques gros blocs peu émoussés transportés probablement par radeau de glace.

Plus au Nord, au lieudit " Les Malletières " (Fig. 98 , coupe 3), on retrouve rive gauche la morphologie précédemment décrite. Rive droite, la très basse terrasse s'emboîte dans la basse terrasse de 4 m surmontée par un mètre de limons fluviaux beiges, comparables à ceux observés dans l'abri de Rochedane.

II. - LA STRATIGRAPHIE : ETUDE DESCRIPTIVE DU REMPLISSAGE DE L'ABRI

(Fig. 99 à 102)

Si l'on veut systématiser quelque peu ce remplissage, il semble logique de le subdiviser en deux ensembles :

- un ensemble inférieur montrant une alternance de niveaux fluviaux (grossiers vers la base, plus fins vers le sommet) et de niveaux cryoclastiques très frais (couches E à C'1).

- un ensemble supérieur constitué de couches uniquement d'origine cryoclastique, expression locale des grèzes litées du versant. Dans cet ensemble, la genèse du remplissage est complètement libérée des apports du fleuve.

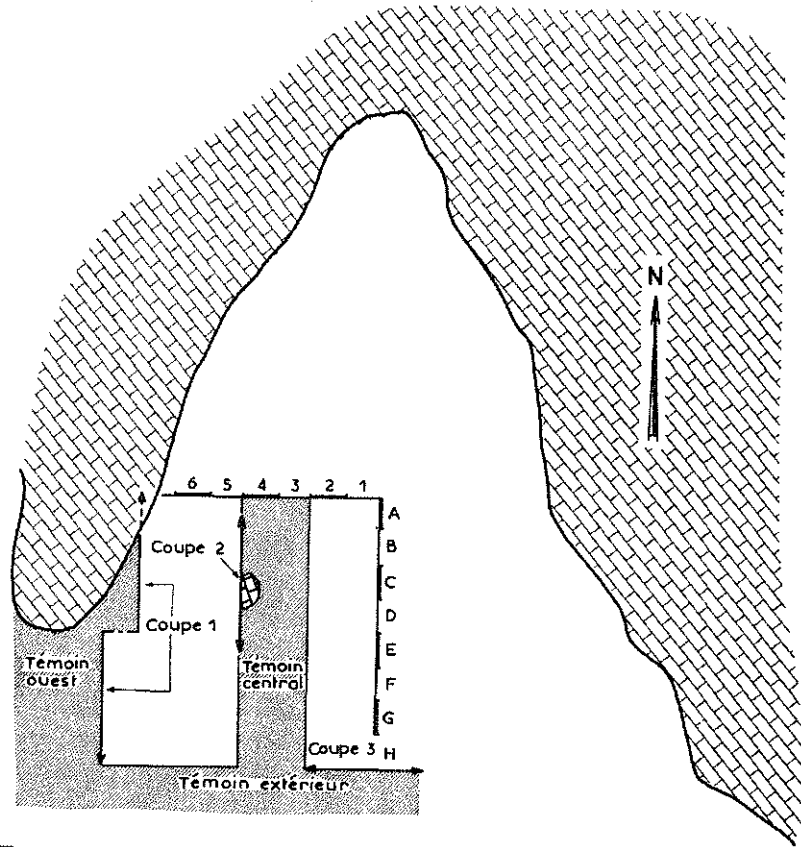


Fig.99 Abri de Rochedane - Plan schématique et localisation des coupes échantillonnées

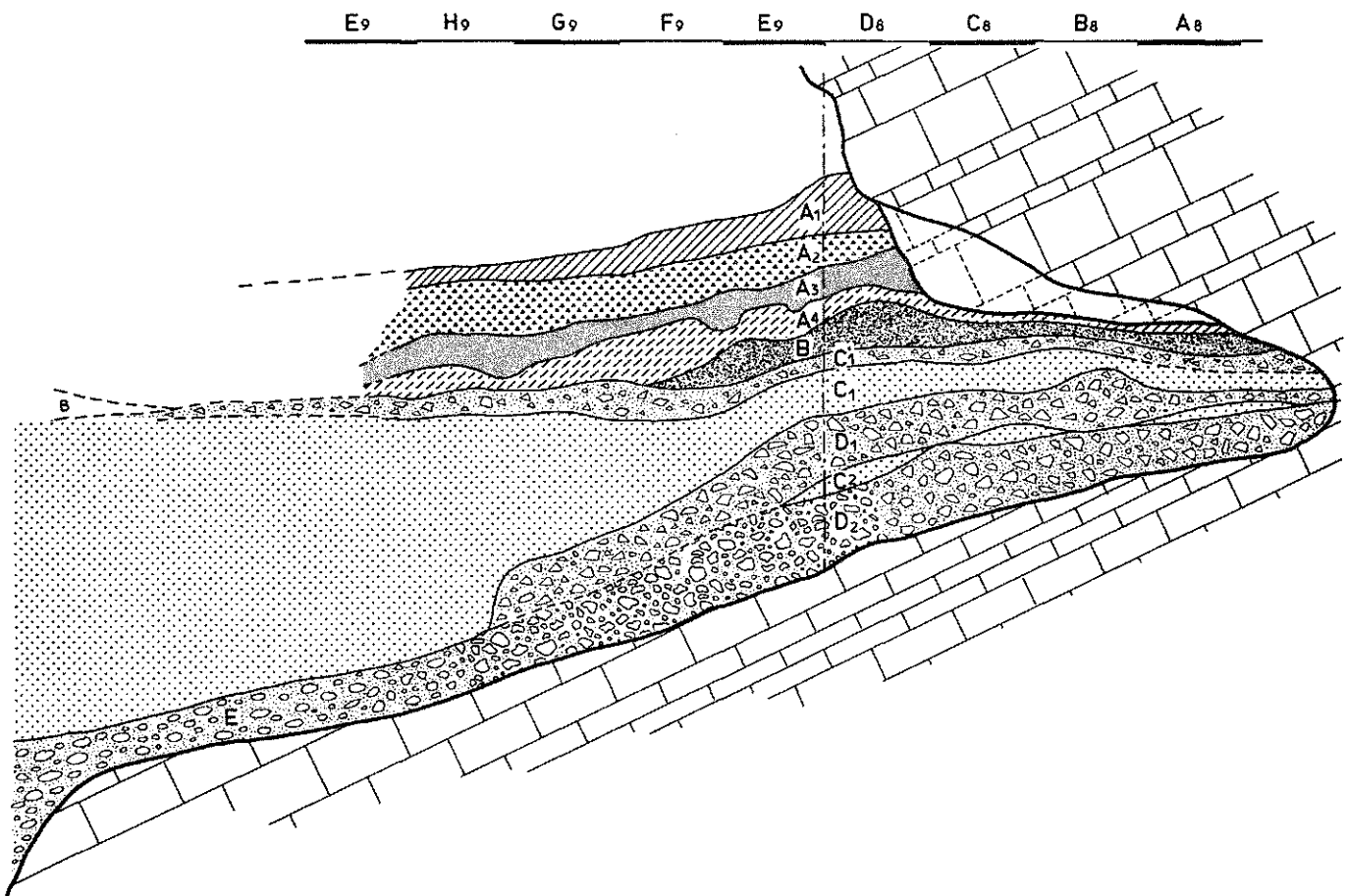


Fig.100 Abri de Rochedane - Coupe stratigraphique schématique longitudinale (Coupe 1) - D'après A.Thevenin

A) L'ensemble inférieur

=====

De la base au sommet :

→ Couche E

Matériel alluvial en continuité avec le matériel de la terrasse, s'épaississant vers l'extérieur de l'abri et se terminant en biseau vers l'intérieur au contact du bed-rock, là où il est visible. Le matériel grossier est formé de galets calcaires d'origine fluviatile et de quelques fragments cryoclastiques hérités de la paroi rocheuse et de plus en plus rares vers le cours du Doubs. Une matrice sablo-argileuse constituant 50 % de l'ensemble emballé des petits galets de quartz.

→ Couche D2

Épaisseur : 20 à 30 cm, léger pendage vers le Sud. Le matériel grossier est largement dominé ici par le matériel calcaire anguleux issu de la paroi surtout à proximité de l'abri (95 %). Il devient moins dominant en quelques mètres et il est probable que les galets deviennent exclusifs plus près du Doubs. La couche D2 traduit donc la prédominance de l'apport cryoclastique sur l'apport fluviatile.

→ Couche C2

Niveau discontinu, peu épais, de limons jaunes aux caractéristiques fluviatiles nettes : ils sont facilement interprétables comme limons de débordement dits " de fin de crue " venant recouvrir la couche D2 sous-jacente et nourrir les interstices entre les cailloux d'apports fluviatiles fins.

→ Couche D1

Extrêmement comparable à la couche D2, elle est également composée d'éléments calcaires cryoclastiques, plus petits cependant, mêlés à quelques galets calcaires et emballés dans une matrice sablo-limoneuse.

→ Couche C1

Importante couche limoneuse comparable à la couche C2, bien que plus importante. De faible puissance à l'intérieur de l'abri (15 à 20 cm), elle s'épaissit vers l'extérieur pour atteindre 80 cm au niveau des carrés H et G. Ce nouvel épisode de type limon de débordement semble raviner les couches C2 et D1 qu'il oblitère vers l'extérieur de l'abri.

→ Couche C'1

Riche en éléments cryoclastiques, elle traduit un nouvel épisode cryoclastique sur le niveau limoneux sous-jacent.

B) L'ensemble supérieur

=====

De la base au sommet :

→ La couche B

De couleur noirâtre due à une abondance de matière organique, elle est constituée d'une petite blocaille homométrique, émoussée, et d'une gangue argileuse. Elle s'interrompt en biseau vers l'extérieur et sa puissance est rendue irrégulière par des creux de son toit. Riche en fragments osseux, c'est le type même de la couche anthropique.

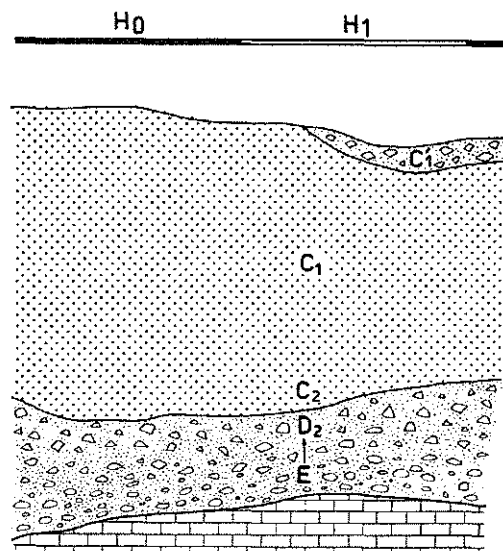
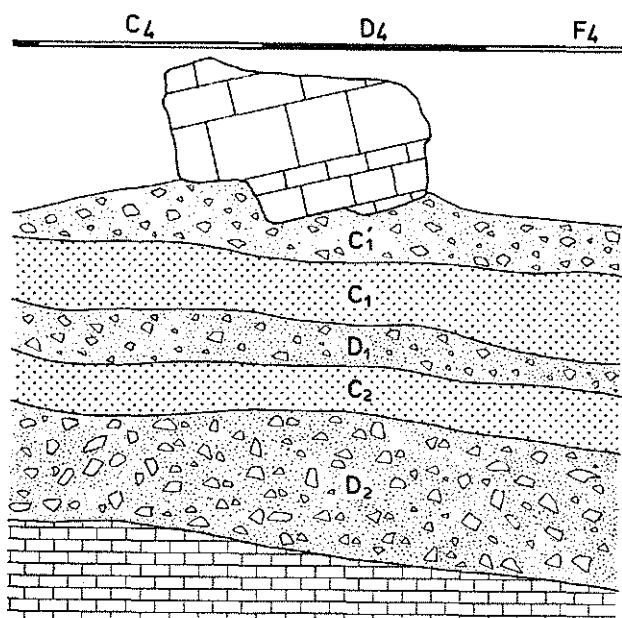


Fig.101 Coupe stratigraphique ②

Fig.102 Log. stratigraphique simplifiée de la coupe ③

→ La couche A

Elle est constituée d'un ensemble de niveaux superposés A4, A3, A2, A1 ; c'est une grèze litée d'environ un mètre de puissance, à matrice argileuse brune et cohérente. La partie supérieure est altérée par un sol récent.

III. - ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

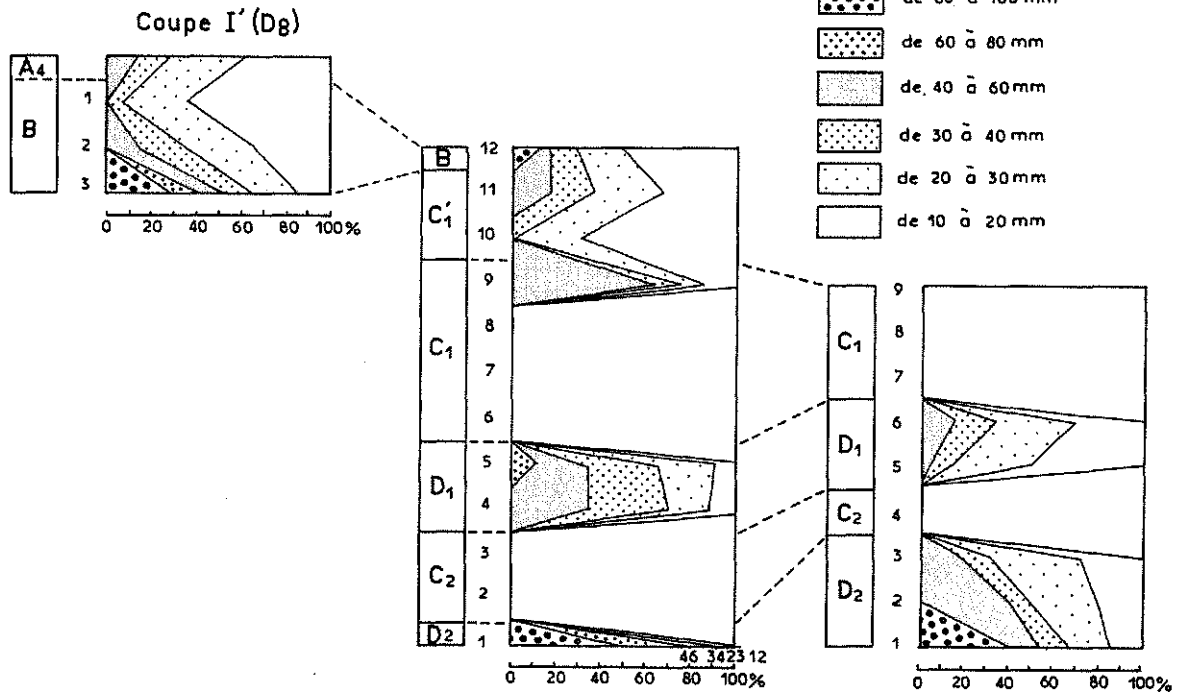
A) Granulométrie globale (Fig. 103-1)

=====

1) Ensemble inférieur

Les courbes de granulométrie globale expriment les constatations lithologiques. La fraction grossière (> 1 cm) est bien représentée dans les couches D2, D1 et C'1 avoisinant ou dépassant 50 % de l'ensemble. Les granules sont peu représentés. Il n'y a pas de coupure nette entre les couches limoneuses et les couches cryoclastiques, chaque dépôt se mêlant en début de phase à la couche sous-jacente. Ainsi, après une phase cryoclastique à sédimentation grossière, les premiers limons de débordement comblent les vides entre les cailloux. De même, après une phase fluviatile, les premiers gélifracés s'incluent dans les limons superficiels non consolidés. La couche D2 est plus riche en fraction grossière près de la voûte (85 % coupe I) qu'à 2 m plus à l'extérieur (62 % coupe II). Les granules (2 mm ϕ < 1 cm) sont plus abondants à quelques mètres de l'abri (10 % coupe II) que très près de la paroi (3 % coupe I) et ceci est valable aussi bien pour la couche D2 que pour la couche D1. Ceci peut s'expliquer par un phénomène de " vannage " préférentiel des eaux de débordement à proximité de la paroi.

② Granulométrie des cailloux



Granulo MORIN (1972) F10

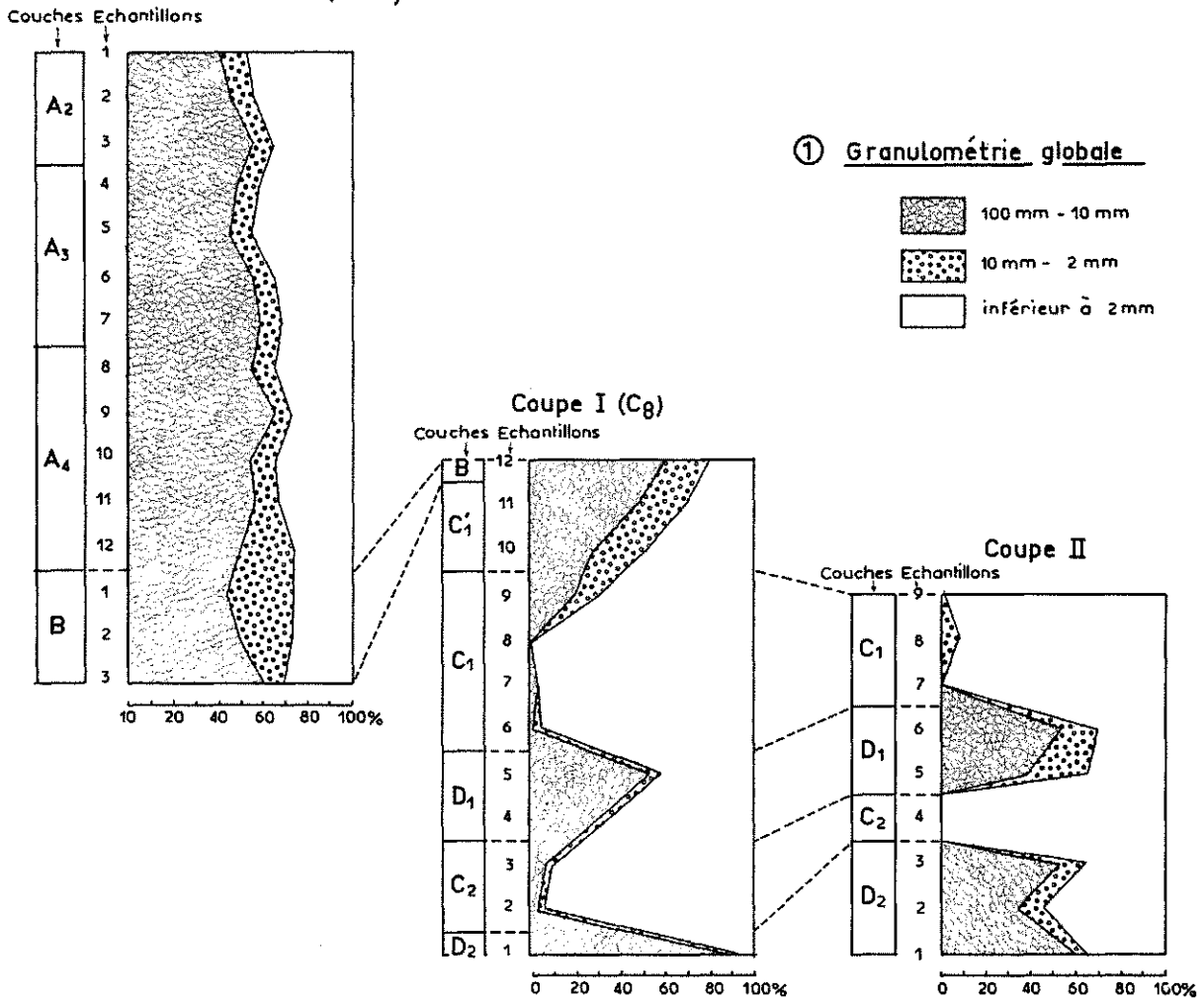


Fig.103 ABRI de ROCHEDANE Etude de la Fraction grossière

2) Ensemble supérieur

Les proportions respectives de blocs, granules et fraction fine sont beaucoup plus régulièrement réparties. On constate de bas en haut une diminution progressive des blocs de diamètre supérieur à 1 cm (de 60 % à 40 %) avec un léger creux au sommet de la couche B (échantillon B1). Les granules sont en proportions constantes (10 %) sauf en B où ils atteignent 30 %. La fraction fine croît de manière complémentaire par rapport aux blocs (de 30 % à 50 %).

B) Etude de la fraction grossière

(Couches D2, D1, C'1, B et A)

1) Granulométrie des cailloux (Fig. 103-2)

a) Ensemble inférieur

Toutes les classes granulométriques sont assez bien représentées dans tous les niveaux grossiers. On peut cependant faire plusieurs remarques intéressantes :

- Il y a prédominance en couche D1 des classes grossières (de 40 mm à 100 mm) sur les classes plus fines, et ceci surtout à proximité de la paroi de l'abri (coupe I).

- Cette prédominance est moins nette et même inverse dans la couche D1 où les blocs dépassent rarement 60 mm et les classes inférieures à 30 mm représentent plus de 50 % de la fraction grossière.

- L'épisode climatique contribuant à l'édification de la couche D2 semble présenter des caractéristiques cryogéniques plus importantes et plus profondes.

- Le sommet de la couche C1 accuse, lui aussi, une phase cryogénique brusque, moins importante cependant que les épisodes plus anciens (D2 et D1), allant s'amenuisant en C'1, pour reprendre à la fin de cet épisode.

b) L'ensemble supérieur

Les effets cryogéniques sont importants au cours de l'épisode B, puis semblent s'amenuiser progressivement au cours de la sédimentation des différents niveaux de la couche A.

2) Etude des fragments cryoclastiques (Fig. 104-1)

Nous préférons le terme de " fragment cryoclastique " à celui de " plaquettes de gel " utilisé fréquemment, car l'observation des produits actuels de la cryoclastie des calcaires jurassiens nous montre que toutes les strates gélives ne donnent pas forcément des plaquettes, au sens strict du terme, mais parfois des polyèdres, des prismes ... etc ... Sous l'appellation " fragment cryoclastique " nous rangeons tous les blocs à arêtes vives, quelle que soit leur forme. A Rochedane, le faciès séquanien de la roche encaissante produit d'ailleurs plus de polyèdres que de plaquettes *sensu stricto*.

L'examen des courbes du pourcentage de fragments cryoclastiques montre que ceux-ci sont exclusifs dans les niveaux grossiers de l'ensemble inférieur (D2-D1-C'1) où ils représentent plus de 95 % de l'ensemble. Par contre, l'ensemble supérieur montre un pourcentage encore important (26 %) dans la couche B, qui va en diminuant sensiblement en A4.

Est-ce à dire que l'ensemble inférieur est plus froid que l'ensemble supérieur ? C'est possible, et la granulométrie globale annonçait cette différence. Cependant, il faut tenir compte d'un élément important :

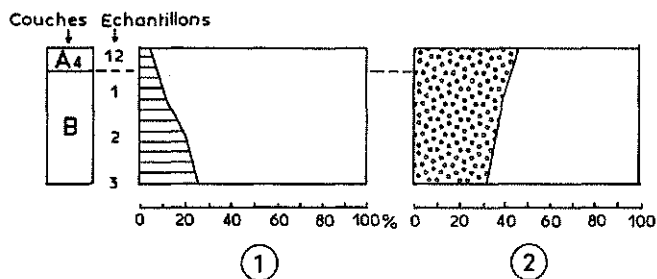
- Les niveaux cryoclastiques inférieurs sont noyés dans une gangue sablo-limoneuse stabilisante et peu agressive vis-à-vis du calcaire. Ces limons de débordement ont enveloppé rapidement, et probablement peu de temps après leur dépôt, les blocs issus de la paroi. Ils les ont ainsi " fossilisés " par ensevelissement précoce et leurs formes vives ont été préservées intactes.

- Les niveaux cryoclastiques supérieurs (B et A) présentent eux une structure plus " aérée " et la gangue qui les enveloppe, constituée d'argile de décalcification solifluée, montre plus d'agressivité à leur contact, permet les circulations d'eau et provoque ainsi une dissolution importante de leur cortex et une destruction de leurs formes primitives.

3) Etude de l'indice d'émoissé (Fig. 104-2)

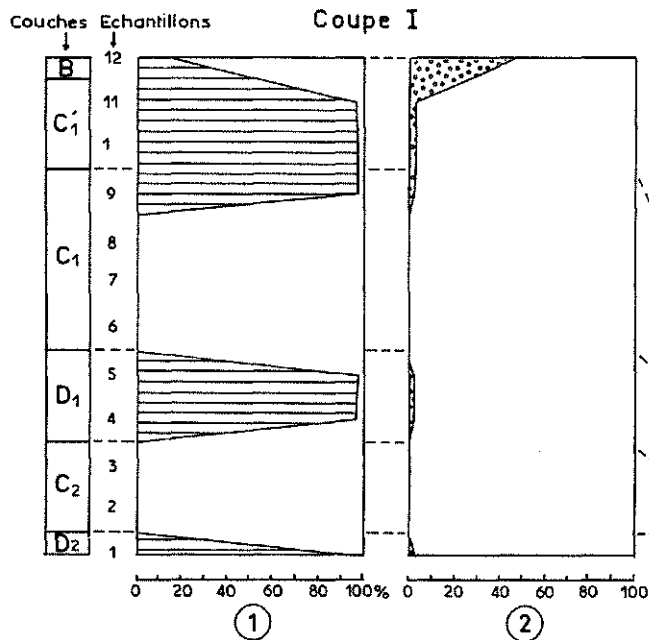
La valeur de l'indice d'émoissé varie en fonction inverse du pourcentage des fragments cryoclastiques et c'est normal puisqu'il est établi à partir des mêmes données objectives d'observation.

Coupe I'



- ① Fragments cryoclastiques (%)
- ② Indice d'émoissé (de 1 à 100)

Coupe I



Coupe II

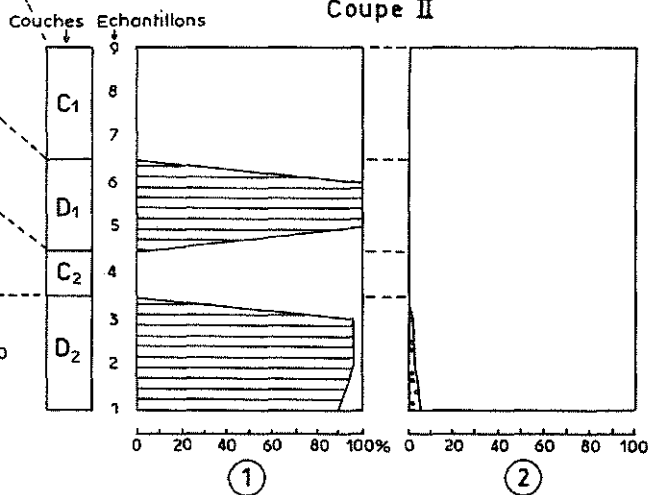


Fig.104 Abri de Rochedane
Etude de la Fraction grossière

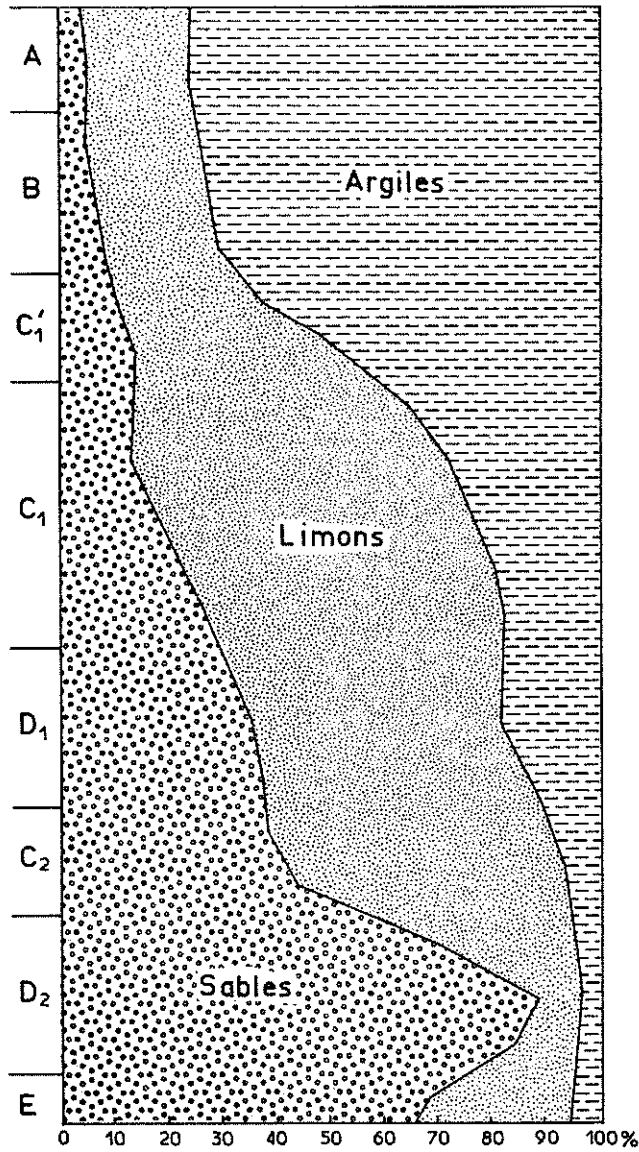


Fig.105 Abri de Rochedane
Diagramme granulométrique
des fractions fines

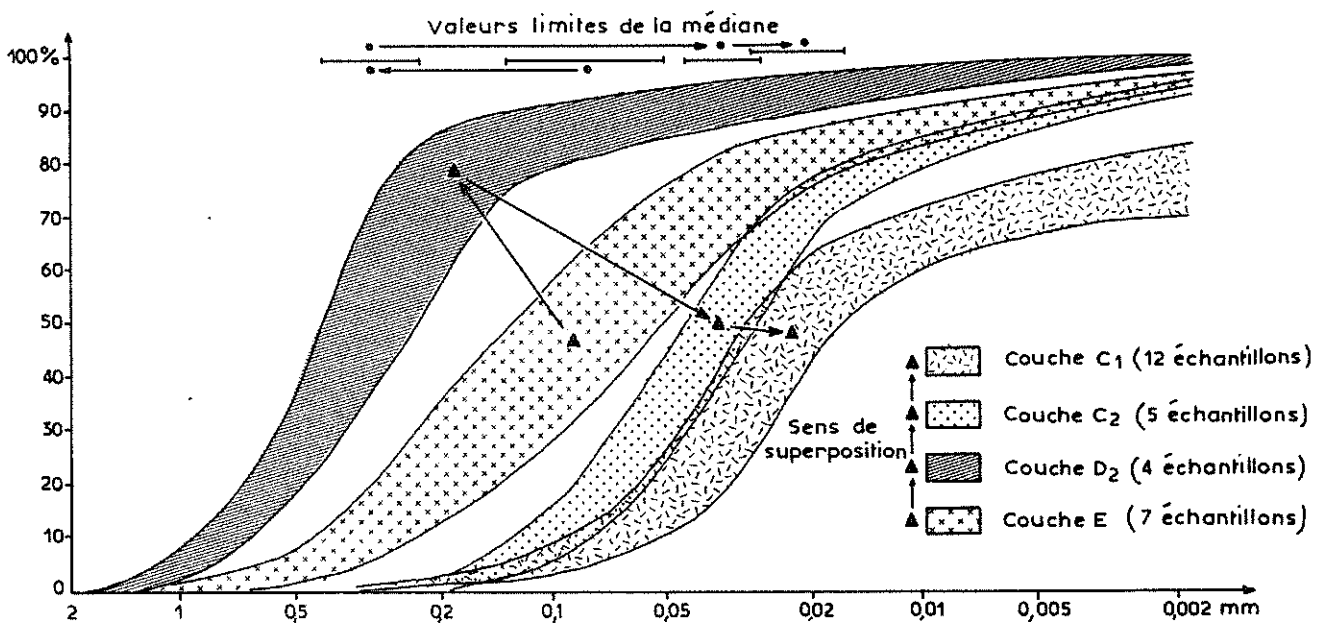


Fig.106 Abri de Rochedane . Aires occupées par les courbes cumulatives de la fraction fine (<2mm) de l'ensemble inférieur

Indépendamment de la remarque concernant la différence d'environnement fin des ensembles supérieurs et inférieurs, l'augmentation de l'indice d'émoussé dans l'ensemble supérieur dès la couche B peut traduire, outre une altération de type corrosion chimique au contact bloc - matrice argileuse, des mouvements affectant l'ensemble de chaque niveau, de type solifluxion. Il est d'ailleurs probable que tous les niveaux de l'ensemble supérieur (surtout à partir de A) soient autant de coulées de solifluxion glissées sur la pente.

C) Les fractions moyennes ($2 \text{ mm} < \phi < 1 \text{ cm}$)
=====

Leur pourcentage est peu important et leurs caractéristiques sont semblables à celles de la fraction plus grossière. Ce sont essentiellement de petits fragments calcaires auxquels se mêlent des petits fragments osseux et des petits galets karstiques surtout fréquents dans les niveaux inférieurs dont ils soulignent le caractère alluvial. En D2, ils représentent 40 % de la fraction, en C2 3 % et en D1, de 1 à 2 %.

D) Les fractions fines (diamètre inférieur à 2 mm)
=====

1) Diagramme granulométrique global

Nous distinguerons trois types d'éléments : les sables de 2 mm à 50 μ , les limons de 50 μ à 2 μ et les colloïdes minéraux (ou " argiles ") inférieurs à 2 μ . Les pourcentages respectifs sont exprimés dans un diagramme global (Fig. 105). On remarque une forte prédominance des sables dans les couches inférieures (E et D2) par rapport aux limons et surtout aux argiles. Cette domination s'efface progressivement plus on monte dans la stratigraphie : ils représentent encore près de 40 % dans les couches C2 et D1, passent de 35 % à 10 % dans les couches C1 et C'1 et sont très faiblement représentés dans l'ensemble supérieur.

Les limons relativement mal représentés dans les assises inférieures (moins de 10 % en D2) deviennent dominants (plus de 50 %) en C2, D1, C1, puis leur pourcentage baisse progressivement pour se stabiliser vers 15 % dans l'ensemble supérieur.

Le pourcentage des colloïdes minéraux (essentiellement argiles) croît au contraire régulièrement de bas en haut de la coupe et devient l'élément dominant (près de 80%) de l'ensemble supérieur.

2) Courbes granulométriques (Fig. 106)

Les pourcentages comparés des sables, limons et argiles dans les différentes couches ont montré, lors de l'établissement du diagramme cumulatif global, un enrichissement progressif de bas en haut en particules fines. Cette constatation se retrouve sur les courbes : elles s'aplatissent progressivement et leur zone d'ascendance maximum est décalée vers la droite du graphique, c'est-à-dire vers les particules les plus fines, au fur et à mesure que les échantillons étudiés sont plus hauts dans la coupe.

L'allure de ces courbes montre l'origine fluviatile des dépôts, la compétence du courant décroissant régulièrement.

3) Pétrographie et morphoscopie

La phase sableuse est composée de fragments de quartz, de calcaire et petites concrétions agglutinées en pourcentage très faible. Vers le haut de l'ensemble inférieur (couches C1 et C'1), le calcaire devient dominant, voire exclusif. Lorsqu'il y a à la fois quartz et calcaire (couches E, D2, C2), ceux-ci sont à peu près également représentés dans les sables grossiers. Par contre, dans les fractions plus fines (sables moyens et fins), le quartz devient largement dominant.

Morphoscopiquement, les quartz sont généralement plus arrondis que les calcaires transportés probablement moins longtemps. Les grains de quartz émoussés luisants dominent sur les anguleux, surtout dans les sables moyens et fins.

Dans les couches D2, C2 supérieure et C1 supérieure, des petits manchons de limons durcis prouvent l'existence post-sédimentaire d'organismes aquatiques (de type tubifex ou larve de Chironomides) ayant colonisé les fonds vaseux et limoneux. On peut imaginer des flaques plus ou moins permanentes après la crue ayant déposé les limons.

4) Analyse des minéraux argileux

Les minéraux argileux ont été déterminés dans la roche-mère (calcaire du Séquanien) ainsi que dans les niveaux C2, C1 et C'1, afin d'essayer de mettre en évidence d'éventuelles variations climatiques. Cette analyse a été réalisée par M. HOFFERT au Centre de Sédimentologie et Géochimie de la Surface de Strasbourg. Les niveaux C1 et C'1 sont caractérisés par la même association minéralogique que la roche-mère : illite dominante, kaolinite et vermiculite, interstratifiés irréguliers. Le niveau C2 est le seul à renfermer en proportion réduite des minéraux de type smectite, ce qui peut traduire une variation climatique, marquée par un réchauffement ou une plus grande humidité.

IV. - LA FAUNE ET LA FLORE

Tout un ensemble de données chronostratigraphiques est apporté par les études floristiques et surtout faunistiques assurées par différents auteurs sous la responsabilité de A. THEVENIN.

A) La grande faune

=====

(Etudiée par Th. POULAIN-JOSIEN)

" Une première analyse rapide a mis en évidence en D1 -et seulement dans ce niveau- la présence de rarissimes ossements et dents de renne. Pas de renne dans C'1, B et A4 ; en revanche, une quantité impressionnante de cerf élaphe, de très gros boeufs (*Bos primigenius* sans doute), du gros sanglier, des carassiers variés et quelques ovicapridés sans doute domestiques ".

B) L'avifaune

=====

(Etudiée par C. MOURER-CHAUVIRE)

En fonction de la stratigraphie, les espèces suivantes ont été déterminées :

	A3/A4	A4	A4/B	B	B/C'1	C'1
cf. <i>Anas platyrhynchos</i> L. cf. canard colvert				1		
<i>Falco tinnunculus</i> L., faucon crécerelle				1		
<i>Lagopus</i> taille <i>lagopus</i> (L.), lagoon pède taille lagopède des saules			2	2		1
<i>Lagopus</i> taille <i>mutus</i> (MONTIN), lagopède taille lagopède des Alpes		2	2	3		1
<i>Lagopus</i> sp., lagopède indéter- miné		1	3	2		1
<i>Tetrao urogallus</i> L., grand tétaras <i>Lyrurus tetrix</i> (L.), tétaras-lyre		1	1	3	1	1
<i>Crex crex</i> (L.), râle des genêts	1	2	2	5	1	1
<i>Tringa hypoleucos</i> L. ? chevalier guignette ?		1				
<i>Aegolius funereus</i> (L.), chouette de Tengmalm			1			
<i>Dryocopus martius</i> (L.), pic noir <i>Dendrocopos minor</i> (L.), pic épeichette				1		
<i>Lullula arborea</i> (L.), alouette lulu		1				
<i>Hirundo rustica</i> L., hirondelle de cheminée			1			1
<i>Turdus pilaris</i> L., grive litorne <i>Turdus iliacus</i> L., grive mauvis			1	1		
<i>Acrocephalus palustris</i> (BECHST.) rousserolle verderolle				2		

" On constate que les lagopèdes persistent jusqu'en A4, accompagnés de formes froides telles que le tétaras-lyre, le grand tétaras et la chouette de Tengmalm, qui sont toutes des formes de forêts froides. Le pic noir, le pic épeichette et les grives, formes forestières, sont également représentés ".

C) Les micromammifères

=====

(Etudiés par J. Cl. MARQUET)

Nous ne reprendrons que les conclusions climatiques émises par J. Cl. MARQUET après une étude complète des rongeurs du gisement de Rochedane :

" Le cortège des rongeurs trouvés en D1 confirme les indications données par la faune des grands mammifères : avec la mise en place de cette couche qui contient notamment *Microtus oeconomus* et *Microtus malei* se termine le froid würmien.

Au moment du dépôt de C'1, le climat est donc nettement moins froid, il est beaucoup plus humide ; on assiste à une première installation de la forêt (*Clethrionomys glareolus*). Avec la couche B, on observe un assez net recul de l'humidité ; en effet, les espèces forestières reculent, tandis que *Microtus arvalis* et *Cricetus cricetus* regagnent en importance. Il est possible qu'une petite accentuation du froid se fasse sentir alors (*Microtus oeconomus* et *Microtus malei* persistent, tandis que *Microtus nivalis* apparaît).

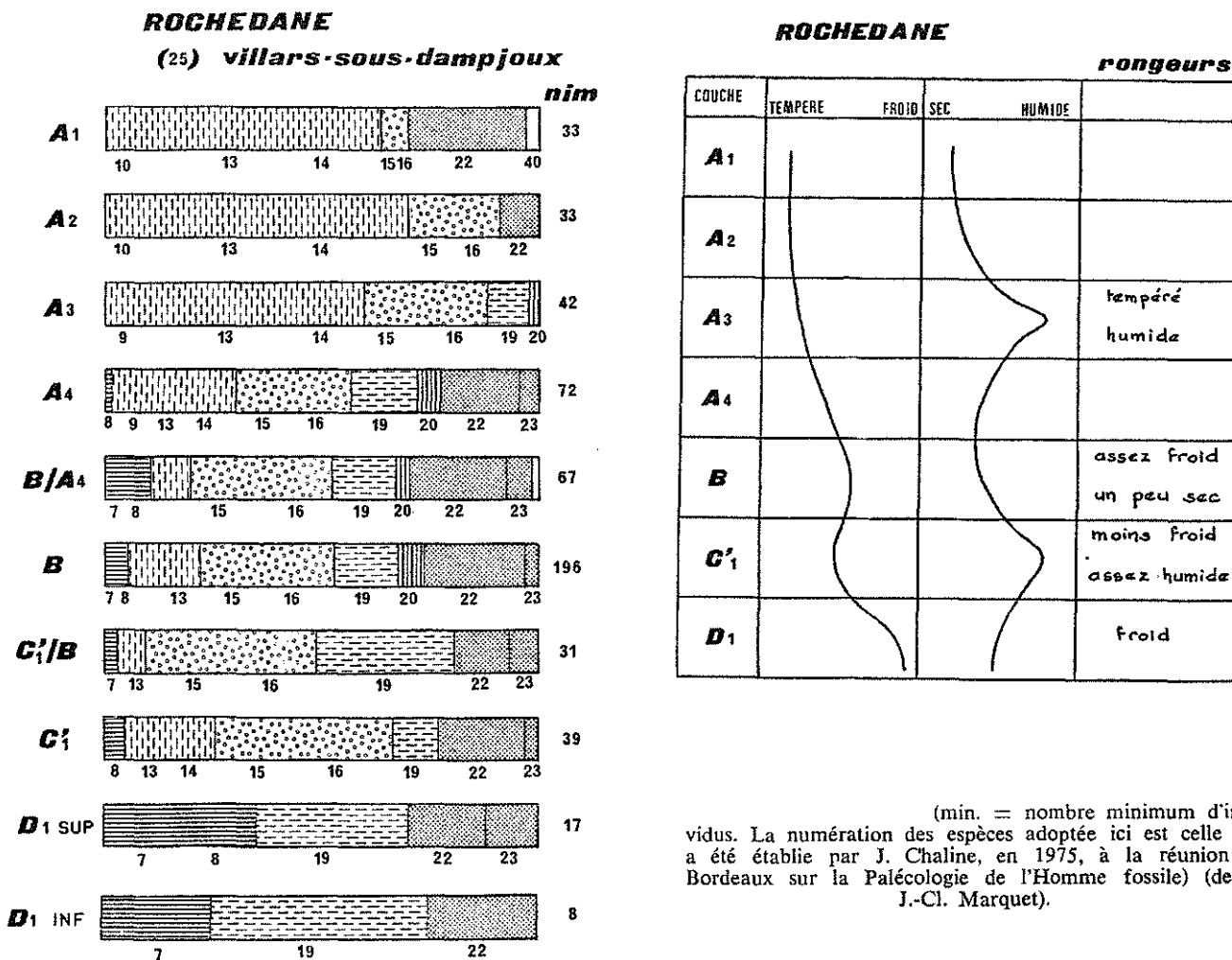


Fig. 107 : L'Abri de Rochedane : évolution des associations de rongeurs en fonction de la stratigraphie et climatogramme correspondant (J.C. MARQUET).

Ensuite, avec la couche A4, on voit le froid disparaître complètement ; *Microtus nivalis*, qui est encore présent, peut très bien subsister après la fin du froid, pourvu que le lieu lui convienne. Avec la couche A3, on constate que le froid a complètement disparu, mais on voit apparaître ici une poussée très nette de l'humidité (*Microtus agrestis*, *Arvicola terrestris*) qui entraîne, semble-t-il, une forte avancée de la forêt (*Clethrionomys glareolus*, *Apodemus sylvaticus* et sans doute aussi *Microtus agrestis*). *Cricetus cricetus* qui vit en milieu steppique sous climat continental et *Microtus arvalis* qui fuit l'humidité, ont complètement disparu. Par la suite, la forêt va conserver son importance, mais le climat, tout en restant tempéré, redevient un peu moins humide et on voit ainsi apparaître de nouveau *Microtus arvalis*.

Nous pouvons ainsi résumer ces indications dans un diagramme (Fig.107). A titre d'hypothèse, il semble possible de rapporter la couche D1 à une pulsation de froid. La couche C'1 qui paraît mise en place sous climat moins froid et un peu plus humide, pourrait représenter la fin de l'Alleröd, le léger refroidissement accompagné d'une diminution de l'humidité (B) pouvant correspondre au Dryas III. Nous pourrions enfin proposer l'attribution des couches A3 et A2 au Boréal ou à l'Atlantique, la couche A4 représentant soit le Préboréal, soit le Boréal ".

D) Malacologie

=====

(Etudiée par F. GEISSERT)

" Une première note parue en 1969 concerne le niveau C1 avec 16 espèces dont 12 terrestres : la faunule malacologique du limon C1 ne se serait constituée que pendant les phases sèches et froides de la fin du Würmien, et probablement consécutivement à la formation d'une forêt clairesemée ".

E) La flore

=====

1) Analyse pollinique (par J. HEIM)

L'ensemble inférieur étudié (D2 à C1) est fortement pollué par des apports tertiaires (*Carya*, *Liquidambar*) ; la présence d'un assez fort pourcentage d'*Ulmus*, d'un fort boisement, d'une homogénéité quasi totale du peuplement forestier sur tout l'ensemble, ne permet pas d'interpréter les diagrammes obtenus.

2) Analyse des charbons de bois (par F.H. SCHWEINGRUBER)

Les pourcentages des espèces d'arbres sont rigoureusement les mêmes pour les deux niveaux C'1 et B à l'Ouest comme à l'Est, hormis la pollution de B par des charbons de hêtre :

- de 0 à 4 % de *Quercus*, *Fraxinus*, *Ulmus*, *Acer*,
- de 1 à 4 % de *Corylus*, *Prunus spinosa*, *Pomoidea*,
- de 94 à 99 % de *Pinus*,
- et les mêmes pourcentages de coquilles de noisettes (= 100 %)

La dominance totale du pin, la présence discrète de feuillus thermophiles tels que *Quercus*, *Fraxinus* etc ..., la présence de *Corylus* et d'un grand nombre de coquilles de noisettes brûlées placent C'1 et B (pour F.H. SCHWEINGRUBER) à la fin du Préboréal.

L'augmentation massive des pourcentages de coquilles de noix brûlées en A4, A3 (712 %, 1637 %), la présence toujours importante du pin avec une légère extension des thermophiles, permettraient de placer ces niveaux au Boréal.

A ces données chronostratigraphiques et paléoclimatiques multiples s'ajoutent des données d'ordre radiochronostratigraphique par les analyses au C 14 réalisées à Lyon par J. EVIN et à Gif-sur-Yvette par Madame DELIBRIAS.

Quatre dates ont été obtenues pour Rochedane :

D1 : Lyon n° 1193	11060 ± 470 B.P. soit 9110 B.C. (sur os)
C'1 : Lyon n° 1192	11090 ± 200 B.P. soit 9140 B.C. (sur os)
B inférieur : Lyon n° 1194	10730 ± 190 B.P. soit 8780 B.C. (sur os)
A4* : Gif n° 2530	9120 ± 120 B.P. soit 7260 B.C. (sur os brûlés)

* Remarque de A. THEVENIN :

Cette dernière datation pourrait, en fait, avoir été réalisée sur des ossements de B (partie supérieure). Le niveau A4 doit faire l'objet d'une nouvelle datation à partir d'os qui en proviennent sans aucun doute possible.

V. - LES INDUSTRIES LITHIQUES

L'abri de Rochedane a livré une industrie lithique abondante dans tous les niveaux, excepté les niveaux sans cryoclastes (C1 et C2). L'abri fut donc habité lorsque les débordements du Doubs, générateurs de limons, n'atteignaient pas la barre rocheuse dans laquelle il est creusé. Les fouilles n'ont pas mis en évidence de structures particulières protégeant l'habitat des débordements intempestifs. Pendant les phases non inondées, l'homme revenait occuper l'abri et s'installait sur les limons de débordement déposés antérieurement.

L'analyse typologique des outillages de Rochedane a été faite par A. THEVENIN et J. SAINTY dans plusieurs publications. Nous ne reprenons ici qu'une énumération des divers types de pièces lithiques en fonction de la stratigraphie.

- Niveaux D1 et D2

Grands segments de cercle, pièces à dos courbe, rares lamelles à dos, très fines, grattoirs unguiformes, rares burins dièdres ou sur troncature, nombreux couteaux à dos, racloirs, un magnifique galet peint et deux galets gravés.

- Niveau C'1

Pointes plus massives, grattoirs (très proches du type Paléolithique supérieur, mais de taille plus réduite), burins (dont un burin double sur troncature), un galet gravé.

- Niveau B

Apparition de types nouveaux (pièce à dos fusiforme, une armature variante de la pointe de Sauveterre) avec de nombreuses lamelles à dos, grattoirs sur éclats, burins sur troncature, et six galets gravés avec thème schématique géométrique.

- Niveau A4

On y trouve les mêmes types que dans le niveau B, mais de taille plus réduite.

- Niveau A3

Industrie très microlithique avec scalènes, segments de cercle, triangles isocèles, lamelles à dos, grattoirs sur éclat, perçoirs déjetés, lamelles à coches, rares burins sur troncature, une dent perforée, un fragment de roche verte avec dessin géométrique.

- Niveau A2

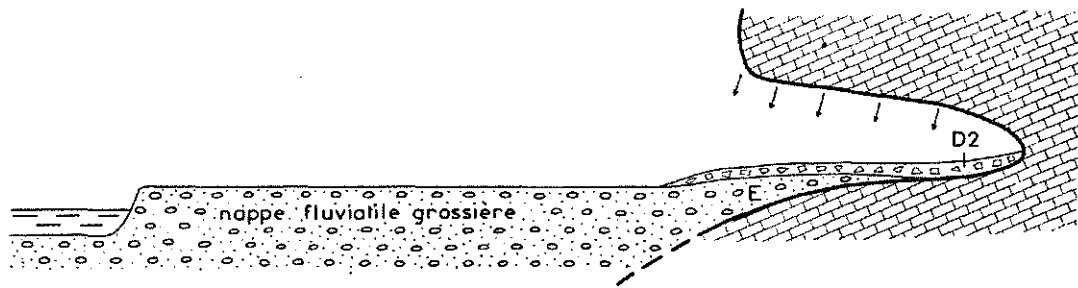
Industrie moins abondante avec pointes à retouche unilatérale, scalènes, lamelles à coches, rares perçoirs et burins, grattoirs, poinçons sur extrémités de bois de cerf.

- Niveau A1

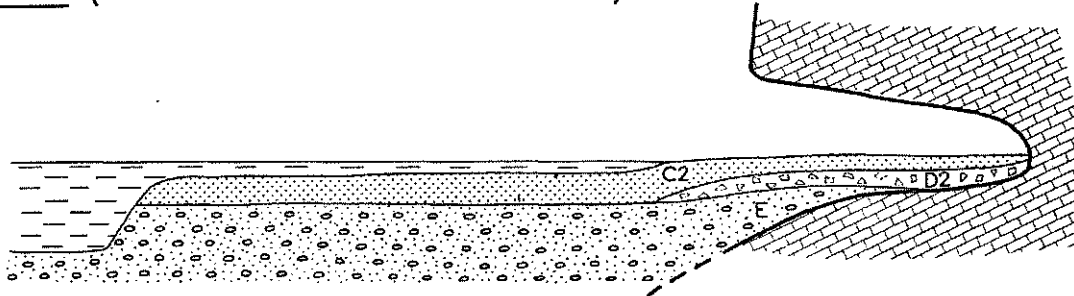
Mélanges d'éléments néolithiques (2 fusaïoles, 2 armatures de flèche, 1 fragment de hache polie, 1 manche d'outil en bois de cervidé, 1 poinçon sur andouiller) avec des fragments de céramique romaine et de tuile.

Pour A. THEVENIN, les industries lithiques des couches D2, D1 et C'1 se rapporteraient à l'industrie azilienne classique, tandis que celles des couches B et A4 correspondraient à un Azilien très évolué. Celles de A3 et A2 appartiendraient au Mésolithique, tandis que la couche A1 remanierait des industries du Néolithique au Gallo-Romain.

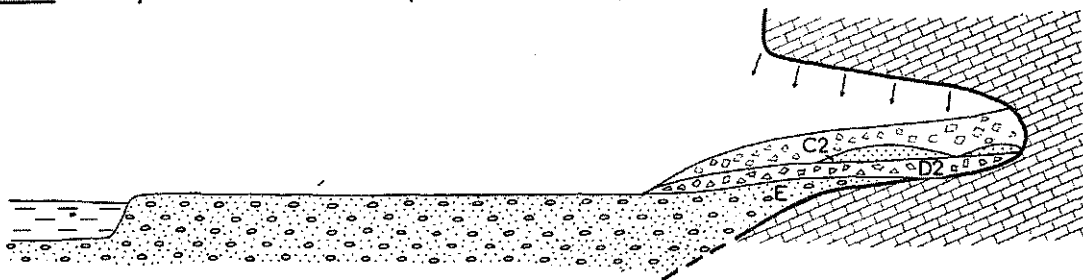
Phase 1 (cryoclastie sur terrasse)



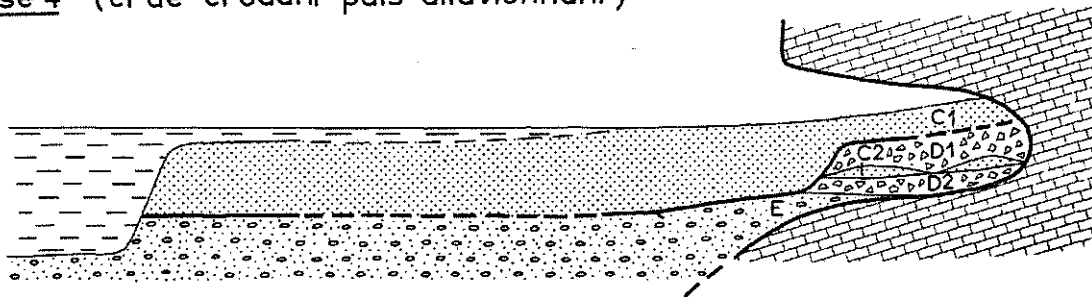
Phase 2 (crue et alluvionnement limoneux)



Phase 3 (cryoclastie sur reliquat limoneux)



Phase 4 (crue érodant puis alluvionnant)



Phase 5 (dépôt d'éboulis et enfoncement de la vallée)

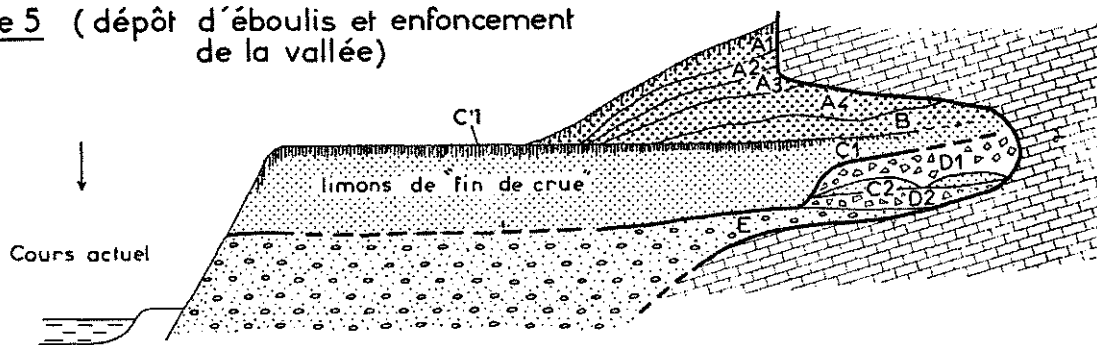


Fig.108 Abri de Rochedane. Synthèse phénoménologique. Les différentes phases de la genèse du remplissage de l'abri.

VI. - CONCLUSIONS

L'originalité du remplissage de l'abri de Rochedane réside dans la dualité des apports thermoclastiques et fluviatiles. Les premiers apparaissent dès le début, mais leur absence sporadique dans l'ensemble inférieur (couches E à C'1) ne prouve pas qu'il y ait eu thermoclastie seulement là où ils sont actuellement : il est possible qu'ils aient été entraînés partiellement pendant les crues du fleuve avant les dépôts de limons fluviatiles interstratifiés. Les seconds cessent à partir de la couche B incluse. X

Il est possible de reconstituer, à partir des données sédimentologiques et chronologiques, les différentes phases de genèse du remplissage de l'abri de Rochedane en liaison avec la basse terrasse du Doubs (Fig. 108).

A) Mise en place des dépôts de l'abri : synthèse phénoménologique

Nous proposons plusieurs phases successives (Fig.108)

→ Phase 1 (couche 4)

Après le creusement de la zone calcaire particulièrement sensible déterminant un abri sous roche, la nappe fluviatile du Doubs pénètre dans l'abri dont elle tapisse le seuil rocheux. Des apports thermoclastiques se mêlent aux galets fluviatiles et finissent par devenir dominants sous l'abri (couche D2) - Première période d'occupation humaine.

→ Phase 2 (couche C2)

Lors d'une période de crue, le Doubs déborde de son lit mineur, envahit son lit majeur et dépose une couche de limons jusque dans l'abri. Les premiers apports remplissent les interstices entre les cailloutis grossiers de la couche D2 sous-jacente. L'allure discontinue du limon D2 semble montrer que celui-ci a été partiellement démantelé par des débordements postérieurs du Doubs. La présence de manchons encroûtés dans ces limons traduit l'existence de flaques plus ou moins permanentes jusque dans l'abri, occupées par des oligochètes fousseurs (*Tubifex*) ou des larves de diptères de type chironomides.

→ Phase 3 (couche D1)

Une période cryoclastique intense nourrit le remplissage en nombreux éclats de gel dont les premiers se noient dans la masse non complètement consolidée de la partie superficielle du limon C2 - Deuxième occupation humaine.

→ Phase 4

Un débordement majeur de compétence importante vient éroder les couches précédentes (D2, C2 et D1) dans la partie antérieure de l'abri. Cette crue se termine par une baisse de sa compétence et à la période érosive, succède une période de dépôt important qui recouvre les couches précédentes jusqu'au fond de l'abri (couche C1). En fin de colmatage, les fragments cryoclastiques se mêlent à la partie superficielle non consolidée de la couche limoneuse (couche C'1) - Troisième occupation humaine.

+ Phase 5

La terrasse s'assainit, les parois de l'abri nourrissent le remplissage d'un cailloutis calibré où se mêlent les petites coulées de solifluxion latérales qui viennent s'empiler et s'entrecroiser le long de la paroi ouest de l'abri. Une pédogénèse périodiquement détruite s'installe sur les flancs ensoleillés de la vallée, avant une stabilisation récente de la pente. La granulométrie globale témoigne d'un réchauffement progressif tout au long des horizons de la couche A.

Jusqu'à la couche C'1, et pendant tout le dépôt de ce que nous avons appelé l'ensemble inférieur, le débit du Doubs apparaît comme très irrégulier, caractérisé par une alternance d'étiages et de crues décapantes ou génératrices de dépôts. Ces caractéristiques correspondent à un *environnement froid avec existence d'un permafrost s'opposant aux infiltrations et ne jouant pas le rôle de " tampon d'absorption " aux précipitations importantes ou aux fontes brutales de neige ou de glace à l'amont du fleuve, sur le massif jurassien.* Il est donc probable que cet ensemble inférieur corresponde à la fin de la glaciation würmienne dans le Jura, se terminant par une vaste débacle (début de la phase 4) suivie d'un alluvionnement de type " limon d'inondation " (fin de la phase 4 - genèse de la couche C1). A partir de ce moment, " l'indice de fluviabilité " du dépôt de l'abri, mis en évidence dans l'étude sédimentologique, va devenir nul et l'ensemble supérieur (couches B et A) sera sous la seule dépendance des agents atmosphériques et de leurs conséquences sédimentaires (thermoclastie, solifluxion, pédogénèse, lessivage ... etc ...). Le débit régularisé du Doubs, par la fonte du permafrost, ne provoquera plus de débordement sur la nappe alluviale qui va, au contraire, s'entailler sur une puissance d'environ 5 m, pour arriver à la morphologie que l'on peut constater actuellement. Cet enfoncement du cours du Doubs dans ses alluvions würmiennes peut être dû à un abaissement aval du niveau de base, ou plutôt à une remontée isostatique progressive de la région depuis la dernière glaciation. Notons cependant que l'existence d'un permafrost à la fin du Würm a pu " bloquer " momentanément la reprise d'érosion provoquée par ce relèvement isostatique. Celui-ci a pu débiter avant le creusement de l'épandage fluviatile. Il ne devrait, malgré cela, pas être plus ancien que le dernier interstade würmien.

B) Evolution du climat au cours du remplissage : synthèse paléoclimatique

=====

et chronostratigraphique

L'étude géologique, si elle apporte beaucoup sur le plan de la genèse du remplissage, est nettement moins fructueuse au niveau de la chronologie climatique, et ceci pour deux raisons. Tout d'abord, nous manquons de données régionales en ce domaine : les sites tardi et post-glaciaires sont nombreux, mais rares sont ceux qui ont livré une séquence climatique pouvant être mise en parallèle avec celle de Rochedane. La deuxième raison est plus reconfortante : les renseignements climatiques et chronologiques fournis par les faunes de l'abri de Rochedane sont riches. De plus, les nombreuses datations absolues effectuées permettent de bien caler le remplissage dans l'échelle des chronologies absolues et les études typologiques approfondies de A. THEVENIN sur les industries microlithiques de Franche-Comté et d'Alsace renforcent ce cadre chronologique local.

L'ensemble des données est résumé dans le tableau suivant et les divers niveaux du remplissage sont attribués aux phases classiques de la chronologie quaternaire.

RECAPITULATIF CHRONOSTRATIGRAPHIQUE DES DIFFERENTS NIVEAUX DE L'ABRI (CAMPY M. et THEVENIN A., 1978)

Couches	Grande faune	Micromammifères	Anthracologie	Industries	Datations absolues	Chronologie quaternaire
A1	<i>Cervus elaphus</i> <i>Bos primigenius</i> <i>Sus scrofa</i> Carnivores divers Ovicapridés	<i>Clethrionomys glareolus</i> <i>Apodemus sylvaticus</i> <i>Microtus agrestis</i> <i>Arvicola terrestris</i> <i>Microtus nivalis</i>	Thermophiles 10% Corylus 10% Pinus 80%	Traces de Néolithique & de Gallo-romain		
A2			Thermophiles 12% Corylus 12% Pinus 76%	Mésolithique		Boréal
A3				Mésolithique	9210 ± 120 BP Gif n° 2530	Boréal
A4				Azilien hyper évolué		Pré-Boréal
B		<i>Microtus arvalis</i> <i>Cricetus cricetus</i> <i>Microtus oeconomus</i> <i>Microtus malei</i> <i>Microtus nivalis</i>	Corylus 2% Pinus 98%	Azilien évolué	10730 ± 190BP Ly n° 1194	Dryas III
C'1		<i>Clethrionomys glareolus</i>	Corylus 1% Pinus 99%	Azilien	11090 ± 200BP Ly n° 1192	Fin Alleröd
C1						
D1	<i>Rangifer</i> (rare)	<i>Microtus oeconomus</i> <i>Microtus malei</i>		Azilien	11060 ± 470BP (Ly n° 1193)	Alleröd
C2						
D2				Azilien		
E						

* La dernière couche de l'ensemble inférieur (C'1) est datée de la fin de l'Alleröd. La couche D1 semble également se situer dans cette période. Les couches sous-jacentes sont non datées. L'étude géologique montre que pendant cette période, un permafrost existait encore dans la région de Pont-de-Roide. Les glaciers jurassiens avaient cependant commencé à fondre antérieurement, et la fin de l'édification grossière de la terrasse (couche E) est contemporaine de cette fonte. Les caractères cryoclastiques des dépôts D2, D1 et C'1 peuvent être interprétés comme des témoignages de courtes séquences froides au cours de l'Alleröd. Cette présence peut être également expliquée par d'autres causes :

- La présence de limons sableux interstratifiés dans les niveaux cryoclastiques montre que le Doubs avait, au cours de l'Alleröd, une compétence faible, rendant impossible l'évacuation des produits du gel issus des parois de l'abri : ceux-ci demeureraient sur place et étaient peu à peu noyés dans les limons de débordement.
- Le caractère anguleux des cailloux a été préservé sans altération par leur " ciment " limoneux non corrosif renforçant l'impression de gel intensif que nous donnent ces niveaux.

Il est possible que l'ensemble inférieur se soit déposé en un laps de temps relativement court (de l'ordre du millier d'années ou même moins).

* L'ensemble supérieur ne présente pas de différenciation très nette de ses différents niveaux. La coloration générale plus foncée de la couche B traduit un fort pourcentage d'apports anthropiques (charbons ?) exprimant une forte densité d'occupation humaine attestée par de nombreux os brisés. La croissance du pourcentage des éléments fins, ainsi que l'augmentation de l'indice d'émoissé vers le haut, dénotent un réchauffement progressif de la température, s'exprimant par une cryoclastie de moins en moins vigoureuse. Aucun stade marquant n'est décelable dans tout cet ensemble et la couche B (datée du Dryas III) ne semble pas sensiblement plus froide que la couche A qui la surmonte et qui débute au Préboréal.

Les deux ensembles, inférieur et supérieur, sont difficilement comparables au niveau des conditions climatiques qui ont présidé à leur mise en place. Les principaux agents d'édification étant différents (l'un fluviatile, l'autre cryoclastique), on ne peut suivre un critère de comparaison de bas en haut de la coupe.

CHAPITRE VI

CONCLUSIONS SUR L'ÉTUDE DES REMPLISSAGES
KARSTIQUES DE FRANCHE-COMTÉ

A la lumière des investigations menées depuis une dizaine d'années en Franche-Comté, il nous semble être en mesure de proposer quelques conclusions relatives aux remplissages karstiques. Ces conclusions s'appuient non seulement sur les sites étudiés en détail et présentés précédemment, mais également sur un grand nombre d'observations ponctuelles effectuées dans la région, soit lors de reconnaissances spéléologiques, soit lors d'examens de remplissages dans les nombreuses exploitations du calcaire. Ces conclusions seront regroupées selon plusieurs thèmes plus ou moins liés les uns aux autres :

- . Typologie des remplissages karstiques
- . Dynamique de la sédimentation
- . Chronologie des remplissages
- . Rapports entre les occupations préhistoriques et les remplissages.

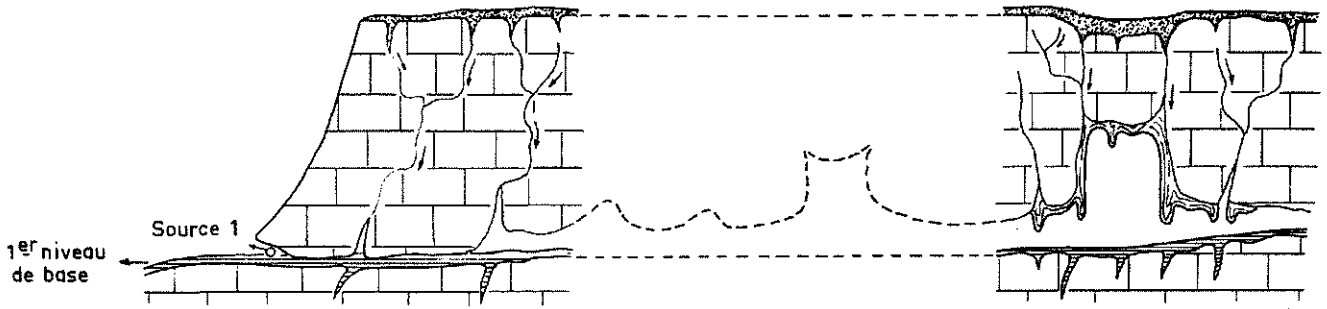
I. - TYPOLOGIE DES REMPLISSAGES KARSTIQUES

Nous avons déjà proposé (M. CAMPY, 1977) une première classification sommaire des remplissages de Franche-Comté. Sans modifier sensiblement cette première approche, nous nous proposons de l'explicitier et de la préciser.

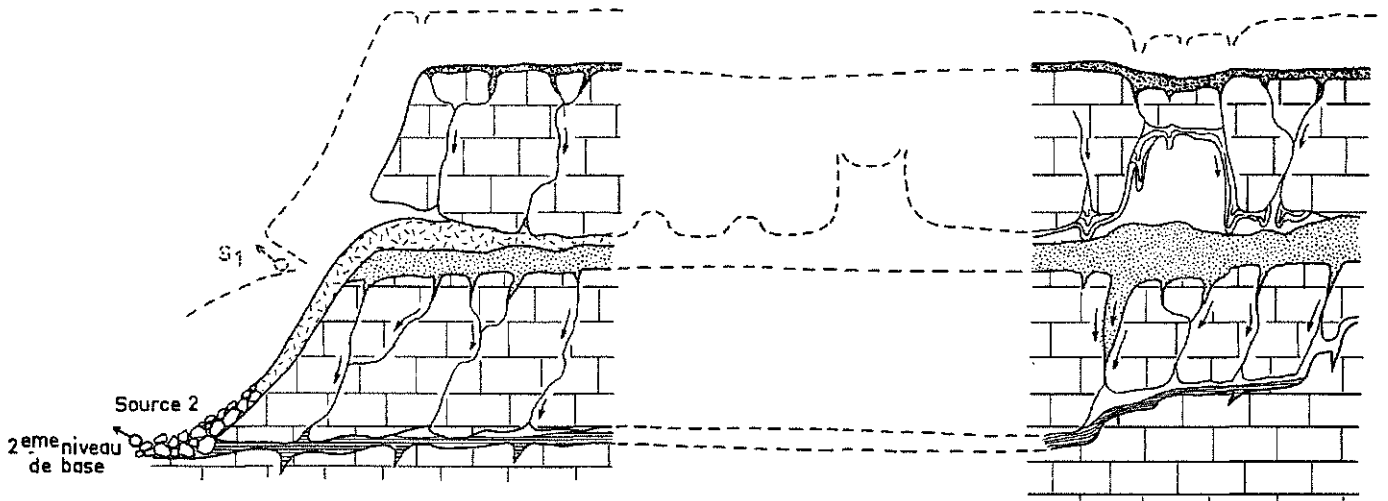
Toutes les fouilles réalisées et tous les remplissages étudiés nous ont montré que les karsts étaient obstrués par deux types de formations sédimentaires bien distinctes : (Fig. 109)

A) Une première formation toujours présente dans les niveaux inférieurs des fouilles (couche VIII de la Baume d'Echenoz, couches XXVI à XXVIII de Gigny, couche XI de Casamène, couche IV de Rurey, couche AS de Vergranne) est le plus souvent constituée de dépôts fins (silt, argile ou sable) ou de dépôts grossiers roulés en galets. Certaines séquences fines peuvent même présenter une structure varvée (Baume des Crêtes). Ce premier type de formation est pratiquement toujours présent dans les karsts fossiles de profondeur et colmate de nombreuses galeries sous la forme de " bouchons d'argile " sur lesquels buttent les spéléologues. Fréquemment de couleur brune, elles peuvent aussi avoir des teintes plus claires, grises ou verdâtres. C'est également ce type de formation que l'on retrouve dans les nombreuses fissures observables dans les fronts de carrière de calcaire et constituant des élargissements de diaclases. Elles sont dans ce cas souvent associées à des enduits calcitiques.

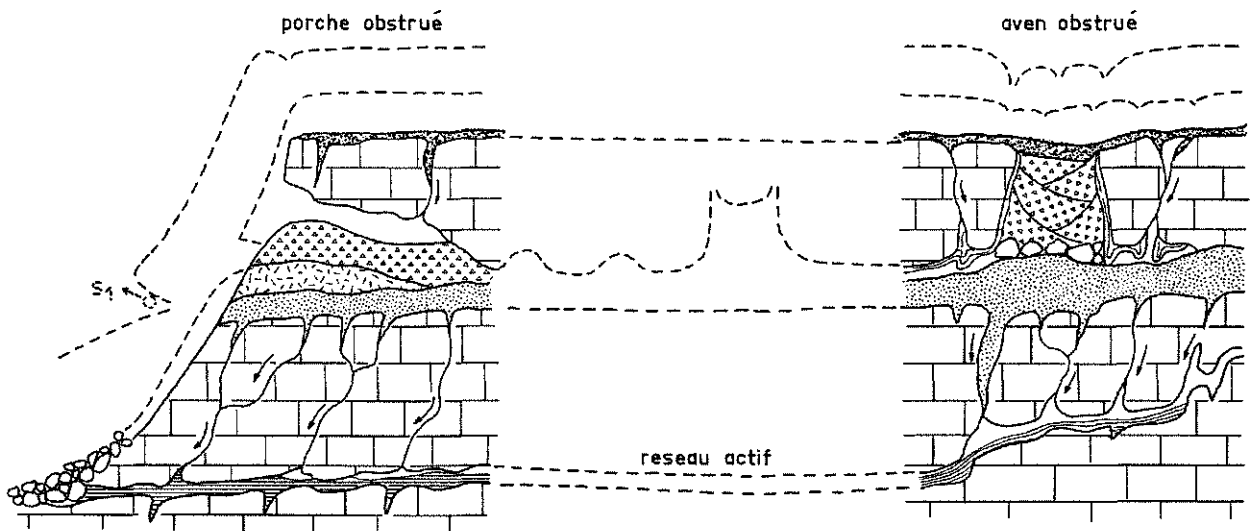
Ces formations sont rarement fossilifères. De nombreux tamisages fins ont montré qu'elles contenaient rarement des vestiges de faune mammalogique, excepté des pièces ostéologiques de chauve-souris. Par contre, il est possible d'y trouver des vestiges d'Ursidés, surtout dans la partie supérieure.



(a) Réseau karstique actif



(b) Réseau en cours de fossilisation : obstruction par dépôt de karst aveugle



(c) Réseau fossile : obstruction par dépôt de karst ouvert au niveau des événements

 Formation de Karst fermé (aveugle)  Formation de karst ouvert

Fig.109 Evolution schématique du karst et typologie des dépôts de remplissage (voir texte).

B) Une deuxième formation est toujours située à la partie supérieure des remplissages étudiés. A la différence de la première, sa présence est toujours liée à un *évent* du karst en direction de la surface, soit au niveau d'un débouché vertical (aven) ou d'un débouché horizontal (porche). Ce deuxième type de formation est toujours constitué d'une blocaille calcaire meuble ou bréchifiée, toujours enveloppée d'une matrice argileuse plus ou moins abondante. Il est courant de pouvoir y distinguer des couches traduisant des différences lithologiques liées à divers facteurs : plus ou moins grande abondance de la matrice argileuse, plus ou moins grande altération de la blocaille calcaire etc ... Cette formation est souvent fossilifère : au minimum un tamisage sommaire permet de mettre rapidement en évidence des dents et ossements de rongeurs et insectivores ; mais il est fréquent d'y trouver des pièces ostéologiques de grands mammifères ou même des vestiges humains.

Interprétation

Cette dualité sédimentologique ne peut se comprendre qu'en envisageant le système karstique dans son ensemble, et c'est ce que nous avons tenté de faire dans la figure 109 :

Le substrat calcaire de Franche-Comté a favorisé le développement de réseaux karstiques importants qui, dans leur phase d'activité, concourent à creuser les calcaires en profitant des innombrables réseaux de diaclases et joints de stratification. Un réseau karstique actif peut être très sommairement schématisé par la figure 109-a : il est fréquemment noyé au niveau des conduits d'évacuation horizontaux et l'émergence de l'eau à l'air libre est conditionnée par le niveau de base déterminé par la limite entre les couches perméables et imperméables ou plus simplement le niveau de la vallée drainant la nappe phréatique. Cette phase d'activité du karst correspond à la période de spéléogénèse (creusement des galeries d'évacuation) mais les sédiments déposés dans ce contexte sont rares : les mises en charges violentes du réseau évacuent brutalement les quelques dépôts argileux éventuellement formés en périodes d'étiage.

Les facteurs d'érosion externe (gélifraction, dissolution), très importants en particulier pendant les nombreuses périodes où la Franche-Comté eut à subir un environnement glaciaire et périglaciaire, provoquent le creusement des vallées, et par voie de conséquence, l'abaissement du niveau de base des réseaux karstiques. Les eaux d'infiltration ne sont plus arrêtées par la zone d'évacuation horizontale qu'elles traversent pour rejoindre un collecteur plus inférieur : le réseau karstique initial est progressivement abandonné et les mises en charge lors des fortes crues concernent surtout le réseau secondaire situé plus bas. C'est au cours de cette évolution et progressivement que le réseau karstique initial en cours de fossilisation, va peu à peu se colmater de sédiment, véhiculé par les eaux d'infiltration et piégé d'abord dans les fissures, puis dans l'ensemble du réseau qui s'obstrue progressivement. Ce karst " en voie de fossilisation " (Fig.109-b) ne communique avec l'extérieur que par le réseau de diaclases de son toit calcaire ne permettant de la sorte qu'un apport de sédiments fins (argile, silt ou au maximum sable) hérité en grande partie de la tranche pédologique superficielle, là où les phénomènes d'altération et de dissolution sont prédominants. *C'est ainsi que nous interprétons la mise en place du premier type de formation évoqué précédemment et que nous baptiserons : FORMATION DE KARST FERME OU " AVEUGLE "*. Pendant cette période les parois du réseau se couvrent souvent, à la base des diaclases, de placages stalagmitiques plus ou moins importants.

Le réseau karstique fossile continue son évolution et l'un des traits marquants de cette évolution se traduit par un élargissement des fenêtres (ou événements) en direction de l'extérieur. En effet, la dissolution et l'altération des calcaires, très actives au niveau du contact sol - substrat calcaire (érosion dorsale de D. AUBERT) et le cryoclastisme des falaises (érosion frontale de D. AUBERT) concourent à réduire le volume du toit calcaire du réseau fossile. Ces larges ouvertures subissent l'action des agents atmosphériques et de leurs effets : les parois des réseaux se creu-

sent au niveau des porches latéraux qui se comblent de produits cryoclastiques. De même, les voûtes les plus hautes des réseaux s'ouvrent à la surface et deviennent des avens fonctionnant en piège sédimentologique jusqu'à leur comblement. *Ainsi s'édifie le second type de formation que nous baptiserons : FORMATION DE KARST OUVERT OU D'EVENT KARSTIQUE.* Au cours de l'édification du remplissage, ces zones constituent des abris et des repaires privilégiés pour les animaux et éventuellement pour l'homme. Les restes de leur alimentation (pelote de rejection des rapaces, vestiges des repas de carnivores) ou de leur activité (artéfact humain) s'inclueront dans le remplissage minéral qui les fossilisera. En ce qui concerne les avens, les fossiles de grands mammifères constitueront plus souvent les restes d'animaux tombés accidentellement dans les pièges naturels qu'ils forment.

II. - DYNAMIQUE DE LA SEDIMENTATION EN MILIEU KARSTIQUE

L'étude des remplissages a pour but essentiel d'apporter des éléments chronologiques et surtout paléoclimatiques. Peu d'auteurs ont envisagé le problème sur le plan génétique : origine des matériaux, conditions de mise en place, existence de lacunes et remaniements éventuels. Un certain nombre d'observations ont pu être faites sur les remplissages franc-comtois, et valables au moins pour ceux-ci.

A) Origine du matériel sédimentaire

=====

La fraction grossière est d'origine uniquement autochtone et les analyses pétrographiques statistiques que nous avons réalisées sur les sites d'Echenoz et de Gigny ont montré que les faciès présents dans les éléments grossiers du remplissage provenaient tous des strates calcaires dominant le gisement. Au niveau des porches et des avens, les éléments sont exclusivement d'origine cryoclastique, alors qu'en profondeur (au-delà de la zone exposée aux variations climatiques atmosphériques) les éléments calcaires sont issus des parois du karst par élargissement des fissures et des diaclases et isolement de blocs. Le cas est particulièrement net dans le remplissage de la Baume d'Echenoz, où dans les sondages profonds, l'indice d'éroulé des blocs est d'autant plus important qu'on s'éloigne de l'entrée.

L'origine de la fraction fine est plus difficile à préciser. Néanmoins, les études sédimentologiques que nous avons réalisées prouvent que la fraction fine des remplissages correspond le plus souvent (granulométrie, minéralogie) au résidu insoluble des calcaires encaissants. Or, comme nous l'avons déjà fait remarquer dans le chapitre II (Méthodologie) la fraction fine présente dans les remplissages *est quantitativement trop importante pour provenir seulement du résidu insoluble des calcaires dissous lors de la spéléogenèse.* Il faut donc admettre que cette fraction fine est surtout issue des formations pédologiques continuellement entraînées par les eaux d'infiltration et piégées au niveau des évidements karstiques. A l'appui de cette thèse, on peut signaler que les plus importants bouchons argileux se situent toujours à l'aplomb de zones très diaclasées ayant permis la pénétration des suspensions colloïdales héritées de la surface.

Ajoutons une précision : jamais nous n'avons constaté de notoires reprises de l'activité karstique par remise en charge des anciennes galeries dans les remplissages de type " karst ouvert ". Tout au plus, peut-on constater des tronçages de couches et des lacunes sédimentaires, mais les phénomènes responsables de ces ablations apparaissent plus comme des remaniements de type ruissellement localisé ou coulées de solifluxion.

Outre cet apport autochtone largement prédominant, des indices d'apport allochtone probablement éoliens ont été mis en évidence dans la partie supérieure du remplissage de la Baume de Gigny. Cet apport mis en évidence par les analyses géochimiques ne représente de toutes façons qu'une partie infime de la fraction fine.

B) Sédimentation karstique et climat

=====

Les principes généraux énoncés à ce sujet par nos prédécesseurs (essentiellement J. Cl. MISKOVSKY 1970 et H. LAVILLE 1974) ont été globalement reconnus et appliqués pour les reconstitutions paléoclimatiques à partir des faciès sédimentaires décrits et étudiés. D'une manière générale, les phases " froides " sont génératrices de sédiments (essentiellement cryoclastiques) tandis qu'au cours des phases plus tempérées, les processus sédimentogènes cessent ou s'atténuent tandis que se développent les phénomènes d'altération.

Deux variantes doivent être apportées à ce schéma général à la suite de l'étude des remplissages franc-comtois :

1) Les processus d'altération sont nettement moins importants dans les remplissages franc-comtois qu'ils ne le sont dans le Sud ou le Sud-Ouest de la France. Dans ces zones, il semble que l'altération se fasse de manière épisodique, affectant de manière sélective les dépôts formés au cours de l'épisode froid immédiatement antérieur. En quelque sorte, chaque " cycle climato-sédimentaire " (H. LAVILLE) est caractérisé par un épisode sédimentaire, puis une phase d'altération. Les remplissages franc-comtois ne répondent pas à ce schéma cyclique qui permet une individualisation optimale des épisodes climatiques successifs, car les phénomènes d'altération beaucoup moins bien marqués ne s'impriment pas avec autant de netteté. C'est ce qui explique l'aspect général beaucoup plus homogène des remplissages karstiques franc-comtois par rapport à ceux des provinces plus méridionales.

2) Les phases les plus froides ne provoquent pas de sédimentation dans les remplissages de porche de grotte. Ainsi, alors que les Vosges et le Jura étaient recouverts chacun d'une calotte glaciaire très active (entre - 25.000 et - 15.000 ans environ), la sédimentation contemporaine de cette période est quasiment absente dans les porches. Par contre, c'est le Würm ancien qui est en Franche-Comté la période la plus génératrice de remplissages. Or, nous verrons plus loin qu'au cours de cette période, les massifs jurassiens et vosgiens n'ont sans doute pas été recouverts par les glaciers. Il semble donc que les périodes strictement " glaciaires " s'accompagnent de processus plus destructifs que constructifs au niveau des remplissages karstiques. Les seuls ensembles sédimentaires contemporains de ces périodes sont d'une part très réduits et d'autre part très perturbés : ils représentent probablement les reliquats de la fin du cycle glaciaire. Cette constatation explique en partie l'absence quasi-totale d'industries préhistoriques du Paléolithique supérieur dans les remplissages franc-comtois. Après l'abondance des vestiges moustériens, une vaste " lacune ethnologique " couvre toutes les civilisations aurignacienne, périgordienne et solutréenne. Seules les civilisations du Magdalénien tout à fait terminal sont relativement bien représentées.

C) Le problème des lacunes et des remaniements

On considère d'une manière générale qu'un remplissage karstique et plus particulièrement un remplissage de porche a été alimenté régulièrement, et que toutes les phases chronologiques se sont imprimées sans interruption dans le processus sédimentaire, soit par des dépôts, soit par des altérations. Cette notion permet à nos Collègues du Sud-Est et du Sud-Ouest de la France de proposer des échelles chrono-climatiques à peu près complètes du complexe würmien à partir des caractéristiques sédimentologiques des remplissages (J. Cl. MISKOVSKY 1970, H. LAVILLE 1974). Les remplissages de Franche-Comté ne permettent pas d'établir une échelle aussi complète des événements climatiques. En effet, de nombreux indices témoignent de l'existence de lacunes importantes dans les séquences sédimentaires, lacunes dont il est difficile d'apprécier la durée et qui représentent des épisodes d'absence de dépôt ou plus vraisemblablement des épisodes de destruction de dépôts préexistants (lacune d'érosion).

Une approche théorique de cette notion peut être faite à partir de la comparaison entre la puissance des dépôts et le temps de sédimentation. On peut admettre en effet que le Würm ancien, qui est en Franche-Comté la période la plus fournie en remplissages de porches, a une durée moyenne de l'ordre de 40.000 ans environ. Or, les séries sédimentaires ne dépassent jamais 6 m de puissance (Gigny). Le plus souvent (Echenoz, Casamène, Rurey) elles sont réduites à 2 ou 3 m. Si l'on tente une estimation du taux de sédimentation, on obtient des valeurs s'échelonnant entre 6 et 15 cm de dépôt par millénaire, ce qui est évidemment inconcevable pour un processus sédimentaire de type cryoclastique. De multiples exemples permettent en effet de montrer que lorsqu'un site morphologique est susceptible de se prêter au phénomène de cryoclastie, celui-ci est abondant et ne cesse qu'avec l'arrêt des conditions favorables (arrêt du processus gel - dégel - ennoyage de la falaise par ses éboulis etc ...). Ce raisonnement théorique nous incline à penser que les séries stratigraphiques de remplissages karstiques et plus particulièrement de porches de grotte, présentent de nombreuses lacunes d'érosion.

Une approche plus concrète peut être réalisée grâce à des repères chronostratigraphiques ou des indices lithostratigraphiques :

- Dans tous les remplissages de Würm ancien, où la microfaune de rongeurs a fait l'objet d'une analyse précise (Gigny - Echenoz), le début de la séquence recèle immédiatement des faunes froides, voire arctiques (*Dicrostonyx*). Or, l'on sait par ailleurs que le début du Würm correspond à une phase tempérée froide et que les espèces arctiques n'apparaissent en Europe occidentale que beaucoup plus tard (Meso-würm). Complétant cette donnée biostratigraphique, on peut également constater à Gigny un épaulement significatif de la paroi rocheuse au niveau du plancher stalagmitique montrant que les couches qui le surmontent (couche XX) s'y sont déposées après une grande phase d'érosion ayant déblayé les couches préexistantes jusqu'au plancher calcitique plus résistant. *Les épisodes climatiques du Würm le plus ancien (" Eo-würm ") sont ainsi absents dans les remplissages de Franche-Comté.* Cette lacune significative est due à une forte reprise de l'érosion au niveau de la transition Néowürm - Mésowürm.

- Du point de vue sédimentologique, des phases de ravinement profond ont été mises en évidence dans toutes les séquences du Würm ancien. Ces phénomènes érosifs se manifestent, le plus souvent, par des traces de ravinement (par exemple couche XVIa de Gigny) ou par des discontinuités brutales dans les caractéristiques sédimentologiques (brusque apparition de cortex d'altération, chute ou augmentation brutale des indices d'émoussé, ...).

Ainsi, les remplissages karstiques franc-comtois et en particulier les séquences de porche, ne constituent que l'infime reliquat de la sédimentation réelle : la grande majorité des matériaux a été évacuée par des érosions successives.

III. - CHRONOLOGIE DES REMPLISSAGES KARSTIQUES FRANC-COMTOIS

Malgré ces nombreuses lacunes oblitérant une grande partie du temps écoulé, il est possible de proposer une chronologie comparée des divers remplissages étudiés. Cet essai repose sur la synthèse des données sédimentologiques et biostratigraphiques (Fig. 110).

Trois types de remplissages ont été étudiés et peuvent être comparés du point de vue chronostratigraphique : remplissage d'aven (Vergranne), remplissage de porche de grotte (Echenoz, Gigny, Casamène et Rurey) et remplissage d'abri sous roche en bordure de cours d'eau (Rochedane).

Le seul remplissage d'aven est un remplissage ancien (complexe mindélien et probablement début du complexe rissien). On ne peut évidemment tirer de conclusion générale à partir d'un seul exemple, mais les témoignages partiels et les résultats préliminaires des fouilles en cours (aven de Romain, fouilles P. PAUPE) confirment les données chronologiques de Vergranne : *les remplissages d'aven se seraient formés préférentiellement au Pléistocène moyen*. Nous n'avons, pour l'instant, aucun témoignage de remplissage d'aven plus ancien ou plus récent. Par contre, aucun remplissage de porche ne peut être attribué au Pléistocène moyen. A notre avis, cette ségrégation n'est pas liée à des facteurs génétiques : des remplissages de porche contemporains des remplissages d'aven ont probablement existé. Pour expliquer leur disparition, il faut faire appel à des problèmes de *conservation différentielle* des formations de remplissage : *l'érosion dorsale* caractérisée par une dissolution à la surface des plateaux calcaires est lente et n'a, de ce fait, pas suffi à anéantir les remplissages d'aven du Pléistocène moyen. Par contre, *l'érosion frontale*, plus active, a provoqué un recul important des falaises calcaires en bordure des plateaux, et ce processus d'érosion a lui-même entraîné la destruction des remplissages de porche. Par contre, l'absence de remplissages d'aven plus anciens montre que l'érosion dorsale est malgré tout effective, bien que plus lente.

Les remplissages de porche offrent une chronologie qui s'échelonne entre la fin du complexe rissien et l'époque actuelle, mais au cours de cette période, certaines phases chronologiques sont mieux représentées que d'autres. La période privilégiée de sédimentation est sans conteste, et malgré de nombreuses lacunes, la période du Würm ancien (Eowürm et Mésowürm), c'est-à-dire la période contemporaine de la civilisation moustérienne.

Deux ensembles peuvent être individualisés dans ces remplissages du Würm ancien : un ensemble inférieur aux caractéristiques sédimentologiques et faunistiques froides et sèches (environnement " steppique ") représentant la période de l'Eowürm et un ensemble supérieur aux caractéristiques sédimentologiques et faunistiques très froides et plus humides (environnement " arctique " humide) représentant la période du Mésowürm. Les sédiments du Würm ancien reposent en discordance soit sur des remplissages de type karst aveugle, soit sur des brèches ou des planchers stalagmitiques. La plupart du temps (Echenoz, Casamène, Rurey), ces dépôts sont tronqués dans leur partie supérieure. A Gigny, ils sont scellés par un encroûtement stalagmitique (couche IX) surmonté par des dépôts présentant des caractéristiques sédimentologiques et faunistiques plus tempérées (couches VII et VIII) et les datations absolues permet-

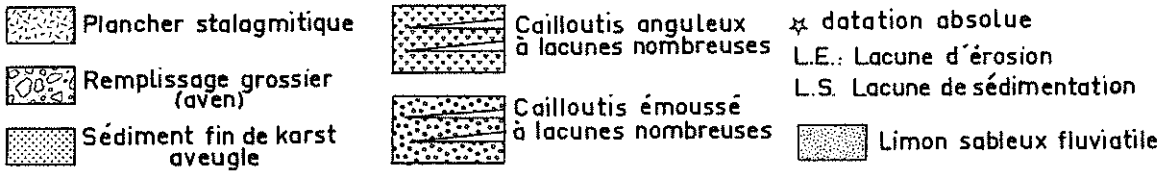
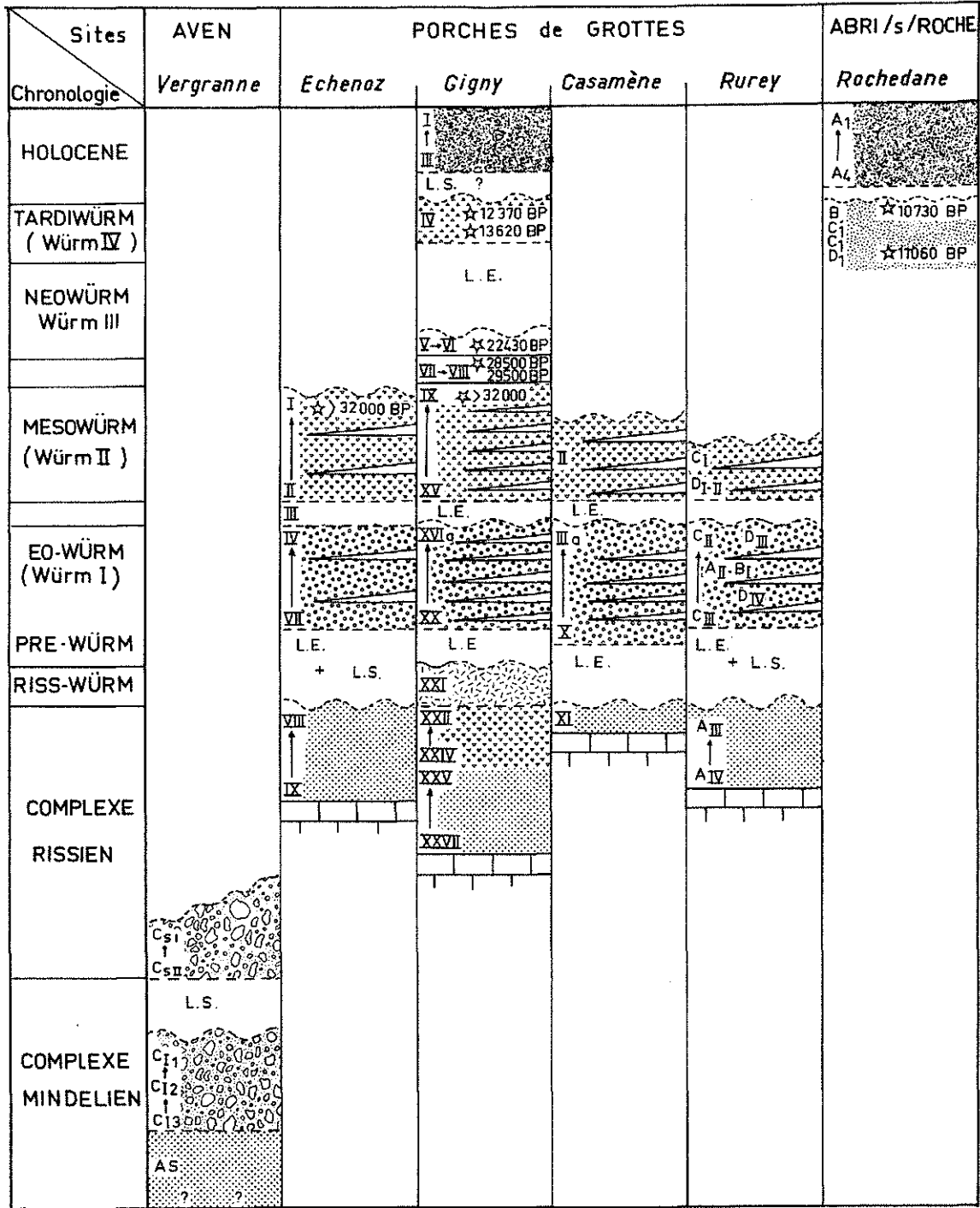


Fig.110 Synthèse chronologique des remplissages karstiques de Franche-Comté

tent de situer leur genèse au cours d'une phase interstadaire Mesowürm - Néowürm (Würm II-III ?). Les sédiments contemporains du Néowürm (Würm III) font le plus souvent défaut (Echenoz, Casamène, Rurey) ou présentent des indices de remaniements importants (Gigny, couches V et VI). *Cette période se caractérise donc en Franche-Comté par un processus de vidange ou, pour le moins, par des phénomènes de solifluxion affectant les dépôts du début du cycle néo-würmien ou même plus anciens.* La période tardiglaciaire est seulement représentée à Gigny (couche IV), mais la séquence stratigraphique correspondante ne représente qu'un épisode restreint de cette époque.

Le seul remplissage d'abri sous roche étudié (Rochedane) présente une séquence stratigraphique s'échelonnant entre la fin du Tardiglaciaire et l'Holocène récent. Tous les remplissages d'abri, en cours de fouille et non étudiés ici (Ranchot, Bavans), occupent schématiquement la même fourchette chronologique. La sédimentation antérieure à la période de l'Alleröd est dominée par des apports fluviatiles souvent limoneux déposés lors des crues de la fonte glaciaire. Les cours d'eau se stabilisent à partir de l'Alleröd et la sédimentation cryoclastique relaie la sédimentation fluviatile. Comme pour les remplissages de porche, les dépôts d'abri plus anciens ont été détruits par le recul des falaises.

IV. - L'OCCUPATION DES PORCHES DE GROTTES PAR L'HOMME PREHISTORIQUE

Les seules données valables en ce domaine concernent les hommes du Paléolithique moyen ayant laissé des témoignages lithiques se rapportant à la civilisation moustérienne.

A Gigny, cinq phases d'occupation par les hommes du Paléolithique supérieur sont décelables. Quatre d'entre elles intéressent le Würm ancien proprement dit, la cinquième et dernière ayant eu lieu au cours de l'interstade Mésowürm - Néowürm (Würm II - III). Deux remarques peuvent être faites :

- Classiquement, la civilisation moustérienne cesse avec la fin du Würm ancien. A Gigny, cette civilisation perdure au cours de la phase de réchauffement qui suit cette période (couche VIII) et deux datations absolues viennent confirmer ce prolongement chronologique exceptionnel du Paléolithique moyen en Franche-Comté (Ly. 566 : 29500 ± 1400 et Ly. 789 : 28500 ± 1400).

- Parmi les 4 occupations successives au Würm ancien, trois concernent la période de l'Eowürm (Würm I) et la quatrième a lieu au tout début du Mésowürm. Au cours de la phase la plus froide du Mésowürm (couches IX à XVI) les hommes du Paléolithique moyen n'ont apparemment pas occupé le porche de Gigny.

A Echenoz, on constate également que les principales phases d'occupation moustérienne (couches IVb-V surtout) se situent dans la partie inférieure du remplissage correspondant à la période du Würm ancien. Les caractéristiques sédimentologiques et faunistiques de cette séquence stratigraphique évoquent un climat froid, mais nettement moins froid que la séquence supérieure (couches I et II). Il s'agirait donc également d'une séquence contemporaine de l'Eowürm (Würm I). Le début du Mésowürm représenté par la couche II contient également quelques vestiges lithiques de faciès moustérien, mais toute la séquence supérieure, présentant des caractéristiques sédimentologiques et faunistiques de type climat très froid, ne contient aucun vestige lithique.

A Casamène, l'essentiel de l'industrie lithique se situe également (selon notre interprétation chronologique) dans la séquence stratigraphique correspondant au Néowürm (Würm I).

Le démantèlement des sédiments de la grotte de Rurey et la rareté des couches en place ne permettent pas de situer avec précision les phases d'occupation moustérienne.

On peut donc considérer que les occupations moustériennes ont eu lieu en Franche-Comté surtout au cours de la première phase du Würm ancien (Eowürm). La séquence la plus complète (Gigny) montre qu'aucune trace d'industrie moustérienne n'est décelable dans la séquence correspondant à la deuxième phase du Würm ancien (Mésowürm), sauf au début de cette période. Par la suite, un retour des hommes du Paléolithique moyen est décelable à Gigny lors de l'interstade Mésowürm - Néowürm.