

Premiers résultats d'une étude géologique et paléoclimatique du remplissage paléolithique moyen et supérieur de la grotte de Lezetxiki (Mondragón - Guipúzcoa).

par Pierre Kornprobst* et Pierre Rat*

Sommaire.— Le remplissage de la grotte de Lezetxiki provient des différentes formations du Crétacé inférieur: calcaires urgoniens dans lesquels est façonnée la grotte, séries schisto-gréseuses avoisinantes. L'analyse sédimentologique a mis en évidence plusieurs phases froides (plaquettes autochtones de gel) séparées par des périodes plus douces et humides où l'eau est intervenue (apports de galets, concrétionnement, altération chimique). Elles correspondent à des oscillations climatiques à l'intérieur du Würm.

Afin d'apporter un complément géologique à l'étude archéologique menée depuis de patientes années par le Père J. M. Barandiaran et à l'étude paléontologique entreprise par le Père J. Altuna sur la grotte préhistorique de Lezetxiki, nous avons effectué une reconnaissance en 1966 sur l'initiative de Pedro Rodríguez de Ondarra, puis une première série de recherches sur le terrain en août 1967 grâce à l'aide du groupe Aranzadi; les échantillons recueillis ont été ensuite l'objet d'une série d'analyses réalisées au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Dijon. Les lignes qui suivent ont pour but de donner les premiers résultats de cette double étude.

D'OU PEUT PROVENIR LE MATÉRIEL QUI A REMPLI LA GROTTE DE LEZETXIKI? APERÇU GEOLOGIQUE DES ENVIRONS.

En ce qui concerne la nature et la structure du sous-sol autour de Lezetxiki, deux faits essentiels sont d'abord à retenir:

a) La série stratigraphique d'âge Crétacé inférieur comprend deux types de terrains dont le comportement n'est pas le même vis-à-vis de la circulation des eaux et de l'érosion. Nous retrouvons cette dualité dans le remplissage même de Lezetxiki.

b) Ces terrains, au voisinage de la grotte, ont un fort plongement WSW et portent des marques tectoniques assez accusées.

Examinons successivement ces deux points:

La nature des terrains.—Au Sud-Ouest de Mondragon, le sous-sol comprend d'une part des calcaires perméables en grand et affectés par la dissolution karstique, d'autre part des ensembles schisto-gréseux imperméables.

a) Les calcaires appartiennent au «Complexe urgonien». Leur épaisseur varie de façon très rapide d'un point à un autre: plusieurs centaines de mètres dans Udalaitz; pratiquement rien à

* Département des Sciences de la Terre. Faculté des Sciences de l'Université de Dijon. France.

quelques kilomètres au SE de Santa Agueda. Leur aspect aussi est assez changeant: parfois très purs, très compacts et très clairs; parfois noirs, plus ou moins argileux ou plus ou moins sableux (faciès para-urgoniens). Parfois encore ils ont été partiellement remplacés par du minerai de fer qui a été exploité de façon artisanale autrefois. Leur étude aux environs de Lezetxiki n'a pas été encore entreprise de façon détaillée.

b) Les ensembles schisto-gréseux sont imperméables. Ils emballent, en quelque sorte, les calcaires urgoniens. Ils sont constitués d'alternances irrégulières de bancs gréseux dont les épaisseurs sont très variables, et de couches schisteuses et compactes, argilo-sableuses ou argileuses. Les gorges du rio Aramayona en amont de Santa Agueda en donnent de très bons affleurements. En fait ces ensembles schisto-gréseux se répartissent en trois groupes:

—Le groupe inférieur, plus ancien que les calcaires urgoniens, peut être appelé «Wealdien» pour la commodité. Sa partie la plus âgée seule correspond vraiment aux niveaux non franchement marins du Crétacé inférieur que l'on qualifie de Wealdien. Elle est très argileuse, ce qui a facilité le creusement par les eaux de ruissellement de la vaste dépression d'Aramayona. Sa partie supérieure appartient à la base de l'Aptien marin.

—Le groupe moyen fait partie du Complexe urgonien et comprend des niveaux de grès et d'argiles qui s'intercalent entre des bancs calcaires ou même remplacent latéralement ces calcaires.

—Le groupe supérieur ou «Complexe gréseux supra-urgonien», se place, stratigraphiquement, au-dessus des calcaires urgoniens. Il affleure largement vers le NW. entre Udalaiz et Amboto, en direction de Durango.

c) Il faut enfin ajouter que, sur les terrains crétacés qui viennent d'être brièvement décrits, existe une couverture de *matériel d'altération* qui est sans doute très complexe, et dont l'étude, qui n'a pas encore été entreprise, doit être importante pour expliquer le remplissage de Lezetxiki.

Ces formations résiduelles comprennent à notre avis:

— Des matériaux provenant de la destruction actuelle des roches du sous-sol (météorisa-

tion, action de la végétation très dense) sous le climat humide du Pays basque: dissolution des calcaires, désagrégation des grès, effritement des schistes...

— Des matériaux anciens, formés toujours à partir des roches du sous-sol, mais sous des climats différents de celui d'aujourd'hui. L'exemple le plus net est donné par les granules ou pisolithes d'oxyde de fer que l'on rencontre en abondance en certains points à la surface du sol.

Le manteau d'altération, plus ou moins remanié aux différents moments de son histoire, s'étale irrégulièrement sur les surfaces topographiques qu'il tend à empâter. Parfois absent, il laisse alors affleurer la roche. Ailleurs, il remplit de vieux lapiez qu'il semble fossiliser. Il a sans doute joué un rôle important d'intermédiaire entre le substratum Crétacé et le remplissage de Lezetxiki. En effet si certains éléments du remplissage proviennent directement des terrains crétacés, d'autres n'y sont arrivés qu'après avoir subi une évolution, peut-être très longue et très poussée, dans le manteau résiduel à la surface du sol.

La structure.— Autour de Lezetxiki, es terrains, où dominent les calcaires, ont un plongement WSW assez important (60° environ) car ils appartiennent au flanc sud-ouest de la structure anticlinale complexe d'Udalaiz. En fait, il ne s'agit pas d'un flanc simple, ni d'un dispositif monoclinale régulier. Un schéma cartographique et des coupes de cette région ont été publiés (P. Rat, 1959 et Kopp, 1964) mais ces représentations ne suffisent pas pour donner la disposition précise des accidents tectoniques, difficiles à suivre à cause de la végétation et du manteau d'altération, autour de Santa Agueda.

La carrière et les affleurements situés entre Lezetxiki et Garagarza montre que les calcaires urgoniens ont été très fracturés; de nombreux filons de calcite les parcourent; des lignes de friction y sont visibles. De tels calcaires sont évidemment assez sensibles aux actions météoriques qui tendent à les fragmenter en exploitant les faiblesses d'origine tectonique.

En résumé, les matériaux qui constituent le remplissage de Lezetxiki peuvent donc provenir:

— directement des diverses variétés de calcaires urgoniens ou para-urgoniens dans lesquels la grotte est creusée et qui forment une partie des reliefs du voisinage.

—des résidus sableux ou argileux d'altération de certains de ces calcaires.

—des grès qui forment l'ossature des séries schisto-gréseuses.

—des argiles de ces mêmes séries.

—des minéraux nés près de la surface du sol dans le manteau d'altération (concrétions ferriques par exemple).

A cela, il faut ajouter encore ce qui est d'origine biologique (ossements, dents, phosphate ...) et humaine, et qui font l'objet de l'étude archéologique et paléontologique.

ASPECT DE LA GROTTTE ET DE SON REMPLISSAGE

Lezetxiki fait partie d'un ancien réseau karstique abandonné par les eaux, partiellement démantelé, sur le flanc sud-ouest du ravin de Kobate. Perchée à environ 375 m d'altitude, elle est située dans le bassin hydrographique du petit torrent de Kobate dont le niveau de base local est donné par le rio Aramayona (altitude 240 m à Garagarza). Les points les plus élevés du bassin dépassent de moins d'une centaine de mètres l'altitude de Lezetxiki: Karraskagain (469 m), Olasu (431 m) et la butte 411. Cependant, séparés maintenant du bassin de Kobate par l'entaille du ruisseau de Garagarza (Gaziakoerreka) les reliefs s'élèvent jusqu'à 1092 m dans la masse calcaire d'Udalaitz.

Lezetxiki est une galerie rectiligne façonnée dans les calcaires urgoniens parallèlement à la direction des couches. L'érosion n'en a conservé intacte que la partie amont mesurant une vingtaine de mètres de longueur. Ce conduit débouche vers le Sud par une ouverture en «trou de serrure» typique sur la partie aval dont la voûte a été détruite et donc il ne subsiste que la paroi ouest.

L'une et l'autre des deux parties, celle d'amont en forme de tunnel, celle d'aval dont l'aspect est celui d'une tranchée, ont été partiellement remplies par un matériel d'aspect argileux. La surface du remplissage en pente de 15° environ vers le Sud se situe, dans sa partie amont, à 3 ou 4 m au-dessous du toit de la cavité. Son épaisseur atteint jusqu'à 6 m.

L'étude géologique du remplissage est faite à partir d'échantillons prélevés pendant la campagne de fouilles de l'été 1967 (P. Kornprobst)

le long de la coupe située à la limite des bandes 9 et 11 (quadrillage de J. M. de Barandiaran) et dont la stratigraphie et l'inventaire archéologique ont été donnés par J. M. de Barandiaran (*Munibe*, 1967. fasc. 1/2, p. 81) et dont l'étude paléontologique est en cours par J. Altona.

ETUDE PETROGRAPHIQUE DU REMPLISSAGE

Le remplissage est de couleur homogène de a base au sommet, brun-jaunâtre à sec (10 YR 5-8) (Munsell Soil color Charts) et brun-jaunâtre foncé à l'état humide (10 YR 4-4).

Il est constitué des éléments suivants:

a) *Calcaires noirs* à patine blanche correspondant en tous points à la variété de calcaire urgonien dans laquelle est creusée la cavité. Ils sont toujours de dimension supérieure à 1 mm et peuvent atteindre parfois le mètre. Très souvent en forme de plaquettes dont les arêtes anguleuses sont plus ou moins usées, ils peuvent présenter des formes moins typiques beaucoup plus arrondies.

b) *Éléments gréseux* de constitution variable, allant des véritables quartzites aux grès à ciment argileux, dont des grains sont de la taille des aleurites (100 microns - 10 microns). Certains sont riches en muscovite. Ces éléments sont toujours roulés: leur dimension est comprise entre 100 microns et 5 cm environ.

c) *Grains de quartz isolés* provenant de la désagrégation des éléments précédents. Généralement de taille comprise entre 100 et 10 microns. Les plus souvent les grains sont transparents et sans trace d'usure.

d) *Des argiles* de nature minéralogique encore indéterminée jusqu'à présent.

e) *Des éléments accessoires* dans lesquels on peut reconnaître des **concrétions ferrugineuses** de limonite, des **grains de pyrite**, des **concrétions calcaires «P»** (suivant les notations généralement utilisées), formées sur les parois de la grotte et tombées ultérieurement: leur nombre trop faible ne permet pas de faire une étude statistique.

Des restes d'animaux tels que des dents ou des ossements se rencontrent à certains niveaux.

Le tout est plus ou moins emballé dans un **ciment calcaire** jaune brun et donne des concrétions

tions «S», véritables conglomérats nés postérieurement au dépôt des éléments.

Trois faits se dégagent des observations précédentes:

a) *Les matériaux gréseux* et leurs constituants ainsi que les concrétions ferrugineuses sont **allochtones**, c'est-à-dire nés et façonnés hors de la grotte, ils y ont été entraînés et déposés. L'étude quantitative et la granulométrie de ces éléments renseignent sur les variations de la compétence du moyen d'apport et de dépôt.

b) *Les concrétions calcaires «S»* sont **autochtones**, nées dans le remplissage postérieurement à sa mise en place. Leur formation nécessite une certaine humidité donc une température assez douce dans un contexte qui peut rester rigoureux.

c) *Les éléments calcaires* peuvent être **autochtones** et être la conséquence de la cryoclastie sur les parois de la cavité: dans ce cas les éléments ne sont pas roulés, leur présence témoigne d'une période froide contemporaine du dépôt du matériel sédimentaire qui les emballa.

Ils peuvent aussi être **allochtones**: dans ce cas leur débitage et leur façonnement s'est fait au cours d'une période dont on peut dire seulement qu'elle est soit antérieure à leur dépôt définitif, soit pénécotemporaine du dépôt. Leur mise en place indique une circulation d'eau liquide, donc une période humide.

ETUDE PALEOCLIMATOLOGIQUE

Recherche des manifestations du gel:

a) *Analyse granulométrique globale.* Elle est effectuée sur le sédiment brut après destruction de la matière organique par l'eau oxygénée, sans dissocier les concrétions «S»; l'attaque de celles-ci à l'acide chlorhydrique entraînerait la dissolution des éléments de calcaire. Les histogrammes de répartition granulométrique (Fig. 1) présentent tous au moins deux maxima de fréquence :

— L'un pour les grains dont la dimension est comprise entre 100 microns et 10 microns (groupe des aleurites); ce sont des grains de quartz isolés issus des ensembles schisto-gréseux pour la plus grande partie étant donné que les calcaires urgoniens voisins ne contiennent en général qu'une faible proportion (1%) d'éléments de cette taille.

— L'autre pour les fractions fines, argileuses: leurs origines peuvent être diverses.

Ces deux maxima ne sont pas visibles dans la couche F (n.º 38-39) par suite d'un concrétionnement calcaire intense autour des grains déjà déposés et qui forment des éléments très grossiers de taille supérieure à 1 mm et parfois 1 cm.

Certains échantillons contiennent en outre une quantité importante de matériel grossier (dimension supérieure à 1 cm) dont la taille n'est pas la conséquence du concrétionnement. Ces cailloux sont en majorité de nature calcaire ou gréseuse. Leur présence permet de distinguer trois types de couches (Fig. 2):

—Couche G (n.º 35-36-37): le maximum est étalé sur deux classes avec, toutefois, une légère prédominance des éléments de la taille des graviers (25%) (1 cm - 1 mm).

—Couches H - J (n.º 34-31 à 19): riches en éléments grossiers (30%) dont la taille d'abord comprise entre 1 et 10 cm à la base, diminue progressivement, en montant dans la série, par suite d'un effritement favorisé par l'altération.

—Couches Q - O (n.º 7 - 9 et 10): ces éléments sont particulièrement abondants dans les fractions de dimension élevée (la répartition est du même type que celle de la base des couches précédentes). Ce maximum est bien marqué dans la couche Q (30%).

Ces phases grossières présentent, outre l'intérêt d'être faciles à trier, celui d'être très sensibles aux conditions climatiques.

b) *Nature - Morphologie des cailloux* (éléments de dimension supérieure à 1 cm).

La constitution de la phase grossière présente l'un des 3 types suivants:

—Cailloux calcaires seuls (Fig. 3). C'est le cas des couches H-J-Q-O. Les éléments ont généralement une taille supérieure à 2 cm et dépassant souvent 4 cm. Leur patine est grise; ils sont peu usés. Le degré d'usure peut être exprimé par l'indice d'aplatissement. En effet, les calcaires urgoniens, par suite de la fragmentation tectonique qu'ils ont subie, se désagrègent en plaquettes biconvexes: l'usure diminue davantage la longueur et la largeur que l'épaisseur: une réduction de l'indice d'aplatissement indique donc dans ce cas une évolution (altération ou usure).

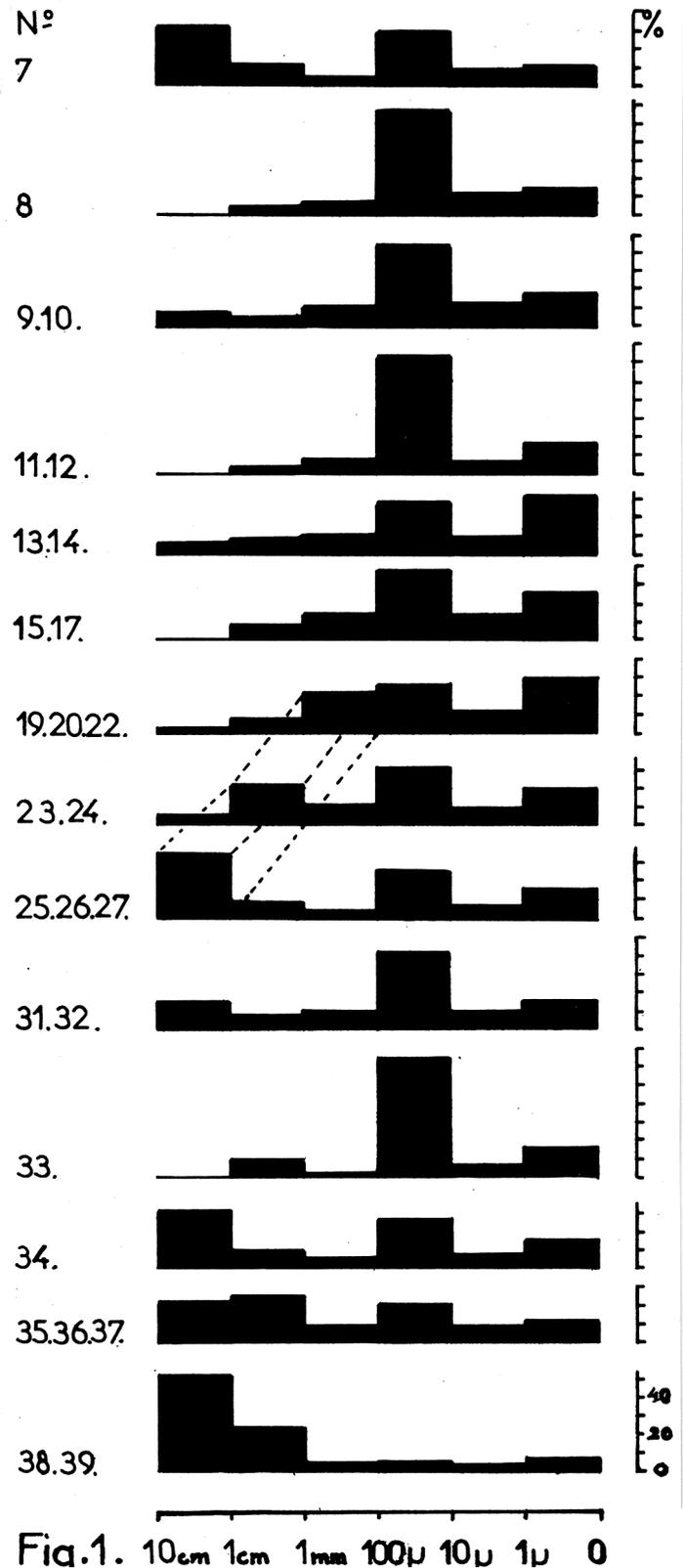


Fig. 1. *Granulométrie globale sommaire.* — Histogrammes des pourcentages pondéraux de chaque fraction granulométrique.

En *abscisses*: taille des éléments du remplissage brut (non décalcifié).

En *ordonnées*: pourcentage pondéral de chaque fraction par rapport à l'échantillon total.

Les numéros 7 à 39 désignent les prélèvements étudiés. La notation en lettres, F à Q, représente les diverses couches que l'étude sédimentologique a permis d'individualiser. Pour la correspondance avec les niveaux archéologiques distingués par J. M. de Barandiaran, se reporter à la fig. 7.

Les lignes de rappel montrent l'évolution de la taille des éléments grossiers de la base au sommet de la couche J.

Fig. 1. 10 cm 1 cm 1 mm 100 μ 10 μ 1 μ 0

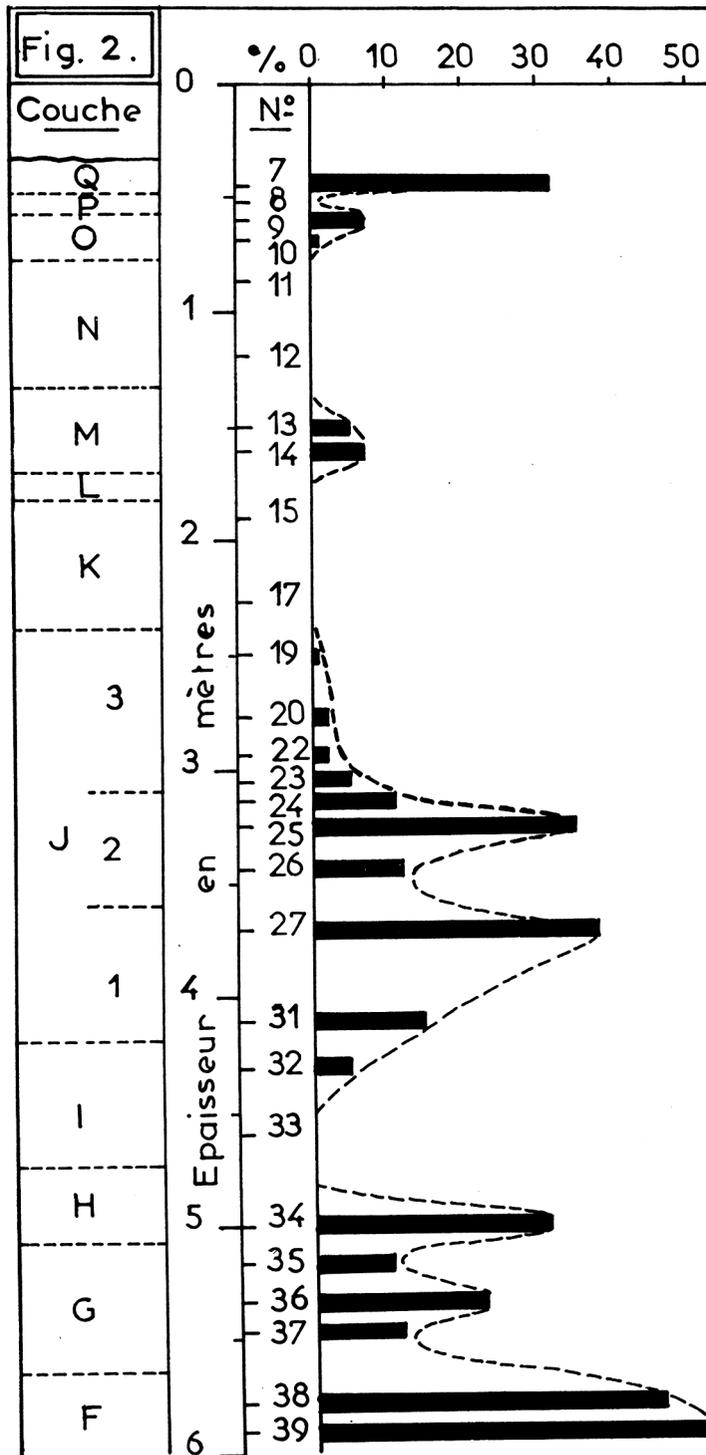


Fig. 2. Proportion d'éléments grossiers (cailloux) de dimension comprise entre 1 et 10 cm. En abscisses: pourcentage pondéral de cailloux de toute nature par rapport au sédiment brut.

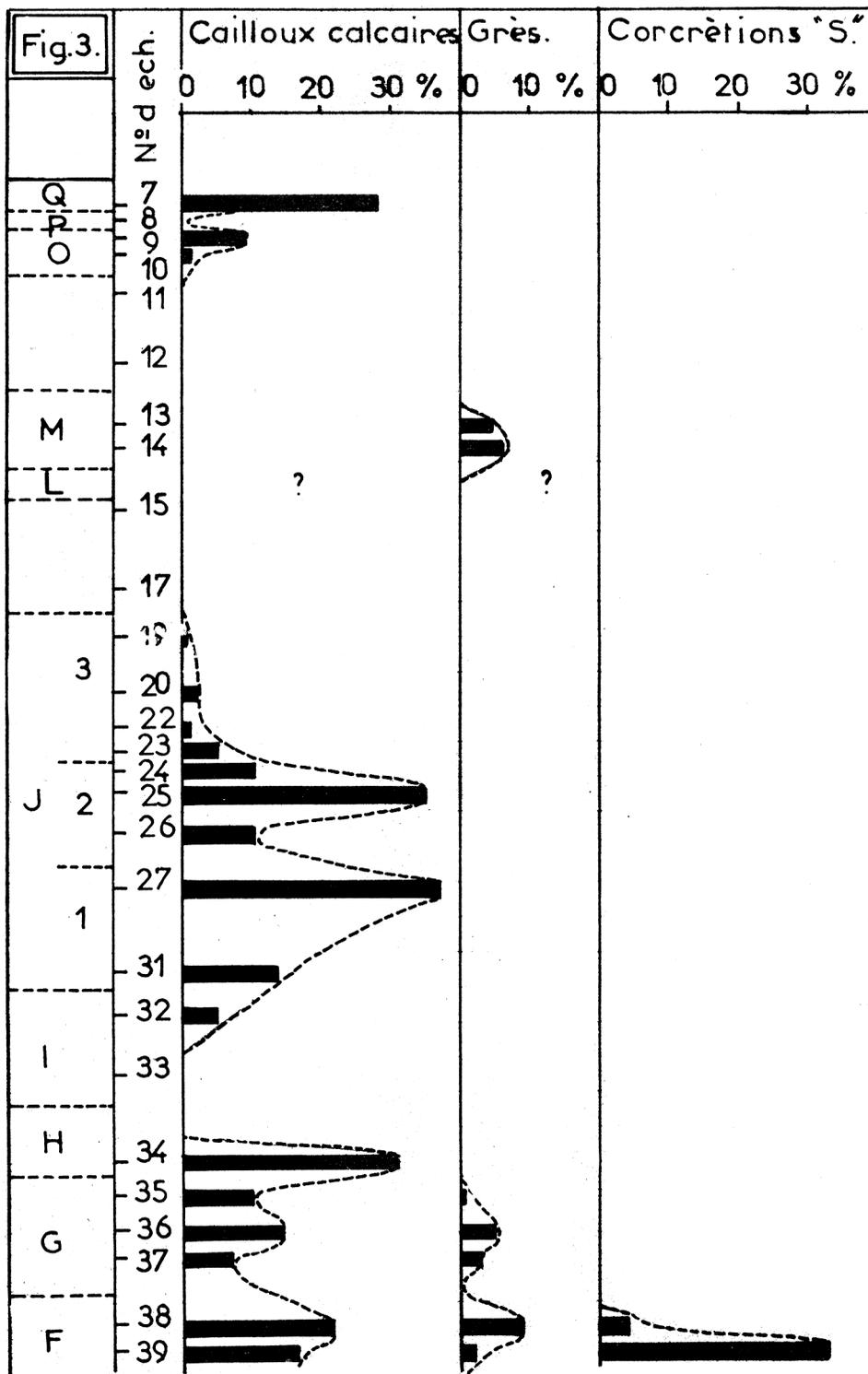


Fig 3. Pourcentage pondéral de chaque sorte de constituant de la phase grossière (1 cm - 10 cm) par rapport au sédiment brut.

Les mesures effectuées (Fig. 4) montrent que:

- * d'une part les cailloux calcaires des couches H-Q-O ont un indice élevé compris entre 3 et 3,5.
- * d'autre part, l'indice de la couche J, d'abord élevé (3 environ), diminue jusqu'au sommet de J₂, puis augmente progressivement en J₃. Cette fluctuation de l'aplatissement peut s'interpréter comme étant due à une altération plus poussée.

En J₁, les cailloux sont de véritables plaquettes de forme identique à celle des éléments des couches H-Q-O, non altérés. En J₂ le degré d'altération va croissant et donne une forme plus arrondie. Une coupe de certains cailloux permet d'observer un cortex peu épais, noirâtre, discontinu, enveloppant un noyau arrondi plus ou moins altéré; mais ce noyau n'est pas toujours conservé. Ces deux parties peuvent être séparées et les cortex plus ou moins brisés lors du tamisage. Plus l'altération est intense, moins il reste de noyau et plus on observe de morceaux de cortex dont l'aplatissement est évidemment élevé.

— Des galets gréseux accompagnent les cailloux calcaires (Couches F - G). La proportion de ces éléments varie dans le même sens avec deux maxima en 38 et 36. Les cailloux calcaires constituant ces phases sont usés et ont une taille qui dépasse rarement 2 cm: leur indice d'aplatissement est compris entre 2 et 2,5, mais ils diffèrent entre eux par leur patine.

Les galets calcaires de la couche G ont une surface poudreuse blanche, due vraisemblablement à la disparition par oxydation des particules charbonneuses qui donnent à la roche fraîche sa couleur noire, alors que ceux de la couche F ont une patine grise identique à celle des cailloux du premier type. (Le résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique qui est très riche en particules noires prend, après traitement à l'eau oxygénée, une teinte blanche).

—Galets gréseux seuls. La couche M contient environ 5% d'éléments de dimension supérieure à 1 cm et exclusivement gréseux (sans aucun caillou calcaire) ce qui témoigne d'un moyen de mise en place de compétence relativement plus élevée, mais pose un problème par l'absence de fragments de calcaire urgonien si petits soient-ils dans un dépôt situé au milieu d'une région calcaire.

Un niveau supplémentaire de cailloux calcaires peu épais est situé à environ 1,75 m sous le niveau zéro de référence, dans la moitié ouest du remplissage, et se termine vers l'Est en biseau sous la couche M qui le ravine. Ce niveau déjà observé dans d'autres carrés par J. M. de Barandiaran est essentiellement formé de plaquettes de gel.

c) *Interprétation.* Les éléments calcaires se répartissent en sept zones distinctes. On peut considérer que les éléments des cinq zones supérieures, par leur morphologie et leurs dimensions, peuvent être interprétés comme des plaquettes de gel provenant de la fragmentation, sous l'action du gel, des parois ou des calcaires affleurant immédiatement à l'amont du tunnel de Lezetxiki. Ils permettent de conclure à l'existence de périodes froides.

En revanche, les éléments calcaires des deux zones basales indiquent à notre avis un apport grossier donc une période suffisamment humide, avec eaux courantes actives.

Ainsi quatre périodes de cryoclastie semblent pouvoir être distinguées; on peut penser que chacune d'elles est datée par l'industrie humaine associée aux fragments calcaires:

- * les deux plus anciennes seraient moustériennes, leur importance est grande.
- * la troisième (qui demande toutefois une vérification) serait de la base du Paléolithique supérieur. Ses restes sont moins importants que ceux des précédentes, par suite d'un ravinement ultérieur probable.
- * la quatrième, du Magdalénien, se décompose en deux oscillations progressives.

Rôle de l'humidité du climat:

L'humidité du climat se manifeste au moins sous trois aspects qui nous concernent:

- eaux d'infiltration (eaux du sol)
- eaux courantes de surface
- humidité atmosphérique (vapeur, eau de condensation).

Pour conclure à l'intervention de périodes humides dans la genèse du remplissage, nous allons rechercher les effets indiscutablement attribuables à l'eau liquide sous l'un ou l'autre de ces trois aspects, comme le sont par exemple les décalcifications, les concrétionnements, les façonnements par transport...

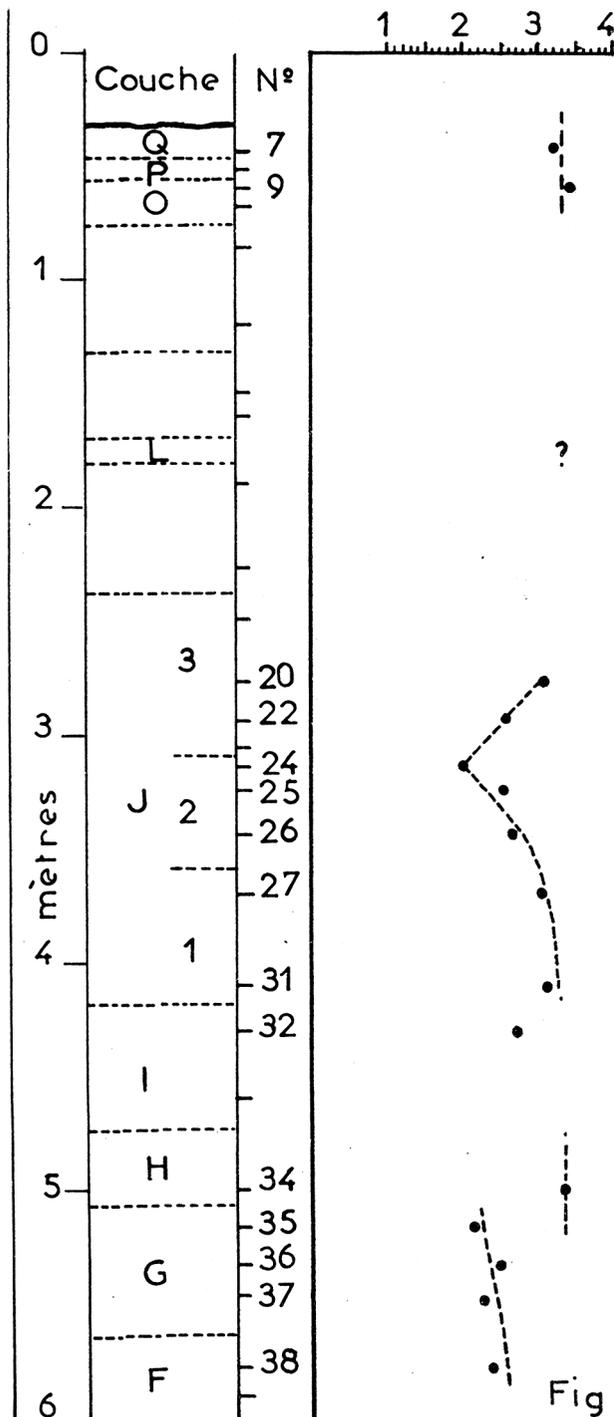


Fig. 4. Variations de l'indice d'aplatissement moyen des cailloux calcaires.

En abscisses: moyenne arithmétique des indices d'aplatissement des divers cailloux calcaires de chaque échantillon.

a) *Degré d'altération.* — Etudié seulement sur les fragments calcaires, le degré d'altération ne nous donne, du fait de la répartition stratigraphique intermittente de ces fragments, que des indications discontinues dans le temps. Seuls ceux de la couche J présentent une altération notable, en J₂ et surtout en J₃ où il n'en reste plus que des fantômes. Cette altération témoigne d'une humidité, soit contemporaine de la formation des plaquettes de gel, soit postérieure à leur formation et à leur mise en place.

b) *Carbonates et concrétions «S».* — Le **taux de carbonates** a été mesuré sur trois fractions granulométriques de la phase inférieure à 1 mm (au-dessous de 50 microns - de 50 à 100 microns - de 100 microns à 1 mm). Le diagramme (fig. 5) montre que les pourcentages obtenus dans les trois fractions varient de la même manière de la base au sommet du remplissage. Il montre aussi que la teneur en carbonates est plus élevée dans la phase la plus grossière. Cette teneur, comprise entre 3 et 20%, varie de façon ménagée d'une couche à la suivante et présente cinq maxima :

- couche F : 15%
- couche G₁ : 17%
- couche J : 10%
- couche M : 7%
- couche N : 9%
- couche Q : 20%

Le **taux de concrétions**, c'est-à-dire le pourcentage numérique représenté par les concrétions distinguables, a été évalué uniquement sur la fraction de diamètre supérieur à 1 mm. Il a été reporté, sur le diagramme, suivant quatre degrés: nul, faible, intense, très intense.

A l'exception des couches G, H, J₁ et du sommet de M, tous les niveaux sont concrétionnés. A la base, le calcaire a cimenté tous les éléments en un véritable microconglomérat. Au sommet les concrétions affectent des formes tubulaires, ce qui dénote sans doute une origine biochimique.

Si maintenant l'on compare, dans chaque couche le taux de carbonates des fractions de diamètre inférieur à 1 mm et le taux de concrétions «S» des fractions de diamètre plus élevé, on remarque trois sortes de combinaisons:

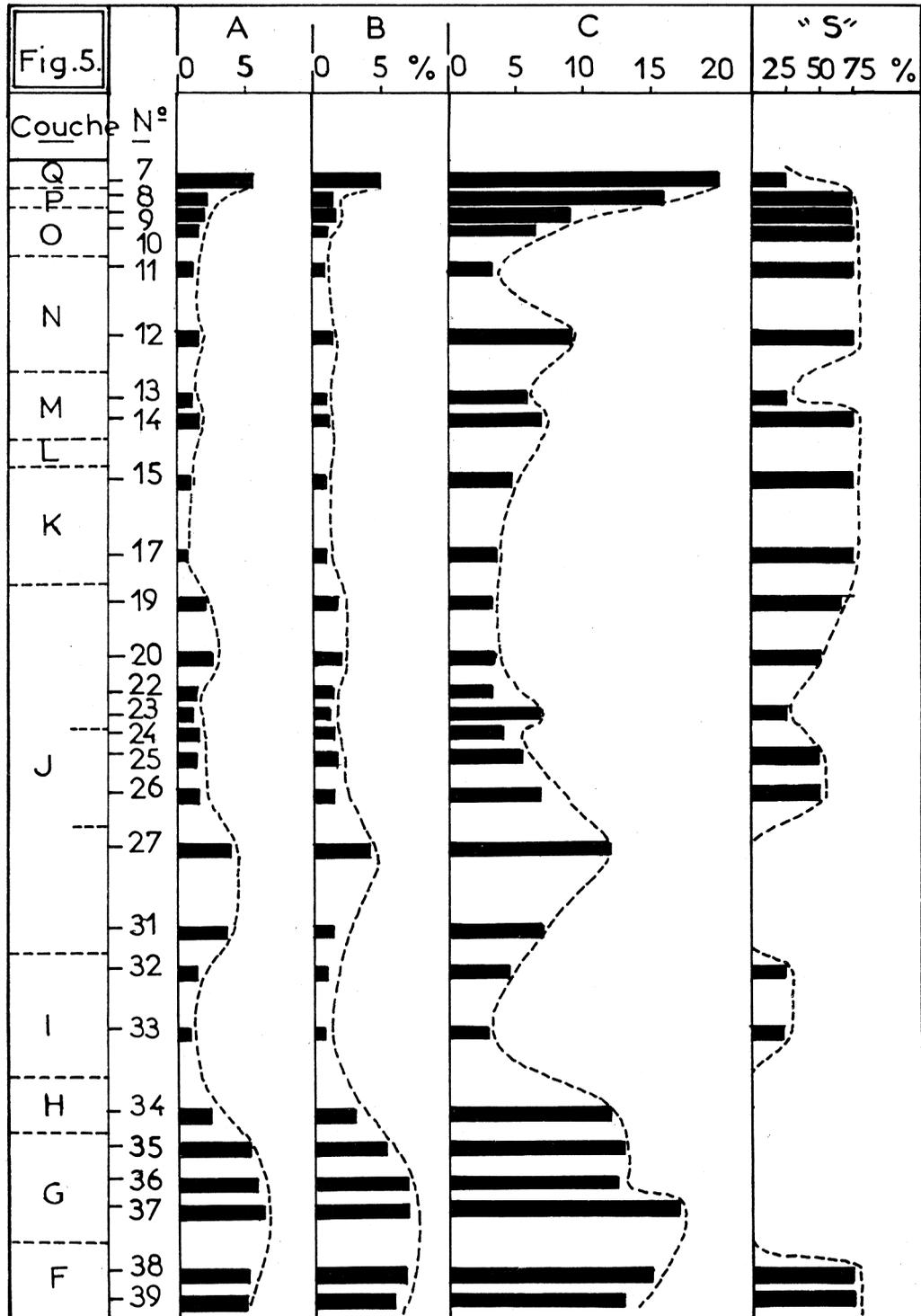
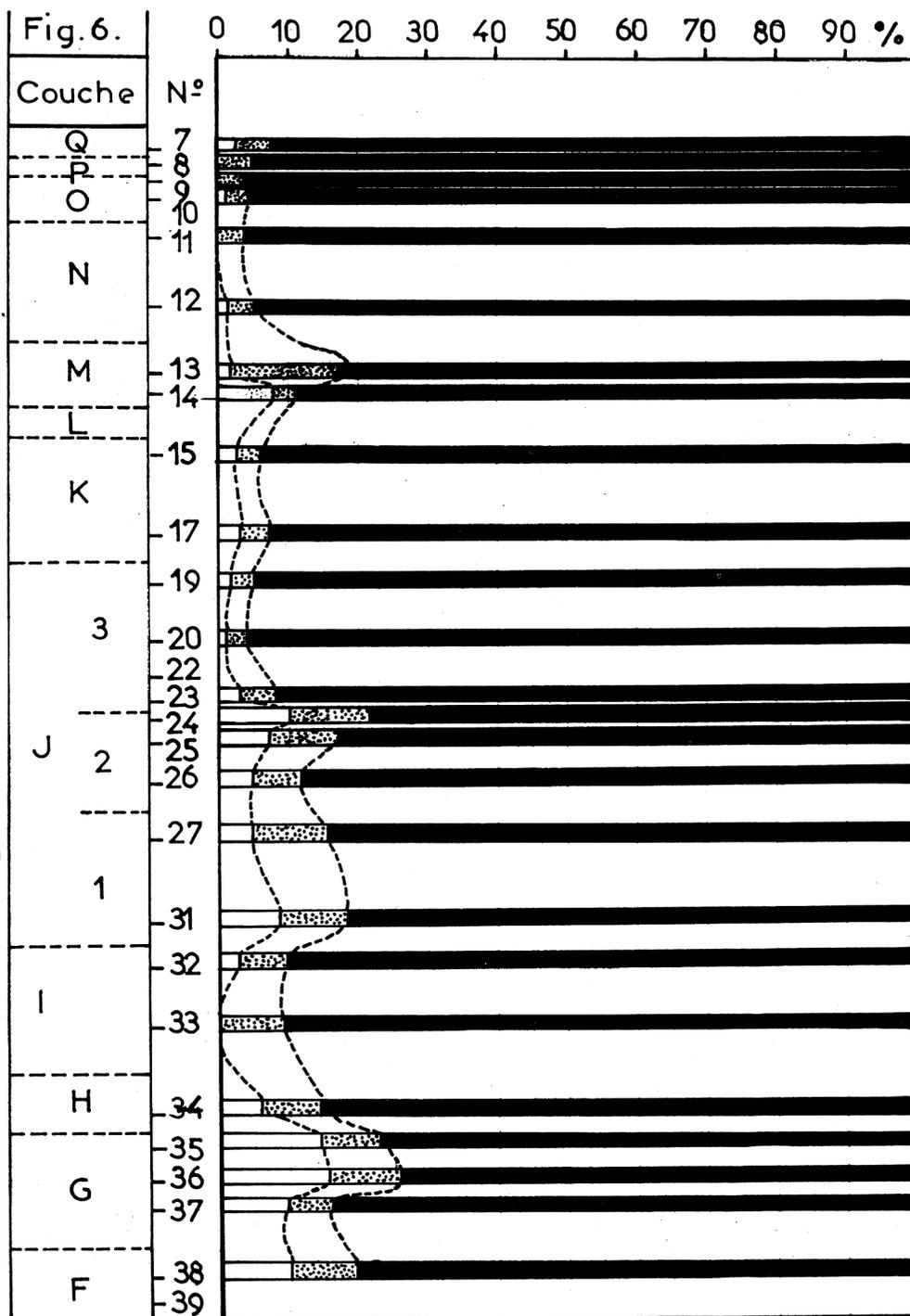


Fig. 5. Granulométrie du concrétionnement calcaire.

- 1) Variations du taux de carbonates dans la phase de dimension inférieure à 1 mm.
 A = Fraction inférieure à 50 microns
 B = Fraction de 50 à 100 microns
 C = Fraction de 100 microns à 1 mm.
- 2) Variations du taux de concrétions «S» évalué en pourcentage numérique dans la phase 1 cm-1 mm.



— Niveaux riches en carbonates, mais pauvres en concrétions. Ces concrétions sont de dimensions inférieures à 1 mm. C'est le cas le plus fréquent: couches Q, M (n.º 13), J₃ (n.º 23), J₁, H, G.

— Peu de carbonates mais beaucoup de concrétions: couches N (n.º 11), J₃, I.

— Beaucoup de carbonates et de concrétions. Ces niveaux reflètent un dépôt plus important de calcaire: couches P, O, N (n.º 12), M (n.º 14), F.

c) *Granulométrie du sédiment décalcifié.*— Le sédiment, d'abord tamisé à 1 cm afin d'éliminer les cailloux calcaires, puis attaqué à l'acide chlorhydrique pour dissocier les concrétions «S», a été divisé en trois fractions granulométriques de dimensions respectives: 1 cm à 1 mm, 1 mm à 100 microns, inférieure à 100 microns. Les pourcentages pondéraux cumulés de chaque fraction sont reportés sur un diagramme (fig. 6).

La phase fine tient une place importante (au moins 70 % du résidu insoluble dans HCl). Sa présence n'est pas surprenante ici, puisqu'elle existe initialement dans les séries schisto-gréseuses locales et, à un degré moindre, dans les calcaires. Sa présence témoigne d'un mode de sédimentation calme.

En revanche les éléments de la taille des sable, et surtout de la taille des graviers, qui sont forcément d'origine étrangère à la grotte, ont nécessité des moyens d'apport plus puissants. Le classement granulométrique élimine l'hypothèse de la solifluxion; l'apport a été fait par un agent plus sélectif qui ne peut être que l'eau courante. La proportion de ces éléments varie de 3 à 30% et présente cinq maxima:

—couche G ₁	: 25 %
—couche J ₁	: 18 %
—couche J ₂	: 20 %
—couche M	: 18 %
—couche Q	: 7 %

Fait important, les couches qui comportent une forte proportion de galets et de graviers sont situées immédiatement au-dessus des horizons concrétionnés.

d) *Interprétation*— Nous expliquons le concrétionnement calcaire d'une couche par l'action d'eau d'infiltration, donc par une période humide (de température assez douce pour permettre les migrations d'eau liquide dans le sol). Cette période humide est forcément postérieure au dépôt de la couche concrétionnée. Elle est anté-

rieure à la couche supérieure non concrétionnée, ou tout au plus contemporaine à la genèse de celle-ci.

La présence, à certains niveaux, d'une importante proportion d'éléments allochtones homométriques (gréseux, calcaires, ferrugineux) est le signe d'un transport et d'un façonnement par des eaux courantes: période de ruissellement, donc de conditions climatiques qui peuvent être compatibles avec celles que demande le concrétionnement.

De ces déductions on peut conclure à l'existence de **cinq périodes humides** ayant eu pour effet, d'une part un apport de matériel allochtone grossier, d'autre part le concrétionnement des couches immédiatement sous-jacentes.

CONCLUSIONS

Grâce aux observations et aux mesures sédimentologiques, on peut essayer de suivre l'évolution de certains facteurs du climat qui ont imprimé un caractère particulier aux couches successives du remplissage: température (gel ou température douce), importance des précipitations. Toutefois certaines couches du remplissage ont pu être plus ou moins décapées lors de périodes très humides, ou ravinées comme en témoigne la couche L. de sorte que quelques hiatus que nous n'avons pas mis en évidence existent peut-être dans la succession présente (fig. 7).

Période tempérée humide

(Niveau VI: couches F, G):

- pas de plaquettes de gel
- abondants cailloux calcaires dont l'indice d'aplatissement et l'usure indiquent un certain transport
- proportion non négligeable (5 à 10%) d'éléments gréseux de même taille
- lessivage de la couche G et concrétionnement intense dans la couche inférieure F illuviale
- industrie moustérienne.

Première période froide, humide

(Base du niveau Vb: couche H):

- nombreuses plaquettes de gel (30%)
- diminution du taux de galets gréseux
- lessivage de la couche H et G
- concrétionnement intense en F
- industrie moustérienne.

Période tempérée, plus sèche

Sommet du niveau Vb et base du niveau Va:

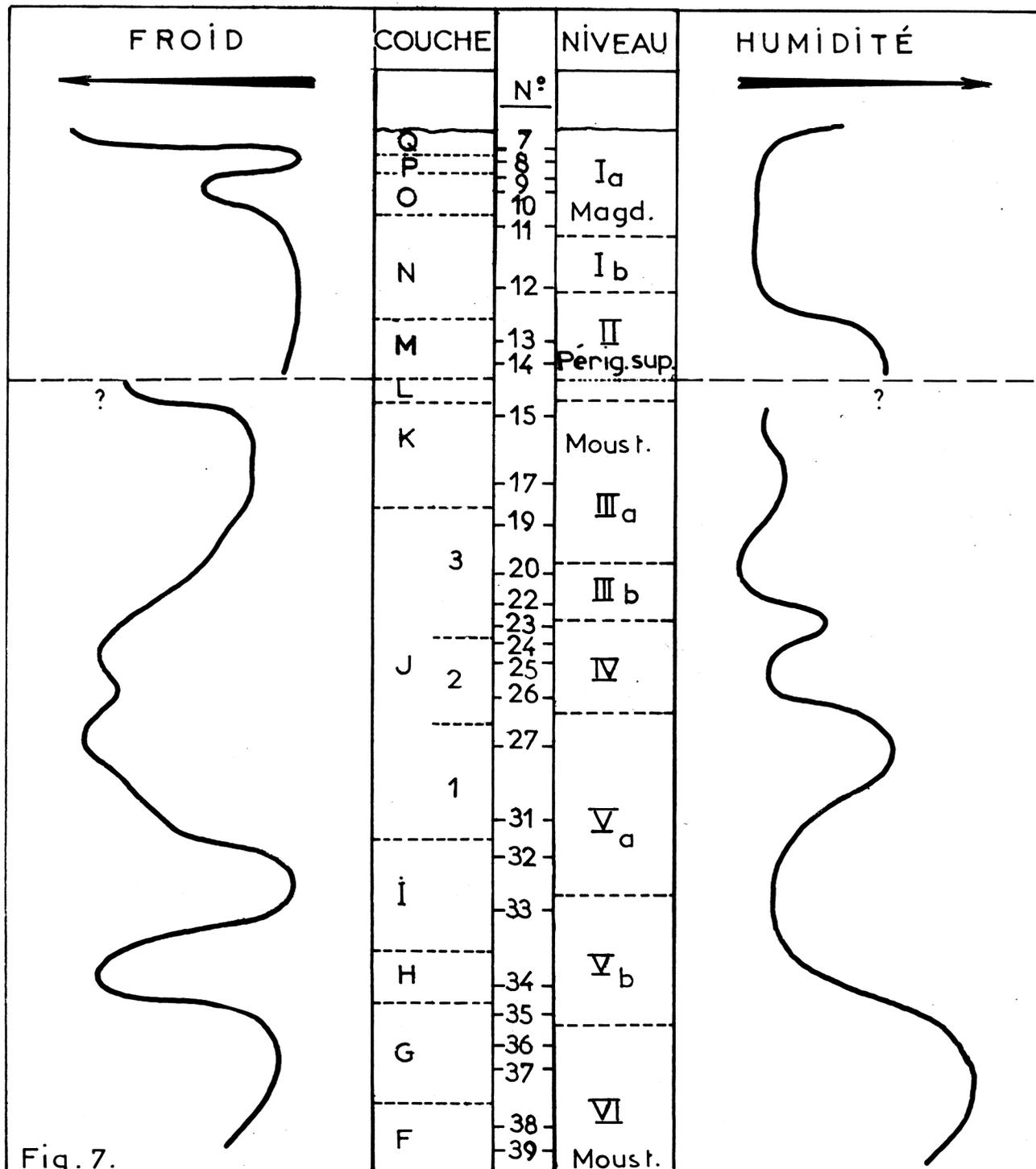


Fig. 7.

Fig. 7. Relations suggérées entre la géologie du remplissage de Lezetxiki et la paléoclimatologie locale au cours du Würm. La numérotation des niveaux archéologiques est celle de J. M. de Barandiaran.

couche I) :

- absence de plaquettes de gel et d'apport grossier
- apport aleuritique (100 microns - 10 microns)
- industrie moustérienne.

Deuxième période froide, humide

(Sommet du niveau Va et niveau IV: couches J₁, J₂):

- abondance de plaquettes de gel
- un premier épisode humide responsable de l'apport des graviers en J₁, lessive J₁ et forme des concrétions illuviales en I.
- un deuxième épisode humide entraîne la corrosion et l'altération de J₂
- industrie moustérienne dans le niveau IVb seulement.

Période plus tempérée, moins humide

(Niveau III : couches J₃-K):

- le pourcentage de plaquettes de gel diminue progressivement ainsi que celui de graviers de grès (environ 5%). Une légère variation de l'humidité serait responsable de l'augmentation de la grossièreté de l'apport en 17 du concrétionnement de J₃ et peut-être de J₂.
- industrie moustérienne.

Troisième période froide

(Base du niveau II: couche L):

- elle semble avoir été au moins aussi importante que les deux premières. Les renseignements sont incomplets.

Période tempérée, humide

(niveau II: couche M):

- pas de plaquettes de gel
- abondance de galets et graviers de grès (15%) ravinant la surface du remplissage présentant un granoclassement normal
- illuviation du n.º 13 et concrétionnement dans les couches sous-jacentes
- objets du Périgordien supérieur.

Période tempérée, plus sèche

(niveau I moitié inf.: couche N):

- absence de plaquettes de gel
 - très forte diminution de la taille des apports
 - restes d'industrie magdalénienne au sommet.
- Quatrième période froide, à tendance humide*
(sommet du niveau I : couches O, p, Q):
- oscillation du taux de plaquettes de gel
 - apport faible, tendant à être plus important vers le sommet
 - intense concrétionnement des couches sous-jacentes N, O, P
 - industrie magdalénienne.

En résumé, le remplissage de Lezetxiki a été mis en place pendant une longue partie du Würm. Malgré son apparence relativement homogène au premier abord, on y décèle une stratification et des variations qui dénotent des oscillations climatiques (température, humidité) au cours de la sédimentation.

Nous pouvons distinguer quatre niveaux formés sous des conditions climatiques rigoureuses. D'après les restes d'industrie humaine, les trois plus récents se placeraient ainsi dans la chronologie du Würm :

- Würm IV : couches O, P, Q
- Würm III : reste de la couche L
- Würm II : couche J

Actuellement on ne peut dire si la couche H correspond à une oscillation du Würm II ou s'il faut l'attribuer au Würm I.

Dijon, juillet 1968.

BIBLIOGRAPHIE

- ALIMEN H.—1964.—Le Quaternaire des Pyrénées de la Bigorre. Paris. Imprimerie nationale, p. 344-347.
- BARANDIARAN, J. M. de.—1957.—Exploración de la cueva de Lezetxiki en Mondragón. *Munibe*, 1957, fasc. 1-2, p. 34-48.
- BARANDIARAN, J. M. de.—1959.—III campaña de excavaciones en el yacimiento paleolítico de «Lezetxiki» y I campaña en el de «Kobatxo» (Garagarza - Mondragón). *Munibe*, fasc. 1-2, p. 15-19.
- BARANDIARAN, J. M. de.—1960.—Exploración de la cueva de Lezetxiki en Mondragón. *Munibe*, fasc. 4, p. 273-310.
- BARANDIARAN, J. M. de, et ALTUNA, J.—(Campaña 1966).—1967.—Exploración de la cueva de Lezetxiki en Mondragón. *Munibe*, 1967, fasc. 1/4.
- BONIFAY, E.—1956.—Les sédiments détritiques grossiers dans les remplissages des grottes. Méthodes d'étude morphologique et statistique. *L'Anthropologie*, t. 60, n.º 5-6, p. 447-461.
- KOPP K. O.—1964.—Über Facies und Tektonik der Kreide im Westen des Pyrenäen. *Geologische Rundschau*, t. 53, fasc. 2, p. 821-847, 10 fig., 3 pl.
- LAVILLE H.—1964.—Recherches sédimentologiques sur la paléoclimatologie du Würmien récent en Périgord. *L'Anthropologie*, t. 68, n.º 1-2, p. 1-48, n.º 3-4, p. 218-252.
- LAVILLE H. et SONNEVILLE-BORDES D. de.—Sédimentologie des niveaux moustériens et aurignaciens de Caminade-Est (Dordogne). *Bull. Société Préhistorique de France*, p. 34-52.
- RAT, P.—1959.—Les Pays crétacées basco-cantabriques. *Publications de l'Université de Dijon*, t. XVIII, 515 p.
- MISKOVSKY J. Cl.—1966.—Les principaux types de dépôts de grottes et les problèmes que pose leur étude. *Revue de Géomorphologie dynamique*, n.º 1.