

Les cortex d'altération des éléments calcaires dans les remplissages de porche. Implications dynamiques et chronologiques

Michel Campy

Abstract

The typological study of the weathering cortex of the calcareous pebbles and their distribution in the karstic fillings are presented. They allow to show evidence for important discontinuity zones along the filling. These discontinuity points are interpreted as major sedimentary hiatus indicators. These gaps which are not clearly seen through classical methods are estimated as very long if compared with the duration of beds sedimentation.

Résumé

L'étude typologique des cortex d'altération des éléments calcaires et leur répartition dans les remplissages de grotte sont présentées. Elles permettent de mettre en évidence des zones de discontinuités importantes tout au long du remplissage. Ces points de discontinuités sont interprétés comme des indicateurs de lacunes majeures de sédimentation. Ces lacunes, difficiles à mettre en évidence par les méthodes classiques, sont considérées comme très longues par rapport au temps de sédimentation représenté par les couches en place.

Citer ce document / Cite this document :

Campy Michel. Les cortex d'altération des éléments calcaires dans les remplissages de porche. Implications dynamiques et chronologiques. In: Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire, vol. 23, n°3-4, 1986. pp. 271-280;

doi : <https://doi.org/10.3406/quate.1986.1822>

https://www.persee.fr/doc/quate_0004-5500_1986_num_23_3_1822

Fichier pdf généré le 19/04/2018

LES CORTEX D'ALTÉRATION DES ÉLÉMENTS CALCAIRES DANS LES REMPLISSAGES DE PORCHE. IMPLICATIONS DYNAMIQUES ET CHRONOLOGIQUES



par Michel CAMPY*

RÉSUMÉ

L'étude typologique des cortex d'altération des éléments calcaires et leur répartition dans les remplissages de grotte sont présentées. Elles permettent de mettre en évidence des zones de discontinuités importantes tout au long du remplissage. Ces points de discontinuités sont interprétés comme des indicateurs de lacunes majeures de sédimentation. Ces lacunes, difficiles à mettre en évidence par les méthodes classiques, sont considérées comme très longues par rapport au temps de sédimentation représenté par les couches en place.

Mots-Clés : Altération, Remplissage karstique, Sédimentation lacunaire.

ABSTRACT

THE WEATHERING CORTEX OF THE CALCAREOUS PEBBLES IN THE KARSTIC FILLINGS. DYNAMIC AND CHRONOLOGICAL IMPLICATIONS.

The typological study of the weathering cortex of the calcareous pebbles and their distribution in the karstic fillings are presented. They allow to show evidence for important discontinuity zones along the filling. These discontinuity points are interpreted as major sedimentary hiatus indicators. These gaps which are not clearly seen through classical methods are estimated as very long if compared with the duration of beds sedimentation.

Key-words : Weathering, Karstic filling, Hiatusal sedimentation.

L'analyse sédimentologique des remplissages karstiques, et en particulier de porche à contenu archéologique, est devenue une technique courante et presque systématique. Les différents paramètres mesurés — granulométriques, morphométriques, minéralogiques — concourent à définir dans chaque séquence étudiée les conditions paléoclimatiques de mise en place de chaque niveau. Nous développons dans cette note l'étude d'un paramètre nouveau rarement pris en compte dans les études antérieures : le cortex d'altération des éléments calcaires contenus dans ces types de dépôts. Après un rappel rapide des résultats obtenus par les méthodes classiques, nous présenterons cette nouvelle approche et tenterons de

dégager les implications induites sur la dynamique et la chronologie des remplissages karstiques.

1 — LES ANALYSES SÉDIMENTOLOGIQUES EN REMPLISSAGES DE PORCHE ET LEUR INTERPRÉTATION

Sans reprendre dans le détail les méthodes appliquées à ce type de dépôt et les interprétations déduites, nous en rappellerons brièvement les principes généraux et leur utilisation paléoclimatique.

* Laboratoire de Géologie Historique et Paléontologie, Institut des Sciences Naturelles, place Leclerc, 25030 Besançon Cedex et U.A. 157 du CNRS : Géodynamique sédimentaire et évolution géobiologique (France).

Deux grands types de paramètres sont généralement étudiés : ceux dont la variation est censée donner une idée des actions liées au froid (granulométrie globale, granulométrie des cailloux, plaquettes de gel...) et ceux dont la variation est censée donner une idée des actions liées au réchauffement (taux et minéralogie de la matrice argileuse, indices d'altération, de porosité, concrétionnements,...). L'interprétation émise porte souvent sur des conditions paléoclimatiques de mise en place de chaque couche individualisée dans la stratigraphie du gisement. Telle couche sera considérée comme résultante d'une phase climatique moyennement froide, froide ou très froide selon les valeurs des paramètres considérés comme liés aux actions du froid. Telle autre couche sera au contraire considérée comme résultante d'une phase climatique plus ou moins tempérée en fonction des valeurs des paramètres liés à l'altération du sédiment. Ces principes généraux ont largement été appliqués par une dizaine de chercheurs français depuis une quinzaine d'années (Miskowsky, 1974; Laville, 1975) et ils ne semblent pas être globalement remis en cause actuellement.

Parfois cependant, certaines de leurs conclusions ou l'interprétation qu'on a voulu en déduire sont allées au-delà de leurs possibilités objectives. Ainsi les courbes climatiques proposées dans les synthèses, voire les concordances paléoclimatiques tirées de l'étude de sites parfois éloignés (Bordes *et al.*, 1972) donnent trop souvent l'illusion d'une possibilité d'enregistrement *en continu* de l'information chronologique et paléoclimatique. Je me suis moi-même laissé emporter par cette illusion (Campy, 1982) et le fait d'avoir décelé dans le Würmien ancien le même nombre de phases climatiques en Franche-Comté qu'en Périgord, m'a, à une certaine époque, procuré une vive satisfaction... jusqu'au moment où la comparaison entre les datations obtenues à partir d'un plancher stalagmitique (Chaline et Hennig, à paraître) et l'analyse des faunes de rongeurs de la couche immédiatement supérieure (Campy et Chaline, à paraître) a permis de mettre en évidence une lacune de l'ordre de 50 000 ans dans ce même Würmien ancien...

Il manque à cette discipline une dimension critique indispensable. Celle-ci doit être engagée dans le sens d'une remise en cause conceptuelle, se dégageant des aspects purement stratigraphiques et paléoclimatiques que lui réclamait l'archéologie. Une meilleure étude des phénomènes génétiques et de la dynamique de mise en place de ces formations devrait contribuer à mieux cerner leur message. C'est dans ce sens que l'étude qui suit les cortex d'altération des éléments calcaires voudrait modestement s'engager.

2 — MISE EN EVIDENCE ET ANALYSE D'UN PARAMÈTRE NOUVEAU : LES CORTEX D'ALTÉRATION DES ÉLÉMENTS CALCAIRES D'UN REMPLISSAGE DE PORCHE (GIGNY/S/SURAN, JURA)

2.1. Principe et technique

Habituellement, nous avons remarqué qu'en plus des paramètres pris en compte, les fragments calcaires des remplissages étaient porteurs de cortex d'altération variables. Il semblait donc intéressant de tenter d'établir une typologie de ces cortex et d'étudier leur répartition statistique, couche par couche, dans l'ensemble d'un remplissage. Pour cela, il était nécessaire d'étudier ces cortex sur un même type de roche-support, afin de supprimer le paramètre lié à la nature du calcaire.

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. Par exemple dans le site de Gigny (Campy, M1982) :

— Au niveau de la roche encaissante (Oxfordien supérieur de faciès rauracien), les prélèvements successifs ont révélé une grande homogénéité du faciès : les micrites dominent avec, localement, des petits bancs à ciment microsparitiques et oolithes micritisées

— 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 grossier de la couche XIX. Nous avons donc délibérément éliminé ce faciès pour cette étude et seulement retenu les cryoclastes de type micritique.

Entre 60 et 100 fragments cryoclastiques ont été retenus dans chaque niveau reconnu à la fouille. Lorsque ces niveaux sont plus épais, un échantillonnage a été fait environ tous les 20 centimètres. Les fragments retenus sont compris dans la classe granulométrique allant de 3 à 8 cm. Ils ont été sciés au niveau de leur plus grand diamètre, ce qui a permis une étude du cortex à l'œil nu et une centaine de lames minces ont été effectuées sur les principaux types définis afin d'effectuer un examen au microscope optique.

2.2. Typologie des cortex reconnus

Un certain nombre de fragments calcaires ne sont pas altérés, ou seulement très faiblement. Parmi les fragments altérés, une grande variété de cortex est présente, variété portant sur le type de cortex ou sur son épaisseur. Nous les avons regroupés en cinq types principaux, du moins épais au plus développé. Ces types ont déjà été décrits dans une note précédente (Campy, 1985). Nous les rappelons brièvement (fig. 1 et Pl. I : photos 1 et 2).

Type 1 (ex. Gi-VI-62) (photo 1)

- A l'œil nu : sur une surface sciée, le cortex apparaît comme un liseré blanchâtre à la périphérie de la roche saine (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 sont, par contre, pas affectés dans la zone corticale. Un épaissement plus sombre souligne la 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) (photo 2)

- A l'œil 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.

Type 3 (ex. Gi-XIXc-16) (photo 3)

- Sensiblement différent du précédent, ce type de cortex affecte surtout des oosparites à ciment microsparitique.

- A l'œil 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, fragment d'entroques) profondément micritisés. Certains d'entre eux présentent des recristallisations périphériques, ou plus rarement internes, de rhomboèdres clairs (calcitiques et dolomitiques).

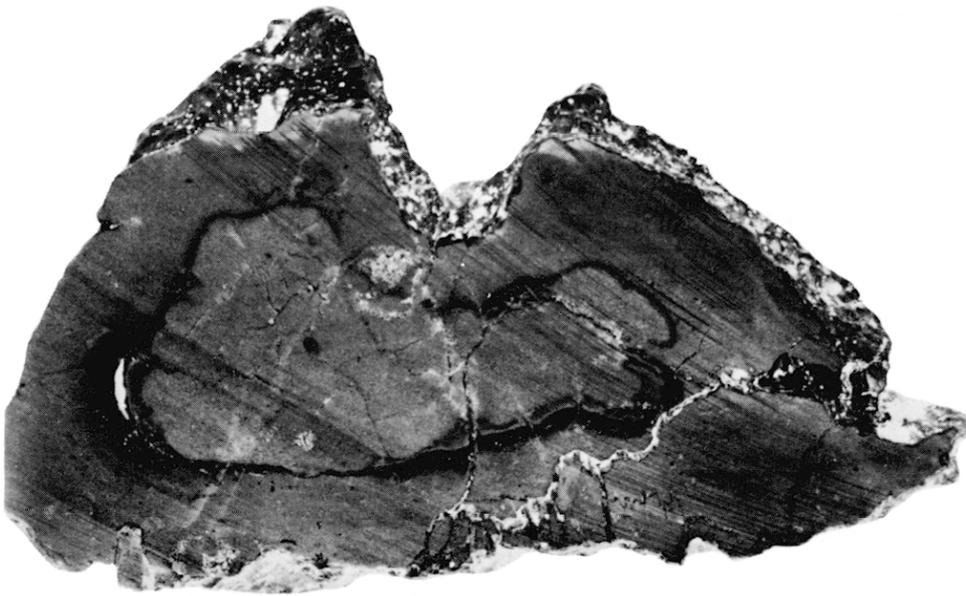
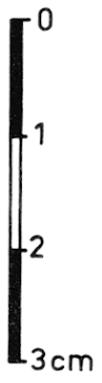
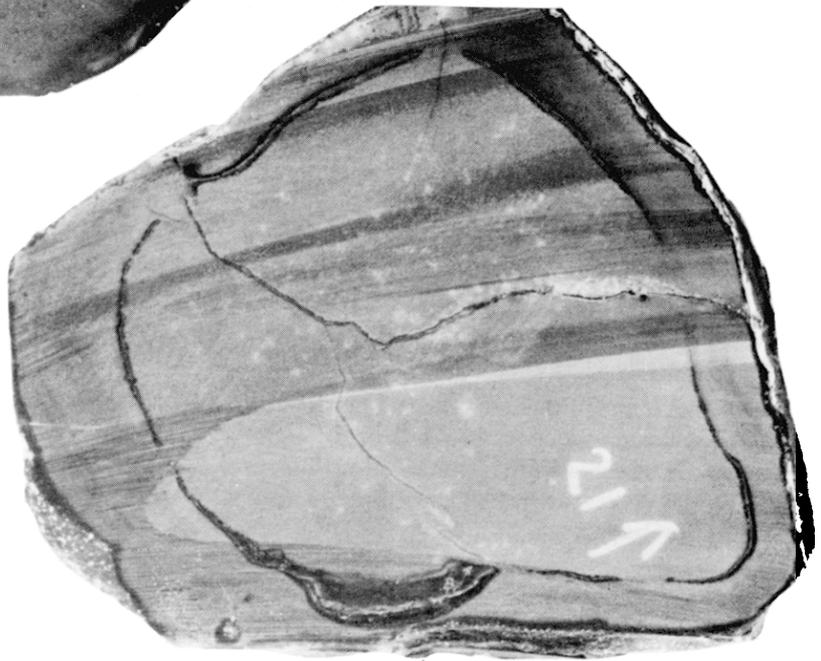
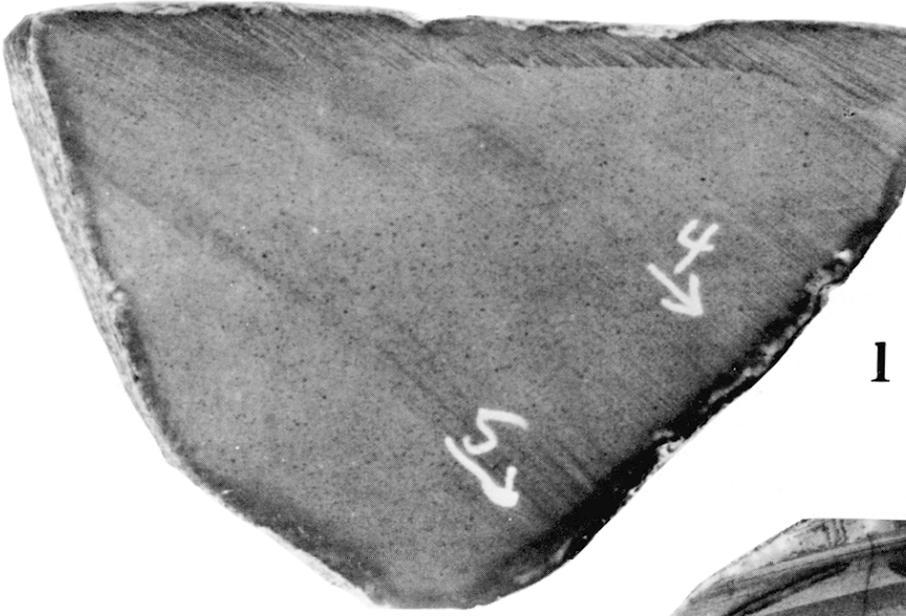
Type 4 (ex. Gi-XVIa-431) (photos 4 et 5)

- A l'œil 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.

Pl. I. — Principaux types de cortex d'altération des éléments calcaires (voir texte).

Pl. I. — Main types of weathering cortex in the calcareous pebbles (see text).

1. Type 1
2. Type 2
3. Type 3



● 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, de nature phosphatée, 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) (photo 6)

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.

A ces cortex qui affectent le calcaire des fragments cryoclastiques, on peut ajouter un autre type de structure secondaire qui se présente sous forme d'encroûtements 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 biocritique de la roche saine, et on peut voir des couches superposées granuleuses, séparées par des lits plus sombres.

Les conclusions provisoires que l'on peut donc exprimer portent surtout sur la diversité des types de cortex. Quelle signification peut-on tirer de cette diversité ? Peut-on considérer qu'elle est liée à un certain nombre de facteurs comme l'importance des percolations, l'ancienneté et la maturité du remplissage, l'influence climatique ou la vitesse du remplissage ? Il semble que les phosphates issus des os disséminés de manière à peu près régulière, sans zone de concentration dans le remplissage aient joué un rôle lors de l'élaboration de ces cortex puisqu'on en retrouve au niveau de discontinuités corticales. Pour tenter de répondre à ces questions, abordons le problème de l'éventualité d'une altération héritée.

2.3. Altération *in situ* héritée ?

Il est couramment admis que l'essentiel des fragments calcaires présents dans les remplissages de porche sont issus des parois latérales du réseau karstique dont ils se détachent par cryoclastie. Dans ce cas, on peut admettre que l'altération corticale ne s'est développée que *in situ* dans le remplissage. Mais il est possible aussi qu'une partie de ce matériel provienne des formations superficielles (sols et éboulis) présentes à proximité du porche où elles auraient pu pénétrer par colluvionnement. Dans ce cas, alors, l'altération corticale aurait pu se développer dans leur site initial et n'être pas révélatrice des conditions générales du remplissage.

Deux faits nous incitent à penser que ces cortex se sont bien développés *in situ*, c'est-à-dire dans le remplissage :

— Tout d'abord la présence de concentrations phosphatées dans les auréoles corticales nécessite la proximité d'ossements, principale source possible de phosphate. Ceux-ci sont abondants dans le remplissage, alors que leur présence ne peut être qu'accidentelle dans les sols surplombant le porche ou les porches éboulés.

— De plus, depuis les travaux de Pochon, nous

Pl. II. — Principaux types de cortex d'altération des éléments calcaires (voir texte).

Pl. II. — Main types of weathering cortex in the calcareous pebbles (see text).

4. Type 4

5. Type 5

6. Type 6



4



5



6

connaissions bien les processus d'altération des calcaires au niveau de la base des sols dans les conditions climatiques de la région considérée (Pochon, 1976). Ils se font par l'intermédiaire d'une pellicule d'altération qui n'excède jamais 1 mm d'épaisseur. L'altération progresse par dissolution des ciments micritiques et déchaussement des éléments bioclastiques et sparitiques. Ceux-ci alimentent une pellicule poudreuse fragile à la périphérie du fragment avant de se dissoudre à leur tour. Donc si de tels fragments calcaires avaient soliflué dans les remplissages, cette pellicule d'altération aurait rapidement disparu.

Nous pensons donc que les cortex observés se sont entièrement développés dans le remplissage. En conséquence, il est probable qu'ils soient représentatifs des processus d'altération *in situ*, développés après l'insertion des fragments calcaires dans le remplissage lors de sa diagenèse.

2.4. Répartition des différents types de cortex et encroûtements phosphatés dans un remplissage (Gigny/s/Suran) (fig. 2).

Les observations d'ordre général que l'on peut tirer de l'examen de cette courbe sont les suivantes :

2.4.1. 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.

2.4.2. En ce qui concerne la répartition des types de cortex, trois zones peuvent être distinguées :

* La zone supérieure (couches IX à XV) où dominent les cryoclastes sans cortex ou avec un cortex de type 1. 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).

* 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. Comparativement, ces deux maxima 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.

* La zone inférieure (couches XXI à XXVII)

apparaît comme une entité nettement différente des deux premières, caractérisée par de faibles développements corticaux compensés par d'épais encroûtements phosphatés. Cette zone inférieure semble avoir eu une évolution diagenétique particulière, liée probablement à la présence d'un plancher stalagmitique scellant la zone profonde.

3 — INTERPRÉTATION : SIGNIFICATION DE L'EXISTENCE ET DE LA RÉPARTITION DES CORTEX D'ALTÉRATION DANS LE REMPLISSAGE DE GIGNY

3.1. Le développement des cortex

Nous pouvons penser (cf. § 2-3) que ces cortex ne peuvent provenir d'un héritage à partir d'une altération développée sur les éléments calcaires *avant* leur mise en place dans le remplissage. Nous considérons donc qu'ils se sont formés *in situ*, sous la dépendance directe des percolations affectant les sédiments, les phosphates issus des ossements jouant un rôle important dans leur développement. Par ailleurs, ces ossements étant répartis de manière assez uniforme de haut en bas de la stratigraphie, il est impossible qu'il y ait une relation directe entre la concentration d'ossements et l'importance des cortex répartis irrégulièrement dans le remplissage (fig. 2). Il est donc probable que ces cortex constituent le résultat d'une altération, intégrée dans la diagenèse du sédiment.

3.2. La variété des empreintes corticales et leur répartition dans le remplissage

L'examen de la figure 2 nous permet de dire que cette altération corticale ne s'est pas faite de la même manière dans tous les niveaux du remplissage mais *couche par couche* ou ensemble de couches par ensemble de couches, peu de temps après leur dépôt. Il est peu probable en effet qu'une diagenèse globale ait produit une telle variété d'impressions corticales de haut en bas. Beaucoup de paramètres peuvent influencer le taux d'altération : l'importance des percolations, l'ancienneté ou la maturité du remplissage, les influences climatiques, la vitesse de sédimentation... Quoi qu'il en soit, et même en tenant compte de tous ces facteurs, nous considérons qu'une zone de discontinuité des impressions corticales correspond à une discontinuité de la sédi-

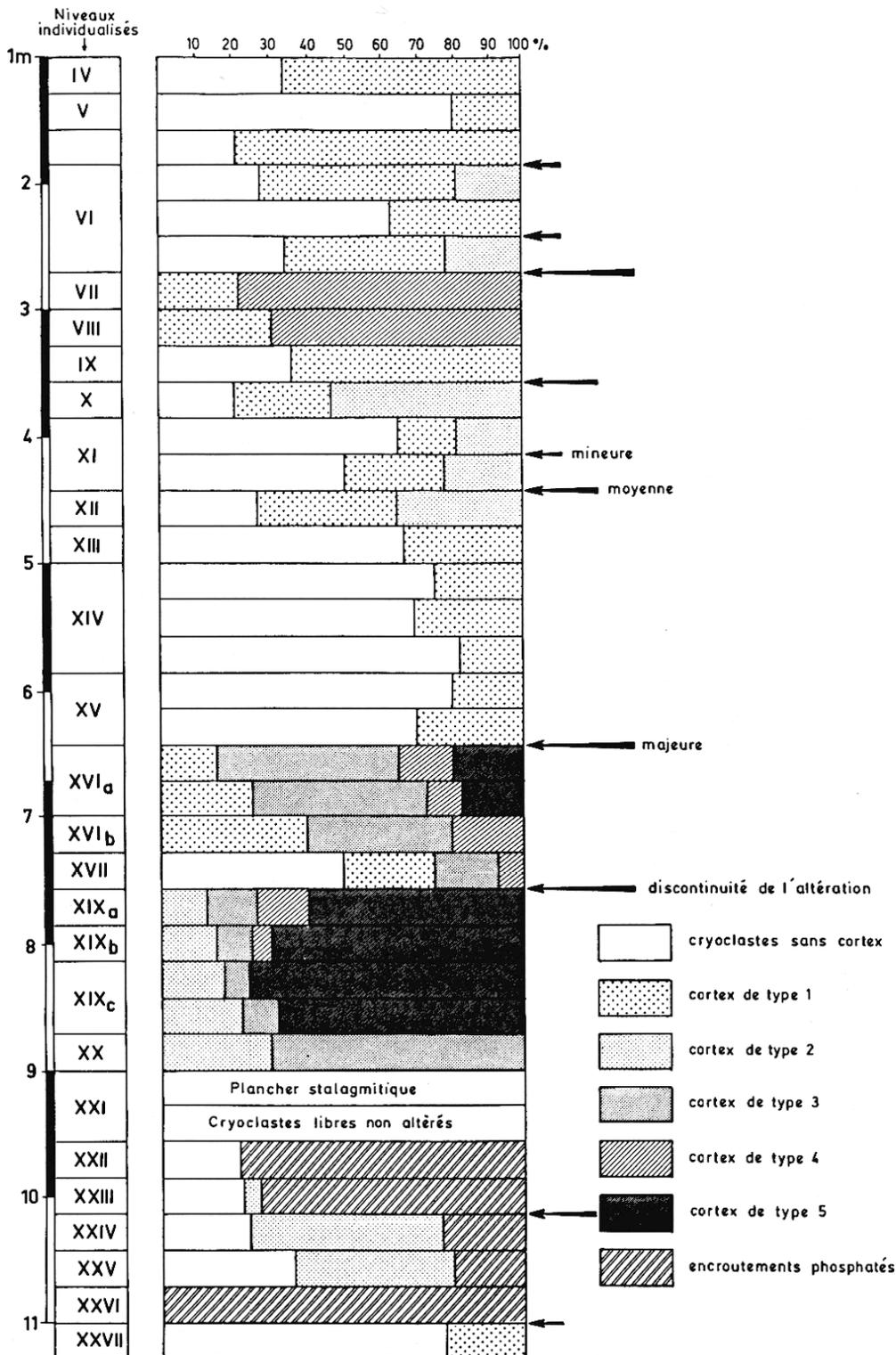


Fig. 2. — Répartition des différents types de cortex d'altération et des encroûtements phosphatés. Place des discontinuités majeures (grande flèche), moyennes (flèche intermédiaire) et mineures (petite flèche).

Fig. 2. — Distribution of the different types of weathering cortex and phosphate crusts. Major, medium and minor diastems are shown respectively by long, medium and small arrows.

mentation permettant aux phénomènes d'altération de mieux se développer. On peut d'ailleurs constater sur la figure 2 qu'en dessous de chaque disconti-

nuité, le taux d'altération exprimé par une plus ou moins importante impression corticale s'atténue en profondeur jusqu'à la prochaine discontinuité.

3.3. Signification relative à la dynamique sédimentaire

Nous pensons que chaque discontinuité majeure dans le développement des cortex d'altération correspond à une discontinuité sédimentaire (arrêt de sédimentation) ayant permis une altération *différenciée* des diverses couches. Ces lacunes ont d'ailleurs été mises en évidence par d'autres moyens (stratigraphiques, paléontologiques, datations absolues — Campy, 1985; Campy et Chaline, sous presse). Cette composante lacunaire, qui représente certainement un pourcentage de temps beaucoup plus important que la sédimentation elle-même, devrait être prise plus sérieusement en compte dans l'étude des séquences sédimentaires karstiques, considérées trop souvent comme complètes ou à peine interrompues.

BIBLIOGRAPHIE

- Bordes F. et al.**, 1972. — Le Würmien II. Tentatives de corrélations entre le Languedoc méditerranéen (L'Hortus) et le Périgord (Combe Grena) in La grotte moustérienne de l'Hortus, *Etudes Quaternaires 1*, sous la direction de H. de Lumley, p. 353-362.
- Campy M.**, 1982. — Le Quaternaire Franc-Comtois. Essai chronologique et paléoclimatique. *Thèse d'Etat de l'Université de Besançon*, 575 p., 222 fig.
- Campy M.**, 1985. — Continuités et discontinuités sédimentaires dans les sites archéologiques de porches de grotte. Implications sur les séquences palynologiques correspondantes. *Notes et monographies techniques n° 7, Colloque de palynologie Archéologique*. Ed. du C.N.R.S.
- Campy M., Chaline J. et al.** — Le site préhistorique de la Baume de Gigny/s/Suran (Jura). in *Monographie de Gigny* (à paraître).
- Chaline J., Hennig G.H.** — Datation du speleotème de Gigny par les méthodes uranium/thorium et résonance paramagnétique de Spin. In *Monographie de Gigny* (à paraître).
- Laville H.**, 1975. — Climatologie et chronologie du Paléolithique en Périgord : étude sédimentologique de dépôts en grotte et sous abris. *Etudes quaternaires 4*, Université de Provence.
- Miskovsky J.C.**, 1974. — Le Quaternaire du Midi méditerranéen. Stratigraphie et paléoclimatologie d'après l'étude sédimentologique du remplissage des grottes et abris sous roche. *Etudes quaternaires 3*, Université de Provence.
- Pochon M.**, 1976. — Les processus d'altération de quelques types de calcaires dans les sols du haut Jura Suisse. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), XVIII, 1, p. 33-39.
- Pochon M.**, 1978. — Origine et évolution des sols du haut Jura Suisse. *Mém. Soc. Helvét. Sci. Natur.*, XC, 190 p.