

Brèches "spéléotectoniques" de Crétacé jurassien

Autor(en): **Aubert, Daniel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **74 (1978-1979)**

Heft 354

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-277407>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN N° 233 des Laboratoires de Géologie, Minéralogie, Géophysique
et du Musée géologique de l'Université de Lausanne

Brèches «spéléotectoniques» du Crétacé jurassien

PAR

DANIEL AUBERT¹

Résumé. – Dans le Crétacé inférieur du Jura vaudois, il existe d'étranges masses de blocs et de cailloux, autochtones et agglomérés, qui remplissent des cavités du calcaire. Leurs parois et leurs éléments portent les marques d'une vigoureuse tectonisation.

Ces brèches, dites *spéléotectoniques*, ont pour origine le remplissage d'anciennes galeries karstiques par des blocailles, qui proviennent de la dislocation de leurs éponges par la poussée consécutive au plissement jurassien. Elles constituent donc un témoin des réseaux karstiques antérieurs à cet événement, autrement dit miocènes.

Zusammenfassung. – In den Kalken der unteren Kreide des Waadtländer Juras treten seltsame Anhäufungen von Blöcken und Gesteinsbruchstücken auf, die autochthonen Ursprungs sind und Hohlräume ausfüllen. Die Wände der Hohlräume sowie die sich darin befindlichen Bruchstücke weisen Zeichen einer starken Beanspruchung auf.

Diese Breccien werden als speleotektonisch bezeichnet. Sie haben ihren Ursprung in der Füllung alter Karst-Hohlräume durch Blöcke, welche sich während der Jurafaltung aus dem Nebengestein losgelöst haben. Sie können somit als Zeugen eines alten Karst-Systems aufgefasst werden, welches sich vor der Faltung gebildet hat, das heisst im Miozän.

En levant la feuille d'Orbe de l'Atlas géologique au 1:25 000, j'avais remarqué dans le Valanginien inférieur des poches remplies de brèches énigmatiques, qui furent mises en réserve pour une étude ultérieure. Dès lors j'en ai découvert d'autres, la plupart au même niveau, quelques-unes dans les autres étages du Crétacé inférieur.

L'intérêt de ces formations réside dans le fait qu'elles n'appartiennent à aucun des faciès bréchiqes habituels, car, en dépit d'une certaine localisation stratigraphique, elles ne sont nullement synsédimentaires, ni strictement tectoniques malgré les pressions dont elles portent les traces. Enfin,

¹ CH-1033 Cheseaux.

à ma connaissance, de tels conglomérats n'ont jamais été décrits, ni même signalés, dans le Jura, les brèches de SAUTIER (1855) aux Rousses (Jura), et celles de M^{me} GUILLAUME (1966) aux Chalesmes (Doubs), paraissant être d'une autre nature, ainsi que le contenu hétérogène des poches karstiques renfermées dans la couverture crétacée du versant interne de la chaîne (HÄFELI 1966).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

A l'exception d'un affleurement neuchâtelois, toutes les brèches observées ont pu trouver place sur la figure 1, sur le territoire de laquelle se sont concentrées mes recherches. C'est dire qu'il en existe certainement ailleurs, ainsi qu'à l'intérieur de cette zone, car leur découverte est conditionnée par la qualité des affleurements de Crétacé et dans bien des cas, ces formations doivent passer inaperçues ou se confondre avec des paquets broyés.

La plupart appartiennent au Valanginien inférieur, quatre sont contenues dans le Barrémien, une seule dans l'Hauterivien, celle de Neuchâtel-Vauseyon (coord. 559,95/204,35), qui m'a été signalée par M. MEIA. Cette inégale répartition stratigraphique peut s'expliquer par l'assiduité de mes recherches auprès du premier de ces étages et par le nombre de ses petits escarpements favorables à une observation attentive.

Sur la figure 1, la répartition des brèches est loin d'être uniforme; sur les vingt qui s'y trouvent, onze sont concentrées dans la vallée de l'Orbe et huit sont réparties le long de la chaîne du Mont-Tendre, tandis qu'aucune n'a été observée dans la vallée de Joux proprement dite.

DESCRIPTION DES BRÈCHES

Ces formations sont souvent difficiles à distinguer de la roche encaissante en raison de leur similitude pétrographique, et leur étude n'est pas facilitée par l'altération superficielle des calcaires et leur pellicule de lichens.

Leur examen a permis de constater que celles de la Dunanche (18), des Clées canyon (5) et de Ballaigues (7), constituent des cas particuliers dont les caractères spécifiques seront exposés plus loin. Les descriptions qui suivent concernent donc exclusivement les autres, que nous convenons de qualifier de «normales».

Les dimensions de ces brèches varient de quelques décimètres à quelques mètres. Elles peuvent prendre la forme de masses plus ou moins elliptiques (fig. 2 et photo 1), de placages appliqués à un escarpement, de lentilles, et le plus souvent, de paquets irréguliers déformés par la dislocation des parois (fig. 3). Leur existence n'est nullement liée aux plis ou aux failles de la chaîne jurassienne; au contraire, la plupart appartiennent à

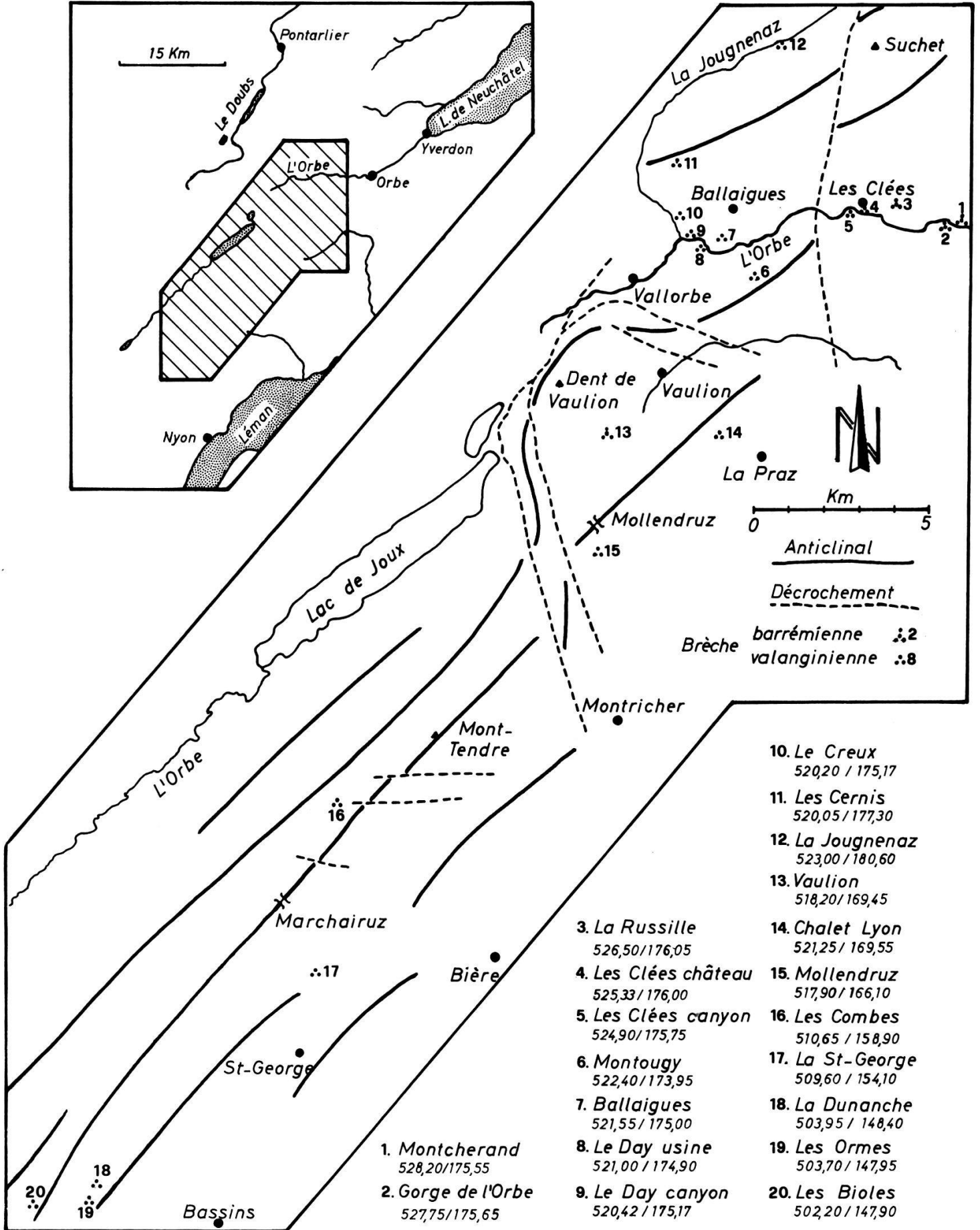


Figure 1. - Situation des brèches dans le Jura vaudois.

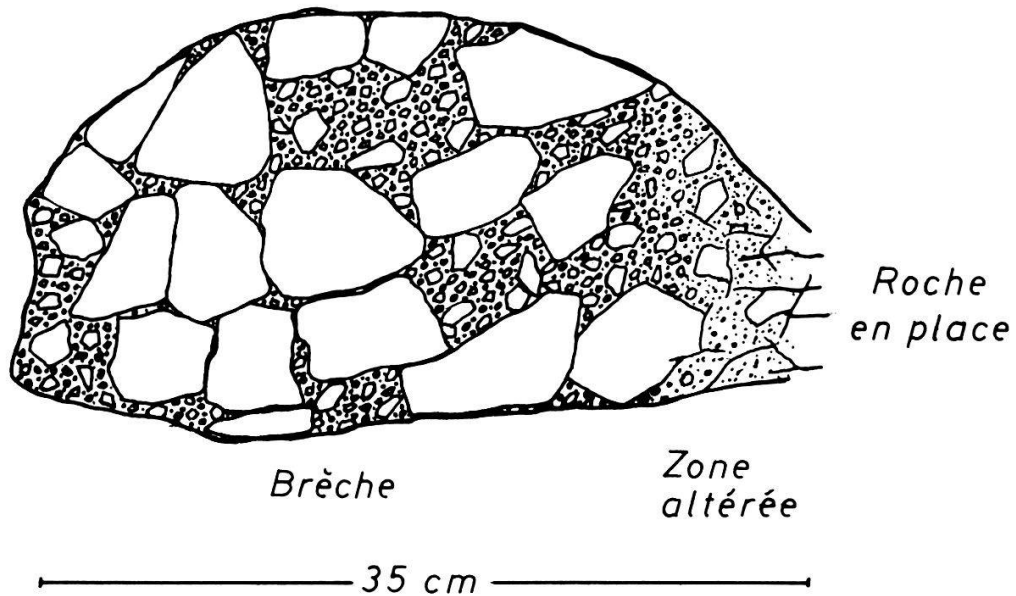


Figure 2. – *Les Ormes* (19).

des séries peu dérangées. En revanche, leur présence coïncide toujours avec de petits accidents tectoniques strictement locaux, flexures ou pendants désordonnés, bancs ployés, laminés, brisés ou disloqués, cassures et broyages, qui s'inscrivent dans les parois rocheuses des poches (fig. 4).

Alors que le plancher, rarement visible, ne montre que des boursouffures et des cassures peu prononcées, le plafond et les parois sont généralement disloqués et pénètrent dans la masse conglomératique par des saillies et des apophyses qui finissent par s'y incorporer. C'est ce que montre bien la figure 3, au centre de laquelle on distingue même un bloc de la brèche pincé dans une cassure du calcaire.

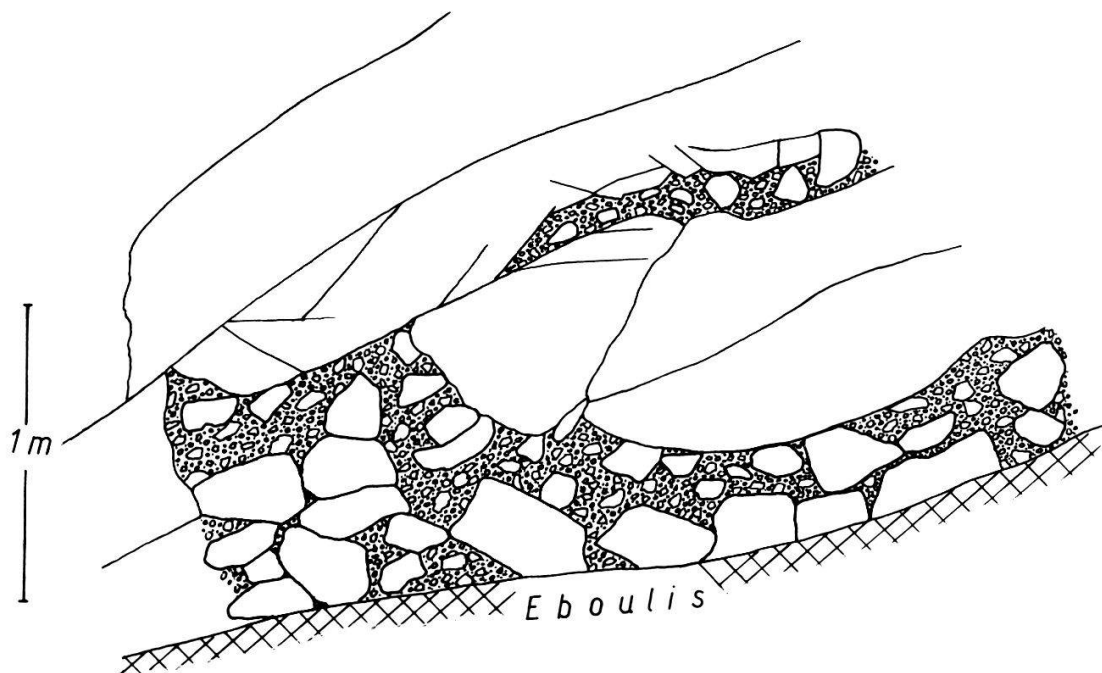


Figure 3. – *Les Bioles* (20). Dislocation des parois.

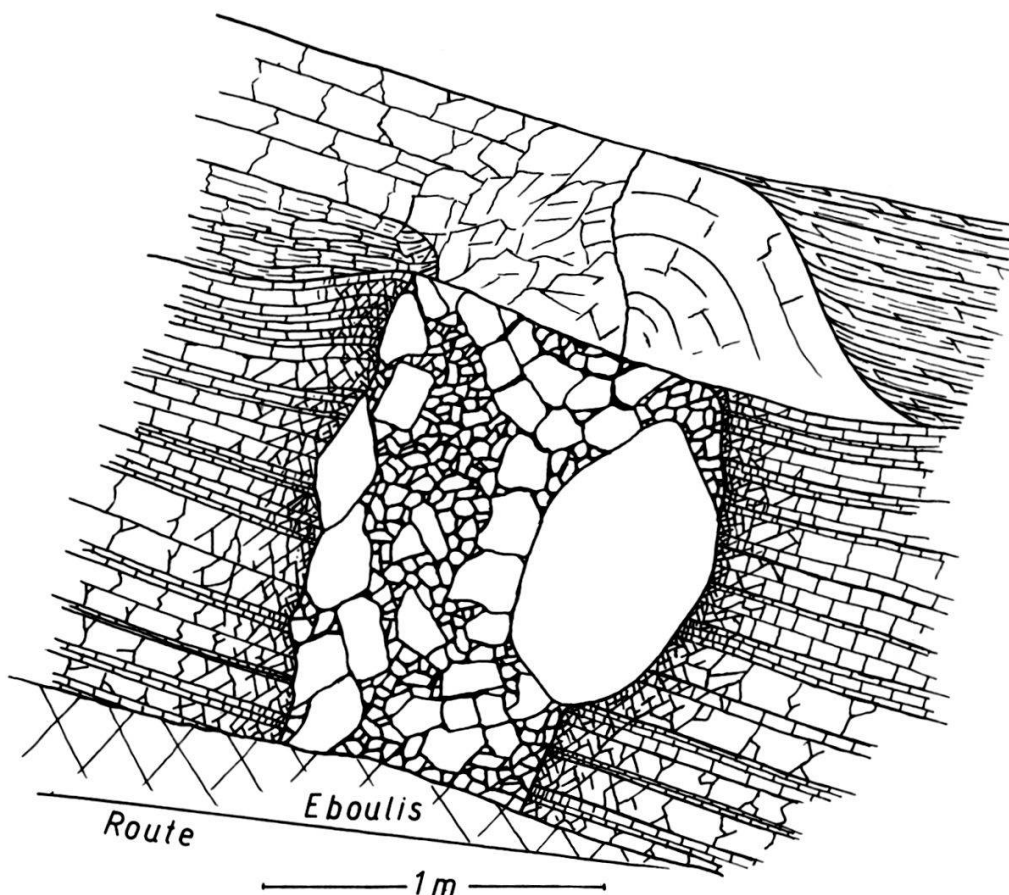


Figure 4. – *La Russille* (3). Brèche barrémienne. Déformation du toit rocheux.

Indépendamment de ces dislocations, les parois présentent en général une morphologie bosselée ou anguleuse, avec des accidents à la hauteur des fissures. Elles portent aussi comme les blocs, des traces de pression et de friction, stries, rainures et alvéoles, et par endroits, des cailloux incrustés.

ÉLÉMENTS DES BRÈCHES

Ces brèches sont des agrégats de fragments calcaires de toutes tailles, depuis les granules les plus fins jusqu'à des blocs de dimensions métriques. Parmi les centaines qui ont été examinés, aucun n'est originaire, d'une façon certaine, d'un autre étage que celui qui les renferme. La plupart, surtout les plus gros, proviennent de la roche encaissante, mais dans tous les affleurements existent des éléments plus ou moins nombreux appartenant à d'autres faciès du même étage.

Dans l'ensemble, l'hétérométrie est totale; cailloux et blocs sont disposés en vrac, sauf dans quelques cas où un début de structure est ébauchée par des zones d'éléments fins qui séparent les masses plus grossières ou enveloppent les blocs (photo 1).

La forme initiale de tous ces fragments est celle d'éclats détachés mécaniquement de la roche, avec par places, surtout sur les blocs, des vestiges d'une morphologie de corrosion. On n'y a trouvé aucun galet arrondi par l'action des eaux courantes.

Mais ces matériaux, qui à l'origine devaient être des sortes d'éboulis, sont étroitement adjacents, moulés les uns sur les autres et constituent une masse cohérente pétrie par une vigoureuse compression (photo 2). Tous leurs éléments en portent l'empreinte à part quelques blocs qui ont conservé leur forme polyédrique et leurs faces planes ou bosselées.

Beaucoup de cailloux ressemblent à des pyramides, à des coins ou à des fers de haches, avec des arêtes tranchantes ou émoussées, mais le plus souvent déformées, tordues et prolongées par des aspérités striées. Leurs faces, gauchies et défoncées par des alvéoles de pression, portent des stries de friction (photo 3) et des pics de stylolites obliques ou perpendiculaires à la surface. De petits fragments y sont incrustés. Des cailloux adjacents sont si étroitement appliqués, que la surface du premier constitue le négatif du second et quand on les sépare, des chicots de l'un restent insérés dans l'autre (photo 4). Des fossiles isolés ont subi des frictions, des déformations et des ruptures analogues.

Ces accidents superficiels impliquent l'existence de déformations internes qui se manifestent par des fractures, des lentilles de calcite, des surfaces striées, des stylolites, etc. En lame mince, on a pu constater l'existence d'une pellicule superficielle écrasée et altérée, délimitée par un réseau de stylolites.

Quant aux blocs, ils ont naturellement mieux résisté à la pression qui s'est exercée sur eux. Mais ils portent aussi des rainures dans lesquelles des cailloux sont emboîtés et des plans de cisaillement les sectionnent qui leur ont permis de se mouler les uns sur les autres ou de s'appliquer étroitement aux parois (photo 2).

MATRICE

La compacité des brèches provient de l'étroite imbrication de leurs éléments et non de la ténacité de leur matrice, jamais abondante d'ailleurs et souvent absente. En fait, il ne s'agit que de la partie la plus ténue de la brèche, constituée de particules arrachées aux matériaux plus gros, liées entre elles par un peu d'argile ou soudées par de la calcite. Ces fragments sont souvent écrasés ou déformés comme les gros.

La brèche des Combes, plus tectonisée que les autres en raison de sa situation dans un pli secondaire du Mont-Tendre, possède une matrice relativement abondante et consolidée par de la calcite dans laquelle on a pu découper des lames minces. Leur examen a révélé que ses parcelles calcaires ont subi la même déformation que les cailloux avec des résultats

analogues (fig. 5 et 6). M. REMANE, qui a bien voulu examiner ces préparations n'y a pas découvert de granules attribuables à un niveau supérieur au Berriasien; les grains de quartz et les fragments de calcaire gréseux qu'elles renferment peuvent provenir des unités gréseuses de cet étage et les Foraminifères appartiennent aux formes les plus banales du même niveau. Ainsi l'examen microscopique du ciment confirme nos conclusions sur l'autochtonie de ces brèches.

Comme le matériel grossier, le ciment ne renferme aucun débris de concrétions, ni de pisolites. En revanche des taches de bolus sidérolithique, souvent comprimées et striées, colorent fréquemment la paroi de la cavité ou la surface de cailloux isolés, surtout dans les brèches barrémiennes, mais jamais la masse elle-même, preuve que sa mise en place est postérieure à l'infiltration sidérolithique qui date de l'Eocène.

Dans tous les affleurements, les joints des cailloux adjacents sont matérialisés par une pellicule brune, de consistance argileuse, plus épaisse dans les zones fortement comprimées. Il en existe aussi de minces films sur les plans de cisaillement et le long des stylolites de l'intérieur des galets. Il doit s'agir d'un résidu de dissolution sous l'effet de la contrainte, avec adjonction possible d'argiles d'altération à la surface des cailloux.

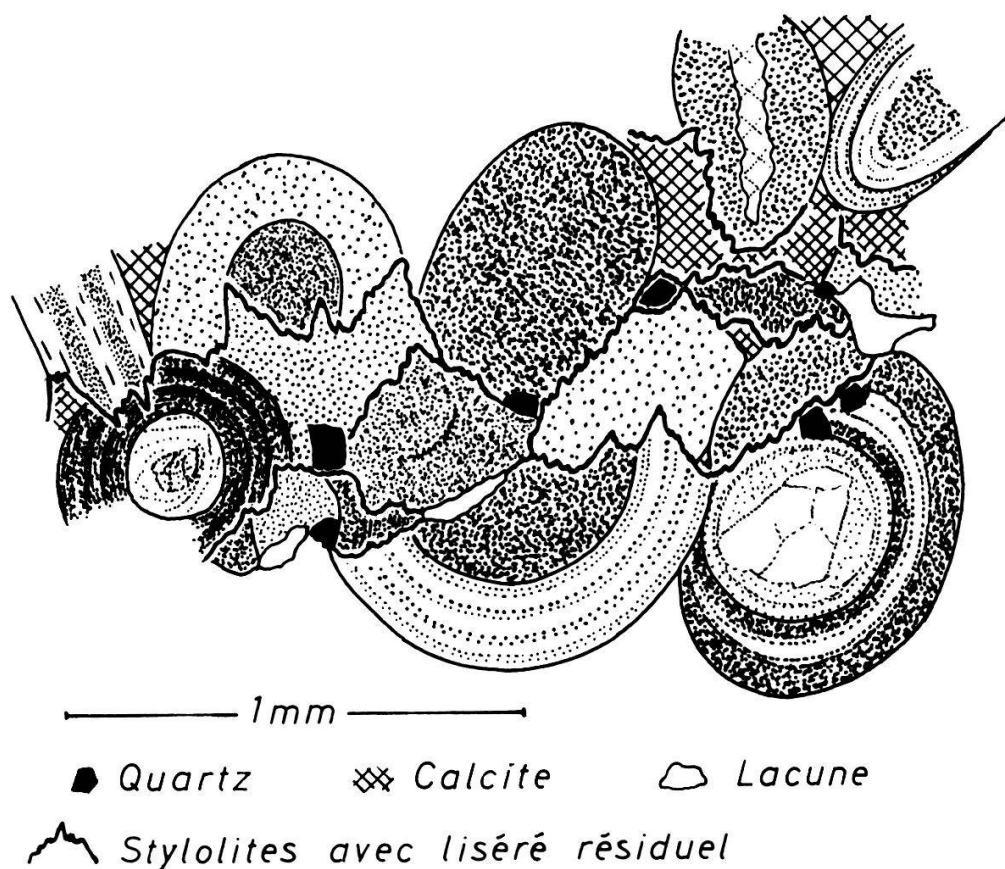


Figure 5. — *Les Combes (16)*. Petit fragment de calcaire à gravelles comprimé suivant des lignes de dissolution (stylolites) avec grains de quartz piégés.

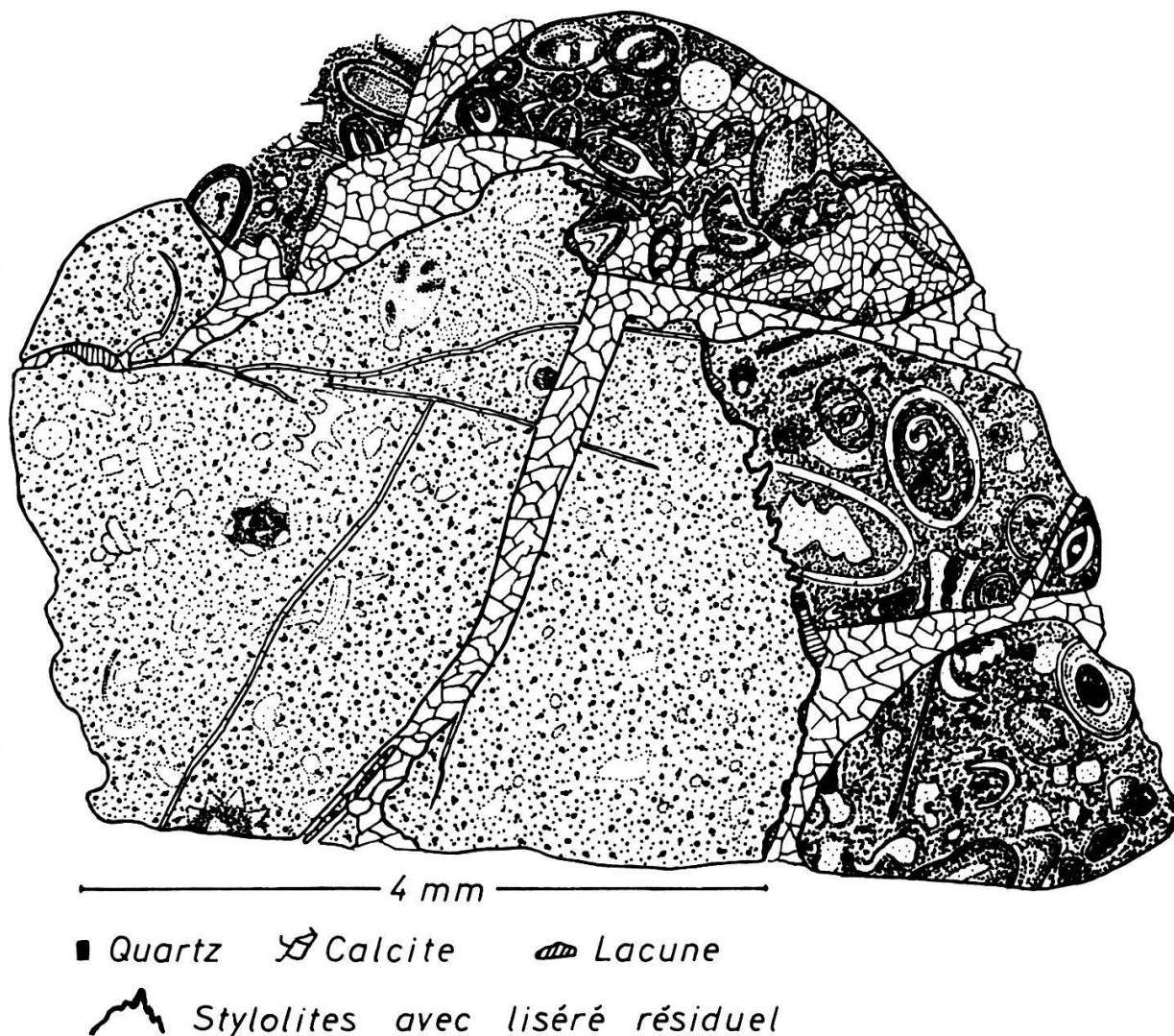


Figure 6. – *Les Combes (16)*. Deux fragments de faciès différents fissurés et comprimés l'un contre l'autre. Le contact est marqué par une ligne de dissolution (stylolites).

L'affleurement de la Russille (3) qui a fourni des échantillons peu altérés, ainsi que celui des Cernis (11) qui a pu être exploité à l'explosif, renferment tous deux de petites lentilles de marne malléable, grise ou verdâtre, écrasée entre les cailloux, accumulée dans les dépressions ou encore injectée dans les crevasses. A la Russille, celle qui est appliquée à la paroi rocheuse, en a protégé la surface de toute altération. En outre elle renferme par places de minuscules galets mous, ovoïdes, et des fragments calcaires de quelques millimètres, que sa plasticité a protégés de la pression des gros. Or leurs arêtes et leurs sommets sont émoussés et polis, et chez quelques-uns, des cristaux d'oxyde de fer sertis à leur surface, portent aussi des traces d'usure. Il s'agit donc vraisemblablement de minuscules galets transportés par les eaux courantes.

Ces marnes ont subi la même tectonisation que les cailloux des brèches, mais parmi ces matériaux grossiers, cette espèce d'enduit plastique avec ses petits galets roulés, constitue un élément à part qui doit avoir une origine distincte de celle de la masse bréchique.

CAS PARTICULIERS

BRÈCHES AU TOIT DU PURBECKIEN (CLÉES CANYON I.5)

La paroi valanginienne du versant droit de l'Orbe, 500 m en amont du village des Clées, présente à son pied plusieurs poches de brèches. Leurs voûtes sont irrégulières et broyées, et à la base de chacune affleurent des bancs de Purbeckien localement désorganisés et fragmentés. Il existe donc là deux types de brèches: la valanginienne, contaminée par quelques éléments du niveau sous-jacent, et la purbeckienne, résultat de l'écrasement des calcaires de ce faciès, et qui n'a rien de commun avec les brèches sédimentaires qui le caractérisent. Elle en diffère par l'absence de cailloux portlandiens, par la forme polyédrique et anguleuse de ses éléments, et par le fait que les intervalles sont occupés soit par des lacunes, ou de la calcite, soit par des agglomérats de petits éclats soudés par un ciment jaunâtre.

BRÈCHES INCOMPLÈTEMENT ÉVOLUÉES

Moins tectonisées que les «normales», ces brèches présentent un intérêt particulier en raison des caractères initiaux qu'elles ont conservés et qui permettent de mieux concevoir leur origine et le déroulement de leur évolution.

BRÈCHES DES CLÉES CANYON II (5)

Ces deux affleurements se trouvent à quelques mètres l'un de l'autre, dans un angle rentrant de l'escarpement de Valanginien. Leurs voûtes ne sont pas disloquées; celle de la figure 7 épouse la forme d'une flexure

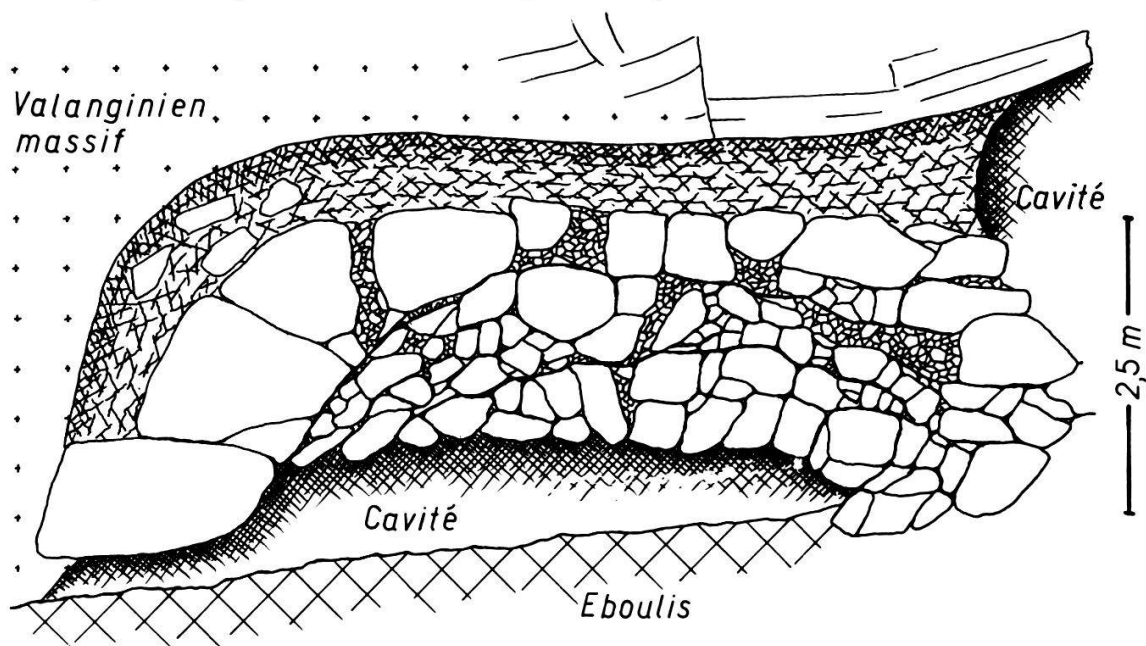


Figure 7. — Les Clées canyon II (5). Vestiges de strates de la brèche, ployées par la flexure du toit calcaire.

anticlinale, et la seconde (fig. 8) se présente comme un plan incliné. Elles appartiennent à une roche d'apparence massive, due à un broyage énergétique qui a effacé toute trace de stratification. La première brèche repose sur du Purbeckien broyé qui affleure au fond d'une cavité; la seconde sur le Valanginien en place situé un peu plus bas.

Toutes deux sont caractérisées par une relation de structure entre le plafond et le conglomérat. Sur la figure 7, le niveau supérieur de la brèche comprend une série de blocs qui proviennent visiblement de la fragmentation d'une strate ployée par la flexure. Au-dessous, deux couches un peu confuses d'éléments plus petits, reproduisent grossièrement la même forme. Dans l'autre, certains blocs ont été redressés presque à la verticale par une poussée qui s'est exercée sur la blocaille de la droite vers la gauche.

Il semble donc que l'une et l'autre soient d'anciens éboulis de caverne, dérangés, comprimés et déformés par la flexure anticlinale ou par la pression de la masse surincombante. De l'examen de leurs éléments, il ressort

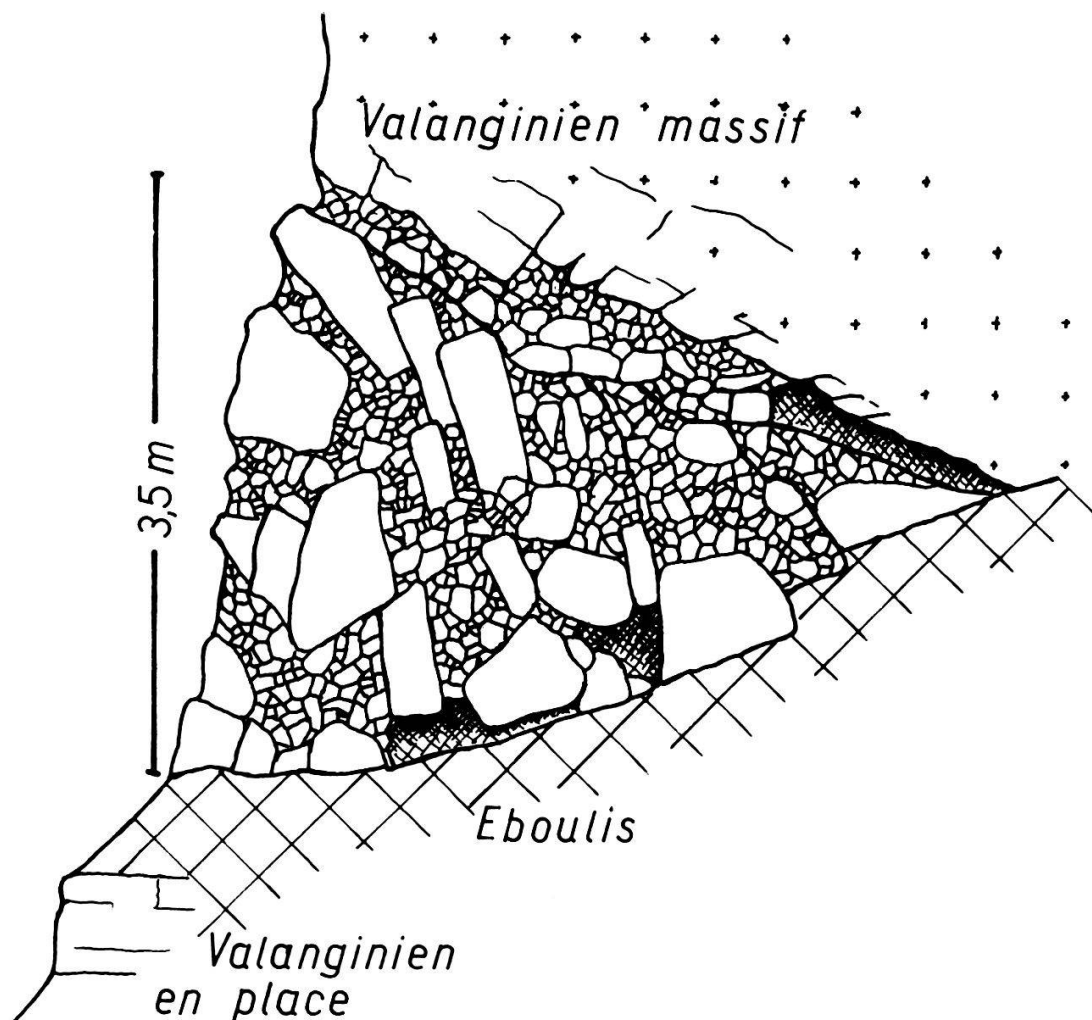


Figure 8. - Les Clées canyon II (5). Blocs redressés par une poussée latérale.

que la compression a été moins énergique que dans les brèches «normales». Les blocs sont peu déformés et si les matériaux plus petits qui les emballent portent bien les traces habituelles de friction, les lacunes sont plus nombreuses et les dépôts de calcite plus abondants.

BRÈCHES DE LA DUNANCHE (18)

L'escarpement de Valanginien qui limite au N et au NW le pâturage de la Dunanche, est perforé par un grand nombre de poches remplies de brèches, dont plusieurs coïncident avec des excavations rocheuses. Leurs dimensions sont exceptionnelles, jusqu'à 20 m horizontalement et près de 8 m en hauteur; celles de leurs plus gros blocs également. En général leurs parois n'ont pas subi d'importantes dislocations et chez plusieurs la masse présente un début de structuration. La figure 9 par exemple montre un énorme bloc sous le poids duquel les cailloux se sont grossièrement disposés en enveloppes concentriques. Enfin, les traces de friction sont peu prononcées et les cailloux, moins étroitement jointifs qu'ailleurs, constituent une masse perméable qui a fonctionné comme drain hydrologique.

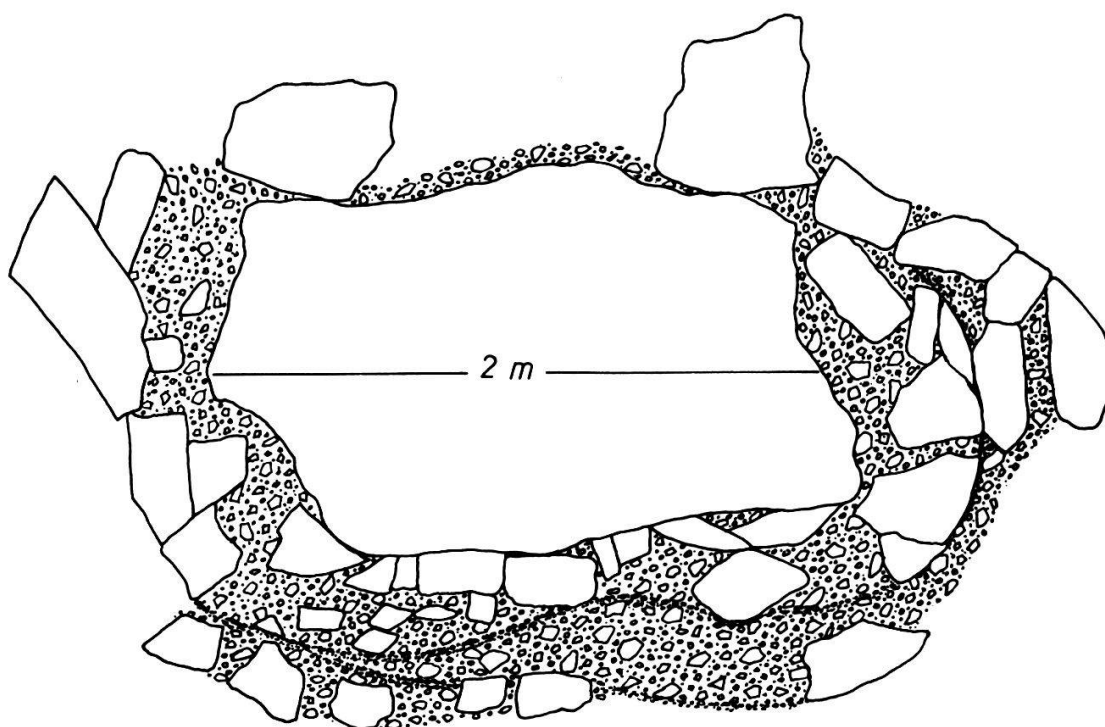


Figure 9. – *La Dunanche* (18). Disposition concentrique des éléments de la brèche, autour d'un gros bloc.

Ces particularités sont plus frappantes encore dans un des affleurements occidentaux (fig. 10). La base comprend une couche continue de petits fragments sur laquelle reposent en concordance des blocs disposés plus ou moins horizontalement. Par-dessus, sur une hauteur de plusieurs mètres, s'élève un édifice impressionnant de blocs empilés en position de déséquilibre et maintenus en place par des soudures concrétionnaires à leurs points de contact. De spacieuses lacunes les séparent. Au sommet enfin, la blocaille passe presque insensiblement à des strates délabrées, puis au plafond rocheux.

Comme ceux des autres brèches, les éléments ont été marqués par la compression qu'ils ont subie, mais seulement aux points de pression et sur quelques surfaces de friction.

CONCLUSIONS

Les observations qui précèdent confirment la remarque énoncée au début, à savoir que ces brèches ne sont nullement des formations synsédimentaires, ni des brèches de friction ou de simples éboulis de cavernes, pas

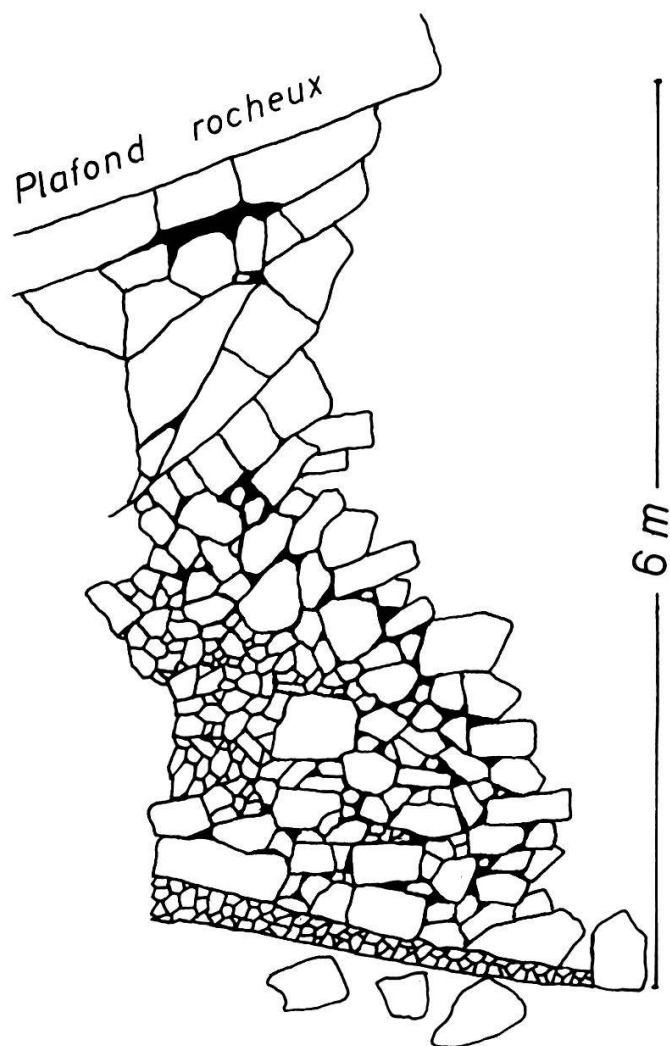


Figure 10. – *La Dunanche (18)*. Brèche lacuneuse. Du sommet à la base: roche en place; bancs disloqués; brèche lacuneuse de blocs déséquilibrés mais soudés; blocs horizontaux; couche continue d'éléments plus petits.

plus que le remplissage polygénique et exogène de cavités karstiques. La seule hypothèse plausible qui se présente à l'esprit est celle d'une origine «spéléotectonique», combinant l'accumulation de blocailles dans d'anciennes cavernes et leur tectonisation par la pression de la roche encaissante.

Le caractère spéléologique du «vide» occupé par les brèches est indiscutable pour celle des Ormes (fig. 2), où elles remplissent un boyau percé à l'emporte-pièce en pleine paroi. Ailleurs, la relation paraît tout aussi évidente quand on considère, comme sur la figure 4, la façon dont ces cavités perforent la masse rocheuse et interrompent la stratification, et si l'on se souvient que le relief de leurs parois, quand elles ne sont pas trop disloquées, rappelle par places la morphologie de dissolution.

Quant à l'origine des cailloux, leur autochtonie et leur forme initiale d'éclats, les dimensions métriques des plus gros et l'absence de matériaux roulés, ne s'expliquent que par l'éboulement ou la dislocation des parois et de la voûte. C'est naturellement dans les brèches les moins dérangées par la tectonisation que cette relation apparaît avec le plus de netteté. Ainsi aux Clées canyon II (fig. 7), la stratification originelle est toujours perceptible dans la masse bréchique, tandis qu'à la Dunanche (fig. 10), on distingue encore la façon dont la brèche a été alimentée par la dislocation du plafond, au moment où le mécanisme a été bloqué par l'immobilisation de la masse. Enfin l'influence de la gravité est démontrée par le gros bloc de la figure 9 qui n'a pu déranger ses voisins que sous l'effet de son propre poids.

De son côté, la tectonisation a laissé des traces partout. Les corpuscules du ciment, les cailloux et les blocs aussi bien que les parois, en portent la marque. Mais, d'un gisement à l'autre, ses effets sont plus ou moins prononcés. Relativement faibles dans les brèches lacuneuses de la Dunanche, plus accusés dans celles des Clées canyon II, ils atteignent leur maximum dans les blocailles «normales» pétries par la pression exercée par leurs parois, en liaison avec de petits accidents tectoniques locaux. Il est clair que cette compression, qui a transformé mécaniquement des éboulis de cavernes en brèches cohérentes, ne peut avoir d'autre cause que l'orogénèse jurassienne.

Dans la littérature que nous avons consultée et qui est évidemment bien incomplète, il existe de nombreux exemples de cavités souterraines comblées de matériaux d'origine superficielle (MARTINI 1962; GIGNOUX et MATHIAN 1952). En revanche nous n'y avons trouvé aucune description de brèches semblables aux nôtres, tout au plus quelques présomptions de leur existence. Ainsi RAGUIN (1942), en présence des formidables accumulations d'éboulis dans les cavernes pyrénéennes de Riusec, se demande si certaines brèches considérées comme tectoniques, ne s'expliqueraient pas mieux par des effets d'éroulement dans une période continentale antérieure. Cet exemple est repris par TROMBE dans son traité de spéléologie (1952, p. 247).

PH. RENAULT (1970, p. 111) signale la rareté du phénomène, par lequel les remplissages de grottes très anciennes sont écrasés et leurs parois fragmentées par une déformation tectonique. Enfin MATTAUER (1973, p. 266), dans son traité sur les déformations des matériaux de l'écorce terrestre, fait allusion à des brèches d'éroulement soumises à une déformation, et qui peuvent avoir des volumes importants et des limites contournées.

LE KARST MIOCÈNE

On sait que le plissement de la chaîne jurassienne, dont l'une des conséquences est la tectonisation de nos brèches, date du Tardipontien². Les cavités où s'accumulèrent les blocailles originelles existaient donc à la période précédente, au Miocène. Dans leur état actuel, avec leur remplissage bréchiq ue, elles constituent donc un témoin du karst de cette époque.³

ANCIENS KARSTS

L'existence d'anciens karsts, se succédant du Crétacé à l'époque actuelle, est bien connue et n'a rien de surprenant, tant il est vrai que toute aire continentale calcaire, exposée à un climat humide, ne peut échapper à l'agression des eaux corrosives, en profondeur comme en surface.

Dans un travail antérieur (AUBERT 1975), nous en avons signalé plusieurs: celui de l'Aptien (BERTSCHY 1958) recouvert par les sédiments albiens; un second à l'Eocène, caractérisé par ses dépôts sidérolithiques conservés sous la molasse lacustre; un plus récent enfin, fossilisé par la transgression burdigalienne. Mais, faute de sédiments pliocènes pour les sceller, on ne connaissait pas jusqu'ici de formes karstiques datant du Miocène proprement dit, à part les dépressions des Arsures, non loin de Salins (Jura), comblées de conglomérats attribués au Pontien (OBERT et MEON-VILAIN 1970).

APERÇU SUR LE KARST MIOCÈNE

On peut essayer de remonter des brèches au réseau karstique dont elles sont issues, en partant de l'observation des premières pour aboutir à la connaissance du second. En premier lieu nous n'envisagerons que les brèches «normales».

Quelques-unes de leurs propriétés les plus significatives vont nous mettre sur la voie: leur stricte autochtonie; l'absence de galets roulés et

² Le charriage jurassien de la bordure bressane a pu être daté avec précision. Ailleurs, où l'on ne dispose d'aucune donnée, il est possible que le plissement ait été plus précoce, plus tardif ou se soit étalé sur une période plus ou moins longue, ce qui grève l'âge de notre karst d'une certaine indétermination.

³ Ce karst existait au Miocène, mais il n'est pas exclu qu'il ait commencé à se former plus tôt.

autres matériaux transportés, à part de minimes exceptions; et enfin le manque total de débris de concrétions. Ces caractères correspondent à ceux des conduites syngénétiques définies par RENAULT (1967-68, 70), dites aussi conduites forcées, qui ont la particularité d'être forées par des eaux rapides et en charge, d'où leur section plus ou moins elliptique, leurs parois lisses et l'absence de concrétions et de sédiments à l'exception de minces tapis d'argile.

Le rapprochement se justifie donc entre les galeries de ce type et les cavités renfermant les brèches. L'identité est évidente avec celles dont la section est encore visible (fig. 2 et 4). Elle est vraisemblable pour les petites poches dont les parois n'ont été que partiellement déformées, comme celles de la Jougnenaz, de la St-Georges, du Creux (photo 1) et les barrémiennes de Montcherand, Vaulion et gorges de l'Orbe. Il est donc permis de penser que cette relation existe aussi avec les autres brèches «normales», dont l'enveloppe rocheuse a été disloquée ou demeure invisible.

Dans deux cas (Cernis et la Russille) la présence d'un enduit argileux, accompagné dans l'un d'eux de particules usées et de minuscules galets mous, ne contredit pas cette conclusion, au contraire. Ce sont les témoins de l'époque où les galeries étaient encore actives.

Nous avons donc de bonnes raisons d'admettre que les cavités génératrices de brèches étaient du type syngénétique et qu'elles appartenaient très probablement au réseau noyé. Mais cette hypothèse présente une difficulté du fait que les parois de telles conduites n'ont pu se désagréger spontanément pour alimenter les éboulis dont proviennent les brèches. Un tel accident n'a pu se produire qu'à la suite d'une rupture des équilibres hydrologiques et tectoniques qui déterminaient l'existence et les caractères du réseau.

Deux hypothèses peuvent être envisagées:

A la suite de modifications hydrogéologiques, climatiques ou autres, les galeries se seraient asséchées, phénomène qui s'accompagne généralement d'éboulements, mais aussi de la prolifération des concrétions.

Ou bien c'est la tectonique qui serait la cause directe de la dislocation des parois et de l'accumulation des blocs; autrement dit, dans ce cas, plissement de la chaîne, déformations au voisinage des cavités, désagrégation des parois, comblement des galeries et compression des éboulis, seraient des phénomènes synchrones et conséquents les uns des autres, ce qui ne signifie pas nécessairement que leur durée ait été brève.

Les caractères des brèches s'accordent d'une manière satisfaisante avec cette seconde hypothèse. Toutefois, pour expliquer le maintien de la section elliptique de certaines poches (fig. 2 et 4), il faut admettre que la masse éboulée en un point a pu bourrer un tronçon voisin encore à peu près intact. Du reste seuls les compartiments remplis de blocaille ont été conservés sous forme de brèches; des autres il ne doit subsister que quelques discontinuités confondues avec les accidents habituels de la roche.

INTERPRÉTATION DES BRÈCHES INACHEVÉES

Ces considérations ne s'appliquent pas sans réserves aux brèches incomplètement évoluées, qui possèdent encore les traces d'une accumulation initiale, alimentée par l'éboulement libre de la voûte (fig. 9 et 10). Cette structure originelle a été plus ou moins modifiée par la contrainte tectonique, mais la position déséquilibrée des blocs de la figure 10 et leur redressement sur la figure 8, montrent que la compression s'est appliquée dans les deux cas à une masse qui ne remplissait pas entièrement la cavité. C'est ce qui a permis à ses éléments de se déplacer les uns par rapport aux autres et ce qui explique que la tectonisation soit relativement faible et les lacunes spacieuses.

Dans ces énormes poches bréchiques, on retrouve donc quelques caractères des cavernes asséchées et éboulées, mais jamais les concrétions qui s'y développent habituellement. Il n'est donc pas possible de les assimiler sans hésitations à d'anciennes cavités asséchées, comblées d'éboulis de gravité et comprimées après coup. Peut-être s'agit-il, comme dans les brèches «normales» de galeries syngénétiques, mais suffisamment vastes pour que les produits de désagrégation par contrainte des parois et de la voûte, aient eu assez d'espace pour s'accumuler librement avant d'être atteints par la compression. De toute manière, les traces indiscutables de tectonisation que possèdent ces brèches sont garantes de leur ancienneté. Leurs cavités sont antérieures à l'orogénèse jurassienne et appartiennent comme les autres au karst miocène.

LE RÉSEAU MIOCÈNE

Avant l'érection de la chaîne, les calcaires jurassiens constituaient en gros une série monoclinale, faiblement inclinée au SE, où elle disparaissait sous la couverture molassique. Sa surface topographique, de même inclinaison, tranchait donc successivement et sous un angle très aigu, la molasse, le Crétacé inférieur et le Jurassique supérieur (AUBERT 1975). Les eaux qui s'infiltraient dans les calcaires alimentaient des réseaux hydrographiques souterrains du type des plateaux, à grandes galeries horizontales.

Les cavités, dont les brèches nous ont révélé l'existence, appartenaient à des réseaux crétacés, limités en profondeur par les niveaux étanches du Purbeckien ou de l'Hauterivien inférieur, et barrés latéralement par le revêtement molassique. On n'en connaît pas d'équivalents dans le Jurassique. Leurs exutoires, dont la position était déterminée par le contact de la molasse et du calcaire, devaient alimenter des cours d'eau du bassin molassique. On peut supposer que l'une de ces sources jaillissait dans la zone occupée aujourd'hui par la vallée de l'Orbe, où le groupement des brèches implique une concentration de l'ancienne circulation profonde, qui y bénéficiait peut-être du drainage opéré par les accidents tectoniques qui y

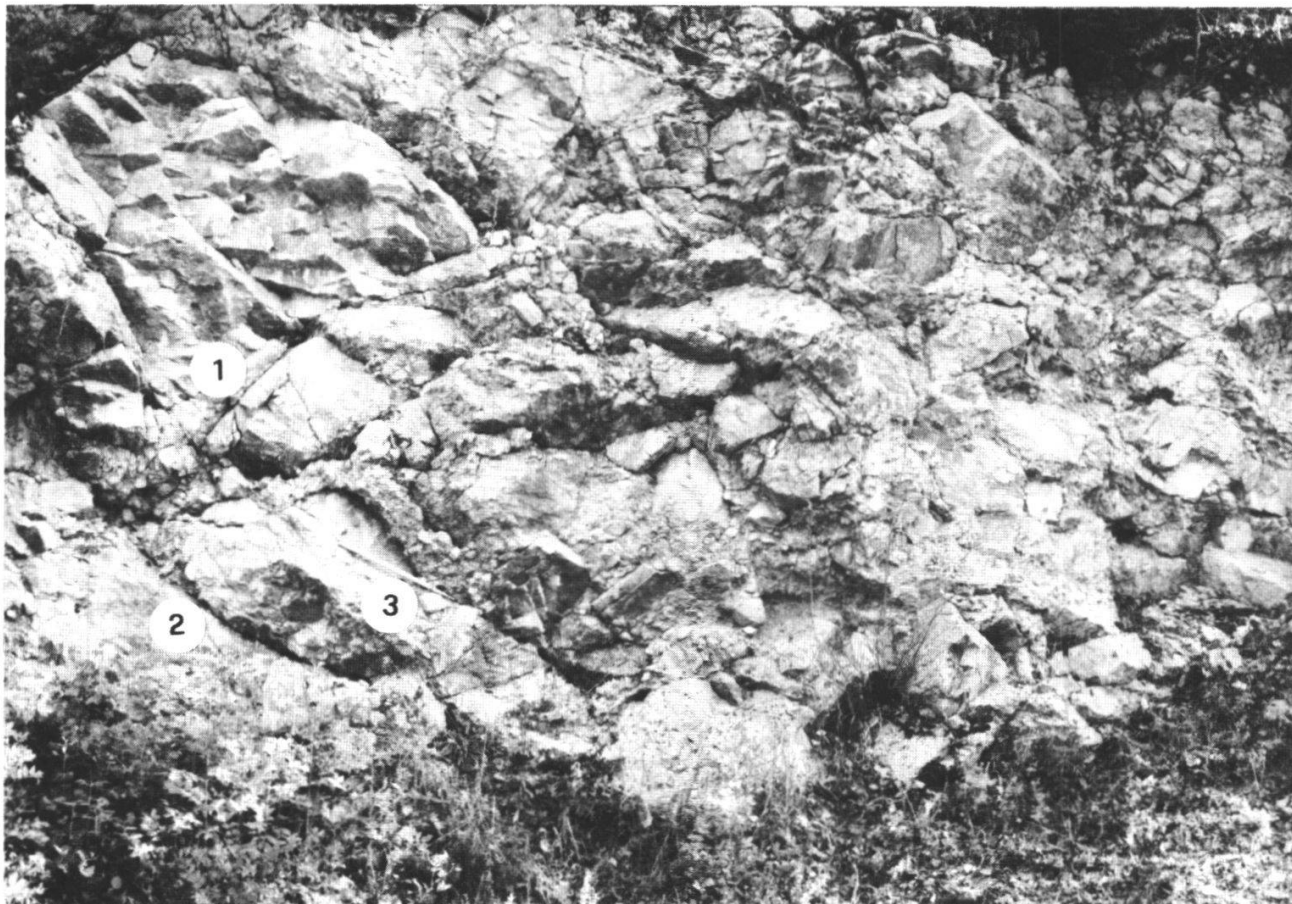


Photo 1. – *Le Creux (10)*. A gauche la limite de la brèche et des calcaires disloqués est indiquée par deux lignes courbes convergentes (1 et 2). L'échelle est indiquée par un piolet (3). Photo J.-P. GUIGNARD.

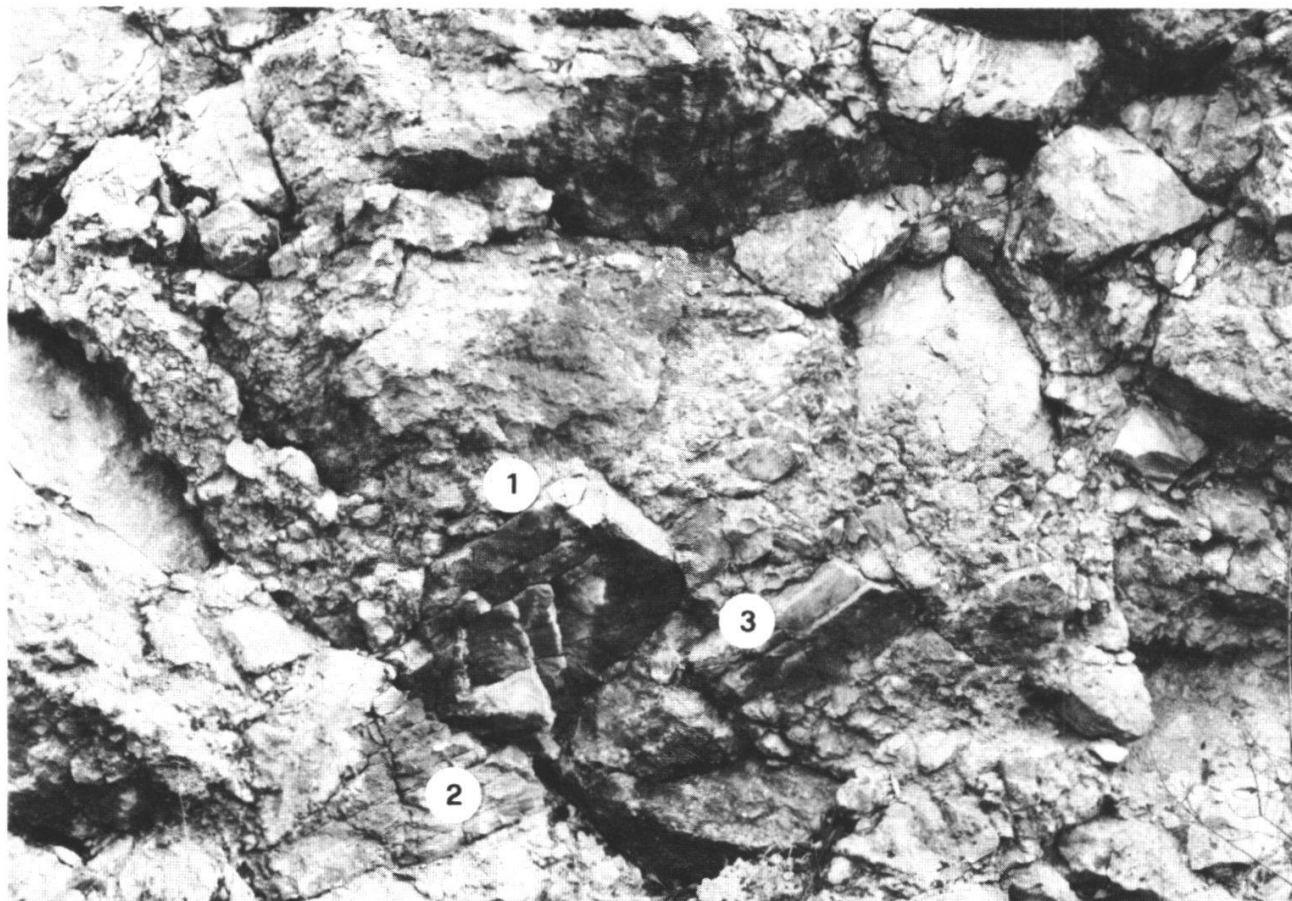


Photo 2. – *Le Creux (10)*. Détail. Zones de petits éléments séparant les gros. Dans les blocs 1, 2 et 3, on distingue les plans de clivage qui leur ont permis de se mouler les uns sur les autres. Photo J.-P. GUIGNARD.

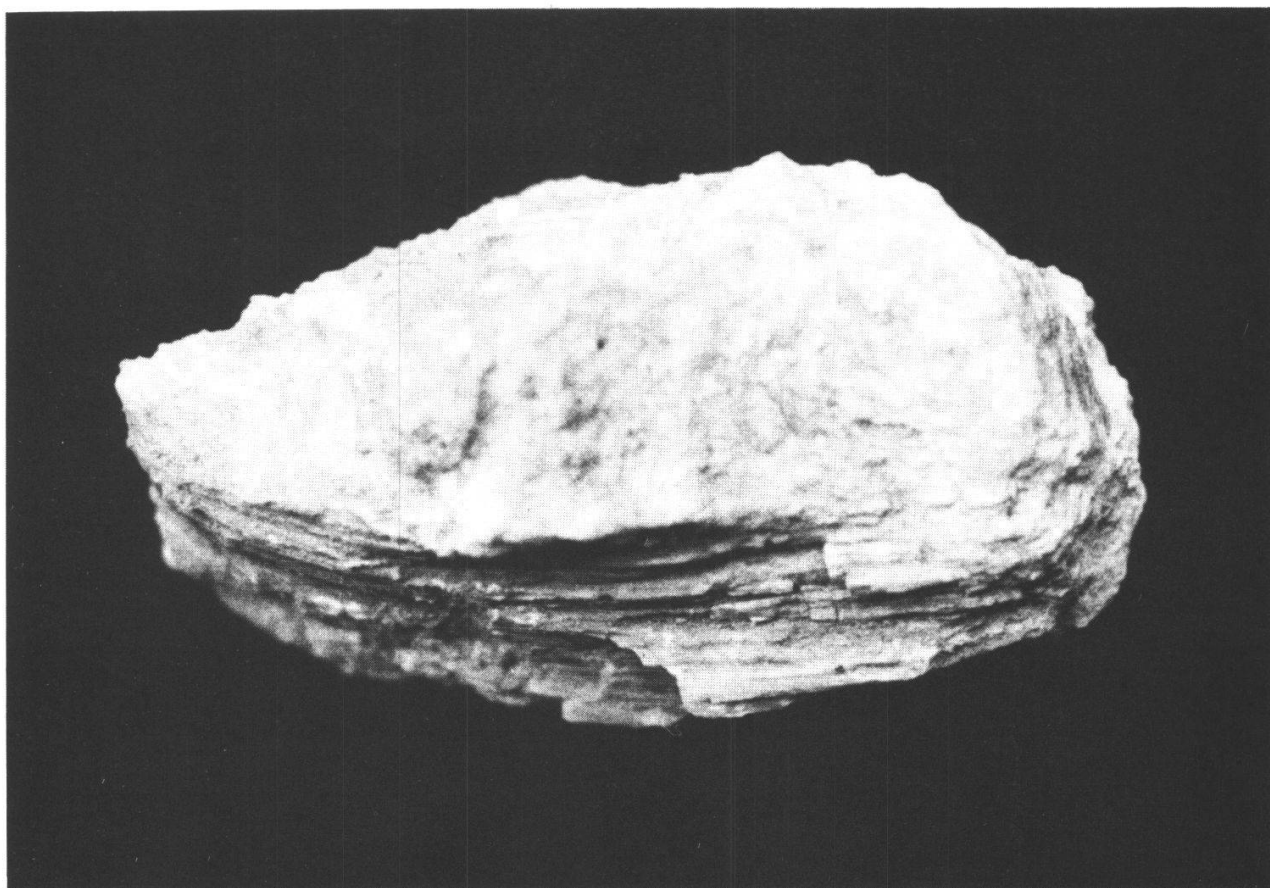


Photo 3. - *La Russille (3)*. Caillou strié. Hauteur 8 cm.
Photo G. GINDRAUX.

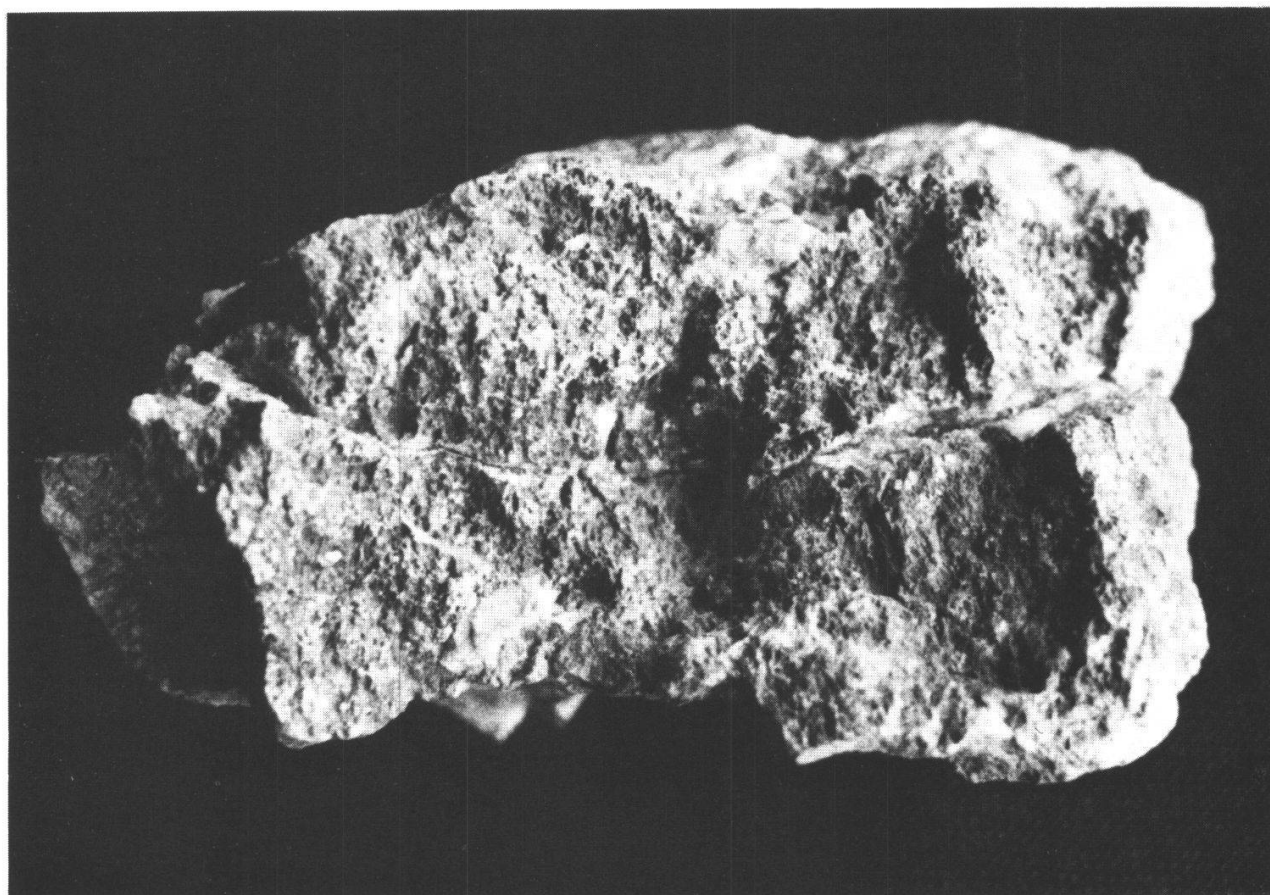


Photo 4. - *Les Cernis (11)*. Face d'un caillou défoncé par des alvéoles de pression. Hauteur 10 cm.
Photo G. GINDRAUX.

convergeaient déjà: le futur décrochement de Pontarlier et la ride oligocène de la vallée de Joux.

A l'autre extrémité de la figure 1, la région de la Dunanche et des Bioles si riche en brèches, était vraisemblablement un autre territoire d'écoulement souterrain privilégié.

LE KARST ACTUEL

La tectonisation des brèches prouve que les réseaux miocènes ont été occlus par le plissement de la chaîne jurassienne. Après cet événement, la karstification profonde est donc repartie à zéro et s'est développée en fonction de nouveaux paramètres, la structure plissée et le réseau de fissures qui lui est associé, auxquels les cavités actuelles doivent leur caractère accidenté et leurs dénivellations prononcées.

La rédaction de ce travail a bénéficié de l'aide de MM. Burger, Remane, Persoz et Heitzmann, de l'Institut de Géologie de Neuchâtel; les photos qui l'illustrent sont de MM. Gindraux et Guignard. A tous, j'exprime mes sentiments de gratitude ainsi qu'à M. Ed. Rieben, ingénieur-forestier à Vallorbe.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT, D. 1975. – L'évolution du relief jurassien. *Ecl. geol. Helv.* 68/1, 1–64.
- BERTSCHY, R. 1958. – Geologie der Kreide und Molasse in der Umgebung von Grandson. *Ecl. geol. Helv.* 51 /2, 217–263.
- GIGNOUX, M. et MATHIAN, J. 1952. – Les enseignements géologiques du grand barrage de Génissiat sur le Rhône. *Trav. Lab. géol. Fac. Sc. Grenoble* 29, 121–162.
- GUILLAUME, S. 1966. – Le Crétacé du Jura français. *Bull. B.R.G.M.* 1966/1–3 et 6.
- HÄFELI, C. 1966. – Die Jura/Kreide-Grenzschichten im Bielerseegebiet (Kt. Bern). *Ecl. geol. Helv.* 59/2, 565–696.
- MARTINI, J. 1962. – Les phénomènes karstiques de la chaîne du Salève (Hte-Savoie). *Bull. genev. Soc. suisse spéléol.* 1/2, 3–9.
- MATTAUER, M. 1973. – Les déformations des matériaux de la croûte terrestre. 1 vol., Hermann Paris.
- OBERT, D. et MÉON-VILAIN, H. 1970. – Le conglomérat des Arsures (Jura). *Doc. Lab. géol. Fac. Sc. Lyon* 37.
- RAGUIN, E. 1942. – Les cavernes pyrénéennes de Riusec (Hte-Garonne) et les brèches calcaires intraformationnelles. *C.R. Soc. géol. Fr.* 9, 80–81.
- RENAULT, P. 1967-1969. – Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse. *Ann. Spéléol.* 1967-1969, 214 p.
- RENAULT, P. 1970. – La formation des cavernes. 1 vol., Presses univ. de France.
- SAUTIER, H. 1855. – Notice sur les dépôts néocomiens et wealdiens et sur les dolomies portlandiennes dans les hautes vallées du Jura. *Mém. soc. Emul. Doubs* (2), 7, 3–22.
- TROMBE, F. 1952. – Traité de spéléologie. 1 vol., Payot Paris.

Manuscrit reçu le 27 juin 1978