

STRUCTURES SÉDIMENTAIRES DIVERSES
DANS LE COTICULE DU BORD SUD
DU MASSIF DE STAVELOT (*)

par P. MACAR (**)

(15 photos et 3 figures dans le texte)

RÉSUMÉ

L'étude de divers échantillons de coticule de la région de Vielsalm révèle toute une série de phénomènes pénécontemporains de la sédimentation. L'un d'eux montre des dentelures produites sans doute par une érosion d'un type particulier. Nombreux sont les micro-plissotements et dislocations de laies au sein de veines verdâtres, plus ou moins impures, de coticule. Dans les couches jaune clair, plus pures, on observe divers types de pénétration des phyllades encaissants : encoches, poches à contours arrondis, fissures ou cassures remplies, minces intercalations un peu obliques à la stratification. A plusieurs reprises, le contact du coticule avec le phyllade y apparaît pourvu de sortes d'épines curvilignes, indiquant un milieu mou. Enfin, un certain nombre de petits plis affectant les veines de coticule sont, pour quelques-uns sûrement, pour d'autres, peut-être, péné-contemporains de la sédimentation. Les premiers résultent manifestement de glissements sous-aquatiques, d'autres montrent plusieurs traits assez peu compatibles avec des poussées tectoniques.

Enfin, en outre, l'explication classique des petits plis du coticule par une disharmonie d'origine tectonique souffre de certaines objections.

I. INTRODUCTION

Le Salmien-Tremadocien du bord sud du massif de Stavelot contient, comme on sait, un bon nombre de veines de coticule, bien connues pour leur exploitation, — aujourd'hui en voie d'extinction, — comme pierre à rasoir, ainsi que pour les beaux exemples de plis et de failles à petite échelle qu'elles fournissent. Ces déformations, très visibles vu la teinte en général jaune clair du coticule, qui ressort très bien sur la teinte violacée des phyllades encaissants, cessent — en général rapidement — d'être visibles dans ces derniers.

Se basant sur les expériences de tectonique de Max Lohest (5), P. Fourmarier (3) a expliqué cette disposition comme résultant des pressions tectoniques, qui auraient plissé le coticule plus résistant (« competent beds » des auteurs anglo-saxons) et à laquelle les phyllades, eux, auraient réagi de manière plastique, et cette explication est devenue traditionnelle.

Ayant recueilli — surtout dans les déchets d'exploitation — un certain nombre

(*) Communication présentée le 14 décembre 1971. Manuscrit déposé le 8 février 1973.

(**) Université de Liège, Institut de géologie et de géographie physique, place du Vingt-Août 7, B-4000 Liège.

d'échantillons de coticule, j'ai pu y observer une série de phénomènes d'origine sédimentaire, qui font le premier objet de cette note. En outre, l'examen de certains plis et plissements amènent à suggérer une révision au moins partielle de l'explication donnée ci-dessus, et à se demander si ces déformations ne sont pas aussi dues à des phénomènes pénécotemporains de la sédimentation.

Les phénomènes sédimentaires observés appartiennent à plusieurs catégories : traces d'érosion, pénétrations diverses du phyllade encaissant dans le coticule, déformations subcontemporaines, parfois des failles, ou encore des allures plus ou moins déchiquetées.

2. TRACES D'ÉROSION

Le phénomène le plus curieux sans doute est montré par un échantillon récolté dans les déblais d'une ancienne exploitation, située près de Grand-Sart, entre Salmchâteau et Lierneux. Il montre en section polie (photo 1) une surface de contact

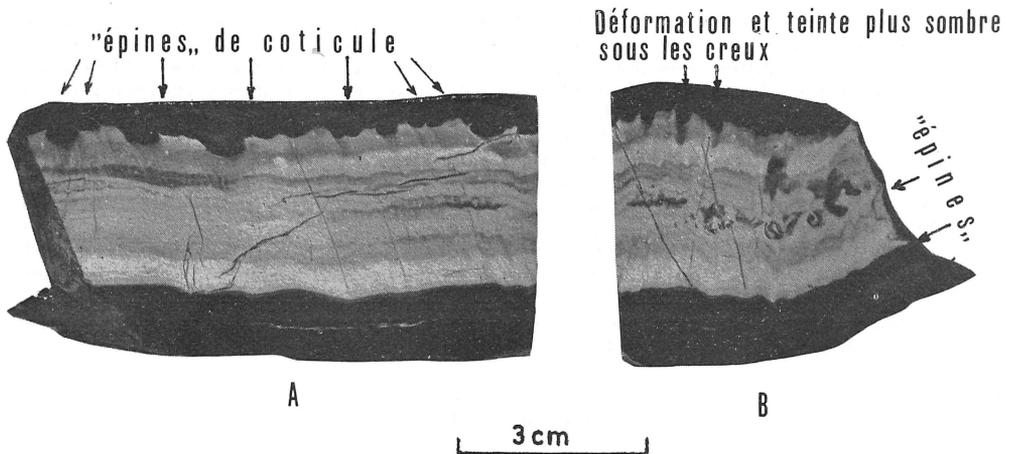


Photo 1 : Deux faces jointives et perpendiculaires dans une veine de coticule à sommet érodé.

coticule-phyllade, en gros rectiligne, mais très irrégulière dans le détail et marquée par une série de creux à contours plus ou moins arrondis, de quelques mm de profondeur, qui pénètrent dans le coticule. La stratification dans le phyllade voisin épouse, d'ordinaire en les atténuant, les contours de ces creux. Localement toutefois, les lits sont rompus à l'endroit d'un creux (photo 2, à droite). Dans les parties en saillie (photo 1A), on trouve localement un mince lit de coticule de teinte un peu plus claire, qui est interrompu à l'endroit des creux. Les allures des couches, de part et d'autre du contact, s'accordent donc pour indiquer une érosion du coticule — dont la surface dentelée correspond au sommet du banc — avec ensuite dépôt des premiers lits du phyllade violacé voisin.

Mais d'autres observations amènent à préciser, et à modifier quelque peu ces premières conclusions.

Tout d'abord, la limite coticule-phyllade, outre les creux et saillies décrits, montre des irrégularités plus petites, de l'ordre du mm à peine. Ce sont de petites

apophyses de coticule qui pénètrent dans le phyllade et se présentent, le plus souvent, sous forme de pointes à côtés curvilignes, ressemblant à des épines de rosier, par exemple. Ces « épines » incurvées (photo 1) indiquent qu'au moment du dépôt de matériau argilleux ayant formé le phyllade, celui qui est devenu coticule était encore à l'état plus ou moins mou. Les « épines » se présentent, en outre, le plus souvent en bordure des creux. Quelques creux, bien arrondis, acquièrent de ce fait une allure en outre (photo 1A, partie de gauche), et ressemblent à ces poches de sable descendues dans l'argile sous-jacente, que j'ai décrites en étudiant des pseudo-nodules en terrains meubles (8, p. 113).

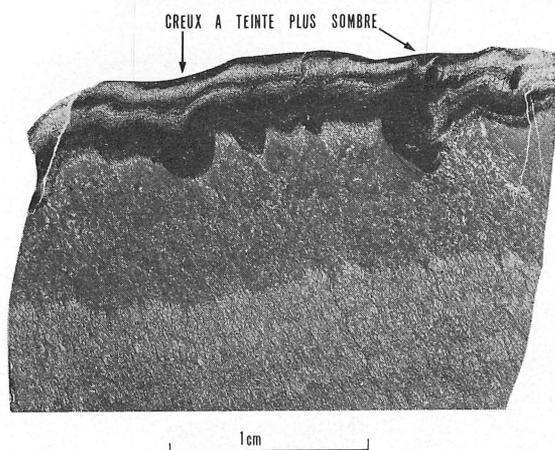


Photo 2 : Lame mince dans partie supérieure de la veine de coticule à sommet érodé.

Enfin, au fond de certains creux également bien arrondis, le phyllade présente une teinte plus sombre (*) et, en lame mince, se montre moins cristallisé. Parfois aussi, le coticule a une teinte légèrement différente sous ces creux (photo 1B).

Notons que des parties à phyllade plus sombre se retrouvent dans d'autres échantillons, toujours à la limite phyllade-coticule, et s'introduisant parfois assez profondément dans ce dernier (photo 3).

Une dernière observation : une coupe perpendiculaire taillée dans l'échantillon (1B) et ayant avec la première (1A) une arête commune, révèle des creux analogues mais plus rapprochés et de forme plus allongée, qui ne paraissent pas correspondre à ceux de l'autre coupe. Nous n'avons donc pas affaire, apparemment, à des sillons affectant le coticule. On aurait plutôt des creux plus ou moins isolés.

Cette dernière observation m'avait fait penser à des impacts de grêlons, mais l'allure à peine incurvée de certains creux et les formes en outre présentées par d'autres ne s'accrochent pas de cette hypothèse.

Une autre explication qui vient à l'esprit tient compte d'une observation de Dycker (2, p. 7), qui a découvert dans le Salmien de la vallée de la Lienne des laies blanchâtres contenant jusqu'à 50 % de carbonate de manganèse, et qu'il considère comme les équivalents non métamorphiques des laies de coticule.

(*) Indiqué sur la photo 2, mais pratiquement indiscernable sur cette photo.

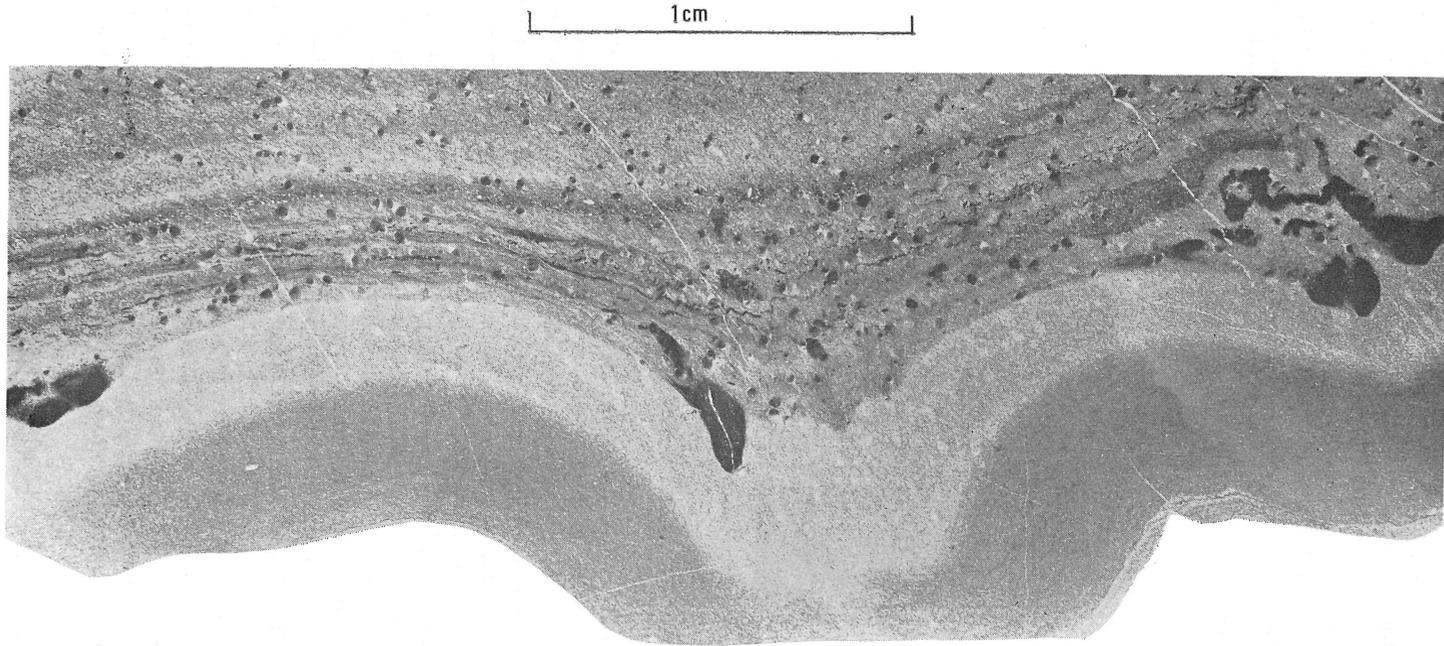


Photo 3 : Lame mince dans une laie de coticule montrant des pénétrations foncées issues du phyllade voisin.

La facile dissolution du carbonate de manganèse et l'irrégularité des formes observées feraient dès lors songer à une dissolution karstique, qui aurait affecté la veine de coticule avant le dépôt du sédiment supérieur.

Sans exclure une action de dissolution, les formes arrondies du fond de la plupart des creux et les modifications locales (teintes plus sombres dans le phyllade et le coticule) observées dans et au contact de certains d'entre eux, me font plutôt considérer comme la plus probable — dans l'état actuel des connaissances — l'hypothèse suivante :

Le phénomène s'est produit sous eau, suite à l'arrivée — sans doute latéralement, sous forme de boue dense — du sédiment supérieur (futur phyllade). Ce dernier a érodé le futur coticule (*) encore mou, arrachant ça et là des fragments, laissant sur les bords des creux des « épines » comme témoins de cet enlèvement de matière, donnant à ces creux, en y descendant et en les modelant, des formes arrondies, se mélangeant sans doute ça et là avec lui ou le comprimant localement, ce qui aurait donné les parties plus sombres observées dans l'un et l'autre.

N'ayant pas découvert jusqu'ici d'autre exemple du phénomène décrit, lequel est en toute hypothèse subcontemporain de la sédimentation, j'ai néanmoins estimé utile de le signaler, vu son intérêt et sa rareté, dans l'espoir notamment de susciter d'autres observations permettant de préciser mieux son mode de formation.

Avant de quitter l'échantillon, mentionnons encore, au sein de la veine de coticule (photo 1B), des allures très contournées. Ces « hiéroglyphes » sont dus essentiellement à des interpénétrations irrégulières de deux laies de coticule séparées par un alignement de minces lentilles phylladeuses, qui ont sans doute facilité la déformation. Celle-ci témoigne de l'extrême mobilité des deux sédiments peu après leur dépôt. Il s'agit ici, de modifications qui se sont produites à l'intérieur des couches, sous l'action de forces qui n'ont que légèrement plissé les lits voisins.

3. PLISSOTEMENTS ET DISLOCATIONS DE LAIES AU SEIN DES VEINES DU COTICULE

Au sein ou en connexion avec des couches ou de minces lits de coticule de teinte jaune clair caractéristique, on note fréquemment des parties plus ou moins verdâtres, qui constituent d'ordinaire du coticule de seconde qualité, ou encore des parties plus grises ou légèrement violacées, qui ressemblent au phyllade encaissant. Elles forment souvent des lits distincts, et parfois des masses à contours plus ou moins flous apparaissant au milieu du coticule typique (photo 6, *c* et *d*).

Le plus souvent, les fines alternances de laies filamenteuses soit jaunes et grises ou jaunes et verdâtres se montrent plus ou moins plissotées, et avec des allures lenticulaires au sein de telles veines (v. photos 4, 5, 6, 7, 8). Elles sont fréquemment accompagnées de lits plus épais et plus réguliers de coticule typique. Plissotements et allures lenticulaires sont évidemment contemporains ou subcontemporains de la sédimentation. Les plissotements varient d'ailleurs rapidement d'une laie à l'autre. Les lentilles sont dues sans doute à l'irrégularité du dépôt, les petits plis à de petits déplacements latéraux ayant affecté les straticules.

Dans l'échantillon de la photo 4, une veine de coticule jaune et verdâtre, large de 3 à 4 cm, révèle, entre deux minces lits jaunes subcontinus et plus ou moins

(*) Lequel coticule, rappelons-le, ne diffère guère du phyllade que par l'adjonction de très nombreux petits grenats manganésifères.

plissotés, des fragments et des allures filamenteuses de lits jaunes d'épaisseurs diverses, répartis très irrégulièrement dans une matrice verdâtre. Ici, il y a eu conjointement segmentation de lits originels, empilement local de fragments, plissements et mouvements irréguliers dans la masse à peine sédimentée, dans laquelle certains lits de coticule étaient déjà légèrement consolidés.

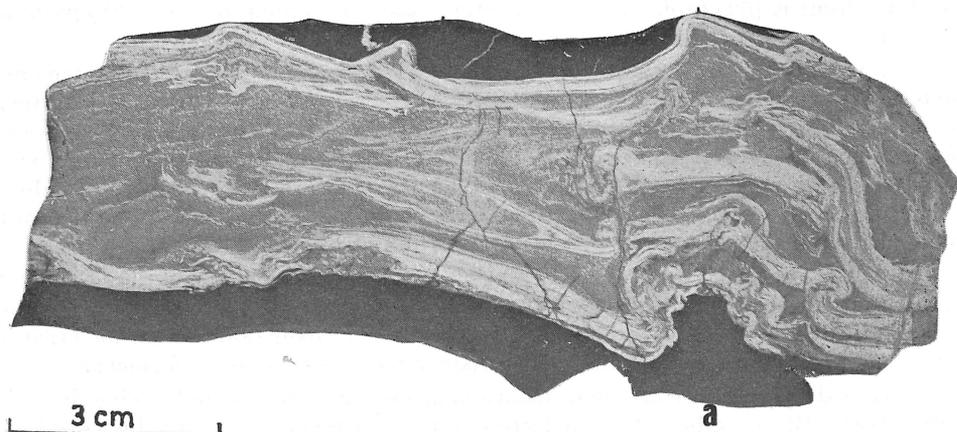


Photo 4 : Plissements et allures déchiquetées dans une veine de coticule à laies et filaments jaunes dans une matière verdâtre.
a = excroissance de phyllade se répercutant dans les déformations voisines, en verticale, du coticule.

Les plissements des lits extérieurs de la veine sont, comme les autres, sub-contemporains de la sédimentation; ils sont d'ailleurs irréguliers, ne présentent aucun style tectonique, et ne se correspondent nullement d'un lit à l'autre.

Localement toutefois, un pli se retrouve à l'intérieur, dans quelques fragments superposés. Là, une sorte d'excroissance locale (*a*, photo 4) dans la couche du phyl-

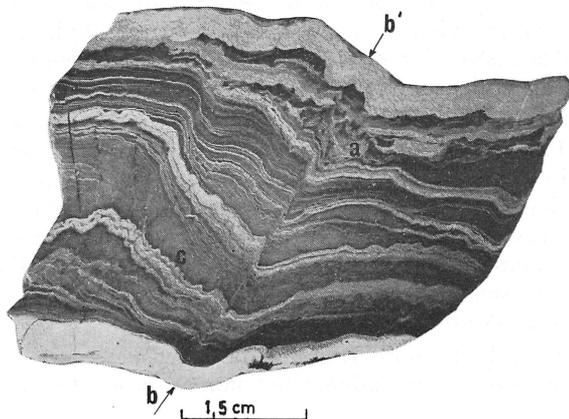


Photo 5 : Couches à zone brouillée locale (*a*), ébauche de faille (*b — b'*) et micro-plissements (*c*).

lade limitrophe (*) semble bien avoir étendu son influence sur presque toute l'épaisseur de la veine. Elle y produit des allures incurvées subparallèles et des recouvrements locaux — limités par des déchirures avec effilochures — dans deux laies internes de coticule jaune clair. La déformation diminue en tous cas rapidement près du sommet de la figure. Quoi qu'il en soit, les disharmonies très nettes des déformations et les effilochures ne laissent aucun doute sur leur origine pénécotemporaine de la sédimentation.

Dans une autre veine (photo 5), dont les déformations sont moins marquées, une zone nettement brouillée (*a*) qui semble bien résulter d'un glissement local, surmonte une allure failleuse (*bb'*), avec laquelle elle est sans doute en relation. Il s'agit en réalité d'une ébauche de faille, car les lits sont simplement étirés et non interrompus. Et la pseudo-faille se termine vers le bas avant d'atteindre la mince couche jaune plus épaisse qui, ici aussi, forme bordure.

On note en outre, localement, des microplissements réguliers (*c*).

4. INTERPÉNÉTRATIONS DU PHYLLADE ENCAISSANT DANS LE COTICULE

Une autre catégorie de phénomènes consiste en des pénétrations diverses du phyllade adjacent dans la couche de coticule elle-même. Nous avons observé les formes suivantes : a) encoches, b) poches, c) cassures ou fissures remplies, d) minces intercalations obliques.

A. La forme la plus élémentaire consiste en une simple *encoche* isolée, entaillant la veine de coticule, laquelle est envahie par le phyllade voisin (photo 6, *a* et 8, *b*). Elle présente souvent une section en triangle évasé, ou encore une forme en coin plus net et même parfois une section à peu près rectangulaire.

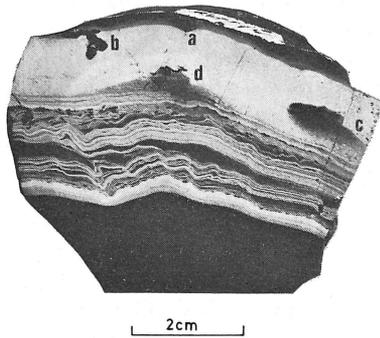


Photo 6 : Couche de coticule avec plissements intraformationnels des minces laies vers la base, encoche (*a*), poche remplie de phyllade (*b*), et lentilles courtes floues (*c* et *d*) de matière plus ou moins phylladeuse.

A côté de telles encoches, on observe aussi des contacts denticulés (photo 7 A, *d*). Comme ces allures apparaissent souvent — mais pas toujours — à la charnière interne de plis, où elles voisinent parfois avec des cristaux de néoformation, elles peuvent être — en partie du moins — d'origine tectonique. Il importe donc de ne pas les confondre avec les encoches isolées dont il vient d'être question. Ces dernières,

(*) Ici représenté sous-jacent, mais ce n'est nullement certain.

entaillant la couche de coticule, paraissent au contraire résulter d'une érosion locale ou plutôt d'une pénétration locale impliquant un milieu peu résistant, et bien entendu subcontemporain de la sédimentation.

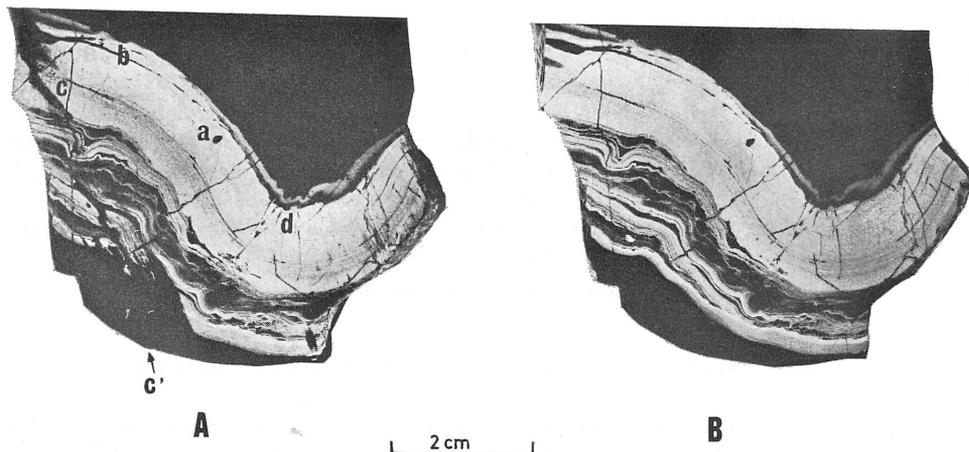


Photo 7 : Plis dans coticule avec poche possible (Aa), encoche (Ab), dentelure (Ad) et fissure complexe A c'), qu'une légère usure a fait disparaître en grande partie (B).

B. Datent aussi de la sédimentation quelques poches à contours arrondis, remplies de matière phylladeuse, qui apparaissent en plusieurs endroits (exemple : photo 6, b) en bordure de la veine de coticule. L'orifice de la poche est souvent un goulot étroit.

On observe parfois en section polie une tache arrondie de phyllade, isolée dans la coticule près de sa bordure (photo 7, a); il s'agit peut-être d'une poche dont le goulot serait situé en dehors de la coupe.

On retrouve à nouveau, dans ces poches, une analogie avec des formes décrites en relation avec des pseudo-nodules (6, p. 62). Les poches doivent être situées au haut de la couche et elles indiquent ainsi l'ordre de succession des strates. Il en est de même, dans notre interprétation, des encoches.

C. Une fissure remplie de phyllade apparaît également dans la même section polie (photo 7 A, cc'). Elle est fourchue vers le bas et pénètre obliquement dans la couche sur plusieurs cm. Après une interruption (d'un cm environ) on retrouve ensuite un remplissage interrompu et irrégulier, avec apophyses, se prolongeant jusqu'à l'autre bout de la veine. Dans le sens perpendiculaire à la section, on doit se trouver, à cet endroit, à l'extrémité d'une déchirure. En effet, il a suffi d'user un peu la section pour la faire disparaître en grande partie (photo 7, B).

L'irrégularité de cette déchirure et sa brusque modification dans le sens latéral indiquent à mon avis que le futur coticule se trouvait alors dans un état semi-cohérent. Une fissure du même genre se retrouve dans un autre échantillon (photo 8, a). Comme la précédente, elle traverse obliquement la veine de coticule, mais elle est interrompue à plusieurs reprises (notamment aux extrémités) et son épaisseur est constamment variable (*).

(*) N.B. La cassure en gradins c, qui apparaît à droite de a sur la photo, s'est produite lors du sciage de l'échantillon.

Un cas probable de fissure remplie de phyllade se présente enfin dans l'échantillon de coticule à bord dentelé décrit au début (photo 1, B, extrémité de droite).

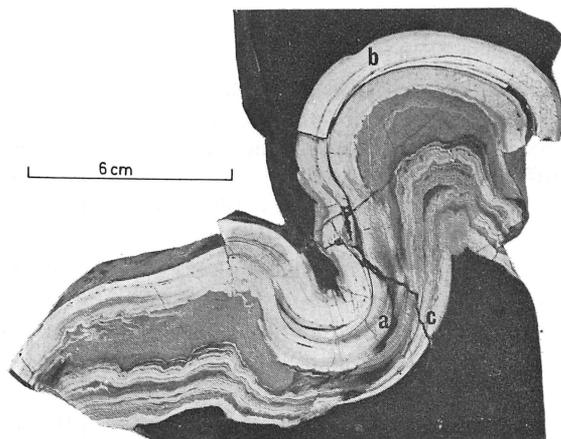


Photo 8 : Couche de coticule plissée, avec fissure (a) et encoche (b).

Dans cet échantillon en effet, la veine de coticule s'interrompt brusquement sur hauteur (2 cm), et cette interruption se poursuit sur toute la longueur de l'échantillon (8 cm). La veine est remplacée par du phyllade, sur un mm. d'épaisseur en général, et localement sur quelques mm d'épaisseur. Ce phyllade forme malheureusement la limite de l'échantillon, qui n'a pas été trouvé en place, de sorte qu'on ignore s'il s'agit d'une fissure, d'une faille, ou encore d'une brusque interruption de la veine. Toutefois, la ligne de contact phyllade-coticule, à l'endroit de l'interruption, montre de nouveau deux légères protubérances, — l'une médiane, et l'autre terminale — en forme d'épines incurvées (photo 1, B).

Celles-ci indiquent, comme déjà dit (p. 3) un état peu consolidé de la matière; cet état existait ici au moment où la rupture s'est produite. De toute façon, on a donc affaire, à nouveau, à un phénomène antérieur à la consolidation des bancs.

D. Enfin, dans les petits plis du coticule qui vont être décrits au chapitre suivant, j'ai observé à plusieurs reprises de très minces intercalations phylladeuses (photo 15, b à d, photo 14 A, a, voir aussi photos 12 A et 13 A) longues de un à quelques cm, et obliques au moins en partie à la stratification (*). Elles se dirigent vers le phyllade et s'y raccordent parfois directement (photo 14 A, a).

À l'endroit des petits plis, ces intercalations filiformes sont, à plusieurs reprises, déformées harmonieusement avec la couche. Elles sont donc sans doute antérieures à ces plis, ou du moins à leur état final. Elles doivent avoir été produites suite à des tensions soit antérieures, soit datant du début des efforts qui ont plissé les couches.

Par ailleurs, la pénétration, en mince lame et obliquement aux couches, de la

(*) D'autres intercalations très semblables sont soit subparallèles (photo 15, a) soit presque perpendiculaires à la stratification (photo 15, e). Les premières pourraient être simplement des lentilles phylladeuses originelles, les secondes avoir profité de diaclases préexistantes. C'est pourquoi, bien qu'à mon avis elles ont très probablement la même origine que celles mentionnées ci-dessus, j'ai préféré ne pas en faire état.

matière phylladeuse dans le coticule montre que ce dernier était alors assez fragile, et suggère que le phénomène date d'avant ou du début de la diagenèse.

5. OBSERVATIONS SUR CERTAINS PLIS DES VEINES DE COTICULE

Un des caractères les plus spectaculaires des veines de coticule est d'être affecté de petits plis, qui en général ne sont plus visibles ou s'atténuent rapidement dans les phyllades encaissants, ce que, comme dit au début, on considère généralement comme dû à une différence de « compétence », le coticule plus dur ayant réagi en se plissant à la pression tectonique, tandis que le phyllade y aurait cédé en se déformant plastiquement.

Les nombreux exemples de phénomènes sub-contemporains de la sédimentation décrits ci-dessus m'ont amené à me demander si certains plis du coticule n'ont pas une origine analogue. D'autre part, quelques observations me portent à mettre en doute, au moins dans certains cas, la grande compétence du coticule lors de son plissement.

Après la présentation orale de cette note, j'ai pu prendre connaissance (*) d'une thèse encore inédite de M. K. Theunissen (11) sur les relations entre l'évolution tectonique et le métamorphisme dans la cluse de la Salm à Salmchâteau.

M. Theunissen, qui a notamment étudié en détail les affleurements de coticule de la région (**), tire de son travail des idées nouvelles fort intéressantes sur son évolution tectonique. Ces idées pourraient amener à réduire la généralisation de certaines conclusions acquises ci-dessous. Toutefois, désireux de lui laisser l'avantage de les exposer lui-même en premier lieu, je n'en parlerai qu'en termes généraux, me bornant à citer ou à me baser sur quelques-unes de ses observations.

Pour ma part, par manque de temps notamment, je me suis borné à l'examen en laboratoire d'un certain nombre d'échantillons rassemblés jusqu'ici, ce qui imposera de toute façon une certaine prudence dans les conclusions.

A. Un exemple incontestable de plis subcontemporains est fourni (photo 9) par une veine de coticule qui diminue progressivement d'épaisseur pour se terminer à rien. On est donc ici à l'extrémité d'une couche lenticulaire.

Or, après avoir dessiné un pli complexe (en *a*, photo 9), cette couche est affectée, là où elle se termine, par des plis « à allure d'intestin » (« enterolithic structure ») dont l'origine péné-contemporaine de la sédimentation est indiscutable. En dessous, une laie voisine, plus claire, dans le phyllade adjacent (***), ne montre d'autre déformation qu'un large pli simple. Ce pli doit être un anticlinal : en effet, il emboîte le pli complexe du coticule, dont l'allure ne peut guère s'expliquer autrement que comme un anticlinal déversé dû à un glissement de terrain — en milieu boueux ou sous-aquatique — qui s'est déclenché sur la pente au bord du bassin où s'est formée la lentille. Ce glissement a dû se produire vers le bassin, donc vers la droite sur la photo, et il a affecté quelques strates sous-jacentes, mais en les déformant nettement moins.

(*) Grâce à l'amabilité de M. Klerkx, que je remercie vivement.

(**) Et qui signale dans les phyllades des plis péné-contemporains de la sédimentation.

(***) Laie malheureusement très mal visible sur la photo.

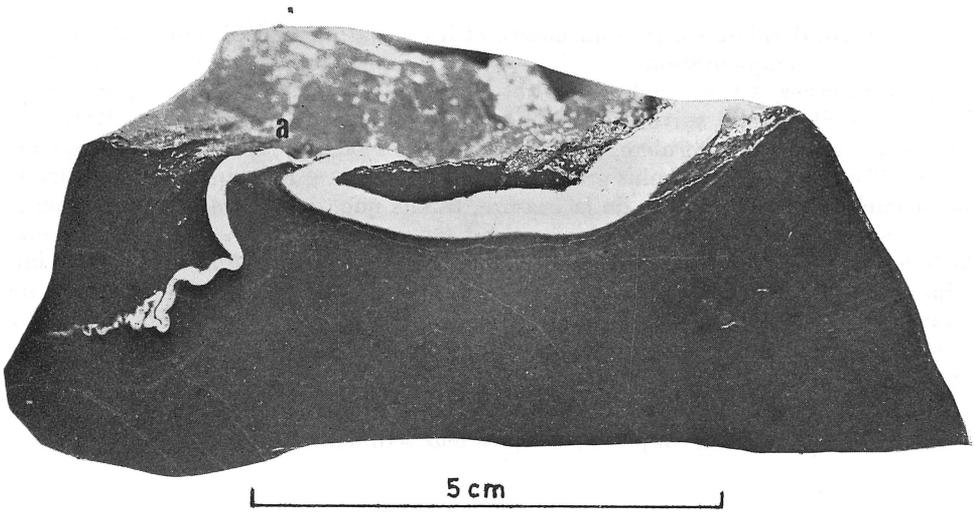


Photo 9 : Extrémité d'une couche lenticulaire de coticule, affectée de plis irréguliers dus à un glissement sous-aquatique.

B. Une autre couche nettement plissée (photo 10), épaisse en moyenne de 0,5 cm, se réduit localement jusqu'à 1 mm (avec une partie décollée), pour ensuite s'épaissir jusqu'à 15 mm environ à quelques cm de là. Elle est fracturée en divers points, et notamment, avec léger déplacement et traces de compression, à l'endroit de son épaisseur maximum.



Photo 10 : Couche de coticule étirée et renflée localement, puis affectée de cassures et d'une fracture avec net déplacement, et enfin plissée.

Or, cette dernière fracture au moins, et les variations d'épaisseur sont contemporaines de la sédimentation. En effet, comme indiqué dans le croquis de la fig. 1 (*) on peut observer, à 1 ou 2 mm de part et d'autre de la couche de coticule, de minces laies de phyllades qui suivent étroitement les contours de cette couche. Malgré la brisure affectant cette dernière, elles ne sont guère modifiées, tant en dessous qu'au-dessus. Toutefois, la laie la plus proche *sous* la couche (dans le croquis) est légèrement poinçonnée (en *b*) à l'endroit de la cassure, tandis que, de l'autre côté du coticule, la laie s'écarte légèrement au même endroit (en *c*). Le poinçonnement indique que la laie affectée existait au moment de la brisure du coticule, qui devait être, lui, déjà consolidé quelque peu (pour pouvoir se briser). Au contraire, l'écartement de l'autre laie, en *c* semble indiquer que l'espace creux entre elle et le coticule, s'était quelque peu rempli de sédiment quand cette laie s'est déposée. L'échantillon est donc, apparemment, bien orienté sur la photo.

On observe enfin, un peu au-dessus, que les lits phylladeux ont été plus ou moins fragmentés (en *a*, fig. 1), toujours peu après leur sédimentation.

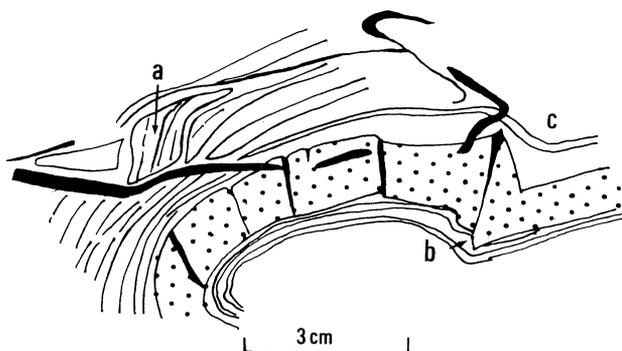


Figure 1 : Croquis d'une partie de l'échantillon de la photo 10. Fragment de phyllade (*a*) pincé dans les lits phylladeux voisins; minces laies phylladeuses adjacentes au coticule, dont l'une (*b*), en dessous, est poinçonnée à l'endroit de la brisure de ce dernier, et dont l'autre (*c*), au-dessus, s'écarte du coticule à cet endroit.

Venons en à présent aux plis eux-mêmes : de quand datent-ils ? Si on les suppose d'origine tectonique, et qu'on adopte l'hypothèse traditionnelle d'un coticule compétent, résistant en se plissant, on comprend difficilement comment, à l'endroit où la couche est très amincie, elle a pu résister sans se déformer ni se rompre à la pression tectonique. De manière générale, ces plis ne marquent d'ailleurs aucune relation normale avec les variations d'épaisseur très importantes du coticule. Au contraire : c'est dans l'axe d'un des plis que la couche est la plus mince, tandis qu'elle est nettement fracturée dans un flanc de pli, là où elle est précisément la plus épaisse.

Voici l'explication que je crois pouvoir suggérer :

A l'origine, la couche qui deviendra du coticule était apparemment assez plastique. Ceci cadre bien avec plusieurs des déformations subcontemporaines de la sédimentation décrites ci-avant. Cette couche a subi dès lors des étirements et des compressions qui l'ont amincie d'un côté et renflée de l'autre. Peu après, alors qu'elle

(*) Ce croquis est pris sur l'autre face de la section sciée. La gauche du croquis correspond donc à la droite de l'échantillon et réciproquement.

était déjà légèrement consolidée, un glissement s'est produit; la couche s'est alors plissée aisément là où elle était la plus mince, mais s'est au contraire brisée là où elle était devenue trop épaisse pour se déformer. Le tout a ensuite réagi en formant un bloc aux sollicitations tectoniques postérieures.

C. Les petits lits typiques du coticule diffèrent en général de ceux décrits jusqu'ici, car ils affectent, sauf exception, des couches dont l'épaisseur ne varie pas. Un certain nombre d'entre eux se présentent sous la forme de petits plis assez réguliers, plutôt droits ou peu déversés (photo 7 et 8), qui deviennent des plissotements quand les couches sont assez minces.

On peut penser que c'est dans ces plissotements, dont on retrouve parfois, à très petite échelle, une image assez fidèle au sein des chiffonnages affectant les laies minces des veines de coticule impur (voir, par exemple, en *c*, photo 5), qu'il y aurait le plus de chances de trouver des plis d'origine non tectonique. C'est pourquoi, dans le but d'étudier de plus près le comportement de ce type de plis, j'ai fait scier en tranches un bloc de phyllade à coticule, où ce dernier accuse des plissotements de ce genre.

La figure 2 aligne les faces des 3 tranches obtenues, faces dont la moitié a été photographiée dans un miroir afin de pouvoir disposer de 6 coupes semblablement orientées. Les photos 11 à 15 — dont le champ respectif est encadré sur la figure 2 — reprennent plus en détail l'essentiel de ces coupes (*). Elles montrent mieux, notamment, que le coticule comporte une veine de coticule pur, à laquelle est accolé (vers le bas sur les photos) du coticule impur.

1. On voit de suite que la taille des plis du coticule pur est variable (comparer les photos 11 et 15 à la photo 13 A) et que ses « plissotements » (**) passent localement, à des plis plus grands, à flancs subrectilignes, de type plus ou moins coffrés (***) qui apparaissent dans 2 coupes voisines (voir photo 12 A et coupes Ab et Ba de la fig. 2) et ont disparu dans les coupes adjacentes.

Une première constatation est donc la facilité avec laquelle les plis changent de style, à quelques cm de distance.

2. Cette variation se marque aussi dans la forme des plis de même style. Ainsi 2,5 cm seulement séparent les coupes Bb et Ca de la figure 2. Or, leur examen, confirmé par celui des photos correspondantes (13 A et 14 A), montre qu'aucun des plis de l'une n'est resté le même dans l'autre, au point de rendre les raccords difficiles.

Ces changements rapides des plis se marquent encore dans les ennoyages. Dans la mince tranche de 2,5 cm séparant les deux coupes ci-dessus, il a été possible de décoller à plusieurs endroits le joint de stratification séparant le coticule pur du phyllade. Malgré l'étroitesse de la surface ainsi dégagée, on y remarque plusieurs changements dans la pente de l'ennoyage, et même des inversions du sens de cet ennoyage.

Cette variabilité des plis dans toutes leurs propriétés paraît certes plus aisée à expliquer dans le cas de déformations subcontemporaines de la sédimentation, dues à des facteurs locaux peu constants, que s'ils s'agit de plis tectoniques.

(*) Noter que les photos 13 et 15 sont cette fois non inversées.

(**) Les plis presque droits et de taille petite à moyenne seront ainsi désignés dans ce qui suit.

(***) Désignés dans ce qui suit sous le nom de « plis coffrés ».

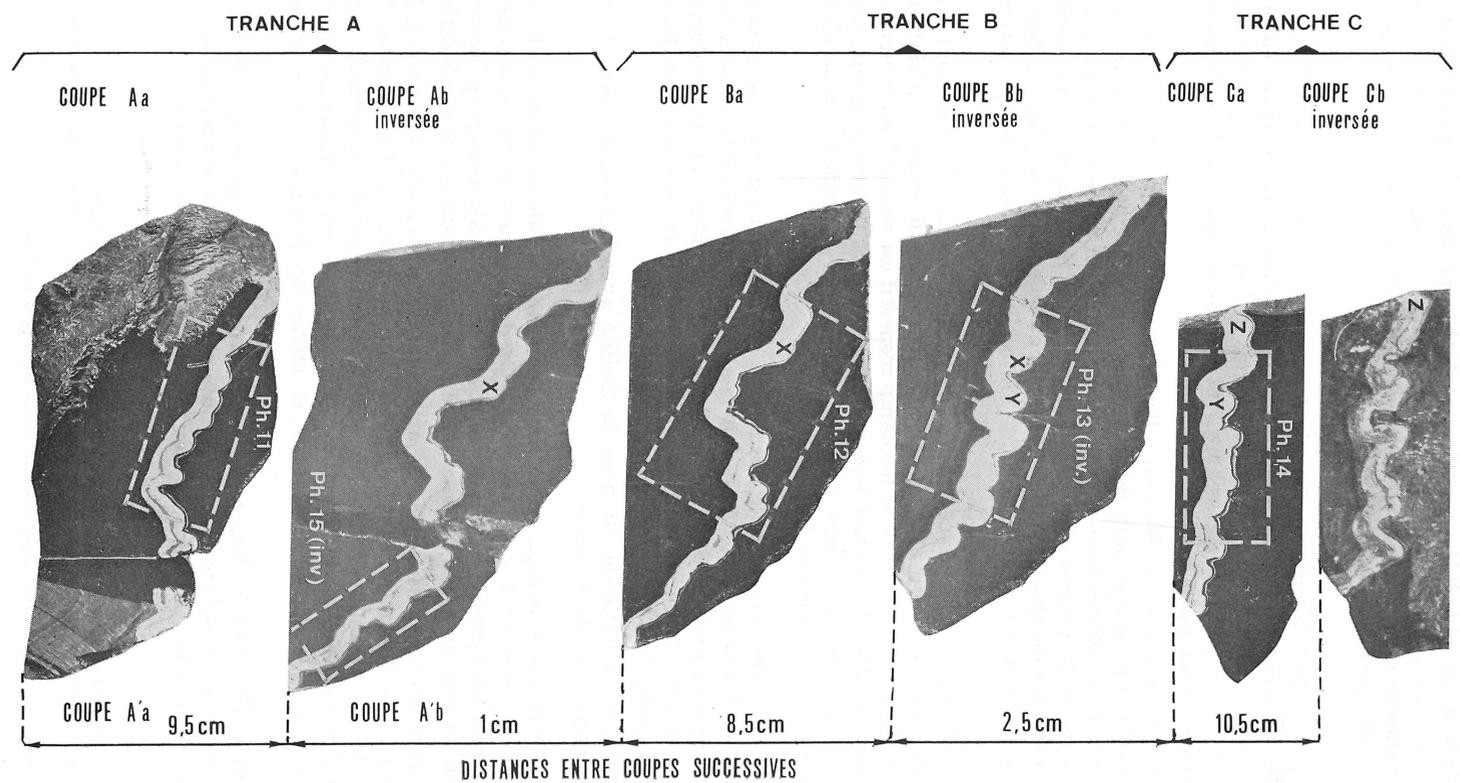


Figure 2 : Photos de 6 coupes successives, distantes entre elles de 1 à 10 cm, obtenues en sciant 3 tranches A, B, C dans un bloc de phyllade à coticule. Les coupes ont toutes la même orientation. Des repères (X, Y, Z) permettent le raccord des plis. Les encadrements indiquent la position des photos 11 à 15, plus détaillées.

On remarquera d'ailleurs — et cela concourt à différencier les plis d'une coupe à l'autre —, que l'étiement local de la veine blanche de coticule (à gauche de Y, photo 13 A) a aussi disparu dans la coupe la plus voisine (photo 14 A). Or, cet étiement prononcé indique une matière très déformable et est sans doute pénécotemporain de la sédimentation. Il doit en être de même à mon sens de la fracture en *a* (photo 13 A), dont l'aspect arrondi du moignon X indique une matière encore assez déformable. Cette fracture, par ailleurs, ne se prolonge pas vers le bas dans la laie la plus voisine, simplement plissée, ni vers le haut, où la mince laie blanchâtre toute proche est simplement interrompue localement et légèrement incurvée.

Les plis et les déformations pénécotemporaines de la sédimentation accusent donc ici, les uns et les autres, une grande variabilité : c'est un caractère fréquent des déformations pénécotemporaines de la sédimentation, et cela tend donc à faire croire que les plis ont aussi cette origine.

3. Le prolongement des plis vers le haut et vers le bas, en dehors de la veine blanche de coticule, est aussi digne de remarque. On voit tout d'abord que les plissements s'atténuent nettement à la traversée du coticule impur et ce, d'autant plus qu'ils sont plus petits (comparer à ce sujet les coupes des photos 11 et 15, d'une part, avec celles des photos 14 A et 13 A). Pour les plis coffrés de la photo 12 A, par contre, il n'y a pratiquement pas d'atténuation.

L'atténuation observée se poursuit dans le phyllade, où de minces laies plus claires se marquent de part et d'autre (à condition de pousser le développement des photos, ce qui a été fait dans les photos 12 B, 13 B et 14 B). Elle apparaît ici dans la section à plis réglés (photo 12 B).

En gros, les plis s'atténuent d'autant moins vite qu'ils sont plus importants, et ce, aussi bien dans le coticule impur que dans le phyllade.

On notera particulièrement à ce sujet que de petits plissements de la partie droite de la photo 12 A (*a* et *b* sur la figure) ont disparu vers le bas sur l'épaisseur du coticule impur et, pour le pli *a*, suite à une réduction rapide de l'épaisseur de certains petits lits. Il semble qu'on soit ici en présence de ces mouvements au sein des couches déjà constatés précédemment dans du coticule impur (voir photos 4 et 5) et d'origine pénécotemporaine de la sédimentation, ces réductions rapides d'épaisseur indiquant un matériau mou au moment de leur production.

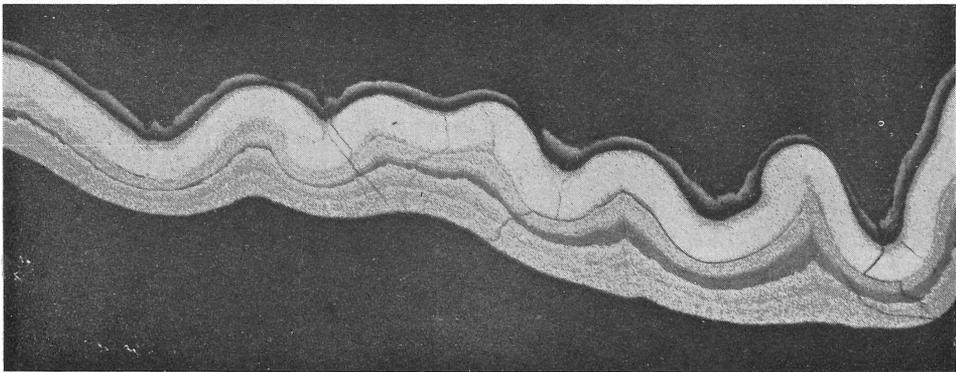
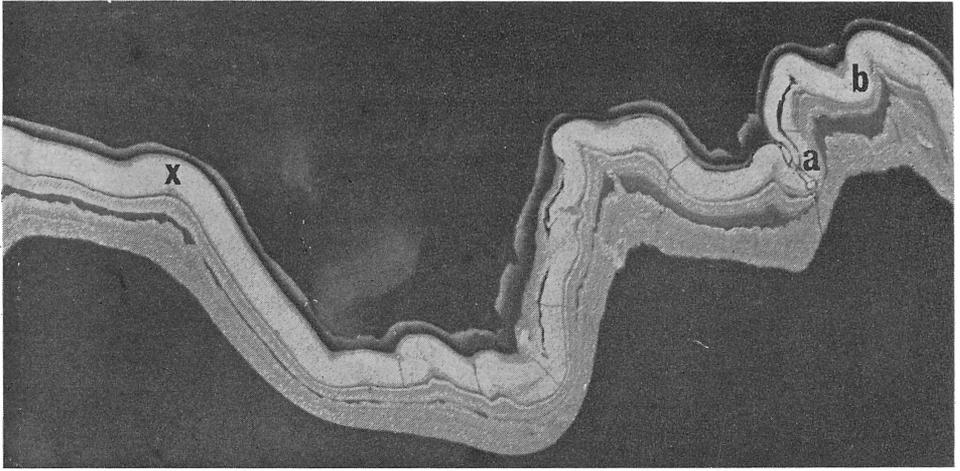


Photo 11 : Partie de la coupe Aa, fig. 2, coticule pur à plis presque droits qui disparaissent rapidement dans le coticule impur sous-jacent.

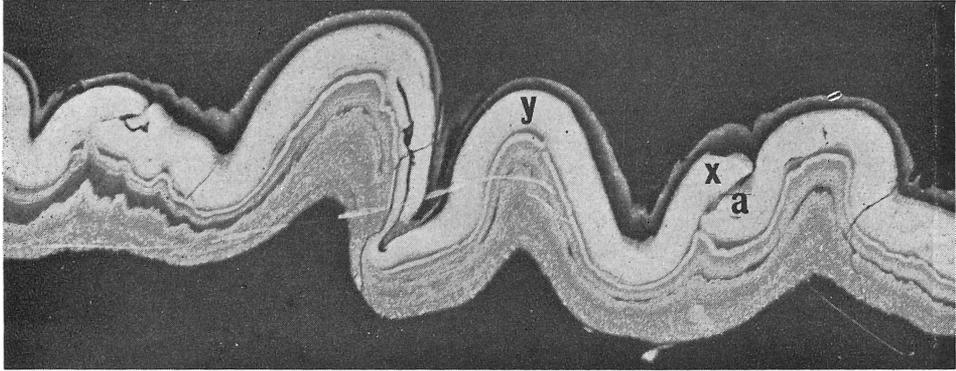
**A**

4 cm

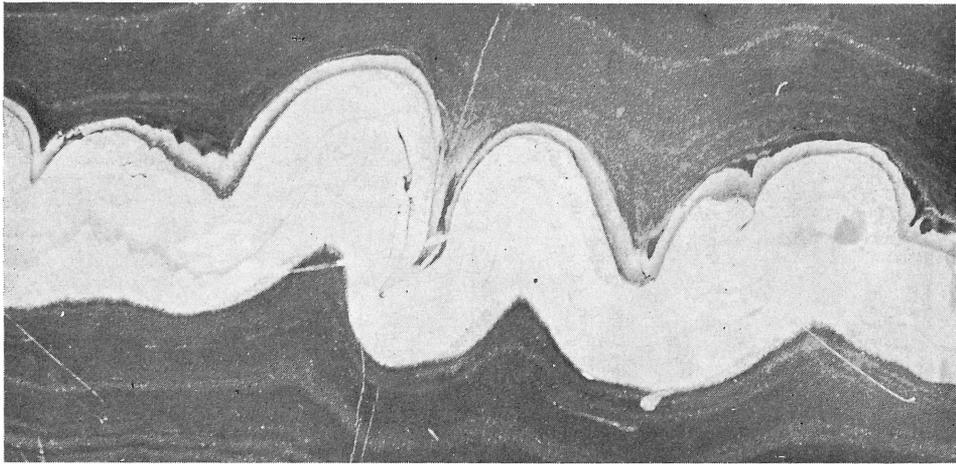
**B**

Photo 12A : Partie de la coupe Ba, fig. 2, cuticule à plis coffrés, plus petits vers la droite. *a* et *b* : plissements disparaissant très rapidement vers le haut et vers le bas. X = repère pour la coupe suivante.

Photo 12B : Photo 12A moins contrastée, montrant que les plis coffrés s'amortissent assez lentement dans le phyllode.



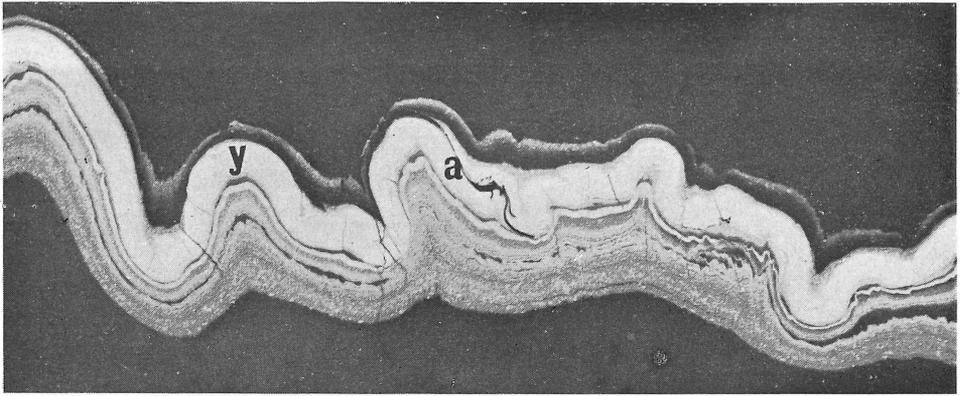
A



B

Photo 13A : Partie de la coupe Bb, fig. 2, non inversée. X et Y : points de repère. a : fracture avec déplacement, à contours subarrondis. Plis du coticule pur s'amortissant rapidement dans le coticule impur sous-jacent.

Photo 13B : Photo 13A moins contrastée, montrant l'amortissement dans le phyllade des plis du coticule.

**A**

7cm

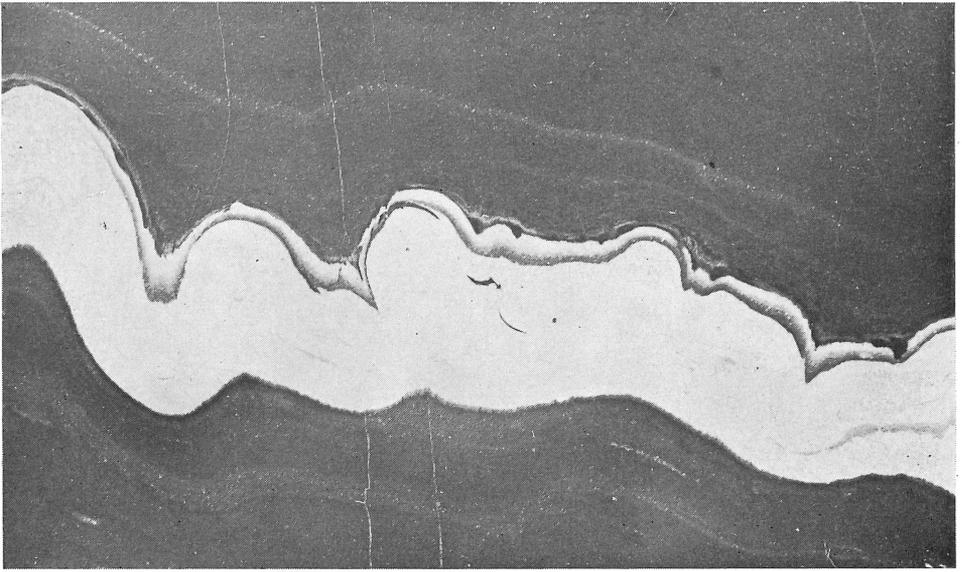
**B**

Photo 14A : Partie de la coupe Ca, fig. 2, non inversée. Y = repère; a = lame de phyllade ayant traversé obliquement le coticule pur. Amortissement presque complet des plis de ce dernier dans le coticule impur.

Photo 14B : Photo 14A moins contrastée montrant l'amortissement dans le phyllade des plis du coticule.

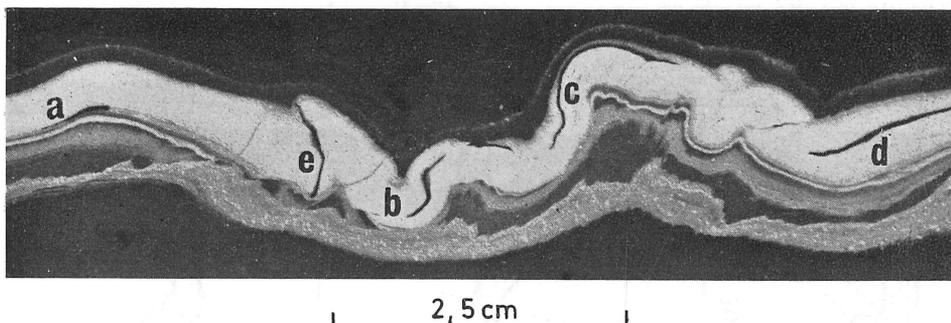


Photo 15 : Partie de la coupe A'b, fig. 2, non inversée. a, b, c, d, e, lames diversement obliques de phyllade dans le coticule pur.

S'il s'agissait, comme on le suppose généralement d'une question de différence de compétence entre phyllade et coticule, on peut s'étonner de ne trouver aucune différence, au point de vue disparition des plis, entre le phyllade franc et le coticule impur.

En outre, la rapide disparition des plis va de soi si on a affaire à des phénomènes pénécotemporains de la sédimentation, et on comprend que, dans ce cas, les petits plis doivent disparaître plus rapidement que les autres. S'il s'agit d'une différence de compétence, la rapidité de la disparition devrait surtout, me semble-t-il, être en rapport direct avec le degré de contraction résultant du plissement, et qui est indépendant de la grandeur des plis. Cette contraction est, par exemple, plus petite (1,55 environ) pour les plis coffrés de la photo 12 A que pour les plissements de la photo 14 A (1,75); malgré cela, ces derniers disparaissent beaucoup plus vite que les premiers. Il y a là, à mon avis, un sérieux indice que la différence de compétence n'est pas la cause de cette disparition rapide des plis.

4. L'échantillon scié a été recueilli dans les déchets de l'exploitation souterraine Old Rock, à Salm-Château. Cette mine se trouve sur le flanc sud, très redressé, d'un synclinal salmien correspondant à la partie sud du défilé de la Salm. Les plis secondaires (voir notamment (11), fig. 10, p. 50) y sont déjetés vers le Nord, avec flanc nord des anticlinaux long et subvertical, et flanc sud plus court et à faible pente sud. L'axe de ces plis est nettement oblique par rapport à la direction générale (subverticale) des couches (fig. 3, I).

Les plis du coticule, s'ils ont la même origine, devraient présenter un style analogue, mais les plis coffrés de l'échantillon ont en somme leur style propre, et les plissements ont le plus souvent un axe presque perpendiculaire à la direction générale du lit (Fig. 3, IIa et IIb).

La différence n'est cependant pas très grande, car les axes des uns et des autres sont inclinés, très généralement, dans la bonne direction.

Au surplus, K. Theunissen admet deux périodes tectoniques, et les plis du coticule pourraient dès lors appartenir à l'autre période.

L'anomalie signalée ci-dessus pourrait donc trouver peut-être une autre explication.

D. Dans ce chapitre a été cité un exemple incontestable de plis du coticule pénécotemporains de la sédimentation (§ A), puis un autre très vraisemblable (§ B).

Ensuite ont été passés en revue une série d'indices plus ou moins convaincants en faveur d'une telle origine pour des plissements du coticule.

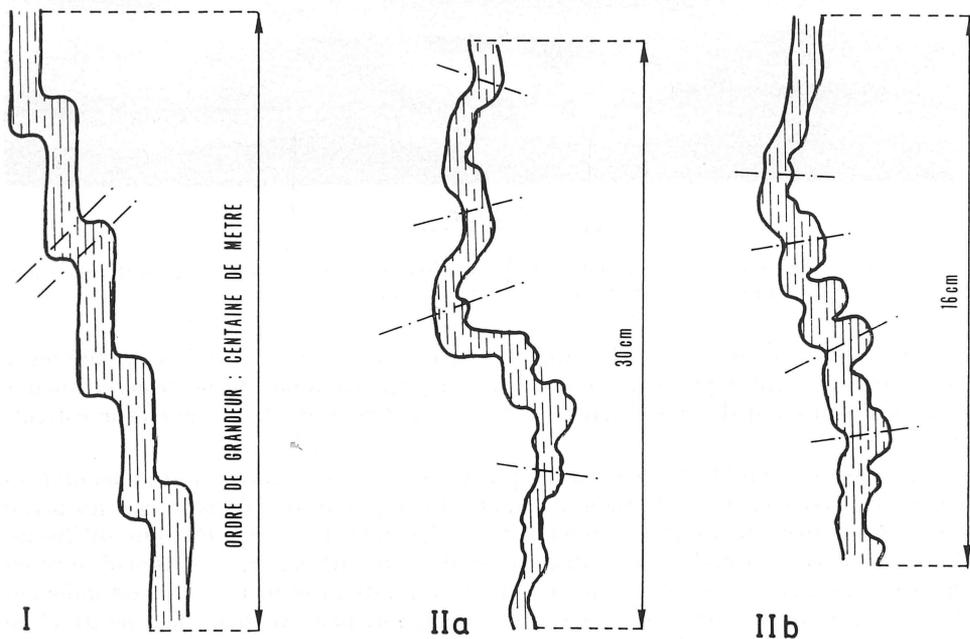


Figure 3 : Comparaison entre les plis de second ordre du flanc sud du synclinal de Bonafa à Salmchâteau (I), les plis « coffrés » de la coupe Ba (IIa) et les plissements de la coupe Bb (II b) dans le coticule du bloc scié en tranches.

On remarquera que, dans aucun des trois types, on ne relève de traces d'érosion. Les plissements subcontemporains — réels ou supposés — ont donc dû se faire au sein des couches, sous forme de glissement sous charge pour le cas A, ainsi que, sans doute, pour le cas B. Les plissements du coticule (cas C) pourraient aussi résulter de glissements sous charge, comme le suggère par ailleurs l'analogie signalée (p. 121) avec le microplissement de la photo 5,c.

5. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Le présent travail décrit de nombreuses structures sédimentaires qui apparaissent dans les bancs de coticule du Salmien-Tremadocien du massif de Stavelot. Les premières décrites sont interprétées comme des traces d'érosion — probablement sous eau —, et un tel phénomène n'avait à ma connaissance pas été signalé jusqu'ici dans le coticule. De nombreuses traces diverses, telles que poches, remplissages de fissures, contacts en forme d'épines, interpénétrations de minces laies de phyllade dans le coticule, amènent à penser que ce dernier formait une couche assez déformable et molle quand s'est déposée l'argile qui a donné le phyllade supérieur. Les lits de coticule impur qui accompagnent souvent les veines typiques montrent aussi toute une série de déformations subcontemporaines du dépôt, y compris des plissements et une amorce de faille.

Quelques rares plis du coticule sont aussi, incontestablement, contemporains de la sédimentation.

Pour certains plissements, plusieurs observations, et notamment leur grande variabilité en tous sens, seraient en faveur d'une origine semblable. Ceci nécessite néanmoins plus d'observations. Enfin, la théorie, classique depuis les expériences de Max Lohest, selon laquelle le coticule, lit résistant (competent bed), aurait réagi en se plissant sous les efforts tectoniques, tandis que le phyllade, moins résistant, aurait réagi plastiquement, devrait être réexaminée. En particulier, la diminution graduelle des plis, dans le phyllade encaissant, là où des laies plus claires permettent de la constater, ne paraît pas varier en fonction du rétrécissement subi, mais de la hauteur des plis, ce qui, à mon avis, ne s'accommode guère de cette théorie.

(Université de Liège, Laboratoire de Géologie et Géographie physique).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ANTEN, J. 1923. — Le Salmien métamorphique du Sud du Massif de Stavelot. Acad. Roy. de Belg., Cl. des Sciences, ...
- [2] DE DYCKER, R. 1939. — Recherches sur la nature et les causes du métamorphisme des terrains manganésifères du Cambrien supérieur, dans la partie Sud-Occidentale du massif de Stavelot. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXII, pp. M 1-106.
- [3] FOURMARIER, P. 1949. — Principes de Géologie, 3^e éd., 2 vol., 1523 p. in-4^o — Vaillant-Carmanne, Liège. V. p. 575.
- [4] FOURMARIER, P. 1954. — La Tectonique, *in* Prodrome d'une description géologique de la Belgique, 826 p., in-4^o — Vaillant-Carmanne, Liège. pp. 609-744.
- [5] LOHEST, M. 1913. — Expériences de tectonique. *Mém. Soc. Géol. Belg.*, t. XXXIX, pp. M 547-585 — V. p. 572-573.
- [6] MACAR, P. 1948. — Les pseudo-nodules du Famennien et leur origine. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXX, pp. B 47-74.
- [7] MACAR, P. et ANTUN, P. 1950. — Pseudo-nodules et glissement sous-aquatique dans l'Emsin inférieur de l'Oesling (Grand Duché de Luxembourg). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXXIII, pp. B 121-150.
- [8] MACAR, P. 1951. — Les pseudo-nodules en terrains meubles. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXXV, pp. B 111-115.
- [9] MACAR, P. 1965. — Les déformations non-tectoniques des roches sédimentaires. *Revue Universelle des Mines*, 108^e ann., pp. 141-151.
- [10] THEUNISSEN, K. 1970. — L'andalousite et ses phases de transformation dans la région de Vielsalm. *Ann. Soc. Géol. Belg.* t. XCIII, pp. 363-82.
- [11] THEUNISSEN, K. 1971. — Verband tussen de tectonische vervorming van de metamorfe rekrystallisatie in het doorbraakdal van de Salm te Salmchâteau. Proefschrift voorgedragen tot het behalen van de graad van Doktor in de wetenschappen. K.U.L., Leuven.

DISCUSSION

H. PIRLET s'inquiète de la disposition de la schistosité vis-à-vis des petits plis décrits. Il signale en outre qu'il possède un échantillon où l'on distingue que le lit de coticule a été boudiné avant qu'il ne soit plissé; dans ce dernier cas, la schistosité est parallèle au plan axial.

P. MACAR. Je n'ai pas fait d'observations systématiques sur la schistosité. Celle-ci

fait souvent un angle prononcé, assez proche d'un droit, avec la direction générale de la couche de coticule, que celle-ci soit ou non affectée de plissements. Elle est ainsi un peu oblique à l'axe des petits plis. Je n'ai pas observé de changements de la schistosité quand les axes de plis successifs n'étaient pas parallèles entre eux. Comme ces plis et leurs irrégularités s'atténuent très rapidement dans les phyllades encaissants, on conçoit que la schistosité ne puisse guère en être affectée.

J. KLERCKX. K. Theunissen, dans sa thèse de doctorat sur la vallée de la Salm (1971), a signalé des structures sédimentaires dans le Salmien; il a décrit aussi des plis à plan axial horizontal qui ne cadrent pas avec le style tectonique régional; ces plis pourraient être rapportés à une première phase de plissement. Ne serait-il pas intéressant d'étudier les coticules en place afin de voir si les structures que vous décrivez ne sont pas des relicts de ce premier plissement. relicts qui seraient mieux conservés dans les niveaux de coticule que dans les phyllades?

P. MACAR. Il serait sûrement utile d'étudier les couches de coticule en place, bien que les conditions d'observation soient à présent devenues en général très mauvaises.

On peut certainement admettre deux phases de plissements, d'autant plus que cela correspond à la thèse de M. Theunissen. Toutefois, on ne voit pas pourquoi ce premier plissement aurait acquis un style tectonique tel que les plis marqués disparaissent, perpendiculairement aux couches, sur quelques cm. Des mouvements subcontemporains de la sédimentation, déclenchés par la mobilité à ce moment plus grande de la couche de coticule, me paraissent expliquer beaucoup mieux cette particularité.

J. MICHOT. S'il est vraisemblable que certaines des formes que vous avez décrites peuvent dépendre de processus pénésédimentaires, n'est-il pas possible aussi que certains des plis et déformations que révèlent les échantillons soient le résultat d'une compression des ensembles lithologiques de nature différente, compression dont la schistosité qui affecte les phyllades est l'expression?

Si l'on s'en réfère aux études tectoniques développées dans la région, ces roches seraient d'ailleurs caractérisées par deux directions de schistosité. Ceci pourrait expliquer l'allure complexe des déformations étudiées.

P. MACAR. L'hypothèse d'une compression agissant différemment sur les couches de coticule et de phyllade, qui est en somme la thèse traditionnelle, explique mal, à mon avis, la disparition brutale, sur quelques cm de distance, de petits plis très nets qui s'atténuent déjà dans le coticule impur.

Sur les échantillons étudiés, la schistosité s'observe mal en général. J'ai observé occasionnellement des directions différentes, mais qui ne paraissent marquer d'autre relation avec les plis qu'une direction principale un peu oblique à la direction d'axe la plus fréquente dans ces derniers.

P. EVRARD. 1) M. Biot, au cours de deux conférences faites à l'Université de Liège, a montré les possibilités de déformations d'une couche mince en fins plissements dans un ensemble de couches fines empilées, suivant les caractères mécaniques, plastiques, et suivant l'épaisseur des strates.

Il a présenté des échantillons dans lesquels on pouvait observer des couches régulièrement plissées au sein d'autres couches restées parfaitement planes.

2) M. MACAR émet l'hypothèse de déformations contemporaines de la sédimentation. Il faudrait dans ce cas, me semble-t-il, tenir compte de la composition des sédiments et de leur caractéristiques mécaniques à cette époque. La composition chimique et minéralogique pouvait d'ailleurs être fort différente de ce qu'elle est actuellement.

3) Les données physico-chimiques et sédimentologiques sont connues, qui permettent de préciser les zones privilégiées de précipitation du manganèse suivant un profil en travers de la plateforme et du talus continentaux.

Pourrait-on vérifier si les zones où se produisent les glissements sous-marins correspondent aux zones favorables à la précipitation du manganèse?

P. MACAR. 1) Il est très possible que des déformations submicroscopiques observées dans certaines couches de coticule impur soient en relation avec les phénomènes cités par M. Biot, dont la cause n'est pas mentionnée par M. Evrard. Pour certaines d'entre elles au moins, la présence d'une allure failleuse ou de brouillages locaux, indiquent

que des déplacements latéraux se sont produits. Par ailleurs, des couches régulièrement plissées au sein de strates horizontales sont aussi connues de longue date par les sédimentologues.

2) Il va de soi qu'il faut tenir compte des propriétés des sédiments à l'époque de la déformation. C'est en se basant sur le style de ces dernières que l'on peut en général tirer certaines conclusions à ce sujet. En ce qui concerne le coticule, notamment, certains caractères semblent bien indiquer une aptitude à la déformabilité très différente de sa cohésion actuelle.

D'autre part, des déformations péné-contemporaines de la sédimentation ont été décrites pratiquement dans tous les types de sédiments.

3) Si les zones de précipitation du manganèse sont vraiment connues avec précision — ce que j'ignore, — en tous cas les glissements sous-aquatiques sont déterminés par des facteurs divers, dont les pentes locales ne sont que le principal. Pour celles-ci, le talus continental est simplement un endroit favorable, mais il est loin d'être le seul.

