

1965.

REPRINTED FROM

SEDIMENTOLOGY



ELSEVIER PUBLISHING COMPANY
AMSTERDAM - LONDON - NEW YORK

UN CURIEUX PHÉNOMÈNE D'ÉROSION FAMENNIENNE: LES "PAINS DE GRÈS" DE CHAMBRALLES (ARDENNE BELGE)

P. MACAR ET C.EK

Institut de Géologie, Université de Liège, Liège (Belgique)

(Reçu le 17 septembre 1963)

SUMMARY

Vertical walls in quarries of Famennian sandstones near Aywaille (Belgian Ardennes) show in abundance varied sedimentary structures. The most interesting are undoubtedly erosional effects on a few islets (or promontories) of a former sandstone layer that are bordered in several places by microcliffs. Rounded and sub-circular "wash-loaves" accompanied by smaller and less regular masses occur near and outside of these cliffs; these are so numerous at one place that they appear as a swarm. Both types are remnants of the islets; they sometimes stand as micro-stacks, but are also sometimes dragged away some distance, as revealed by the inclined or even vertical laminae that some show in cross-section. We think that the carving of the microcliffs does not denote an important contemporaneous consolidation of the bed, although its limestone content may have favored firmness. We assume that it is mostly a question of the amount of water in the wet sand. Other examples of microcliffs in ancient formations are known in the vicinity; the swarm of stacks and wash-debris, on the other hand, seems an exceptional phenomenon.

RÉSUMÉ

Les carrières de Chambralles, ouvertes dans les bancs de grès verticaux du Famennien supérieur, montrent une grande variété de structures péné-contemporaines de la sédimentation.

On y note en particulier, sur un banc largement dégagé, des îlots souvent limités par des microfalaises et de petites masses de grès isolées, de forme arrondie ("pains de grès"). Ils constituent les restes du banc supérieur démantelé par l'érosion de la mer dévonienne, dont les vagues ont en outre déplacé certains des "pains" ainsi formés. Nous pensons que la cohésion atteinte dès ce moment par les pains alors sebleux, résulte en partie de l'humidité du sable et en partie de sa teneur en calcaire (4–6%).

Les "pains de grès" entraînés à quelque distance par le ressac corroborent

l'explication fournie antérieurement (MACAR, 1948) pour certains pseudo-nodules, supposés arrachés au rivage, et qu'on observerait ici *in statu nascendi*.

INTRODUCTION

Sur le versant sud de la vallée de l'Amblève, à 20 km au sud de Liège et à 3 km à l'ouest d'Aywaille (Fig.1), plusieurs excavations contiguës sont ouvertes, au hameau de Chambralles, dans des couches subverticales de psammites¹ et de schistes appartenant au Famennien supérieur (assise supérieure ou assise d'Évieux, —Fa_{2c} de la carte géologique de la Belgique). Ces carrières offrent à l'observation de grandes

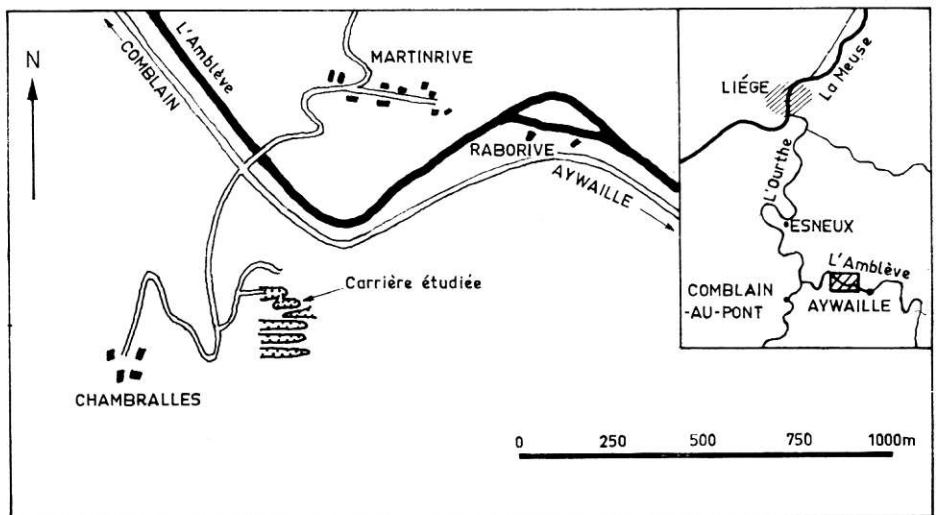
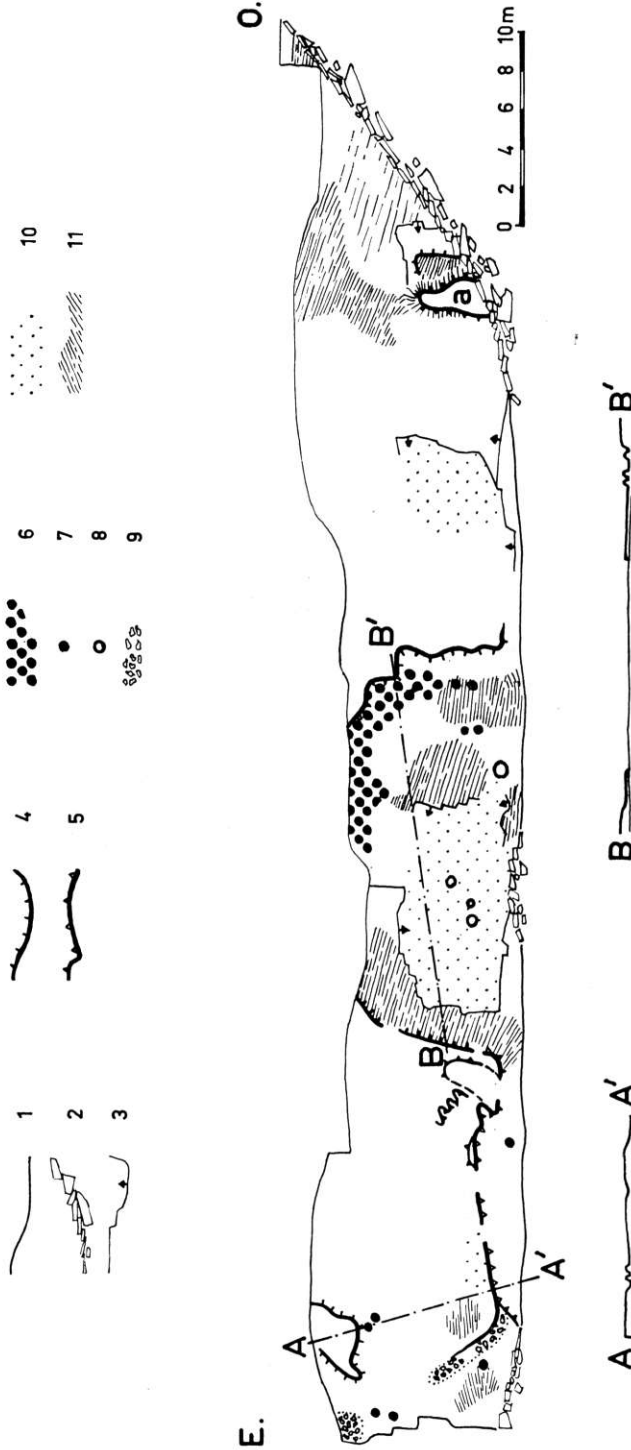


Fig.1. Localisation des carrières de Chambralles.

surfaces de stratification dégagées par l'exploitation, surfaces qui constituent une mine extrêmement riche de phénomènes sédimentaires divers. C'est dans l'excavation la plus septentrionale que s'observe, sur une face supérieure, le phénomène très particulier décrit ci-dessous.

Observé par VAN STRAATEN (1954), puis par l'un de nous (P.M.), signalé ensuite par L. M. J. U. van Straaten à A. J. Pannekoek, il fut mentionné succinctement dans un travail non publié de BOERSMA (1959), puis par PANNEKOEK dans une revue sud-américaine (1960). Nous l'avons étudié récemment plus en détail, en vue notamment de la visite d'une des excursions du VI^e Congrès International de Sédimentologie (Pays-Bas et Belgique, mai-juin 1963), et leur intérêt nous a paru mériter une description dans une revue spécialisée.

¹ Ce sont des psammarkoses, au sens que MICHOT (1958) a donné à ce mot.



Dans les deux profils, les hauteurs sont exagérées 3 X

Fig.2. Schéma de la paroi sud de la carrière décrite.

- 1 = Limite de la paroi dégagée.
- 2 = Déblais.
- 3 = Limite d'un banc et direction du banc inférieur.
- 4 = Microfalaises à bord abrupt.
- 5 = Microfalaises à bord plus arrondi.
- 6 = Essaim de pains de grès.
- 7 = Pain de grès isolé.
- 8 = Pain de grès arasé.
- 9 = Masses isolées plus petites.
- 10 = Moules de valves de lamellibranches.
- 11 = Ripple-marks.

DESCRIPTION

Une grande surface de stratification, dégagée sur une surface de $8 \times 70 \text{ m}^2$ environ, est recouverte de quelques "îlots"¹ plats de psammites atteignant jusqu'à 20 cm d'épaisseur et visible sur plusieurs m^2 en surface (Fig.2, 3). Ce sont les vestiges épars d'un banc supérieur plus continu. En plusieurs endroits, leur bord accuse des indices d'une érosion subcontemporaine du dépôt: il présente un tracé plus ou moins sinueux ou dentelé, et montre en outre une surface lisse, à section transversale convexe ou ondulée, et en forte pente arrivant à la verticale et parfois

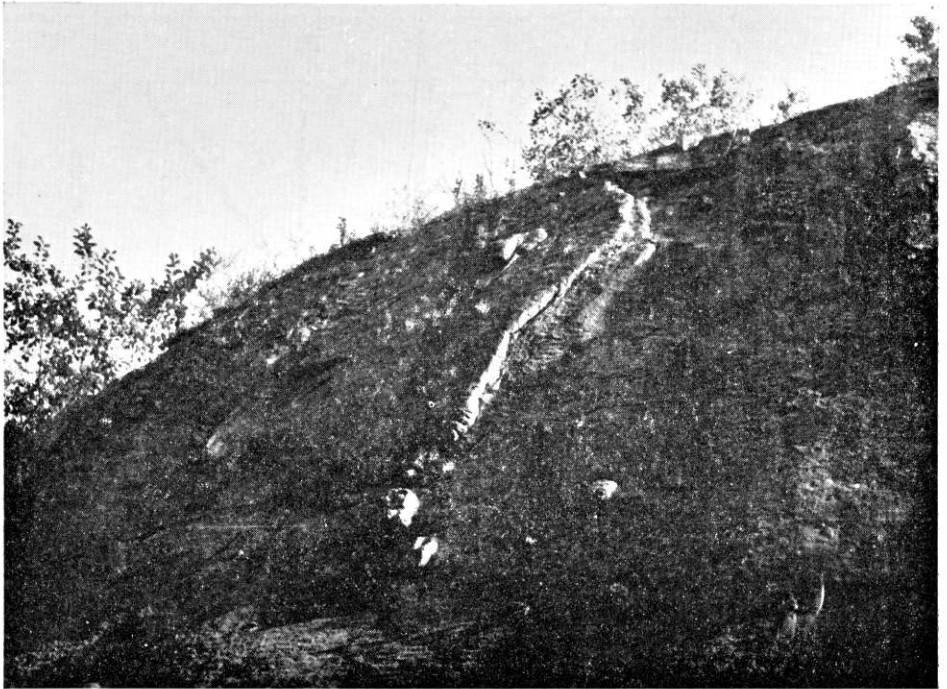


Fig.3. L'îlot oriental (Fig.2, A), bordé de microfalaises et, du côté le plus proche, de masses isolées. A l'avant-plan, pains de grès.

même légèrement surplombante; il apparaît ainsi comme une microfalaise. Vers le centre de la paroi, deux de ces microfalaises s'opposent, à plusieurs mètres de distance. Elles se rapprochent vers le haut et peuvent correspondre, soit au débouché d'un chenal large et peu profond, soit à la limite d'une anse taillée à cet endroit par la vague. Au voisinage immédiat de la microfalaise de droite, s'observe un véritable essaim de petites masses arrondies (Fig.2). Des formes analogues, plus ou moins

¹ Certains de ces "îlots", se prolongeant jusqu'à la limite visible du banc, peuvent n'être en réalité que des promontoires.

isolées, se retrouvent de ci de là, à proximité d'autres microfalaises. Les masses ont un contour subcirculaire, ovalaire, ou parfois plus irrégulier encore. La plupart ressemblent à des pains de type courant dans le pays, ce qui nous a amenés à les dénommer "pains de grès".

Ces masses sont de hauteur égale ou légèrement inférieure à celle des "îlots". Plusieurs d'entre elles se montrent entourées d'une très légère dépression (Fig.4), qui

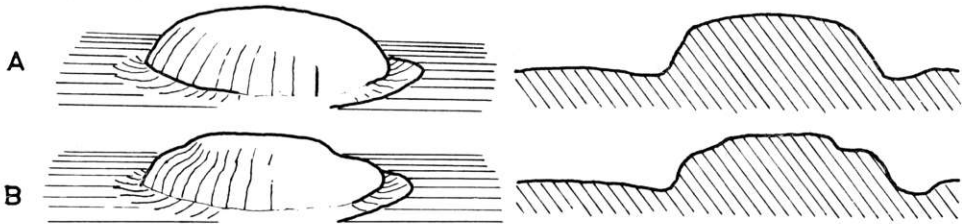


Fig.4. Pains de grès entourés d'une dépression, et dont l'un (B) est à terrasse.

suggère une érosion tout autour de l'obstacle qu'elles formaient sur la plage. Pour deux d'entre elles, la dépression est simplement semi-circulaire, et située du côté externe par rapport à l'îlot voisin, c'est-à-dire en somme vers la mer.

Certains pains de grès sont bordés, à leur partie supérieure, par une minuscule terrasse (Fig.4B), indiquant apparemment qu'une légère érosion s'est faite à ce niveau. Ailleurs, sur une couche inférieure, des formes très plates et à angle vif entre bord et sommet suggèrent des pains arasés sur presque toute leur hauteur (Fig.5).

Il est aisé de voir que les pains proviennent des îlots: ils sont en effet plus nombreux à proximité immédiate de ceux-ci. Ils s'y ordonnent parfois en sortes de chapelets subparallèles au bord de l'îlot (Fig.6). Un redan pénétrant dans l'îlot en abrite aussi un plus grand nombre.

A côté des pains typiques s'observent aussi des masses toujours arrondies, mais nettement plus petites, et moins régulières (Fig.7), dont l'origine est apparemment la

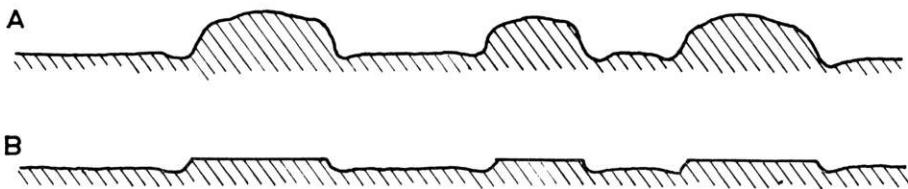


Fig.5. Pains de grès arasés (B), et leur forme supposée avant arasement (A).

même, mais qui peuvent provenir en partie de la fragmentation des pains de grès eux-mêmes. Quelques-uns de ces derniers, d'ailleurs, sont affectés par des entailles ou traversés par des fossés minuscules (Fig.6, partie centrale), et il semble qu'ils pouvaient se morceler facilement.

En somme, îlots, pains de grès et masses plus petites apparaissent comme des



Fig.6. Chapelet de pains de grès; vers le haut de la photographie, microfalaises. La plus grande dimension de la photographie représente approximativement 7 m.



Fig. 7. Pains de grès vus d'en bas; le milieu et l'avant-plan de la vue sont occupés par un chenal, qui a érodé latéralement les pains de grès de gauche.

stades de l'érosion par la mer, sur la plage, d'une petite couche de sable, découpée tout d'abord en îlots, lesquels furent ensuite déchiquetés sur les bords en pains de sable, ces deux formes fournissant aussi des éléments de taille plus petite.

Sur la couche inférieure, des ripple-marks, en général symétriques (wave-ripples), se sont abondamment développés. Ils entourent, sans les recouvrir, les îlots et les pains, ce qui semble indiquer, lors de leur formation, une très faible profondeur d'eau. Localement (Fig.2, point *a*) un îlot assez plat est entouré d'une dépression large (50 cm) mais très peu profonde. Comme noté par PANNEKOEK (1960, p.225), les ripple-marks du voisinage se prolongent dans cette dépression (Fig.8), mais y sont déviés en auréole autour de l'îlot: des interférences locales se sont donc produites dans la dépression.

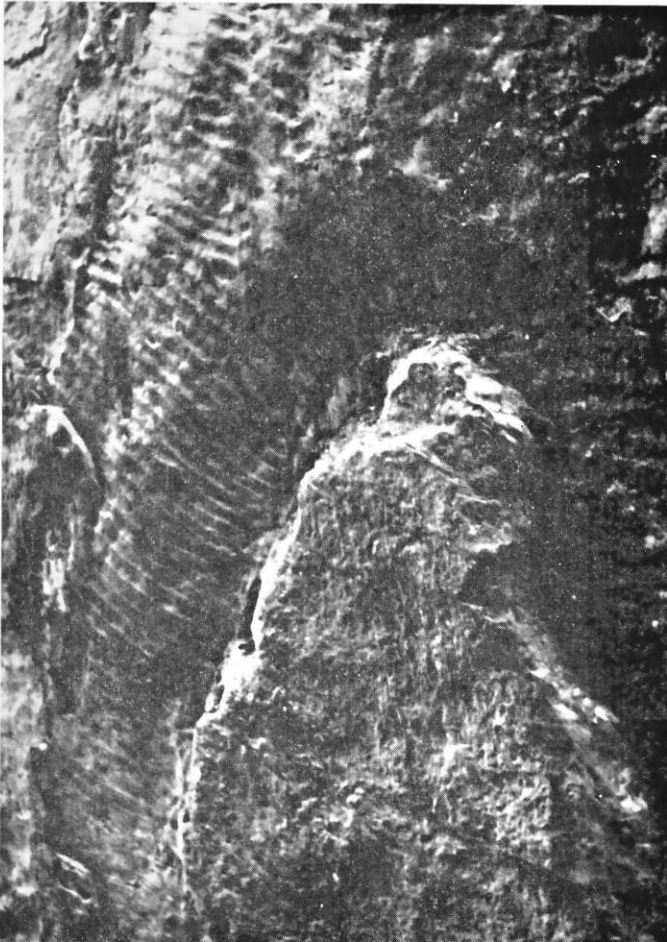


Fig.8. L'îlot occidental, et les ripple-marks réfractés sur son bord. La plus grande dimension de la photographie représente approximativement 3 m.

En plusieurs endroits, et notamment dans la dépression citée ci-dessus, on observe les restes d'un sédiment argileux, noirâtre, qui est devenu un schiste séricitique, à grandes paillettes de biotite et de muscovite, et comportant en outre un faible pourcentage de grains de quartz. Ce sédiment oblitère entre autres certaines dépressions périphériques des pains de grès et recouvre parfois partiellement ces derniers. Il paraît parfois s'insinuer sous un îlot¹, mais il s'agit dans ce cas d'une disposition locale, correspondant à une microfalaise sapée à la base et devenu surplombante à cet endroit.

Ailleurs, les pains de grès sont recouverts d'un sédiment schisteux gris terne, légèrement dolomitique, qui peut arriver à les oblitérer plus ou moins complètement sur la paroi (Fig.7).

Notons enfin que, sur le banc inférieur déjà cité à propos des pains de grès arasés, on observe en abondance de petites protubérances assez plates, à peu près toutes de même taille: 2-3 cm. Un examen approfondi a fait découvrir, dans une ou deux d'entre elles, des traces d'empreintes fossilifères: il s'agit de moulages de valves de lamellibranches, toutes tournées de la même manière, c'est-à-dire reposant à plat sur le rivage. Ce sont donc des valves isolées et déplacées par la mer, et qui se sont déposées en position d'équilibre stable.

GENÈSE, CONCLUSIONS

Deux questions se posent à propos des microfalaises et des masses qui en proviennent:

(1) Ces masses sont-elles en place ou ont-elles été entraînées plus ou moins vers le large?

(2) Comment les îlots sableux ont-ils pu se consolider suffisamment, et suffisamment vite pour permettre la préservation des masses dérivées et de microfalaises localement surplombantes?

En ce qui concerne le premier point, BOERSMA (1959) rejette l'hypothèse d'un déplacement, en déclarant que la stratification dans les masses, révélée par des coupes, se montre parallèle au banc inférieur, et seulement infléchié parfois sur les bords.

L'un de nous (C.E.) a effectué une série de sections dans ces masses, qui l'amènent à modifier cette opinion.

Il observe que la stratification est souvent légèrement oblique par rapport au banc sous-jacent (Fig.9A, 10 B, C). Parfois elle s'arrête net contre la surface inférieure sw la masse. A moins qu'on ait affaire à des stratifications entrecroisées, ceci indiquerait un léger basculement de la masse. Parfois aussi, la stratification est très nettement oblique (Fig.9C) et, dans un cas, une coupe faite à travers deux petites masses accolées a montré (Fig.9B, 10A) que l'une d'elles avait basculé de 90° environ, les stratifications y étant perpendiculaires au banc sous-jacent, tandis que des plissements, à sa paroi

¹ C'est le cas notamment pour l'îlot "a", Fig.2.

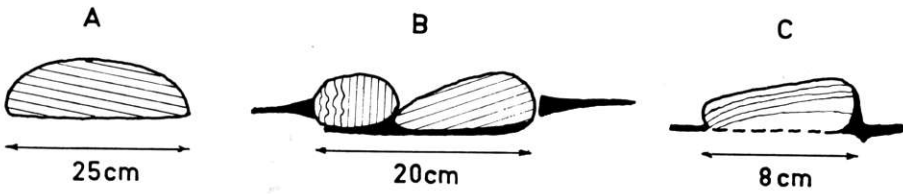


Fig.9. Sections à travers des pains de grès.

externe, paraissent bien résulter de la poussée de l'autre masse. Il faut noter que toutes deux sont enfoncées de quelque 3 cm dans une layette argileuse qui les entoure.

Dans le dernier cas, le déplacement des masses est indéniable. Il est à noter toutefois que beaucoup de masses adhèrent de manière extrêmement ferme au banc sous-jacent, ce qui semble bien indiquer qu'aucun joint de stratification ne les sépare. D'autre part, nous avons déjà noté que la hauteur des pains de grès correspond généralement à peu près à celle de la microfalaie voisine, ce qui laisse supposer, ou qu'ils sont en place, ou qu'ils ont glissé sans basculer.

En conclusion, nous estimons que si plusieurs masses, et notamment celles qui sont les plus proches de la microfalaie, ont beaucoup de chances d'être en place, par contre d'autres ont incontestablement été déplacées.

Cette conclusion présente une certaine importance pour le problème de l'origine de ces autres phénomènes subcontemporains de la sédimentation que constituent les pseudo-nodules. L'un de nous (P.M.) a supposé en effet (1948) que ces derniers pouvaient représenter des masses arrachées au rivage, — par une tempête, par exemple — et qui, entraînées vers le large, se sont ensuite enfoncées en s'incurvant vers le bas dans la boue plus ou moins argileuse du fond. Ceci ne représente évidemment qu'un des modes de formation possibles, mais les observations ci-dessus viennent à son appui en montrant un cas concret de formation de telles masses.

La consolidation rapide des îlots pose un second problème. PANNEKOEK (1960, p.225) suggère comme explication possible une émergence d'une certaine durée, et la présence de végétation dont les racines auraient donné de la résistance à la couche. Des restes de plantes apparaissent en fait dans une couche supérieure qui, à 5 m, forme la paroi opposée de l'excavation. Il s'agit toutefois de fragments de troncs flottés, la plupart de grandes dimensions (l'un d'eux dépasse le mètre), et il est très peu probable qu'une végétation de ce type ait pu s'implanter sur la couche sableuse considérée, qui par ailleurs ne nous révèle aucune trace de racine.

Par contre, les lames minces pratiquées dans les pains de grès ont montré que la couche possédait une certaine teneur en calcaire (de 4-6%) disséminé dans la masse, en partie sous forme de grains poecilites. Il nous paraît que ce calcaire a pu intervenir pour provoquer localement, avant érosion, une certaine consolidation du banc ayant fourni les pains. La teneur en minéraux argileux est absolument négligeable, inférieure en moyenne à 1%, et ne peut donc avoir influencé la compaction. D'autre part, des microfalaises assez analogues à celles observées ici ne sont pas rares sur les plages de sable de la côte belge, au sud de Nieuport. Elles y apparaissent

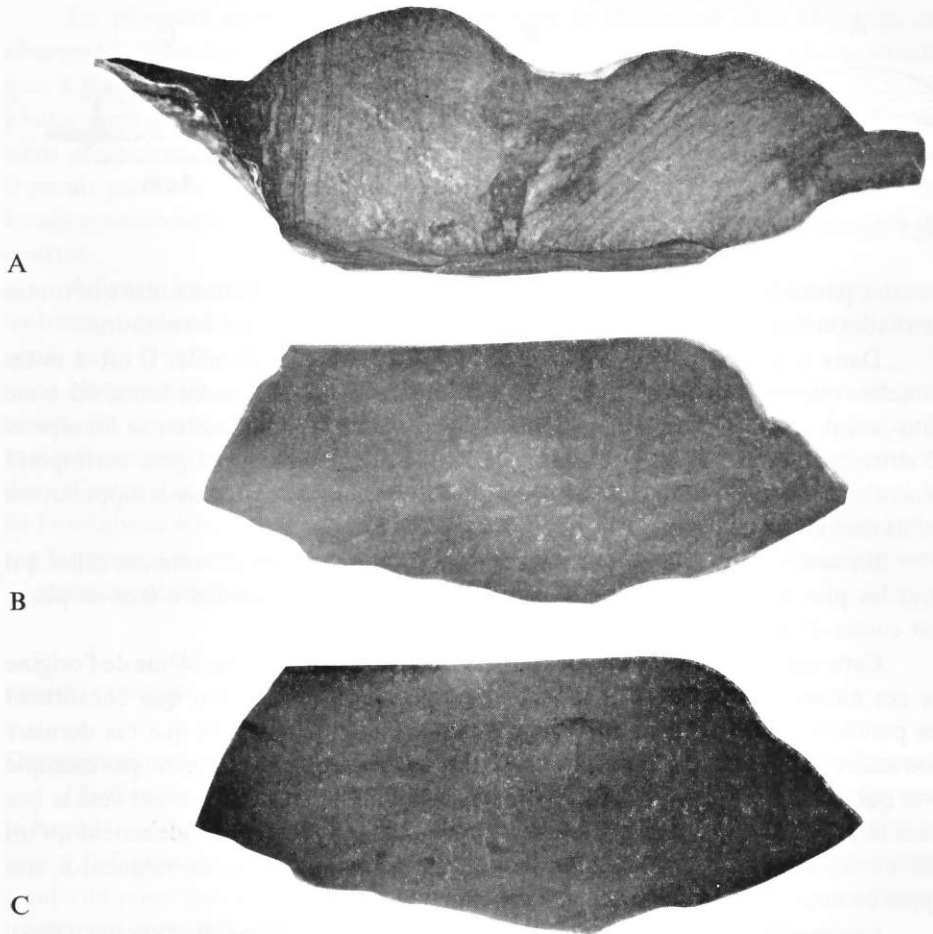


Fig.10.

A. Deux pains de grès déplacés.

B. Photo d'une section polie d'un pain de grès, grandeur naturelle.

C. Le même, aux rayons X, photographié à 70 cm de distance, pose de 16 sec, à 45 kV et 7 mA.

en bordure de chenaux plats transversaux formés par le drainage de dépressions longitudinales de l'estran ("pannes"), au moment de la marée descendante. Ces chenaux sont fréquemment sinueux, et l'érosion latérale du courant de reflux provoque la formation de falaises de quelques cm à 1-2 dm, et qui sont parfois surplombantes, dans des sables pourtant sans argile. Ceci prouve que le sable humide, émergé depuis peu, est susceptible de tenir en paroi verticale. Ce doit être essentiellement une question de la proportion d'eau contenue à ce moment dans le sable qui, plus sec, donne prise au vent et, plus humide, est attaqué par l'eau et entraîné.

Il ne semble donc pas, en conclusion, que la sculpture des microfalaises ait nécessité des circonstances très particulières. Plus difficile, toutefois, en est sans doute la préservation: les microfalaises des plages belges sont détruites à chaque marée. A

Chambralles, elles ont été enfouies sous un sédiment argileux, sans doute déposé en eau tranquille, ce qui a facilité leur conservation.

Nous attribuons donc la présence de microfalaises à l'érosion d'un sable encore suffisamment humide pour tenir en paroi verticale, avec l'aide locale d'un certain durcissement par le calcaire. Leur préservation a été ensuite grandement facilitée par l'invasion par une eau tranquille. Comme supposé par Pannekoek, une érosion d'une certaine durée a été nécessaire.

Une microfalaise analogue, atteignant une dizaine de cm de haut, a été découverte jadis par l'un de nous (P.M.) le long de la tranchée du chemin de fer de Remouchamps (à 3 km à l'est d'Aywaille), dans des grès du Couvinien Supérieur. Là aussi, la sculpture des bords du chenal a donné localement des parois subverticales. De plus, lors de l'excursion du VI^e Congrès de Sédimentologie, Ph. H. Kuenen a découvert, en deux endroits, dans d'autres excavations de Chambralles, d'autres microfalaises au sujet desquelles il a bien voulu nous fournir les détails suivants (communication personnelle): "One example occurs on the south wall of the next (second) quarry (the one described by VAN STRAATEN, 1954). It is cut in sand and is only a few cm high. The island is covered with small wave ripple-marks and surrounded by larger ripple-marks. The other examples are to be seen on the northern wall of the fifth quarry and are therefore seen from the lower side, in negative. They are formed in laminated shales about 10 cm high, undercut, and they run in remarkably smoothly bent curves. Between two islands the water has cut a deeper channel. The sandy bed that covered these formations has taken on slight imprints of the lamination of the eroded bed. Thus the channels show, as it were, depth curves".

On voit par ces dernières observations que, dans les formations anciennes, le phénomène "microfalaise" bien que rare, n'est pas exceptionnel. Il en va sans doute tout autrement de l'essaim de pains de grès et de masses plus petites, dont aucun autre exemple ne nous est connu, ou n'a été signalé par les représentants des quelque douze pays différents ayant visité l'affleurement à l'occasion du Congrès précité.

REMERCIEMENTS

Prof. Dr. Ph. H. Kuenen a bien voulu lire notre manuscrit et nous faire profiter de ses critiques amicales et constructives, ce pourquoi nous le remercions vivement.

APPENDICE

Radiographie des pains de grès

Certaines des formes étudiées avaient une stratification peu apparente; nous avons cherché à la mettre en évidence par les rayons X, suivant la méthode proposée par HAMBLIN (1962).

Nous avons toutefois légèrement modifié les données qu'il proposait, et les photographies ont été prises sous 45 kV et 7 mA, à 70 cm de distance avec pose de 10-20 sec., sur des échantillons de 2,5 mm d'épaisseur.

Les Fig.10B, C donnent un exemple de la différence entre l'observation visuelle d'un fragment de pain de grès et son observation radiographique.

On voit que cette dernière permet de distinguer des détails invisibles à l'oeil nu et donne une vision beaucoup plus claire de la stratification.

BIBLIOGRAPHIE

- BOERSMA, J. R., 1959. *Het Verschijnsel "Pseudo-nodule" in het Boven Famennien der Belgische Ardennen*. Thesis, Rijksuniversiteit, Leiden, 29 pp.
- HAMBLIN, W. K., 1962. X-Ray radiography in the study of structures in homogeneous sediments. *J. Sediment. Petrol.*, 32 : 201-210.
- MACAR, P., 1948. Les pseudo-nodules du Famennien et leur origine. *Ann. Soc. Géol. Belg., Bull.*, 72 : 47-74.
- MACAR, P., 1951a. Pseudo-nodules en terrains meubles. *Ann. Soc. Géol. Belg., Bull.*, 75 : 111-115.
- MACAR, P., 1951b. Pseudo-nodules et plis intraformationnels. *Bull. Soc. Belge Géol. Paléontol. Hydrol.*, 51 : 287-292.
- MACAR, P., 1958. Les déformations péné-contemporaines de la sédimentation. *Rev. Questions Sci.*, 19 : 5-33.
- MACAR, P., 1963. Étude de structures sédimentaires et de pseudo-nodules du Dévonien de l'Ardenne. *Congr. Intern. Sédimentol.*, 6e, *Livrets-guides, Excursions E/F*, 1 : 8 pp.
- MACAR, P. et ANTUN, P., 1950. Pseudo-nodules et glissement sous-aquatique dans l'Emsien Inférieur de l'Oesling (Grand-Duché de Luxembourg). *Ann. Soc. Géol. Belg., Bull.*, 73 : 121-150.
- MICHOT, P., 1958. Classification et terminologie des roches lapidifiées de la série psammito-pélitique. *Ann. Soc. Géol. Belg., Bull.*, 81 : 311-342.
- PANNEKOEK, A. J., 1960. Some sedimentary structures in recent and fossil tidal deposits. *Bol. Inform. Asoc. Venezolana Geol., Minería-Petrol.*, 3 (8) : 221-229.
- SHROCK, R. R., 1948. *Sequence in Layered Rocks*. McGraw-Hill, New York, N.Y., 507 pp.
- VAN STRAATEN, L. M. J. U., 1954. Sedimentology of recent tidal flat deposits and the psammites du Condroz (Devonian). *Geol. Mijnbouw*, 16 : 25-47.

PRINTED IN THE NETHERLANDS