

MÉCANISME DE LA SÉDIMENTATION DE L'ASSISE
DE MONTFORT ENTRE ESNEUX ET TAVIER

par CAMILLE EK

Extrait des Annales de la Société Géologique de Belgique,
t. 86, 1962-1963, Bull. n° 5, pp. B 273-284
Août 1963

MÉCANISME DE LA SÉDIMENTATION DE L'ASSISE DE MONTFORT ENTRE ESNEUX ET TAVIER (*)

par CAMILLE EK

(4 figures dans le texte)

ABSTRACT

A study of the Assise de Montfort (upper Devonian) at the north-eastern border of the Dinant synclinorium (fig. 1), brings the following observations :

1. *The formation consists essentially, in that region, of fine arkosic sandstones and carbonate precipitates — mostly ferrodolomite (fig. 2). In the whole, the siliceous beds are much more abundant than the carbonate beds.*
2. *The alternance of the two types of sediments corresponds to the frequent passage from open sea to marginal lagoons conditions and vice versa.*
3. *This swinging of the sedimentary conditions took place in an epicontinental, subsident, shallow sea.*
4. *Every lagoon is thought to have had a small extent, seldom more than 2 km (fig. 3).*
5. *The occurrence of the marginal lagoons is explained as follow : superabundant sandy deposits induced the formation of bars ; between*

(*) M. P. Michot a dirigé les recherches qui sont à la base de ce travail ; je tiens à l'en remercier vivement.

M. P. Macar a bien voulu me faire bénéficier de ses conseils, puis des nombreuses remarques que lui a inspirées la lecture du manuscrit ; je lui en suis très reconnaissant.

Ma gratitude va aussi à MM. H. et J. Courtois, pour leur précieuse collaboration dans le prélèvement et le classement des nombreux échantillons nécessités par l'étude.

the bars and the inner shore-line, lagoons developed, and carbonate precipitated ; but later, the everlasting subsidence caused transgression of the sea in the lagoons ; then, sandy sedimentation resumed. Figure 4 shows the mechanism of the alternance.

This explanation dispenses from resorting to outer, non-sedimentary causes, like subsidence jolts.

To conclude, in the considered region, the alternance of sands and carbonate is due to morphological changes of the sea-bottom.

* * *

Récemment étudiée dans la vallée de l'Ourthe (Vandenven, 1960) et dans celle du Hoyoux (Thorez, 1961), l'assise de Montfort vient de l'être également entre ces deux cours d'eau, à la bordure nord du synclinorium de Dinant (Ek, 1962).

Le mécanisme de la sédimentation présente, dans la dernière région étudiée, quelques caractères qui semblent originaux ; c'est à eux qu'est consacrée cette note.

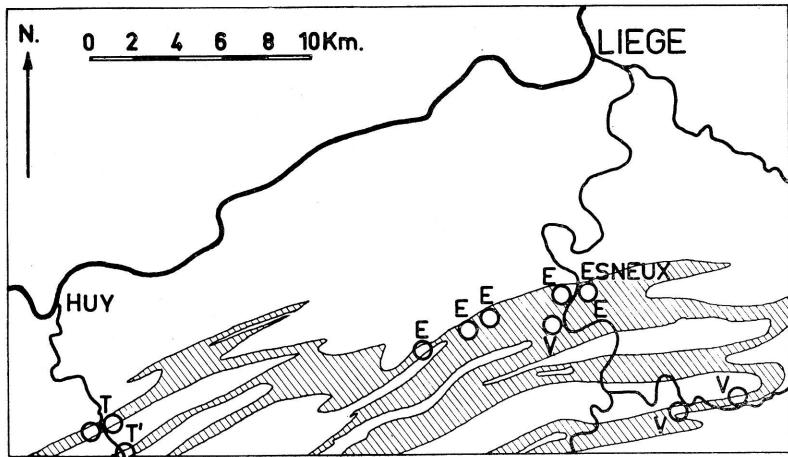


Fig. 1. — Localisation des dernières études sédimentologiques du Famennien supérieur effectuées à l'Université de Liège.

V = Vandenvan, 1960. T = Thorez, 1961. E = Ek, 1962. T' = Thorez, en cours.

1. LA SUCCESSION DES LITHOTYPES

Essentiellement arkosique, la sédimentation de l'assise de Montfort présente cependant des bancs carbonatés, généralement très peu épais, mais pouvant, exceptionnellement, atteindre et dépasser un mètre.

Si les bancs assez épais de carbonates sont rares dans la région étudiée, les couches minces sont par contre nombreuses : l'assise en présente plusieurs dizaines.

La sédimentation est ainsi essentiellement constituée d'une alternance de roches arkosiques et carbonatées.

Dans les vallées de l'Ourthe et du Hoyoux, la sédimentation présente des séquences plus complexes, et souvent s'intercalent entre arkoses et carbonates des psammites et des schistes (Vandenven 1960, Thorez 1961).

Il n'en reste pas moins que là comme dans la région considérée, les deux phases sédimentaires les plus importantes de la séquence sont le dépôt sableux fin et le dépôt de précipitation (Ek, 1962, pp. 71 à 100).

a. *Les arkoses.*

Les roches arkosiques, qui constituent de loin la plus grande partie de l'assise, représentent un sédiment sableux très fin (60 à 120 microns en général), bien classé, et ne comprenant aucun matériel grossier. Le caractère absolument général du bon classement et de la finesse du matériel exclut en tout cas que la cause essentielle du phénomène soit à chercher dans des tris granulométriques locaux : ces tris ne sont intervenus qu'après un classement préalable, antérieur à l'arrivée du matériel dans le bassin de sédimentation : un classement probablement continental.

b. *Les carbonates.*

L'aspect le plus typique des carbonates est celui de layettes ou de couches de dolomie grise, microgrenue, et contenant parfois des paillettes de mica ou quelques fins grains de quartz.

Le carbonate est rarement de la calcite ; le plus souvent, il s'agit d'un carbonate du groupe dolomite-ankérite, dans lequel la propor-

tion Fe/Mg est sensiblement de 1/3,9⁽¹⁾. On pourrait appeler ce minéral une ferrodolomite. Ceci est du reste confirmé par des analyses thermiques différentielles⁽²⁾ effectuées à l'Institut de Minéralogie de l'Université (fig. 2), et dues à la grande obligeance de M. P. Bourguignon.

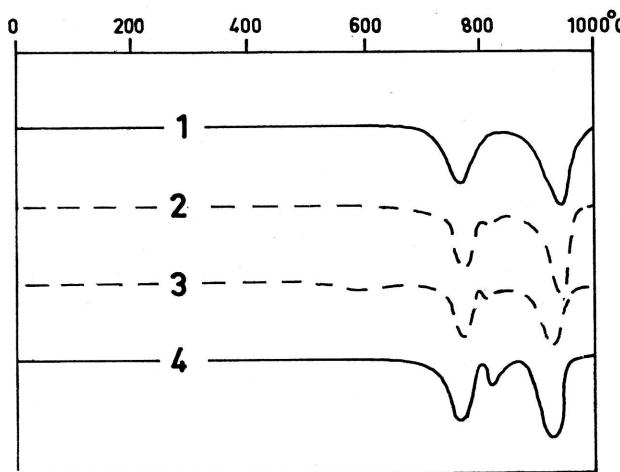


Fig. 2. — Courbes d'analyse thermique différentielle
 1 : dolomite pure, d'après Strakov et al. (1957).
 2 et 3 : courbes de 2 échantillons de la région étudiée (échantillons n° 160 et 174).
 4 : ankérite pure, d'après Strakov et al. (1957).

Bien que la dolomie soit extrêmement pauvre en fossiles, elle contient un peu de matières organiques (Ek, 1962, p. 91) ; elle représente pourtant un sédiment précipité chimiquement, et même très probablement une évaporite (Thorez, 1961, p. 29, et 1963), ce qui implique une très faible profondeur d'eau au moment de la précipitation.

⁽¹⁾ Le grand indice de réfraction (n_g) est compris, en général, entre 1,684 et 1,688. D'après les données de Palache, Berman et Frondel (1951) — données qui expriment la variation de n_g en fonction du pourcentage de Fe — les teneurs en Mg et Fe sont respectivement de $18,5 \pm 1\%$ et $4,75 \pm 1\%$.

⁽²⁾ Analyses thermiques différentielles : avec couple Chromel-Alumel ; régime de montée de la température : 10° C/min.

2. MODALITÉS ET SIGNIFICATION DE L'ALTERNANCE DES DÉPÔTS DÉTRITIQUES ET PRÉCIPITÉS

L'alternance, à l'échelle du mètre, des roches arkosiques et des dolomies n'est que l'expression de la succession de périodes de sédimentation abondante, et de périodes d'arrêt des apports détritiques, correspondant à des conditions de très faible profondeur.

La transition entre ces périodes n'est pas toujours marquée par l'arrivée de matériel détritique fin, argileux ; le passage, lorsqu'il n'est pas immédiat, se marque surtout, en général, par une variation plus ou moins progressive de la teneur en carbonate dans le sédiment ; la fraction carbonatée peut avoir, dans les phases de transition, trois aspects correspondant à trois origines quelque peu différentes :

1^o *les grains très fins* de dolomie épars dans le sédiment détritique représentent probablement une amorce du processus de précipitation dans un milieu où la sédimentation mécanique est encore active ;

2^o *les petits agrégats* de dolomie microgrenue sont probablement des vestiges d'un remaniement local de semblables amorces de précipitation, dans un environnement où une faible sédimentation sableuse reprend épisodiquement ; on peut attribuer la même signification, mais en milieu très calme, à la straticulation alternante de layettes de dolomie et de passées sableuses de quelques mm d'épaisseur ;

3^o *les cristaux pæcilitiques*, eux, généralement de la calcite, représentent un empâtement hâtif du sable, postérieur toutefois à son dépôt, puisque les cristaux de carbonate enrobent les grains ; la précipitation a eu lieu dans l'eau d'imprégnation du sédiment.

Ces phases intermédiaires se présentent souvent sous les bancs de dolomie, mais aussi parfois au-dessus, marquant le retour progressif de la sédimentation sableuse. Lorsque cette transition manque, il est généralement, à défaut de menues discordances, impossible de dire si la cause de l'absence de la phase intermédiaire est ou bien l'érosion de cette phase, ou bien un manque local de sédimentation — dû par exemple à une légère émersion — ou bien

encore une modification si rapide des conditions que le sédiment change brutalement de nature.

La succession des sables fins et des évaporites exprime la concurrence, dans le milieu étudié, entre la sédimentation marine et le milieu lagunaire (voir Van Straaten L. M., 1954) ; alternativement, les courants marins amenaient du sable, puis ces courants faisaient place à des conditions d'eau beaucoup plus calme, où les dépôts de précipitation remplaçaient les apports détritiques.

3. LE MILIEU SÉDIMENTAIRE

Les deux lithotypes représentent en fait deux expressions d'un seul milieu sédimentaire : une mer épicontinentale subsidente, très peu profonde dans la région considérée, au point que les émersions étaient fréquentes. Ceci est confirmé par l'existence des lagunes voisinant la mer libre, par les traces de dessication des dolomies, par l'abondance des ripple-marks d'oscillation et d'interférence, et par la présence de bancs à pseudo-nodules, dont l'origine la plus probable semble être l'action de tempêtes (P. Macar, 1948).

Ces faits corroborent l'aspect de plage que suggèrent terriers, pistes et micro-chenaux ; en outre, les accumulations, à plusieurs niveaux, de végétaux flottés et la présence de débris de poissons d'eau douce (Leriche, 1931) sont des indices de la relative proximité du continent.

4. L'EXTENSION DES LAGUNES

La plupart des couches de dolomie — et surtout les plus minces — ne peuvent se suivre sur les 7,5 Km de l'alignement des carrières étudiées.

Deux épisodes carbonatés seulement — les deux supérieurs — semblent bien continus sur cette distance.

Les autres lagunes se reconnaissent sur un ou deux kilomètres de long, rarement plus.

Cette faible extension n'est pas due à des ravinements ultérieurs qui auraient érodé une partie des dépôts : les traces d'érosion sont toujours modérées, les chenaux observés n'ont jamais que quelques centimètres, ou un décimètre ou deux, de profondeur ; les stratifications obliques sont assez fréquentes, mais de faible ampleur.

Ces faits confirment la conclusion à laquelle amènent les raccords litho-stratigraphiques : les séquences ne se coincent pas, mais s'estompent latéralement.

La différence entre ces deux conceptions est illustrée par la fig. 3.

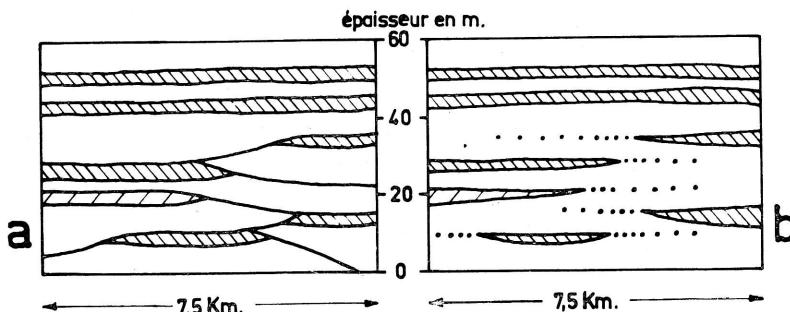


Fig. 3.—Deux interprétations des corrélations établies dans la région étudiée :

- a. Les séquences disparaissent latéralement par érosion.
- b. Les séquences disparaissent latéralement du fait du caractère local des dépôts lagunaires.

Les hachures représentent les principaux bancs de dolomie.

Le schéma *a* suppose de vastes dépressions se recoupant successivement et érodant ainsi le sommet des séquences précédentes ; la sédimentation serait toute entière une sédimentation en chenal, ce qui n'est pas conforme à l'allure du sédiment.

Le schéma *b* montre que les bancs dolomitiques peuvent disparaître peu à peu, latéralement. On est alors amené à considérer que les dolomies se sont formées dans des dépressions très peu accusées, et que leur développement était local. Quelques décimètres de surélévation suffisaient peut-être à amener l'émergence ou du moins l'absence de dépôt ; le cycle suivant, ramenant en ces endroits un dépôt arénacé sur un dépôt arénacé, succédait alors au précédent sans laisser de trace nette de séparation.

Ceci complète l'interprétation, donnée au paragraphe 2, de l'alternance des sables et des carbonates : chaque alternance des deux dépôts n'a en général qu'une extension locale ; en fait, les conditions de dépôt de courant marin et de dépôt d'évaporation ont le plus souvent coexisté pendant la durée de l'assise : les lagunes

se formaient tantôt en une place, tantôt en une autre ; et la mer, envahissant tour à tour chacune des lagunes, modifiait sans cesse la répartition des deux types de dépôt.

5. CAUSE ET MÉCANISME DU RYTHME

Les « rythmes mineurs » : c'est ainsi que J. Thorez a nommé les successions à petite échelle de sable et de carbonate. Ces séquences élémentaires ont une signification importante dans les conditions du dépôt : puisqu'un lit de dolomie succède régulièrement à un banc de sable fin, c'est que ces deux dépôts sont génétiquement liés par un mécanisme de sédimentation (voir à ce propos Tongiorgi et Trevisan, 1958). Ce mécanisme est provoqué directement par l'abondance des apports sableux dans la mer famennienne.

Le fait que les conditions de faible profondeur ont perduré durant toute l'assise montre que les apports sédimentaires étaient au moins suffisants pour compenser la subsidence.

L'unique hypothèse sur laquelle est basée notre explication est que les sédiments arrivaient non en suffisance mais en excès dans le bassin de sédimentation.

L'abondance des apports sableux en un lieu déterminait une diminution notable de la profondeur du bassin à l'endroit considéré, et le sable comblait son propre chemin ; à l'abri des dépôts détritiques, et plus ou moins à l'abri des courants, se précipitait alors du carbonate, jusqu'à un stade qui était soit son émersion, par évaporation de l'eau en régime lagunaire, soit son immersion sous un nouvel afflux d'eau de mer chargée de sable fin.

Le mécanisme est de toute façon commandé par les apports détritiques : ceux-ci diminuent eux-mêmes la pente sur laquelle ils se déplacent — ou la profondeur d'eau, donc le débit du courant qui les véhicule. La sédimentation détritique se termine alors par l'établissement d'une barre, d'un dos ou d'un haut-fond ; pour que reprenne la sédimentation arénacée, il faut que la pente — ou plus probablement la profondeur de l'eau et sa vitesse — soient suffisantes pour déclencher à nouveau le mécanisme. Ce sont donc la morphologie du fond et les conditions hydrodynamiques qui règlent la succession sédimentaire en chaque lieu ; mais la subsidence

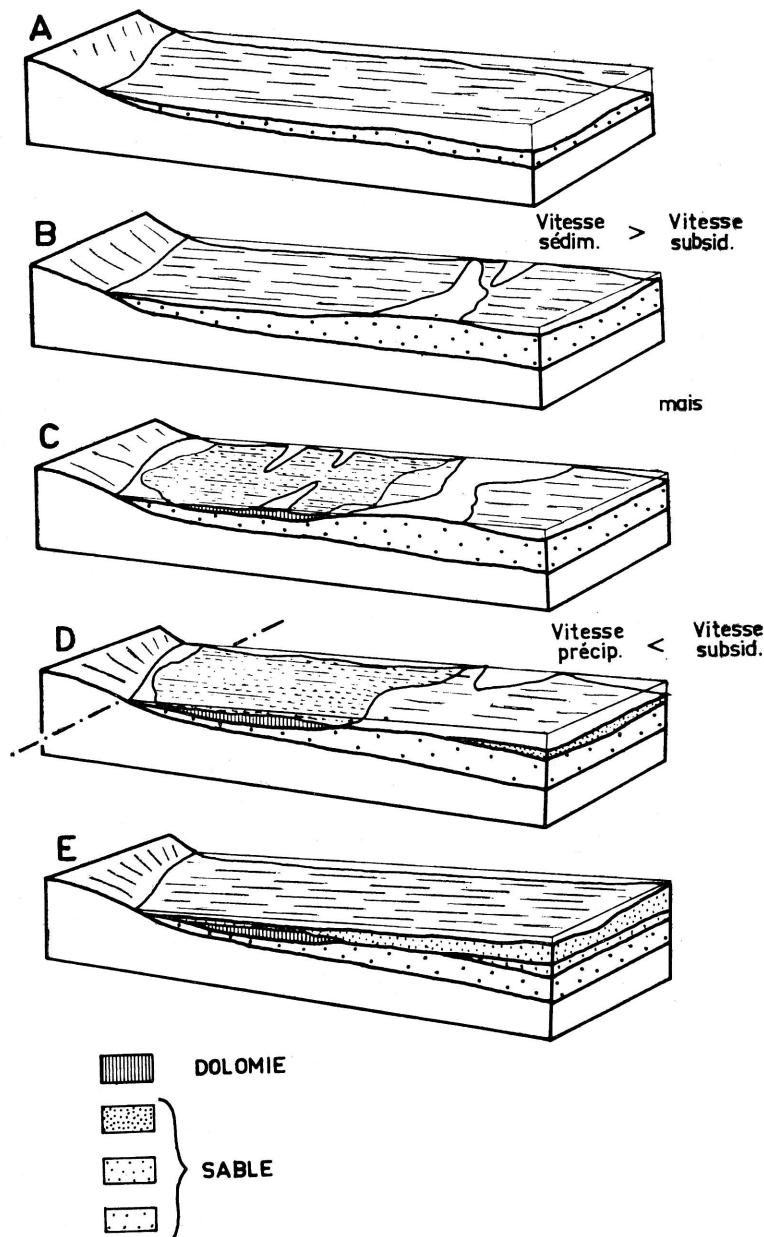


Fig. 4. — Mécanisme de l'alternance des sables et des carbonates dans la région de Tavier-Esneux.

- Dans une mer en voie de subsidence s'établit une sédimentation détritique abondante.
- La sédimentation l'emportant sur la subsidence, hauts-fonds et barres apparaissent.
- A l'abri d'un dos sableux s'établit un régime lagunaire de précipitation.
- La précipitation étant très lente, ne peut suivre la subsidence, et la barre est démantelée.
- La sédimentation détritique reprend, plus rapide que l'enfoncement dû à la subsidence. Retour en A.

est le phénomène général qui assure le retour de la mer libre aux endroits temporairement comblés puis abandonnés par cette dernière.

Les cinq schémas de la figure 4 illustrent les phases successives de cette évolution périodique.

Le schéma quelque peu différent proposé par Tongiorgi et Trevisan (1958) est valable dans le cas contraire : celui d'une sédimentation lagunaire abondante.

La subsidence peut être de type quelconque ; dans la figure 4, on a supposé une subsidence avec axe de rotation (ou bien avec charnière) près du rivage ; cet axe, autour duquel pivotent les blocs-diagrammes successifs A à E, a été représenté sur le schéma D par un trait d'axe ; ceci nous dispense de mettre en jeu d'éventuelles transgressions et régressions.

Quant aux grandes séquences, qui, formées de plusieurs séquences élémentaires, constituent les « rythmes majeurs » de J. Thorez, il est vraisemblable qu'elles obéissent à un mécanisme identique dans son principe à celui qui régit les séquences élémentaires. L'intervention de saccades de la subsidence, saccades qui seraient à l'origine de la rythmicité, ne peut être démontrée dans la région envisagée ; on ne peut en effet attribuer à des variations de la subsidence du bassin les lagunes de dimensions très modestes (rarement plus de 2 Km de long) observées dans la région ; quant aux deux seules grandes lagunes observées, il est pour le moins hasardeux de les attribuer à un phénomène fondamentalement différent du mécanisme simple qui a conditionné la naissance de toutes les autres lagunes de l'assise dans la région de Tavier-Esneux.

C'est ce qui donne à penser que, dans le cadre de la région étudiée, les schémas de la figure 4 représentent bien le principe de l'alternance en chaque lieu des conditions marines et lagunaires de l'assise de Montfort, alternance d'ailleurs relative puisque, à l'échelle de la région, les deux types de conditions coexistaient.

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

OUVRAGES CITÉS

- ANCION Ch. et MACAR P., 1947 — Les Psammites du Condroz (avec la collaboration de M. Snel). Congrès A. I. Lg., 1947, Section Géologie, pp. 225-238. Liège.
 EK C., 1962 — L'Assise de Montfort entre Esneux et Tavier. Essai de corré-

- lations litho-stratigraphiques. *Mémoire de Licence en Sciences géologiques et minéralogiques*. Université de Liège, 140 p., inédit.
- LERICHE M., 1931 — Les Poissons famenniens de la Belgique. *Ac. Roy. de Belg. Cl. des Sci.* Mémoires in-4^o, 2^e série, t. X, fasc. 5, 72 p. et 8 pl. h.-t.
- MACAR P., 1948 — Les Pseudo-Nodules du Famennien et leur Origine. *A. S. G. B.*, t. LXXII, p. B 47-74.
- PALACHE, BERMAN et FRONDEL, 1951 — Dana's System of Mineralogy, 2 vol., 7^e édition, New-York.
- STRAKOV N. M. et al., 1957 — Méthodes d'Étude des Roches sédimentaires, Moscou ; traduit par le S. I. G. du B. R. G. G. M., 2 vol. Paris, 1958.
- THOREZ J., 1961 — Contribution à l'Étude sédimentologique du Famennien supérieur de la Vallée du Hoyoux. *Mémoire de Licence en Sciences géologiques et minéralogiques*. Université de Liège, 150 p., inédit.
- THOREZ J. — Minéralogie et Pétrographie des Roches carbonatées du Famennien supérieur de la Vallée du Hoyoux. *Bull. Acad. roy. de Belg., Cl. Sci.* A paraître.
- THOREZ J. — Sédimentation rythmique du Famennien supérieur de Roiseux (vallée du Hoyoux). *A. S. G. B.* A paraître.
- TONGIORGI E. et TREVISON L., 1958 — Le Rôle des Lagunes dans la Sédimentation rythmique des Bassins subsidents. *Elogiae geologicae Helveticae*, vol. 51, n° 3, pp. 775-778.
- VANDENVEN G., 1960 — Recherches sur les Conditions génétiques des Roches gréseuses du Dévonien supérieur. *Mémoire présenté pour l'épreuve complémentaire d'Ingénieur-Géologue*. Université de Liège, 41 p. Inédit.
- VAN STRAATEN L. M., 1954 — Sedimentology of recent tidal Flat Deposits and the Psammites du Condroz. *Geologie en Mijnbouw*. Nw. Ser., 16^e Jaargang, pp. 25-47.

DISCUSSION

M. A. WERY demande à M. EK s'il a identifié l'anhydrite dans la région étudiée.

M. C. EK répond que ses recherches ont été vaines mais qu'on ne peut exclure avec certitude que l'anhydrite éventuellement précipitée durant le Famennien ait disparu par altération météorique récente.

M. P. MICHOT rappelle à ce propos que de l'anhydrite a déjà été identifiée par lui dans la partie inférieure du Famennien du sondage de Wépion. M. P. MICHOT voit dans le paysage famennien, à l'époque du dépôt des couches de Montfort et d'Évieux, celui d'un delta avec des épandages étalés en mer subsidente, sans profondeur importante à son front. Les dépôts dolomitiques, de précipitation chimique, parfois épais, ne montrent pas l'intervention des chlorures. On pourrait voir dans les eaux qui les ont précipités des eaux essentiellement carbonatées, provenant par exemple de l'attaque des sédiments carbonatés du Frasnien qui, plus au Nord, pouvaient être découverts en partie par suite de la régression famennienne.

Quant à la provenance du matériau sableux très feldspathique, il faut la trouver dans les terrains précambriens de la Norvège méridionale ou des régions directement voisines. On trouve en effet, parmi les feldspaths, des

mésoperithites qui ne se rencontrent que dans les domaines catazonaux profonds ; les seuls qu'on trouve au Nord de la Belgique, direction dans laquelle il faut rechercher la source de nos matériaux dévoniens, sont aussi ceux de la Norvège méridionale.

M. C. EK acquiesce à la seconde partie de l'intervention de M. P. MICHOT ; à la première partie, il répond que l'assise de Montfort⁽¹⁾, seule concernée par la communication d'aujourd'hui, ne présente dans la région considérée aucun des caractères morphologiques ou sédimentologiques d'un delta et qu'aucun de ces caractères n'a jamais été, à sa connaissance, signalé dans des régions voisines.

En outre, le caractère marin du dépôt est confirmé par la présence de brachiopodes (Mourlon 1875, Leriche 1931)⁽²⁾.

M. L. CALEMBERT observe d'autre part que la régularité de la sédimentation, la qualité du classement des sables, les conditions générales de l'environnement suggèrent que les apports détritiques proviennent de matériaux préalablement triés et épandus dans le bassin sédimentaire dans une dernière phase sans rapport direct avec l'érosion continentale ; les dépôts dolomitiques résulteraient de solutions engendrées par le lessivage, d'où la minéralogie simple.

M. P. MACAR fait remarquer que, selon certaines idées émises notamment par des géologues allemands et américains, les précipités se formant dans une lagune peuvent être entraînés sur le fond à l'état de saumure et se différencier progressivement, donnant ainsi successivement, dans le sens latéral, des dépôts de sulfate de chaux, de sel gemme et de dolomie. Ceci pourrait expliquer l'absence presque complète, dans le Famennien de la région étudiée, de précipités autres que la dolomie.

Il signale d'autre part que, dans cette région, des raccords banc par banc de la partie exploitée sont faits à des km de distance par les carriers et paraissent bien confirmés dans l'ensemble par les observations géologiques détaillées, ce qui paraît indiquer une très grande régularité dans la sédimentation, beaucoup plus compatible avec une origine marine qu'avec une origine fluviatile.

M. C. EK, tout en se déclarant d'accord avec les deux dernières interventions, rappelle cependant que le but de sa communication est d'étudier non la cause de la concentration des carbonates, mais le mécanisme sédimentaire qui, concurremment avec la subsidence, explique le dépôt alternant des sables et des carbonates.

⁽¹⁾ Considérée suivant la définition qu'en donna M. MOURLON en 1892 ; voir à ce propos LOHEST et FORIR, 1894 : Compte-rendu de la session extraordinaire de 1892 de la S. G. B. A. S. G. B., t. XXII, pp. LXXXVII à CXL ; cf. p. XCVI.

⁽²⁾ MOURLON, 1875, Monographie du Famennien. *Bull. Acad. Roy. de Belg.*, 2^{me} série, t. XXXIV, 192 p.

LERICHE, 1931 : Les poissons famenniens de la Belgique. *Bull. Acad. Roy. de Belg. Class. Sci.*, mémoires in-4^o, 2^{me} série, t. X, fasc. 5, 78 p.