

LES SABLES OLIGOCENES DU PLATEAU DES HAUTES FAGNES : UNE SYNTHÈSE

par A. DEMOULIN (★)

ABSTRACT. - The author presents and briefly comments the results of sedimentological analyses, relative to Oligocene sand deposits of the Hautes Fagnes and the region of Liège. They are fine and middle sands, with a generally good sorting. The shape analysis of quartz grains indicates high percentages of "émoussés-luisants", from 60 to 95 %. As for their heavy minerals association, it's characterized by presence of parametamorphic minerals (kyanite, staurolite, andalusite and topaz). From a mineralogical point of view, the sands of the Hautes Fagnes differ from those of Liège region by a much higher percentage of andalusite. The interpretation of these data and their discussion give a lower tongrian age, a vosgian origin and a character of coastal sediments to the sands of the Hautes Fagnes. The author also proposes to recognize two stratigraphically different levels above the basal gravel of these sands.

RESUME. - L'auteur présente et commente brièvement les résultats d'analyses sédimentologiques relatives aux sables oligocènes des Hautes Fagnes et de la région liégeoise. La discussion qu'il mène ensuite sur ces bases assigne à ces dépôts un âge tongrien inférieur, une origine principalement vosgienne et un caractère tranché de sédiments côtiers. Il propose également la reconnaissance de deux niveaux stratigraphiquement distincts par-dessus le cailloutis de base.

MOTS-CLES :

Oligocène, Tongrien, Hautes Fagnes, sables littoraux, provinces pétrographiques, surfaces d'érosion ardennaises (Oligocène, Tongrien, Hautes Fagnes, coastal sands, petrographic provinces, planation surfaces in the Ardennes).

INTRODUCTION.

Les sables marins abandonnés sur le plateau des Hautes Fagnes par la transgression oligocène ont fait l'objet de nombreuses recherches, mais plusieurs questions relatives notamment à leur âge ou leur origine restent ouvertes. Depuis les travaux de P. MACAR et I. de MAGNEE (1936) puis de P. BOURGUIGNON (1954), l'identification de ces dépôts à l'aide de leur association de minéraux denses est chose aisée. On a ainsi constaté que la vingtaine de gisements qui en sont connus sur les Hautes Fagnes sont tous conservés sur le flanc nord du plateau, à l'exception des petits dépôts situés sur le sommet de la Baraque Michel, et qu'aucun n'a été observé au sud de la

crête des Hautes Fagnes (Fig. 3). En outre, une majorité d'entre eux s'alignent sur un site remarquable, à savoir un large replat orienté OSO-ENE, s'étirant à 480-490 m d'altitude de la zone au sud de Spa jusqu'à Solwaster. C'est sur ce replat que se trouvent notamment les sablières de Cokaifagne, constituant le *locus typicus* des sables oligocènes des Hautes Fagnes. En l'absence de tout fossile dans ceux-ci, un âge chattien leur a été assigné exclusivement sur base d'une similitude lithologique et minéralogique avec des sables de la région liégeoise, que P. FOURMARIER (1930, 1933) a rapporté au même étage dans la sablière de Bonnelles. Toutefois, l'unanimité est loin de régner

(★) Chargé de recherche F.N.R.S.

Université de Liège, Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire, place du Vingt-Août, 7, B-4000 Liège (Belgique).

quant à cette datation, discutée ci-dessous. Les autres questions que j'envisagerai également seront celles de la provenance des sables oligocènes des Hautes Fagnes, d'une stratigraphie sommaire qu'on peut en établir, et enfin, la considération des environnements sédimentaires permettra de reconstituer les modalités de l'avancée de la mer oligocène sur la région.

1. COMMENTAIRE DES ANALYSES SEDIMENTOLOGIQUES

1.1. LA MORPHOSCOPIE DES GRAINS DE QUARTZ

(Tableau 1)

La première analyse à laquelle ont été soumis les sables oligocènes des Hautes Fagnes est un examen morphoscopique des grains de quartz. Si l'on se réfère à la norme définie par A. CAILLEUX (1943), selon laquelle un sable est d'origine marine lorsque plus de 30 % de ses grains sont émoussés-luisants à la taille de 300 μm , les valeurs du tableau 1 leur assignent un caractère marin indiscutable. Mais il convient de souligner la différence se marquant entre d'une part les sables de la région liégeoise, d'autre part ceux des Hautes Fagnes et du pays de Herve. Les premiers présentent un émoussé qui, pour être clairement marin, n'en est pas moins très inférieur à celui des seconds, en raison vraisemblablement d'un éloignement plus important vis-à-vis du rivage oligocène. Pour leur part, les sables des Hautes Fagnes, à l'exception des gisements d'Eupen et de la Croix du Tapeu, remaniés, présentent généralement des pourcentages de grains émoussés-luisants compris entre 60 et 95 %. Cet émoussé extrêmement important montre qu'il s'agit en fait de dépôts littoraux accumulés sur un estran ou à peine plus loin vers le large, dans la zone où l'action des vagues se fait sentir jusque sur le fond marin. Certains niveaux, où l'usure des grains est maximale, peuvent même être assimilés à des sables de plage largement ouverte vers la mer et battue par les vagues.

1.2. LA GRANULOMETRIE (Tableau 2)

Les analyses granulométriques des sables des Hautes Fagnes ont également fourni nombre d'indications. C'est ainsi qu'elles ont révélé pour ceux-ci une fraction inférieure à 74 μm atteignant souvent 10 à 25 % du poids total du sédiment, et donc fort supérieure à ce qu'avaient montré les observations antérieures (P. MACAR, 1934 ; P. BOURGUIGNON, 1954). Cette importante fraction fine traduit l'apport du continent ardennais dans l'accumulation des sables oligocènes, apport résultant d'une érosion réduite mais non nulle du manteau d'altération des phyllades et quartzophyllades reviniens et des schistes éodévonien. L'indice d'asymétrie des sables des Hautes Fagnes est quant à lui généralement positif, traduisant ainsi l'existence du mode secondaire qui apparaît souvent au niveau de la fraction fine. Seuls trois gisements possèdent un indice d'asymétrie négatif, en dépit d'une fraction fine non négligeable, à savoir ceux de la Baraque Michel, de Konzen et de la Croix Arnold, qui correspondent précisément au maximum d'avancée de la

mer oligocène vers le coeur du massif. Pour sa part, le classement des sables oligocènes des Hautes Fagnes est bon, confirmant leur caractère marin comme en témoigne l'allure des courbes de la figure 1. Toutefois, les valeurs prises par l'indice de classement, qui apparaissent dans l'ensemble moins favorables, rappellent la dualité d'origine du sédiment, sable d'une part, argile silteuse dérivant du continent ardennais d'autre part. Par ailleurs, on notera à nouveau le triage plus médiocre des sables de la Baraque Michel, de Konzen et de la Croix Arnold.

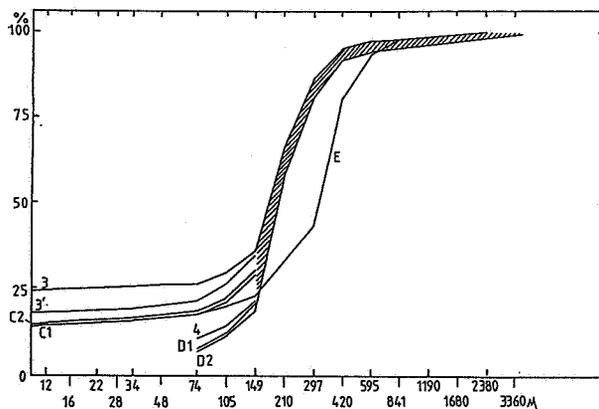


Figure 1. Courbes granulométriques typiques des sables oligocènes des Hautes Fagnes (sablière Fagnoux-Dupont).

Enfin, la considération de la médiane d'une quarantaine d'échantillons permet de distinguer deux groupes au sein des sables des Hautes Fagnes, apparaissant clairement sur le diagramme de la figure 2. Le premier, dans lequel se retrouvent également les sables oligocènes de la région liégeoise, réunit des sédiments dont la médiane moyenne est de 173,3 μm . Quant au second, il regroupe des échantillons pour lesquels la médiane moyenne est de 314,2 μm . Par ailleurs, trois coupes ayant conservé la succession de ces sables moyens et fins (sablière Fagnoux-Dupont, Cokaifagne autoroute, Croix Arnold) permettent d'affirmer que le passage d'un groupe à l'autre correspond à une variation verticale de faciès, le niveau de sable moyen surmontant le cailloutis de base et étant lui-même surmonté par le niveau de sable fin.

1.3. LES MINÉRAUX DENSES TRANSPARENTS

(Tableau 3)

Les analyses minéralogiques des sables oligocènes des Hautes Fagnes sont primordiales, puisqu'elles en constituent le critère essentiel d'identification. Comme l'ont depuis longtemps établi P. MACAR et I. de MAGNÉE (1936) puis P. BOURGUIGNON (1954), leur association minéralogique est caractérisée par la présence de minéraux paramétamorphiques, à concurrence de 8 à 24 % du total des minéraux denses transparents, alors que l'épidote en est un constituant accessoire. Mais une différence significative s'observe

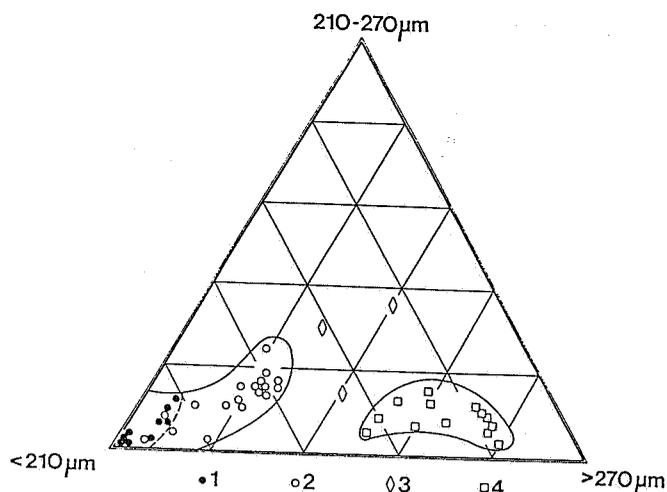


Figure 2. Bipartition granulométrique des sables oligocènes des Hautes Fagnes :

1. sable de la région liégeoise ;
2. sable des Hautes Fagnes à médiane appartenant au groupe 1 ;
3. sable des Hautes Fagnes à médiane intermédiaire ;
4. sable des Hautes Fagnes à médiane appartenant au groupe 2.

dans les associations des sables des Hautes Fagnes d'une part, de la région liégeoise et du pays de Herve d'autre part. Les premiers présentent en effet une abondance relative de l'andalousite, intervenant en moyenne pour 32,1 % du total des paramétamorphiques, alors que dans les seconds, elle est nettement plus rare, constituant seulement 13,4 % de ce même total. Les sables de la région liégeoise et du pays de Herve contiennent en fait essentiellement du disthène et du staurolite, outre les ubiquistes bien sûr.

En ce qui concerne ces derniers, ils ont permis de définir un indice indicatif de l'énergie du milieu de sédimentation des sables des Hautes Fagnes. Celui-ci est constitué par le rapport des pourcentages (zircon + rutile)/tourmaline et oppose des minéraux fort contrastés tant du point de vue densité que morphologique et possédant dès lors un comportement hydrodynamique différent. Cet indice caractérise ainsi l'agitation du milieu dans lequel se sont accumulés les sédiments, les valeurs les plus faibles correspondant aux milieux les plus calmes. Pour les sables des Hautes Fagnes, la répartition de ses valeurs offre un parallèle flagrant avec la bipartition granulométrique qui en a été proposée ci-dessus.

2. DISCUSSION DES RESULTATS

2.1. L'AGE DES SABLES TERTIAIRES MARINS DES HAUTES FAGNES

L'âge des sables tertiaires des Hautes Fagnes est loin d'être assuré, en l'absence de tout fossile il repose uniquement sur une analogie. C'est en effet leur

quasi-identité lithologique et minéralogique avec les sables oligocènes de la région liégeoise qui les a fait rapporter au Chattien (Oligocène supérieur), comme ceux-ci. Or les données réunies ci-dessus obligent à élever quelques objections à l'égard de cette assertion. Tout d'abord, la parenté des sables des Hautes Fagnes et de Bonnelles (région liégeoise) n'est pas définitivement établie : si une certaine proximité et surtout une grande ressemblance lithologique et minéralogique peuvent être invoquées en sa faveur, ces arguments n'offrent aucun caractère vraiment significatif dans une ère cénozoïque où les mêmes faciès et les mêmes associations minéralogiques s'observent sur des formations d'âges divers. Par ailleurs, les analyses sédimentologiques révèlent plusieurs différences entre les sables de Bonnelles et des Hautes Fagnes, notamment un émoussé beaucoup moins parfait des grains pour les sables de la région liégeoise, ainsi qu'une finesse plus grande du sédiment. Mais surtout, les associations minéralogiques ne sont pas identiques de part et d'autre : les minéraux paramétamorphiques caractérisant les gisements de la région liégeoise sont essentiellement le staurolite et le disthène, alors que les sables des Hautes Fagnes recèlent en plus une part importante d'andalousite et parfois de nombreuses topazes. Cette observation est fondamentale en ce sens qu'elle diminue la valeur du critère essentiel de parenté entre les dépôts de Bonnelles et des Hautes Fagnes.

A supposer toutefois que les sables des Hautes Fagnes restent assimilables à ceux de Bonnelles, l'âge chattien de ceux-ci doit encore être accepté. En effet, si la faune qu'on a retrouvée dans un niveau supérieur du gisement appartient sans conteste à l'Oligocène, son attribution au Chattien (P. FOURMARIER, 1930) repose sur un seul fossile (*Cytherea Meretrix Beyrichi*) et n'est pas admise par tous (G.VELGE, 1909). Par ailleurs, M. THIBEAU (1960) pense devoir rattacher les sables inférieurs de Bonnelles au Tongrien marin.

Ainsi, il apparaît fort **présomptueux** de vouloir dater les sables tertiaires des Hautes Fagnes sur la seule base de leur association minéralogique. Les travaux de R. TAVERNIER (1947) ont d'ailleurs montré que l'association à paramétamorphiques caractéristique des sables des Hautes Fagnes se rencontre en Belgique dès l'Eocène, et à travers tout le Tertiaire. Dans le Chattien de Campine, disthène et staurolite sont en outre moins fréquents que le grenat et l'épidote ; par contre, ce sont les dépôts du Boldérien continental qui possèdent l'association minéralogique la plus proche de celle des sables des Hautes Fagnes.

Au total, deux faits seulement sont donc avérés : l'âge oligocène de la faune et donc des sables de Bonnelles d'une part, l'appartenance des sables des Hautes Fagnes à l'ère tertiaire d'autre part. Mais, de manière plus précise, je penche pour le rattachement de ces sables, ainsi que de ceux de la région liégeoise, au Tongrien inférieur marin. Cette opinion repose

avant tout sur la proximité relative des différentes couvertures continues conservées dans le nord de la Belgique ; la couverture oligocène s'avance plus que toute autre vers le sud et le sud-est et est la plus proche tant des gisements de la région liégeoise que de ceux des Hautes Fagnes. De plus, il semble que ce soit le Tongrien qui constitue les dépôts les plus méridionaux de cette couverture, aussi bien en Hesbaye que dans le Limbourg, belge et néerlandais. Aussi semble-t-il naturel d'y rattacher les gisements isolés du haut plateau et de Bonnelles, qui leur sont quasiment identiques.

2.2. LA PROVENANCE DES SABLES OLIGOCENES DES HAUTES FAGNES

L'association des minéraux denses d'un sédiment fournit en fait des indications relatives essentiellement à son lieu d'origine. Pour le Tertiaire de la Belgique et des Pays-Bas, les travaux de C.H. EDELMAN (1933, 1948), R. TAVERNIER (1947) et J.E. MÜLLER (1943) notamment ont mis en évidence deux types fondamentaux d'associations minéralogiques, une association A caractérisée par la présence du grenat et de l'épidote, parfois également d'amphiboles et une association B définie par la présence de minéraux paramétamorphiques. L'association A, d'origine probablement scandinave, s'observe dans la majeure partie des Pays-Bas et dans le nord et l'ouest de la Belgique, dans des dépôts exclusivement marins. L'association B est pour sa part typique de dépôts continentaux limités à une bordure relativement restreinte au sud et au sud-est de la province A, principalement dans le Limbourg, belge et néerlandais, ainsi qu'en Hesbaye et dérive d'apports méridionaux issus de massifs métamorphisés.

Dans ce contexte, les sables oligocènes des Hautes Fagnes appartiennent à la province B, ce que corrobore leur caractère côtier. L'absence quasi totale de grenat et d'épidote, c'est-à-dire d'apports scandinaves, est en outre tout à fait normale dans cette région où la mer s'avancait vers le sud en une sorte de baie protégée au nord-est par des reliefs d'origine tectonique, constitués par certains horsts de la région d'Aachen qui semblent ne pas avoir été submergés par la mer oligocène. Les sables des Hautes Fagnes proviendraient donc de l'érosion de massifs métamorphisés situés au sud ou au sud-est de la Belgique. Ils ne sont toutefois pas originaires de Bretagne, comme le proposaient P. MACAR et I. de MAGNEE (1936), car à l'Oligocène, les sédiments provenant de l'usure des massifs bretons aboutissaient dans le golfe de Paris, séparé à cette époque du bassin anglo-belge par la surrection de l'axe de l'Artois (AUBOUIN, 1978). Aussi est-il probable que les sables oligocènes des Hautes Fagnes proviennent des Vosges, par un axe hydrographique ancêtre de la Moselle et de la Meuse, la Forêt Noire étant dès ce moment isolée à l'est par une zone lagunaire correspondant au graben rhénan et ne pouvant qu'alimenter la sédimentation dans la baie du Rhin inférieur. Quant à la possibilité de remaniement de forma-

tions pré-oligocènes du Bassin parisien, elle peut être exclue presque à coup sûr puisque seuls les sables cuisien (Eocène inférieur) dans la région de Reims montrent un enrichissement en andalousite, et correspondent d'ailleurs également à une sédimentation en milieu estuarien de matériaux vosgiens. Enfin, rappelons que le continent ardennais, quoique fort arasé par l'érosion pré-oligocène, a fourni une part non négligeable des dépôts de la région, sous la forme d'une importante fraction argileuse et silteuse.

Reste alors le problème de l'andalousite, qu'en Belgique on ne retrouve en quantité appréciable que dans les sables des Hautes Fagnes et certains sables continentaux néogènes. Une hypothèse explicative serait que les sables des Hautes Fagnes provenant plus ou moins exclusivement des Vosges, sédimentaient dans une aire protégée de l'arrivée de tout autre matériau par un relief émergé d'origine tectonique, alors que les dépôts où l'andalousite est plus rare résultaient d'un mélange de ces apports avec des dépôts issus d'autres massifs métamorphisés, tels la Forêt Noire ou la Bohême, et qui, pris en charge par des courants au débouché de la baie du Rhin inférieur, dérivèrent quelque peu vers l'ouest avant de sédimenter. C'est alors une modification de la distribution de ces courants au Miocène qui aurait induit une prépondérance du matériau issu des Vosges, avec une fréquence accrue d'andalousite, jusqu'à hauteur du Limbourg, c'est-à-dire jusqu'à la zone d'influence de l'association A à partir de cette époque.

2.3. STRATIGRAPHIE DES SABLES OLIGOCENES DES HAUTES FAGNES

Les données réunies ci-dessus permettent de développer pour les sables des Hautes Fagnes une lithostratigraphie sommaire, dont les sablières de Cokaifagne (Fagnoux Dupont, Cokaifagne autoroute) offrent les coupes-types.

La caractérisation des deux unités principales est articulée sur plusieurs critères convergents, relevant d'un paramètre unique, à savoir l'agitation du milieu de dépôt. Le critère de base est d'ordre granulométrique, il s'agit de la médiane du sédiment, différenciant au sein des dépôts tertiaires des Hautes Fagnes des sables fins (médiane $\approx 173 \mu\text{m}$) et moyens (médiane $\approx 314 \mu\text{m}$). Cette distinction est assise par la considération des valeurs prises par l'indice (zircon + rutile)/tourmaline défini plus haut (tableau 3), lequel ne dépasse généralement pas 1,6 pour les sables fins et est compris le plus souvent entre 2 et 4 pour les sables moyens. Enfin, le troisième critère corroborant les indications fournies par les deux précédents relève de l'émoussé du sédiment. Il est concrétisé par l'indice suivant, élaboré à partir des classes morphoscopiques envisagées :

$$\left[(EL_{200-400\mu\text{m}} \times 3) + (SE_{200-400\mu\text{m}} + EL_{400-600\mu\text{m}}) \times 2 + SE_{400-600\mu\text{m}} \right] / 400,$$

et qui sera d'autant plus élevé que l'usure du sable est marquée. ($EL_{200-400\mu\text{m}}$:

grains émoussés-luisants de taille comprise entre 200 et 400 μm ; SE_{200-400 μm} : grains subémoussés ... ; ...). Il montre dans l'ensemble un émoussé un peu plus grand pour les sables fins (tableau 2). Ces deux unités correspondent à une succession temporelle d'apports différents et non à une variation latérale de faciès, ainsi qu'en témoignent non seulement la répartition aléatoire des gisements de l'un ou l'autre type mais surtout les séquences complètes de Cokaifagne autoroute (A. DEMOULIN, 1982) et de la sablière Fagnoux Dupont. De même, le dépôt le plus fin, celui de la Baraque Michel, est le plus méridional, c'est-à-dire le plus proche de la limite extrême de la transgression et il a bien peu de chance d'être contemporain de sédiments plus grossiers, qui auraient alors été accumulés plus au large d'une côte probablement très ouverte.

Toutefois, de tels raccords stratigraphiques, acceptables lorsque les distances entre gisements sont réduites, sont impossibles sur des distances plus importantes, et les sables de la région liégeoise, fins sur toute la hauteur des dépôts, correspondent probablement du point de vue stratigraphique à l'ensemble des deux niveaux des sables des Hautes Fagnes ; ils se situent en effet à un endroit où la mer fut constamment plus profonde que sur les Hautes Fagnes lors de la transgression oligocène.

2.4. LA TRANSGRESSION OLIGOCENE SUR LE PLATEAU DES HAUTES FAGNES

De l'ensemble des observations et considérations consignées ci-dessus peut être déduite une image relativement précise des milieux où se sont accumulés les sables oligocènes des Hautes Fagnes. Malheureusement, les conditions de gisement, qui constituent souvent un élément fondamental de cette démarche, sont ici le plus souvent inobservables et ne fournissent en aucun cas d'indications fiables ou détaillées sur l'environnement sédimentaire. Aussi seuls les caractères propres aux sédiments permettent-ils d'en retrouver l'origine. Les analyses effectuées assignent ainsi aux sables oligocènes des Hautes Fagnes un caractère non seulement marin mais même côtier. En effet, leurs pourcentages très élevés de grains émoussés-luisants en font des sédiments façonnés dans un milieu d'agitation très forte, correspondant vraisemblablement à la zone littorale de déferlement des vagues. Cette façon de voir est d'ailleurs corroborée par la situation générale du plus grand nombre des dépôts sur le versant nord du plateau des Hautes Fagnes. En effet, la majorité des gisements oligocènes en place sur ce versant sont alignés à une altitude très constante de 480 à 500 m en une bande orientée en gros S-O-N-E et s'étirant de Spa à l'ouest jusqu'à Solwaster à l'est. On peut également y rattacher le gisement de Desnié, conservé à une altitude légèrement inférieure à l'extrémité occidentale de la crête de la Vecquée et celui de Porfays, dans le prolongement oriental de l'alignement considéré, à une altitude un peu plus élevée de 530 m, suite à un soulèvement

postérieur du massif de la Baraque Michel, sur le flanc duquel il se situe. Cette succession de dépôts à caractère littoral, allongée parallèlement à la ligne de rivage oligocène de la région, coïncide en outre avec un replat qui, quoique localement peu marqué, s'étend également de Spa à Solwaster. Interrompu au sud de Spa, on le retrouve d'ailleurs à nouveau au sud-ouest de cette ville, vers le gisement de Desnié. Ce site particulier où sont conservés la plupart des dépôts tertiaires des Hautes Fagnes me semble pouvoir être interprété comme une plage façonnée pendant la plus grande partie de la transgression oligocène qui ainsi, pendant tout ce temps ne submergeait que partiellement le versant nord du plateau des Hautes Fagnes.

Plus au sud toutefois existent encore deux gisements rapportés aux dépôts oligocènes de la région, à savoir ceux du Rosier et de la Baraque Michel. Cependant, le dépôt du Rosier me semble spécialement douteux, et je me rangerais volontiers à l'idée proposée par P. BOURGUIGNON (1956) selon laquelle il serait plutôt d'âge campanien. En effet, quoique son association minéralogique soit caractérisée par des minéraux paramorphiques, il faut noter que ces minéraux y sont présents en quantité assez restreinte. En outre, la morphoscopie des grains de quartz confère au sable du Rosier un aspect plus proche des sables acheniens que de ceux de Cokaifagne ou de Bonnelles. Mais surtout, la coupe décrite par A. GROSJEAN au Rosier (Ch. STEVENS, 1945), malgré certaines lacunes d'observation, est extrêmement proche de celle décrite par P. BOURGUIGNON (1956) dans le dépôt crétacé de Bailleu. On y observe la même succession, de bas en haut, d'un cailloutis sans silex, surmonté d'un sable puis d'un empilement de grands silex plus ou moins jointifs, eux-mêmes sous-jacents à une argile grise et verte contenant des silex dans sa partie basale puis seulement des éclats de ceux-ci vers le sommet.

Reste alors le sable de la Baraque Michel, incontestablement d'âge oligocène et qui, quoique le plus méridional des gisements, est également le plus fin de ceux-ci. Aussi peut-il être rattaché au niveau supérieur de sables fins défini dans le paragraphe précédent, et qui termine la séquence des dépôts de Cokaifagne. Le sable de la Baraque Michel témoigne vraisemblablement d'un dernier débordement vers le sud de la mer oligocène, qui s'est manifesté en fin de transgression pendant un laps de temps probablement assez limité, après que la ligne de rivage se soit tenue le plus longtemps à mi-hauteur du flanc nord du plateau. Ce débordement maximum de fin de transgression a atteint au moins la Baraque Michel vers le sud et l'a certainement dépassée quelque peu, si on tient compte des conditions paléogéographiques de l'époque (A. DEMOULIN, 1986). Toutefois, l'émoussé toujours extrêmement important du dépôt de la Baraque Michel malgré la finesse plus grande du sédiment laisse encore supposer des conditions hydrodynamiques relevant du domaine littoral, alors que le changement de médiane granulométrique correspondrait simplement à une modification du matériau apporté.

En effet, si les sables fins de la

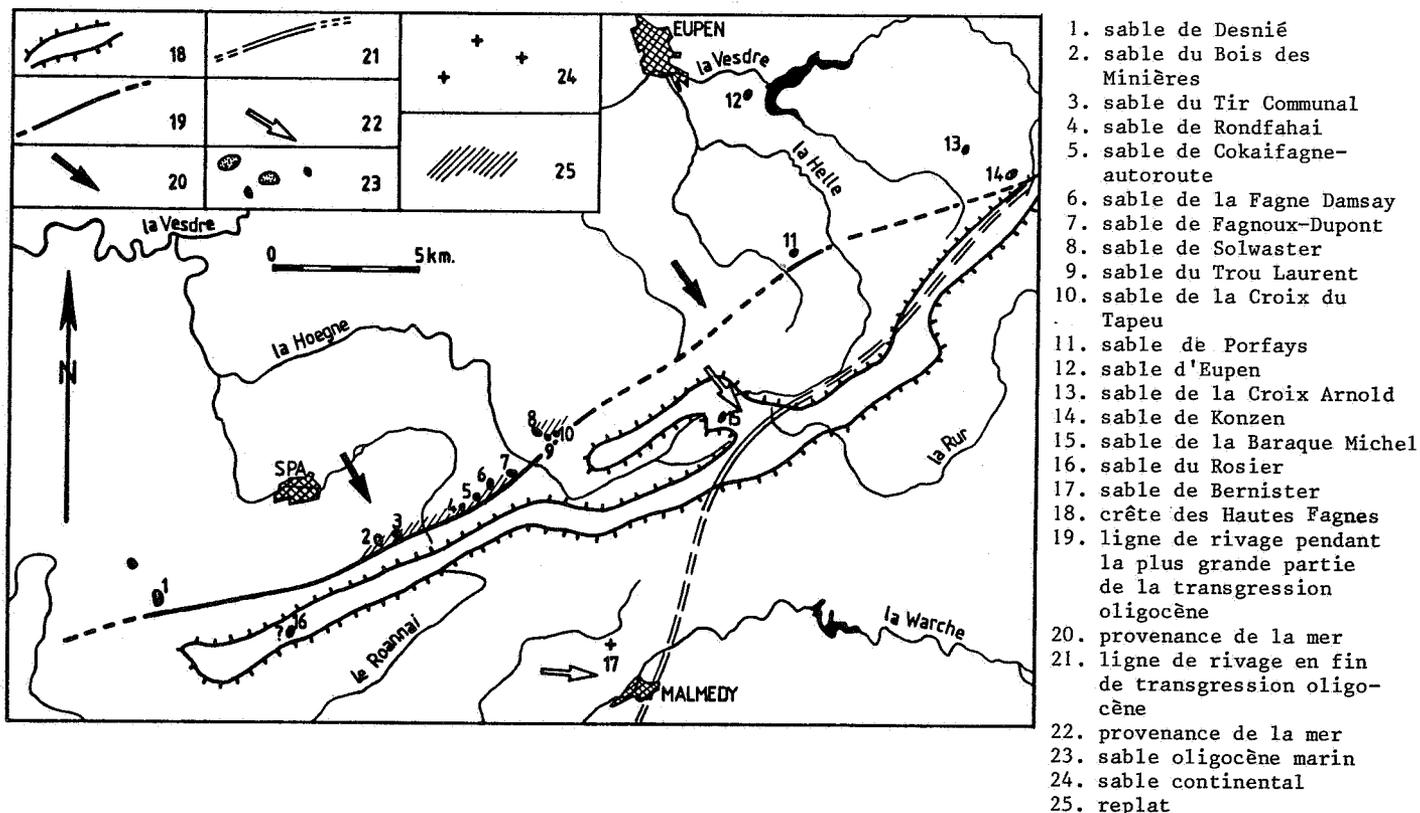


Figure 3. La transgression oligocène sur le plateau des Hautes Fagnes.

région liégeoise se distinguent aussi des sables plus grossiers des Hautes Fagnes par la morphoscopie, traduisant un environnement sédimentaire différent de part et d'autre, il n'en est pas de même pour les sables fins et grossiers des Hautes Fagnes qui sont émoussés de façon identique et ont selon toute vraisemblance été accumulés également en milieu littoral. Leur différence d'ordre granulométrique est alors à rapporter à un changement dans la nature du matériau apporté, le niveau supérieur de sable fin correspond à un accroissement de la part du matériau fin en provenance du continent ardennais. Vers la fin de la transgression, ce matériau ardennais serait devenu plus important vis-à-vis des sables en provenance des massifs métamorphisés des Vosges ; on peut d'ailleurs remarquer à l'appui de cette hypothèse le fait que les sables du niveau supérieur contiennent en général à peu près seulement deux tiers du pourcentage de minéraux paramétamorphiques qu'on observe pour les sables inférieurs plus grossiers. Les observations sur douze échantillons donnent pour ceux-ci une moyenne de 19,1 % de minéraux paramétamorphiques contre 12,8 pour ceux-là, sur dix-huit échantillons considérés.

En conclusion, il apparaît donc que les sables oligocènes des Hautes Fagnes possèdent un caractère littoral accusé, confirmé par la disposition des gisements conservés, qui jalonnent principalement une ligne de rivage ; cette plage morphologiquement apparente a marqué la limite méridionale de la mer oligocène sur le versant nord du plateau des Hautes Fagnes pendant la plus grande partie de la transgression, et ce n'est qu'un court épisode terminal qui serait responsable de l'avancée maximale de la mer vers le sud au moins jusqu'à la Baraque Michel. Par ailleurs,

les variations d'ordre granulométrique du sédiment, qui permettent de différencier deux niveaux parmi ces sables, seraient à rapporter non pas à une modification du milieu de dépôt mais à un changement dans la nature du matériau délivré par le continent.

BIBLIOGRAPHIE

- ANTEN, J. (1920a) - Sur la présence d'un nouveau gisement de sable tertiaire sur la planchette de Sart-lez-Spa. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 42, pp. B171-173, Liège.
- ANTEN, J. (1920b) - Sur la présence de disthène, staurotite et andalousite dans les sables tertiaires des environs de Liège et de la Haute Ardenne. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 42, pp. 186-192, Liège.
- ANTEN, J. (1928) - Les sables du plateau de la Baraque Michel. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 51, pp. B294-296, Liège.
- AUBOUIN, J., BROUSSE, R. & LEHMAN, J.P. (1978) - Précis de Géologie. 2 : Paléontologie, Stratigraphie. Dunod Université, Paris, 697 p.
- BAECKEROOT, G. (1936) - Sur la présence de dépôts pliocènes transgressifs sur la Haute Ardenne. *C.R. hebdom. des Séances de l'Acad. des Sc., Paris*, 202, n°6, Paris, pp. 499-501.
- BOURGUIGNON, P. (1954) - Les sables des Hautes Fagnes. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 77, pp. B201-241, Liège.
- BOURGUIGNON, P. (1956) - Données nouvelles sur le Crétacé des Hautes Fagnes. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 79, pp. B425-433, Liège.

Tableau 2.

GRANULOMETRIE		Médiane	Classement	Skewness	I. Em.	% < 74 %	
Rocourt		164	0,38	0,32	-	6,6	
Mons-Crotteux	1	176	0,28	0,11	0,92	5,7	
	2	180	0,26	- 0,09	0,96	1,4	
	3	167	0,43	0,43	0,88	11,4	
	5'	167	0,43	0,43	0,44	11,4	
	4'	167	0,43	0,43	0,56	11,4	
	4	115	0,36	0,17	0,87	5,2	
Bonnelles	1	160	0,63	0,48	1,02	13,6	
	3	163	0,59	0,53	0,90	10,2	
	2'	163	0,59	0,53	0,43	10,2	
	3'	163	0,59	0,53	0,51	10,2	
	4	162	0,64	0,47	1,03	10,9	
	5	167	0,63	0,51	1,08	10	
St-Jean Sart		173	0,66	0,61	1,02	15,3	
Obsinnich		158	1	0,67	0,84	22	
Eilendorf		350	0,36	0,12	1,10	0,3	
Rondfahai		160	3,14	0,69	1,01	30	
Cokaifagne autoroute		170	1,27	0,36	0,97	18,7	
	4	180	1,09	0,18	1,04	16	
	5	275	-	-	0,99	14,2	
	6	185	2,41	0,64	1,08	23,3	
	7	230	2,82	0,72	1,10	20,7	
	8	308	3,5	0,91	1,20	21,9	
	9	300	3,13	0,88	1,18	19,3	
	10	402	1,37	0,41	1,19	15,6	
	11	1044	-	-	-	20,6	
Fagne Damsay		160	1,52	0,59	1,05	20,2	
Fagnoux Dupont		-	-	-	1,10	-	
	4	195	0,77	- 0,01	0,98	10,6	
	3	177	3,3	0,78	1,01	26,4	
	3'	176	3,29	0,78	0,98	21,7	
	C(1)	185	1,4	0,52	0,86	17,6	
	2	184	1,85	0,59	1,03	18,7	
	D(2)	194	0,58	- 0,03	0,78	6,8	
	1	189	0,62	- 0,02	1,05	7,7	
	E(4)	318	1,89	0,70	1,06	17,7	
Solwaster		1	202	0,39	- 0,21	1,16	2,2
		2	248	0,45	- 0,09	1,16	4,4
Trou Laurent		-	180	0,65	0,01	0,92	10,2
Croix Tapeu		-	-	-	-	-	-
Porfays		226	0,47	0,04	0,98	7,1	
Eupen		1	158	3,3	- 0,21	0,91	24,5
		2	133	0,73	0,30	0,80	17,5
		3	160	0,85	0,32	0,96	15,8
		4	189	1,06	- 0,08	1,03	12,5
Croix Arnold		1	177	0,23	0	1,01	8
		2	270	1,46	- 0,44	1	7,6
Konzen		370	1,24	- 0,09	0,98	12,7	
Minières		1	292	0,71	0,41	1,01	4,7
		2	324	0,64	0,52	1,09	4
		3	289	0,74	0,41	1,16	7,7
Tir Communal		1	332	0,46	0,46	1,22	12,8
		2	325	0,50	0,45	1,19	11,5
		3	326	0,48	0,44	1,18	9,2
		4	328	0,44	0,42	1,20	11,7
Baraque Michel		150	1,21	- 0,21	1,06	14,9	

I. Em. : indice d'énuoussé, voir formule dans le texte.

Tableau 3.

MINÉRAUX DENSES		Zircon	Rutile	Tourmaline	Disthène	Staurotide	Andalousite	Topaze	Epidote	Hornblende	Anatase	(Zircon + Rutile)/ Tourmaline
Rocourt		17	4	54	9	10	4	1	-	-	1	0,39
Mons-Crotteux	1	44	12	28	8	7	-	1	-	-	-	2
	2	41	13	34	6	4	1	-	-	1	-	1,59
	3	24	5	50	6	5	3	2	2	1	-	0,58
	4	12	5	57	4	12	2	2	3	-	-	0,3
											1 grenat, 1 sillimanite 2 corindons 1 sillimanite	
Bonnelles	1	46	7	36	6	3	1	-	-	-	-	1,47
	2	16	3	64	5	1	7	4	-	-	-	0,3
	3	19	6	56	6	7	4	1	-	-	-	0,45
	4	42	11	35	5	4	-	2	-	-	-	1,51
	5	29	14	40	9	5	2	-	-	-	1	1,08
St-Jean Sart		33	12	38	4	11	1	-	-	-	1	1,18
Obsinnich		57	13	23	3	3	1	-	-	-	-	3,04
Eilendorf		65	19	7	4	4	-	1	-	-	-	12
Desnié	(g)	57	19	8	2	2	4	1	-	-	-	-
Minières	1	31	4	45	5	3	8	3	1	-	-	0,78
	2	30	8	37	8	2	8	3	2	-	1	1,03
											1 corindon bleu	
Tir Communal	3	24	10	44	7	4	3	7	1	-	-	0,77
	1	37	22	20	4	2	8	6	1	-	-	2,95
	2	39	20	19	6	3	8	5	-	-	-	3,11
	3	42	26	18	2	5	1	4	1	-	1	3,78
	4	35	23	23	1	3	4	9	2	-	-	2,52
Rondfahai	1	42	7	31	8	3	3	3	2	-	-	1,58
	2	41	11	31	7	2	3	1	2	-	1	-
Cokaifagne autoroute	1	42	15	27	5	4	2	4	-	-	1	-
	3	28	9	44	8	3	6	-	1	-	1	0,84
	4	28	15	36	5	3	8	2	2	-	-	1,19
	5	45	10	32	3	3	5	-	-	-	-	1,72
	6	30	10	49	2	2	4	1	2	-	1	0,82
	7	46	15	30	4	3	1	-	1	-	-	2,03
	8	29	18	30	10	3	7	3	-	-	-	1,57
	9	42	17	18	8	2	10	3	-	-	-	3,28
Fagne Damsay	10	55	24	9	2	2	6	2	-	-	-	8,78
	1	32	11	34	6	7	4	1	2	-	2	1,26
	2	44	17	26	2	2	2	-	5	-	1	-
											1 sillimanite 1 pyrox. mono- clinique	
Fagnoux Dupont	grav.	54	16	16	4	4	3	1	-	-	2	4,38
	4	48	12,5	25	3	3	5,5	0,5	0,5	-	1	2,42
											2 pyrox. mono- cliniques	
	3	49	8,5	27	4	4	5,5	1,5	-	-	0,5	2,13
	3'	53	10	23,5	5	1,5	5	1	0,5	-	0,5	2,68
	C(1)	46	15	31	2	2	2	2	-	1	1	1,97
	2	40	13,5	32,4	5	1,5	5	0,5	-	-	1	1,65
											1 corindon, 1 brookite	
	D(2)	40	9	41	3	5	1	1	-	-	-	1,2
	1	50	12,5	27,5	1,5	4	1,5	2	-	-	-	2,27
											1 corindon, 1 brookite 2 pyrox. mono- cliniques	
	E(4)	35	7	41	3	2	3	5	2	-	-	1,02
Solwaster	1	28	11	39	5	5	4	4	3	-	1	1
	2	38	10	30	5	3	8	4	1	-	-	1,6
Trou Laurent		25	7	47	6	5	6	3	1	-	-	0,68
Croix Tapeu		57,5	10	27	0,5	1	1,5	0,5	1	0,5	-	-
											1 pyrox. mono- clinique	
Porfays		35,5	16	34,5	3	2	3,5	2,5	1,5	-	0,5	1,49
											2 pyrox. mono- cliniques	
Eupen	1	55	7	32	1	-	1	1	1	-	-	1,94
	2	42	20	24	2	3	6	2	-	-	-	2,58
	3	57	10	29	2	-	-	2	-	-	-	2,31
	4	67	16	12	2	1	1	1	-	-	-	6,92
Croix Arnold	1	50	10	25	7	-	5	2	-	-	-	2,4
	2	64	9	23	1	3	-	-	-	-	-	3,17
Konzen		35	20	22	3	2	7	7	-	-	-	2,5
											4 pyrox. mono- cliniques	
Baraque Michel		54	11	26	2	1	5	1	-	-	-	2,5
Rosier		71	13	9	2	3	2	-	-	-	-	-

- DEMOULIN, A. (1982) - Un nouveau gîte de sable oligocène à proximité de Cokaifagne (Belgique). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 105, pp. 241-247, Liège.
- DEMOULIN, A. (1986) - Les surfaces d'érosion crétacique et paléogènes du nord de l'Ardenne-Eifel. *Zeitschr. f. Geom.*, 30-1, pp. 53-69, Berlin.
- DEWALQUE, G. (1888) - Sur quelques dépôts tertiaires des environs de Spa. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 15, pp. 192-195, Liège.
- DEWALQUE, G. (1898) - Un gîte de sable oligocène dans l'Hertogenwald. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 25, pp. 25-26 et 28-29, Liège.
- EDELMAN, C.H. (1938) - Samenvatting van de resultaten van vijf jaar sediment-petrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden. *Tijdschr. van het kon. nederl. aardrijksk. genootsch.*, 55, 3, pp. 397-431, Leiden.
- EDELMAN, C.H. (1948) - Samenvatting van nieuw resultaten van het sediment-petrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden. *Tijdschr. van het kon. nederl. aardrijksk. genootsch.*, 65, 6, pp. 753-780, Leiden.
- EDELMAN, C.H. & DOEGLAS, D.J. (1933) - Bijdrage tot de petrologie van het nederlandsche Tertiaire. *Verh. geol.-mijnb. genootsch. voor Nederl. en koloniën-geol. serie, X*, pp. 1-38, 's-Gravenhage.
- FOURMARIER, P. (1923) - Sur la présence de galets oolithiques dans les graviers tertiaires de Cokaifagne (Sart-lez-Spa). *Bull. Acad. des Sc., Acad. Roy. Belg.*, pp. 198-202, Bruxelles.
- FOURMARIER, P. (1930) - Observations sur l'âge des dépôts Onx de la carte géologique au 40 000 e dans la région de Liège. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 54, pp. B274-287, Liège.
- FOURMARIER, P. (1933) - Observations nouvelles sur les dépôts tertiaires des environs de Liège. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 57, pp. B178-189, Liège.
- GUILLEAUME, C. (1924) - Dépôts sableux non encore décrits du haut plateau ardennais. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 47, pp. B129-135, Liège.
- GULINCK, M. & CALEMBERT, L. (1954) - L'Oligocène. *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*. pp. 495-532, Vaillant-Carmanne, Liège.
- LHOEST, M. (1888) - Des dépôts tertiaires de la Haute Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 15, pp. 59-67, Liège.
- LHOEST, M. (1896) - Des dépôts tertiaires de l'Ardenne et du Condroz. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 23, pp. 37-59, Liège.
- MACAR, P. (1934) - Analyses granulométriques de sables tertiaires des environs de Liège. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 58, pp. B22-38, Liège.
- MACAR, P. & de MAGNEE, I. (1936) - Données nouvelles sur les sables des Hautes Fagnes. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 59, pp. B263-288, Liège.
- MACAR, P. & KOLATCHEVSKY, V. (1935) - Quelques analyses granulométriques de sables du Sart-Tilman-lez-Liège. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 58, pp. B230-237, Liège.
- MÜLLER, J.E. (1943) - Sedimentpetrologie van het dekgebergte in Limburg. *Meded. van de Géol. Stichting, serie C II-2-n°2*, Maastricht.
- STEVENS, C. (1945) - L'âge de la pénéplaine des Hautes Fagnes et les sables du Rosier. *Bull. Soc. belge Géol.*, 53, 1-2, pp. 15-22, Bruxelles.
- TAVERNIER, R. (1948) - Aperçu sur la pétrologie des terrains post-paléozoïques de la Belgique. *Sess. extraord. des Soc. belges de Géol.* (19-26 sept. 1946), pp. 69-91, Bruxelles.
- TAVERNIER, R. (1954) - Le Néogène. *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*. pp. 533-554, Vaillant-Carmanne, Liège.
- THIBEAU, M. (1960) - Contribution nouvelle à l'étude géologique des lambeaux tertiaires de la région de Bonnelles. *Mémoire inédit conservé à l'ULg.*, 42 p., Liège.
- VELGE, G. (1909) - Les sables fossilifères de Bonnelles. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 36, pp. M41-44, Liège.