

ÉTUDE GÉNÉTIQUE, PALYNOLOGIQUE ET MINÉRALOGIQUE DES DÉPÔTS PÉRIGLACIAIRES DE LA VALLÉE DE LA SOOR (HAUTES FAGNES, BELGIQUE) (*)

par A. PISSART, B. BASTIN, E. JUVIGNÉ
et J. THOREZ (**)

(10 fig. dans le texte et 1 hors-texte)

RÉSUMÉ

Entre 450 et 330 m d'altitude, le fond de la vallée de la Soor a été remblayé par des dépôts périglaciaires sur une épaisseur variant entre 4 et 10 m. Les matériaux de remblaiement sont venus à la fois des versants, des vallons affluents et de l'amont de la vallée. A la fin du remblaiement, des gros blocs sont arrivés à la surface du dépôt et ont constitué la coulée pierreuse qui s'étale entre 455 et 435 m.

L'étude palynologique et l'étude minéralogique ont montré que ce remblaiement s'est produit pendant la dernière glaciation.

ABSTRACT

Between the altitudes of 450 and 330 m the bottom of the valley of the Soor is occupied by periglacial deposits to depths of between 4 and 10 m. These deposits were derived from the valley slopes, from tributary valleys, and from upstream areas of the main valley. At the end of periglacial times, large blocks were introduced : they constitute the « block stream » which extends between 455 and 435 m.

Palynological and mineralogical studies show that these valley deposits were formed during the last glaciation.

INTRODUCTION

Au siècle dernier, les géologues et notamment G. DEWALQUE (in P. FOURMARIER, 1923) recherchèrent activement des preuves de l'existence de glaciers quaternaires sur les hauts sommets de l'Ardenne. Les écrits témoignant de cette recherche sont rares car peu d'arguments ont été découverts en faveur d'une glaciation. Indiquons cependant qu'en 1896, à l'occasion de la description des dépôts tertiaires de Solwaster et de Cockaifagne, M. LOHEST signale une grande ressemblance entre le Quaternaire qui les surmonte et le boulder clay d'Angleterre.

(*) Communication présentée le 5 juillet 1975, manuscrit déposé le 16 juillet 1975.

(**) A. PISSART et E. JUVIGNÉ, Laboratoire de Géologie et Géographie physique, Université de Liège, Place du XX Août, 7, 4000 Liège.

B. BASTIN, Laboratoire de Palynologie et Phytosociologie, Université de Louvain Place Croix du Sud, 4, 1348 Louvain-la-Neuve.

J. THOREZ, Laboratoire de Minéralogie, Université de Liège, Place du XX Août, 7, 4000 Liège.

En 1912, K. STAMM publie un travail important sur la retombée S.E. du plateau des Hautes Fagnes. A la suite de l'étude de la morphologie et de l'examen des dépôts de cette région, il pense qu'une glaciation du haut plateau est quasi certaine. Il explique la morphologie calme des sommets par un « glacier protecteur », qui, tout en ayant modelé les larges têtes de vallée en de véritables « cirques », aurait limité l'encaissement brutal des rivières vers 500-550 m; à cette altitude aurait en effet correspondu la limite d'extension de cette calotte glaciaire. Il découvre en ces endroits des coulées pierreuses qu'il interprète comme des moraines plus ou moins remaniées. Enfin, il fait remarquer que des blocs isolés de roche primaire surmontent des sables tertiaires sur des pentes très faibles et que, de ce fait, ils peuvent difficilement avoir été amenés dans cette position par des agents de transport en masse.

Cinq ans plus tard, A. QUAAS (1917) publie une étude consacrée à la région étudiée par K. STAMM. Ses conclusions sont tout à fait différentes : « Il ne peut être question dans les Hautes Fagnes ni d'une glaciation certaine, ni même d'une glaciation hypothétique ». Les « coulées pierreuses », soi-disant glaciaires, ne sont liées à aucune période géologique déterminée mais doivent être considérées comme des amoncellements dus à l'eau courante et au creep.

En 1920, la région étudiée par ces auteurs ayant été rattachée à notre pays, la Société Géologique de Belgique consacre sa session extraordinaire à ce problème (P. FOURMARIER, 1920). Les conclusions ne sont pas favorables aux vues de K. STAMM, la glaciation ne paraissant nullement prouvée.

En 1924, Ch. GUILLAUME étend la recherche des traces de glaciation à tout le plateau des Hautes Fagnes et décrit de la sorte de nouvelles accumulations pierreuses dont celle de la Statte. Cet auteur pense toutefois que les observations dont il disposait sont insuffisantes pour conclure d'une manière définitive. D'après lui, ni l'hypothèse d'une glaciation ni celle d'un simple rajeunissement du relief n'expliquent parfaitement l'ensemble des faits observés.

En 1923, P. FOURMARIER exprime l'avis que l'érosion, avec creep et ruissellement, suffit à expliquer les observations. Puis, en 1933, en se basant sur la forme bombée des accumulations pierreuses et sur le passage progressif du dépôt au sous-sol, il considère les coulées de blocs comme des formations périglaciaires dues à la solifluxion. En 1945, enfin, il étaye cette hypothèse en comparant les coulées pierreuses aux glaciers rocheux décrits en Suisse.

En 1953, A. PISSART montre que les accumulations pierreuses étaient plus nombreuses qu'on ne le pensait, qu'elles ne sont pas localisées uniquement à l'endroit précis où s'encaissent les vallées, mais sont toujours situées en des endroits où convergent les pentes. A cette époque, la congélifluxion paraissait fournir une explication satisfaisante.

En 1966, à l'occasion d'un Colloque international de Géomorphologie, des spécialistes étrangers ont vu la coulée pierreuse qui s'allonge dans le fond de la vallée de la Soor vers l'altitude de 435 m, et discuté de son origine. En cet endroit, certains ont cru y reconnaître des dépôts morainiques, la majorité des participants défendant, par contre, l'idée qu'il s'agissait de dépôts de congélifluxion caractéristiques (voir le compte rendu des discussions dans A. PISSART et F. GULLENTOPS, 1967).

Cette controverse nous a incité à reconsidérer attentivement tout le problème et à étendre les recherches reprises par A. PISSART en 1953. Celles-ci avaient porté sur les régions situées à plus de 450 m d'altitude et concernaient uniquement les accumulations pierreuses. Depuis lors, nous avons parcouru toutes les vallées descendant

du haut plateau en y recherchant tous les dépôts. Des accumulations de matériaux meubles ont été aperçues principalement dans les vallées de la Hoegne, de la Gileppe, de la Soor, de la Helle et de la Getz. C'est dans la vallée de la Soor qu'elles sont les plus épaisses et les plus continues, aussi y avons-nous concentré notre étude avec la conviction que l'explication des formes et des dépôts existant dans cette vallée permettrait de comprendre ce qui s'est produit ailleurs.

Alors que la présente étude était en cours de réalisation, nous avons dirigé en 1971 une excursion dans la vallée de la Soor à l'occasion d'un Symposium international de géomorphologie. Nous avons donné dans le compte rendu de cette excursion (B. BASTIN, E. JUVIGNÉ, A. PISSART et J. THOREZ, 1972) la description de plusieurs coupes et discuté de l'origine des dépôts. A ce moment, toutefois, l'interprétation des faits était toujours très hypothétique et nous nous demandions si ces dépôts avaient une origine glaciaire ou périglaciaire. Grâce à un crédit aux chercheurs F.N.R.S. (*), nous avons pu faire réaliser, dans la vallée de la Soor, des dégagements suffisants pour conclure qu'aucune trace d'une éventuelle glaciation n'est visible dans ces dépôts.

Nous présenterons successivement dans cet article, les résultats obtenus par l'étude géomorphologique et granulométrique des dépôts de la vallée de la Soor, puis les résultats obtenus par l'étude palynologique et minéralogique de ces dépôts. Nous montrerons ainsi qu'il n'est pas nécessaire de faire appel à l'existence d'une langue glaciaire pour expliquer la genèse des dépôts mis en place dans cette vallée au cours de la dernière glaciation.

I. ÉTUDE GÉOMORPHOLOGIQUE ET GRANULOMÉTRIQUE (A. PISSART)

L'examen d'une carte hypsométrique montre que la vallée de la Soor est la vallée de Haute Belgique dont la localisation et la configuration paraissent les plus favorables au développement d'une langue glaciaire. Cette rivière prend, en effet, sa source sur le versant septentrional du plateau de la Baraque Michel dont le sommet, à 694 m, est le point culminant de notre pays. Elle s'écoule sur un versant exposé au N, en pente relativement forte dès l'altitude de 660 m. Ainsi, ce versant passe, en 3,6 km, de 660 à 440 m. La rivière décrit sur ce versant une large courbe en faucille et recueille de ce fait vers l'altitude de 450 m les eaux d'un territoire considérable. Cette disposition particulière est responsable, comme A. PISSART l'a montré en 1961, des crues brutales que subit la rivière. En effet, lors de violents orages qui éclatent parfois dans cette région, les eaux descendent en nappe sur le versant et se rassemblent dans le tronçon de la vallée perpendiculaire à la pente générale du terrain, en donnant une crue subite et importante. C'est une crue de ce type qui, en 1952, a causé la mort de 7 personnes, surprises alors qu'elles travaillaient dans le tunnel qui conduit les eaux de la Soor dans la Gileppe.

En bref, la vallée de la Soor est caractérisée par l'altitude élevée et la forte pente de la partie amont de son bassin, par son exposition septentrionale et par la configuration particulière de sa tête de vallée. C'est cette disposition que A. PISSART a invoquée en 1953 pour rendre compte de l'existence d'une accumulation pierreuse importante débutant dans le fond de la vallée de la Soor à 455 m, soit à l'endroit où la vallée est perpendiculaire à la pente générale du terrain. Il avait alors suivi cette accumulation jusqu'aux environs de 415 m.

A cette époque, on ne s'était pas rendu compte que des dépôts quaternaires se poursuivaient bien en aval. En fait, ils sont abondants dans presque tout le cours

(*) Nous remercions vivement cette institution pour le subside qu'il nous a accordé.

de la Soor où ils constituent un ensemble de terrasses de remblaiement qui, localement, dépassent 10 m d'épaisseur.

Pour comprendre l'origine de ces dépôts, il importe tout d'abord de connaître leur extension et les relations réciproques qui les relie. Deux méthodes ont été utilisées : l'une consiste dans l'étude morphologique proprement dite, basée sur un profil longitudinal montrant les corrélations altimétriques entre les différents replats ; l'autre réside dans l'étude sédimentologique des formations elles-mêmes.

Les cartes topographiques, avec leur équidistance de 5 m, sont évidemment trop imprécises pour rendre compte des faits dont il va être question maintenant ; aussi, le profil longitudinal que nous présentons (fig. 1) est-il le résultat d'un nivellement réalisé sur le terrain, avec un niveau Wild N2. Si la précision des mesures est supérieure à 1 cm, cette précision est toutefois sans signification. En effet, les irrégularités du terrain sont nombreuses : elles sont dues à la couverture végétale, au recouvrement par des dépôts de pente, aux ravinements qui ont pu se produire ultérieurement, ou encore, lorsqu'il s'agit de véritables terrasses mises en place par la Soor, aux mouilles et aux hauts fonds du lit du ruisseau. Toutes ces irrégularités, malgré les précautions prises au moment où les mesures ont été effectuées, ont pour conséquence que les altitudes inscrites sur les profils ne sont significatives qu'à 0,5 m près.

Ce profil longitudinal montre donc tous les lambeaux de terrasses qui ont été reconnus dans la vallée. Les raccords supposés entre ces lambeaux sont indiqués en pointillés.

Les replats les plus étendus appartiennent à la terrasse supérieure, qui est formée d'un remblaiement dont le sommet se trouve de 3 à 10 m au-dessus du lit actuel de la rivière. Les niveaux inférieurs sont des terrasses d'érosion découpées dans ce remblaiement et qui témoignent de l'encaissement progressif de la Soor.

Toutes ces terrasses présentent une pente longitudinale plus régulière que le lit actuel de la Soor, car la rivière entaille actuellement en de nombreux endroits le substratum formé de phyllades et de quartzites reviniens. Les différences de résistance existant entre ces roches sont responsables de multiples rapides et cascates que notre profil représente très imparfaitement en raison de l'espacement des points de nivellement dans le lit du ruisseau.

En amont de 365 m (*), la terrasse supérieure est représentée par 7 lambeaux qui, sur le profil longitudinal, laissent peu de doute quant à leur continuité. A l'amont, cette terrasse est couverte d'une accumulation pierreuse décrite par A. PISSART en 1953. Elle débute au fond de la vallée de la Soor à l'endroit où débouche un petit affluent de rive gauche qui se jette dans la rivière à une altitude voisine de 450 m. A l'amont de cette confluence, le fond de la vallée se rétrécit considérablement et aucun dépôt exceptionnel n'a été remarqué. La masse des débris qui a formé l'accumulation pierreuse est certainement arrivée en suivant le tracé de ce petit affluent, c'est-à-dire en descendant la longue pente qui s'étend au S.E. depuis le sommet de la Baraque Michel. Depuis cette confluence, l'accumulation pierreuse s'allonge dans l'axe de la vallée de la Soor et, sur 800 m, jusqu'à la confluence du fossé d'Eupen, elle présente une forme bombée entourée de deux ruisseaux. La surface de cette forme bombée montre un très grand nombre de blocs de quartzite revinien et aussi quelques éléments de grès tertiaire. Cette accumulation a été, il y a 20 ans, exploitée entre 445 et 435 m pour construire les routes forestières et son aspect originel de « coulée

(*) Dans le texte qui suit, les endroits de la vallée dont nous parlons sont localisés par l'altitude du lit de la rivière au point considéré (v. fig. 2).

PROFIL LONGITUDINAL DE LA SOOR ET DE SES TERRASSES

ENTRE 325m ET 450m D'ALTITUDE

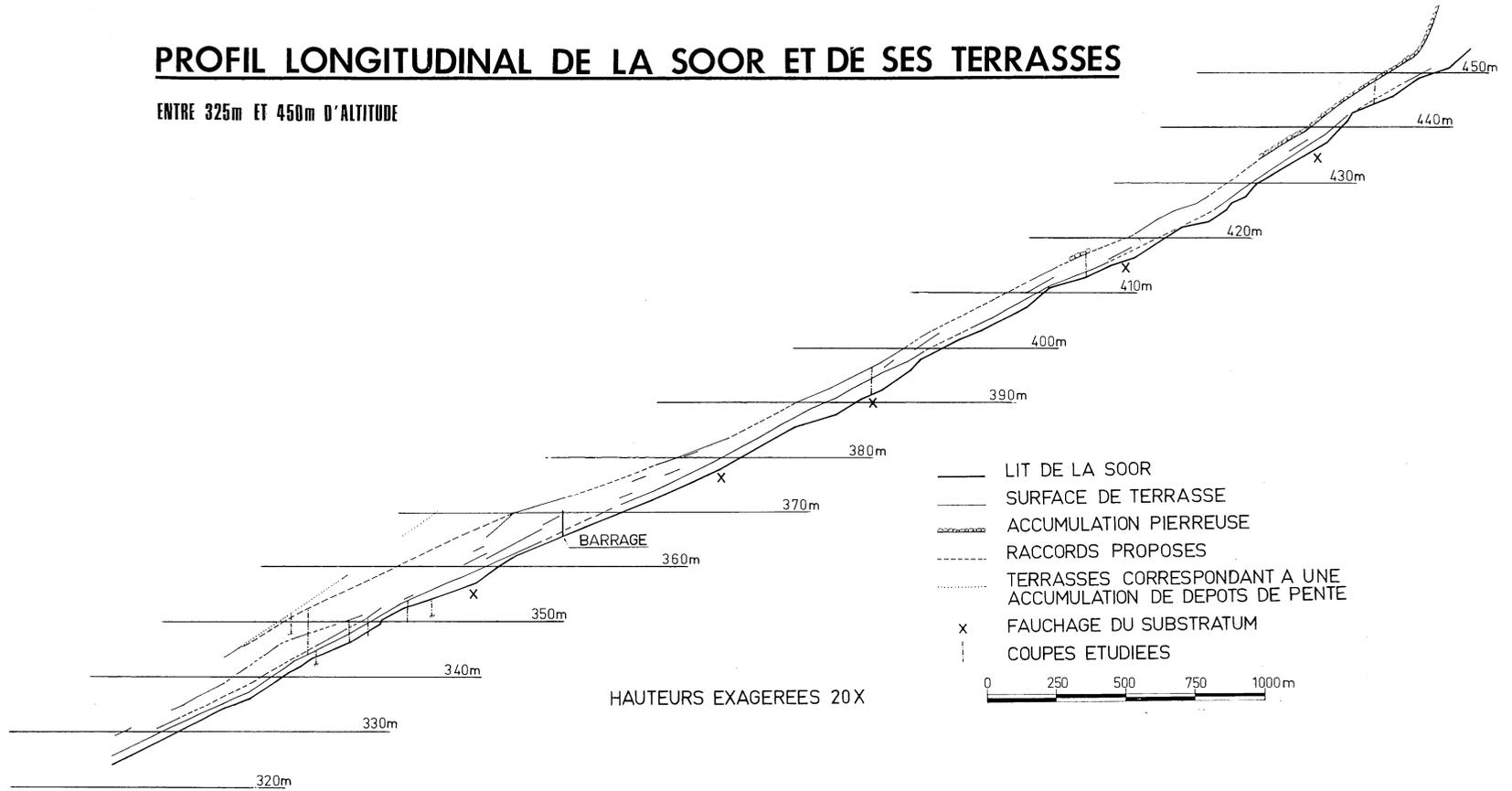


Fig. 1. — Profil longitudinal de la Soor et de ses terrasses.

« pierreuse » a été considérablement altéré. Les blocs, parfois très volumineux, sont généralement émoussés et ne présentent des arêtes vives que là où existent des cassures fraîches.

En 1953, A. PISSART a publié la description d'une coupe dégagée dans cette « coulée pierreuse » et souligné ce qui suit :

- 1) A l'endroit de la fouille les formations meubles atteignent près de 5 m d'épaisseur.
- 2) Ces formations sont constituées de matériel très hétérométrique, résultant du mélange de blocs et d'une matrice fine.
- 3) Ces gros blocs se trouvent presque tous à la surface.
- 4) Ce passage au substratum se fait progressivement par fauchage des phyllades reviniens, ce qui atteste l'intervention d'un phénomène de mouvement de masse (*).

Des tranchées ont été creusées au fond de la vallée de la Soor selon un alignement N-S; cet alignement est parallèle et localisé quelques dizaines de mètres en aval du coupe-feu qui traverse la vallée à l'altitude de 445 m. Ces excavations sont localisées sur la fig. 3. Nous décrivons cette figure, sur laquelle les hauteurs sont exagérées 4 fois en partant de la rive droite et en nous reportant à la numérotation des 7 excavations distinctes qui y sont figurées.

La première excavation a été réalisée sur la basse terrasse qui domine de 80 à 90 cm le lit de la Soor. Le bed-rock revinien a été atteint sous 1,60 m de sédiments fluviatiles bien lavés semblables aux sédiments fluviatiles actuels.

L'épaisseur des dépôts meubles à l'emplacement de la tranchée 2 est de 3,80 m. Les 2,40 m supérieurs étaient visibles depuis plusieurs années dans une coupe dégagée à proximité par l'érosion latérale de la rivière. Les observations faites dans la tranchée et dans la coupe voisine sont les suivantes :

- 1) Les gros blocs sont accumulés en surface.
- 2) Des poches limoneuses (cryoturbations) et des cailloux dressés témoignent sous le sol humifère superficiel de l'action du gel.
- 3) La masse de l'accumulation n'est pas homogène. Toutes les transitions existent entre des parties (assez rares) très bien lavées et constituées de gravillons et de sable, et des parties non lavées. Les parties lavées se présentent dans certains cas comme des lentilles continues sur plusieurs mètres. De telles lentilles observées en-dessous de quelques gros blocs de quartzite revinien de la surface permettent d'affirmer que ceux-ci ne sont pas sortis sur place par le mécanisme du soulèvement des blocs par le gel que A. PISSART avait invoqué en 1953. Par ailleurs, la continuité des lentilles prouve qu'un déplacement par congélifluxion de toute la masse de matériaux meubles ne s'est pas effectué; ce processus n'aurait pas manqué, en effet, de déformer considérablement ou d'effacer les lentilles originelles.

Au sein des formations les plus riches en matériel fin, J. TRICART (in A. PISSART et F. GULLENTOPS, 1967) a reconnu en 1966 un feuilletage horizontal qu'il interprétait comme des structures de pression. Cette structure feuilletée existe non seulement près de la surface, mais également à plusieurs mètres de profondeur, ce qui semble exclure une origine pédologique récente.

(1) A. PISSART (1953) a signalé en outre un enrichissement en petits cailloux sous la couche de gros blocs. Cette observation n'a pas été confirmée par les coupes que nous avons examinées plus tard.

- 4) Les conditions d'observation difficiles sous le niveau du ruisseau n'ont pas permis d'observer un fauchage éventuel du substratum au contact du dépôt.

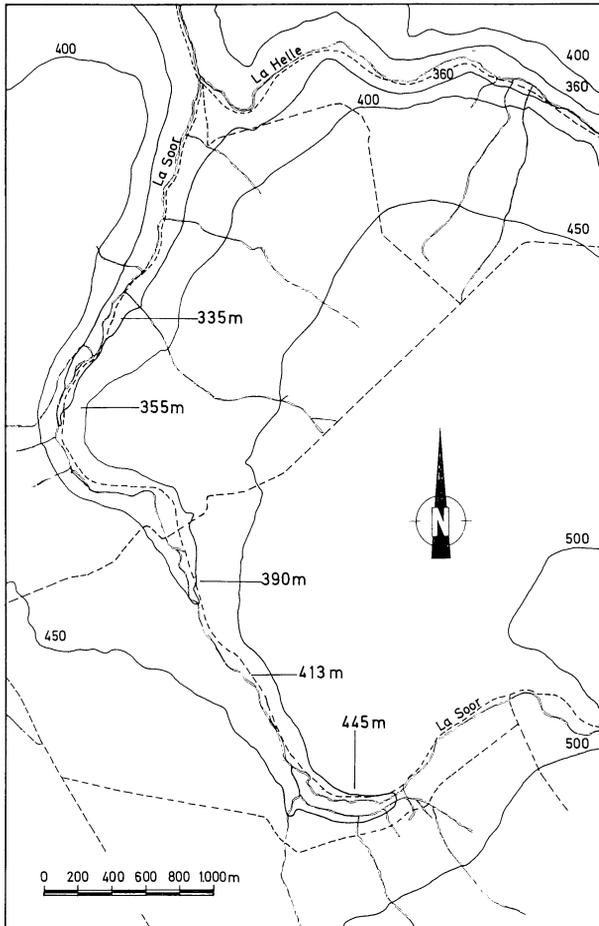


Fig. 2. — La vallée de la Soor. Localisation des coupes mentionnées dans le texte et désignées par l'altitude du lit de la Soor à proximité.

L'excavation 3, profonde de 3 m à 3,20 m n'a pas atteint le bed-rock. Mis à part quelques lentilles lavées, dont une de 80 cm d'épaisseur, aucune succession stratigraphique n'est apparue dans cette coupe, sauf à l'extrémité sud de l'excavation où nous avons noté de haut en bas, 80 cm de blocs et de cailloux assez bien lavés, 110 cm de cailloux dans une matrice limoneuse compacte, 100 cm d'un matériel bien lavé.

La coupe 4 a permis d'apercevoir la terminaison en biseau de la formation limoneuse compacte et imperméable. La couche superficielle de gros blocs avec de nombreux débris anguleux repose directement sur une formation graveleuse, à matrice plus sableuse. Dans cette formation existent plusieurs lentilles en paquets, réparties sans ordre dans la masse et de forme très tourmentée.

Les excavations 5 et 6 sont situées de part et d'autre du ruisseau qui coule au fond de la dépression parallèle à la Soor. La partie supérieure est constituée de formations récentes : limon tourbeux, gravillons et sables déposés récemment par le petit ruisseau. Ces matériaux surmontent un niveau de gros blocs qui paraît la continuation du niveau superficiel des gros éléments de la coulée pierreuse.

L'excavation 7, dégagée au pied du versant a mis au jour dans une matrice limoneuse de nombreux blocs anguleux de quartzite descendus du versant.

Au sein de l'excavation 2, à proximité de la Soor, la granulométrie d'échantillons prélevés à 120, 150 et 250 cm de profondeur a été étudiée. Elle a montré combien ces échantillons étaient mal triés; l'indice Q de φ de Krumbein (*) varie entre 3,48 et 3,13. Le triage est un peu meilleur vers la surface. Les trois courbes montrent un mode peu important, mais cependant net, vers 30μ , qui témoigne de la présence de limon éolien dans le dépôt.

Les principaux enseignements nouveaux fournis par cette coupe sont les suivants :

1. Le contact dépôts meubles/Cambrien semble horizontal dans le fond de la vallée.
2. Le matériel mal lavé s'est mis en place progressivement, couche par couche, et non d'un seul coup, comme A. PISSART l'avait supposé en 1953.
3. La dépression observée au sud de la coupe ne résulte pas d'un simple phénomène d'érosion ayant creusé les dépôts limoneux, mais correspond à des dépôts de caractère différent.

En conséquence, voici comment, dans l'état de nos connaissances, nous pensons que s'est formé le remplissage de la vallée de la Soor, vers l'altitude de 450 m :

1. Formation d'une vallée à fond plat par érosion fluviale.
2. Arrivée dans le fond de la vallée d'écoulements boueux descendant sur le long versant qui s'étend depuis le sommet de la Baraque Michel. Dans le fond de la vallée de la Soor, ces écoulements remanient et se mélangent aux dépôts fluviaux antérieurs. Cette masse boueuse ne s'est peut-être pas déposée au pied du versant de rive sud (fig. 3), en raison d'accumulations de neige ou de glace. La fusion

N

S

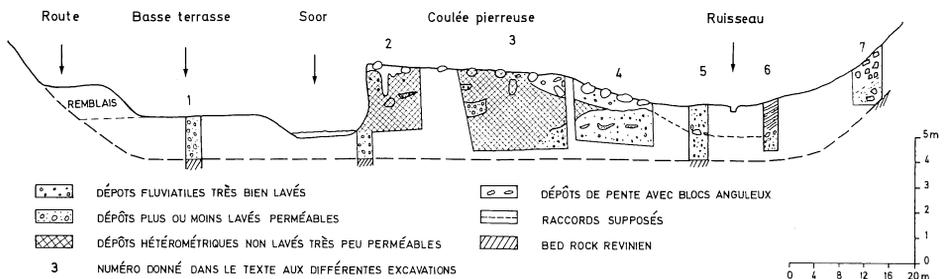


Fig. 3. — Coupe transversale au travers de la coulée pierreuse de la Soor à l'altitude de 445 m.

$$(*) Q \text{ de } \varphi \text{ Krumbein.} = \frac{\varphi 75 - \varphi 25}{2}.$$

de cette neige ou de cette glace après les écoulements boueux a fait apparaître une dépression où s'est concentré alors un écoulement fluvial.

3. La répétition du même phénomène, en superposant des dépôts de couches boueuses, a conduit à la structure actuelle.

Cette interprétation n'explique pas la présence de gros blocs de quartzite à la surface du dépôt. Les observations de terrain permettent d'exclure qu'ils ont été dégagés du dépôt sous-jacent par des actions fluviales. D'autre part, aucun hiatus sous l'accumulation de blocs n'indique le passage à un processus différent de celui qui a amené ces gros blocs.

Seule la comparaison de cette accumulation avec des dépôts observés ailleurs en Ardenne, nous aide à comprendre ce qui a pu se produire. Rappelons que J. M. DELAHAUT, A. LAURANT et A. PISSART (1966) ont décrit près de Grand Halleux et de Bertrix des accumulations périglaciaires dans le lit de vallons; accumulations dont plusieurs caractères sont identiques à ceux de la vallée de la Soor : forme bombée et présence en surface de gros blocs de quartzite pour une vallée étudiée près de Grand Halleux; fauchage du substratum paléozoïque au contact des dépôts de solifluxion près de Bertrix. D'un côté comme de l'autre, le remblaiement est constitué de la succession suivante : dépôts de congélifluxion, dépôts fluviaux, dépôts de congélifluxion. Les dépôts fluviaux ont été interprétés comme contemporains du maximum du froid de la dernière glaciation et les dépôts de congélifluxion qui ont amené les gros blocs résulteraient d'un changement climatique.

La comparaison des dépôts observés dans la vallée de la Soor avec ceux que nous venons de mentionner permet d'exclure l'idée que ces gros blocs auraient pu être amenés par une langue glaciaire car, vers 350 m d'altitude près de Grand Halleux, l'extension d'un glacier paraît très improbable.

A l'aval de la confluence du Fossé d'Eupen, l'accumulation pierreuse se poursuit par des lambeaux d'un niveau de terrasse qui s'étendent sur les deux rives. Les blocs sont rarement très nombreux au sommet de ces formations. Toutefois, à l'altitude de 410 m, on retrouve localement un fragment typique de la coulée pierreuse d'amont : forme bombée et accumulation de gros blocs en surface. Plus en aval, la forme bombée n'a plus été observée mais les coupes montrent des formations présentant des caractères identiques à ceux que nous avons mentionnés précédemment : matrice fine, abondante, cimentant les éléments ensemble, avec parfois des poches ou des lentilles de sédiments mieux lavés, gros blocs surtout en surface et, observé à 390 et 385 m, fauchage du substratum paléozoïque au contact des formations meubles sus-jacentes.

Une coupe dégagée à proximité du lit de la Soor à 390 m a été décrite dans le compte rendu de l'excursion du 3 juillet 1971 (B. BASTIN, E. JUVIGNÉ, A. PISSART et J. THOREZ, 1972). La similitude avec les formations décrites ci-dessus est complète et a été particulièrement bien mise en évidence par des analyses granulométriques d'échantillons prélevés dans la coupe dégagée à 413 m (fig. 4). Ces courbes montrent clairement que de bas en haut du dépôt le triage s'améliore progressivement (Q de ϕ de Krumbein : à 400 cm de profondeur = 2,9; à 140 cm de profondeur = 1,1) les fins devenant de moins en moins abondants vers la surface (fig. 5). Le dépôt passe ainsi d'une formation extrêmement mal classée à un dépôt typiquement fluvial,

Vers 365 m, se trouve le barrage à partir duquel les eaux de la Soor sont détournées vers le lac de la Gilleppe. En cet endroit, la terrasse supérieure domine

d'une dizaine de mètres le lit de la rivière. A partir de ce barrage, sur 1,5 km, le profil longitudinal des terrasses donné sur la fig. 1 est difficile à interpréter.

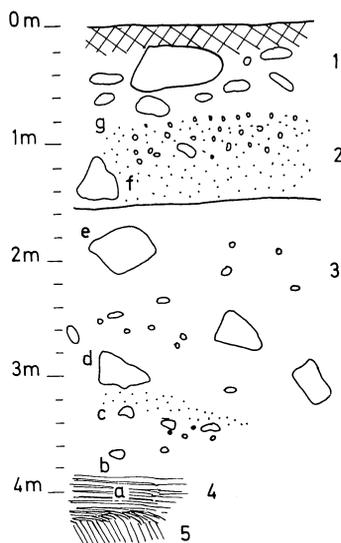


Fig. 4

1. Formation lavée grossière avec blocs atteignant 1 m.
 2. Formation sableuse ocre foncé, très bien lavée.
 3. Dépôts hétérométriques très mal lavés avec blocs atteignant 60 cm.
 4. Substrat phylladeux fauché et coloré en brun.
 5. Phyllades reviniens fauchés.
 6. Phyllades reviniens en place.
- a à g. Localisation des prélèvements dont les courbes granulométriques sont données sur la fig. 5.

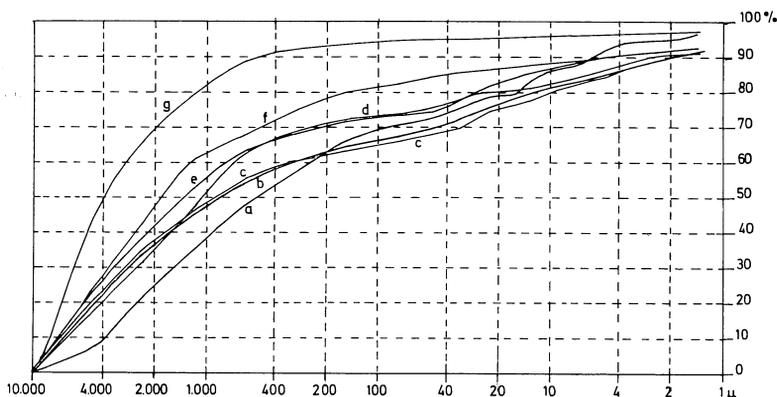


Fig. 5. — Courbes granulométriques d'échantillons prélevés à 413 m.

En effet, vers l'altitude de 350 m une terrasse apparaît brusquement au-dessus du lit de la rivière en présentant une forte pente longitudinale. En outre, le nombre de terrasses inférieures est plus grand qu'à l'amont, et elles présentent des ruptures de pente énigmatiques. Il fallait examiner les dépôts qui constituent ces terrasses

pour pouvoir les interpréter correctement. C'est la raison pour laquelle huit excavations ont été réalisées dans ce secteur de la vallée par une pelle mécanique. Ce travail a pu être réalisé grâce au subside F.N.R.S. mentionné précédemment.

Nous ne décrirons pas en détail chacune des coupes qui ont été observées, car cela nous entraînerait trop loin ; nous nous limiterons à présenter le plus brièvement possible deux coupes qui montrent les faits principaux.

1. A l'endroit où la Soor franchit la courbe de niveau de 355 m, son érosion latérale a déclenché des glissements de terrain qui ont dégagé une coupe haute de 13 m. Le sommet de cette coupe correspond à un replat très net. Il s'agit d'une véritable terrasse de remblaiement car les 13 m sous-jacents sont formés d'une accumulation de dépôts meubles. Depuis la surface, jusqu'à 11 m de profondeur, il s'agit de formations limoneuses comprenant des débris non émoussés de quartzite et de phyllade revinien. Ils sont descendus du versant et forment des dépôts de pente plus ou moins caillouteux. Les deux mètres surmontant le niveau de la Soor attirent l'attention par la couleur gris bleuâtre de la matrice limoneuse qui entoure les cailloux (fig. 6). A la base de ce matériel très compact existent de nombreux cailloux roulés. Sous le lit du ruisseau, le dépôt se poursuit sur une épaisseur voisine de 3 mètres ; il est formé de couches limono-argileuses compactes gris bleuâtres, comprenant des éléments caillouteux et des couches mieux lavées, brunâtres, limoneuses ou sableuses. Au-dessus du bed-rock, le dépôt relativement bien lavé comprend des gros blocs atteignant une longueur de 50 cm.

L'allure des courbes granulométriques de ces deux formations est très différente. Les couches limono-argileuses bleuâtres montrent une fraction inférieure à 100 μ très importante, ordinairement supérieure à 80 % contre 30 % tout au plus pour les couches lavées voisines. Au sein de ces couches bleuâtres, un mode net vers 30 μ atteste la présence de limon éolien. Ce mode de 30 μ n'existe pas dans les couches lavées.

Des dégagements parallèles et perpendiculaires à l'axe de la vallée ont montré que ces couches limono-argileuses bleuâtres sont horizontales dans le fond de la vallée et inclinées sur le versant (fig. 6). Certaines de ces couches se terminent parfois d'une manière brutale. Elles peuvent être interprétées comme des langues de congelifluxion descendues du versant et étalées dans le fond de la vallée.

Nonante mètres en aval de la coupe que nous venons de décrire, des lentilles limono-argileuses bleuâtres similaires ont été observées (fig. 7). Elles se trouvent au sein de matériaux limoneux gris comprenant de nombreux cailloux roulés. Les matériaux sont progressivement mieux lavés vers le centre de la vallée.

La figure 8b donne la localisation sur un profil transversal des observations qui sont représentées sur la fig. 6. La figure 8a en schématise l'interprétation. Elle montre un remblaiement constitué de dépôts de versants et de dépôts fluviaux, avec des apports beaucoup plus importants venus d'un côté en raison de facteurs morphologiques, lithologiques ou d'exposition propres aux versants. L'altitude maximum du remblaiement dans l'axe de la vallée a été déterminée en considérant l'altitude maximum du remblaiement en aval (coupe à 335 m décrite ci-dessous) et en amont (à proximité du barrage) comme l'indique la figure 1.

2. En aval, à une altitude voisine de 335 m, est conservé le dépôt le plus important de la vallée de la Soor. Ce dépôt forme une belle terrasse qui surmonte le lit de la rivière d'une dizaine de mètres. Il a été conservé en cet endroit parce que le ruisseau, dans son encaissement ultérieur, s'est surimposé dans la roche en place, ce qui a, en raison de la résistance du revinien, limité l'érosion latérale ultérieure.

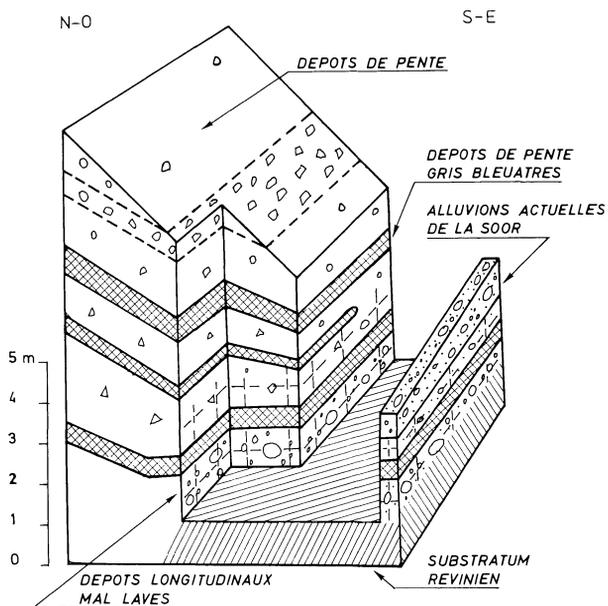


Fig. 6. — Bloc diagramme montrant la succession des dépôts observés à proximité de la Soor à l'altitude de 355 m.

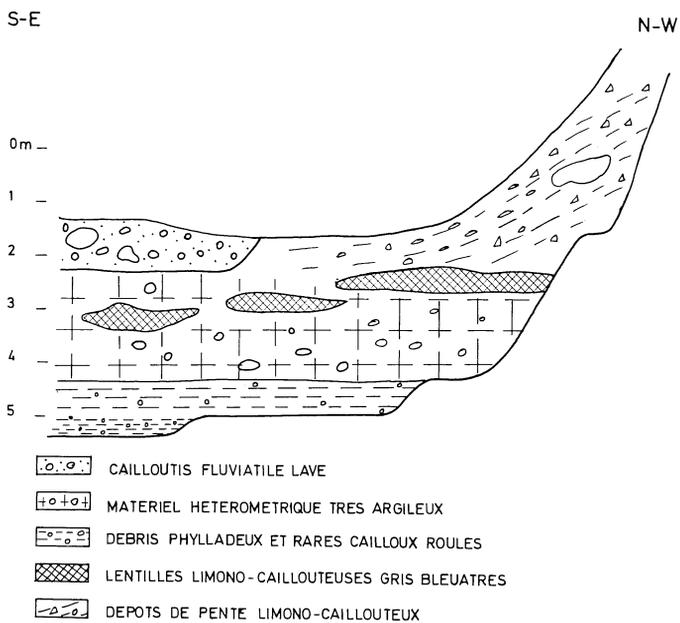


Fig. 7. — Coupe dégagée dans le fond de la vallée de la Soor, 90 m en aval de la coupe donnée à la fig. 6.

A l'aval immédiat de cette surimposition dans le substratum revinien, les dépôts visibles dans l'entaille de la rivière sont constitués essentiellement de cailloux roulés établissant qu'il ne s'agit nullement d'un dépôt de pente, mais bien d'un remblaiement longitudinal. Ces cailloux sont par endroits bien lavés, ailleurs ils sont compris dans une matrice fine. D'énormes blocs existent en surface de ce dépôt. Leur usure montre un contact prolongé avec l'eau courante et prouve qu'ils n'ont pas simplement glissé sur le versant.

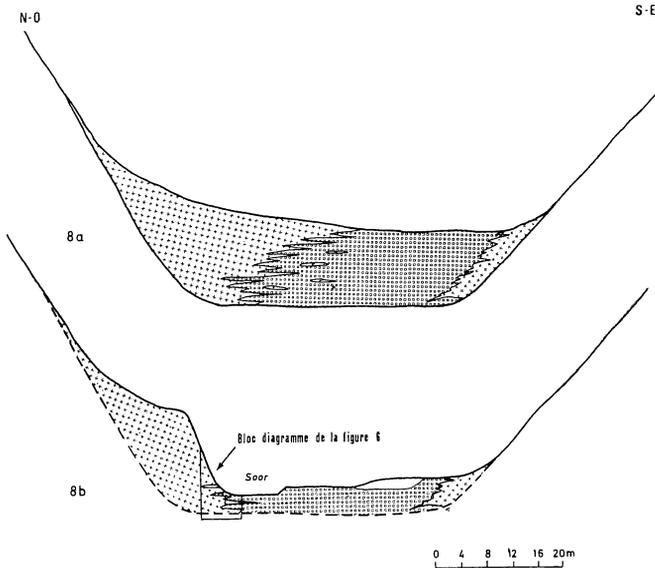


Fig. 8. — Coupe transversale au travers de la vallée de la Soor à 355 m, a) au moment du remblaiement maximum, b) de nos jours. Les croix représentent les dépôts de versant; les ronds, les dépôts longitudinaux.

Au sein de ce dépôt existent quelques poches limoneuses, descendues au milieu du cailloutis pendant la sédimentation. Elles résultent vraisemblablement de la fonte de masses de glace qui ont été prises dans le dépôt.

La surface de cette terrasse n'est pas horizontale. Vers le versant, son altitude s'élève. Ainsi que l'ont montré plusieurs excavations, cette disposition s'explique par la mise en place de dépôts de pente au-dessus des sédiments transportés dans l'axe de la vallée.

En bref, l'ensemble des observations réalisées à l'aval du barrage de la Soor ont montré essentiellement les faits suivants :

1. Dans une partie de ce tronçon de la vallée, la Soor s'écoule sur des dépôts de remblaiement épais de plusieurs mètres.
2. Le remblaiement a atteint dans cette partie de la vallée une épaisseur proche de 10 mètres.
3. Ce remblaiement est constitué à la fois de dépôts longitudinaux essentiellement fluviaux et de dépôts de pente, sans doute mis en place par congéfluxion.

L'épaisseur des dépôts est particulièrement considérable en amont de l'endroit où la Soor franchit la courbe de niveau de 335 m, endroit qui correspond à la confluence d'un petit affluent de rive droite. Il semble que c'est la descente d'une grande quantité de matériaux dans le vallon où coule cet affluent qui a barré la Soor et provoqué le remblaiement exceptionnel dont nous retrouvons actuellement les restes. Ce remblaiement n'a été possible que parce que dans toute la vallée de la Soor arrivait au même moment une quantité considérable de dépôts de pente que la rivière ne parvenait pas à évacuer.

* * *

II. ÉTUDE PALYNOLOGIQUE (B. BASTIN)

L'étude géomorphologique et granulométrique des dépôts de remblaiement de la vallée de la Soor montre qu'ils se composent pour une bonne part d'apports latéraux mis en place par congélifluxion, à un moment où la rivière ne pouvait évacuer ces dépôts de pente vers l'aval. Il importait donc de tenter de définir les conditions climatiques ayant existé au moment de la mise en place de ces dépôts, et par là-même de tenter de dater ces dépôts. C'est l'objet de l'étude palynologique qui, en raison de l'épaisseur du remblaiement à la cote 355 m, a été principalement consacrée aux dépôts conservés à cette altitude.

Une première étude, réalisée en 1971, a permis d'établir le diagramme pollinique présenté à la fig. 9, diagramme précédemment publié (B. BASTIN et al., 1972), à un moment où les processus de mise en place de ces dépôts n'avaient pas encore été clairement définis. A l'époque, la datation de la base du diagramme pollinique faisait l'objet d'une controverse, E. JUVIGNÉ lui attribuant un âge début Würm, B. BASTIN lui attribuant un âge pléni-Würm.

En 1972, grâce au crédit F.N.R.S. dont il a été fait précédemment mention, de nouveaux prélèvements ont pu être réalisés : d'une part à la cote 355 m, respectivement 30 cm au-dessus de la base du diagramme pollinique de la fig. 9, et 1,70 m sous ce niveau; d'autre part à la cote 353 m, soit 90 m plus à l'aval.

Lors de l'étude des coupes dégagées en 1972, nous sommes arrivés à la conclusion que les lentilles limono-argileuses bleuâtres correspondaient à des apports latéraux, vraisemblablement mis en place par congélifluxion. Il nous a dès lors semblé préférable d'établir pour chaque lentille étudiée par la palynologie un spectre pollinique moyen, car comme la congélifluxion a dû entraîner un certain brassage des couches, la présentation des résultats sous forme d'un diagramme pollinique classique aurait pu donner une image quelque peu arbitraire de l'évolution du climat. Aussi le diagramme pollinique de la fig. 10 a-t-il été réalisé en superposant les spectres polliniques moyens des sept lentilles limono-argileuses bleuâtres étudiées en 1971-1972, la comparaison de ces sept spectres polliniques moyens obtenus dans le même type de matériaux nous permettant alors de reconstituer l'évolution probable du climat.

Dès 1972, nous avons pu conclure à l'existence d'un climat rigoureux lors de la mise en place des couches limono-argileuses bleuâtres, en raison de la rareté des arbres dans les spectres polliniques et du caractère très ouvert de la végétation herbacée reconnue dans ces spectres. En effet, dans le diagramme pollinique présenté alors (fig. 9), les arbres — parmi lesquels seuls *Pinus* et *Betula* apparaissent en courbe continue — n'atteignent pas 5 % en moyenne, cependant que parmi les plantes

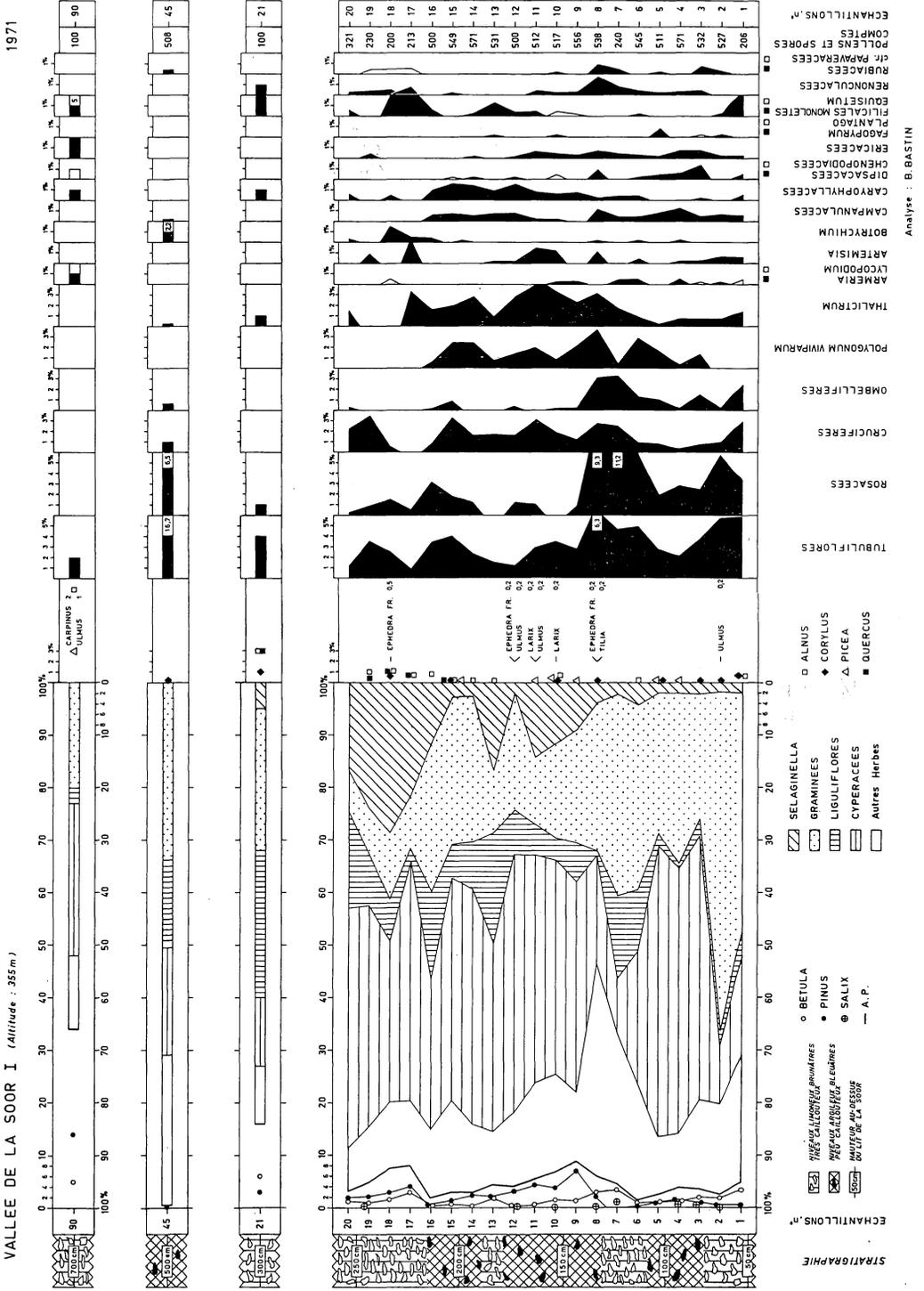


Fig. 9. — Diagramme pollinique d'une partie de la coupe du glissement de terrain localisé à l'altitude de 355 m dans la vallée de la Soor (rive gauche).

herbacées on note la présence de plantes actuellement confinées aux régions arctiques-alpines, telles *Selaginella selaginoides*, *Polygonum viviparum* ou *Thalictrum alpinum*.

Un caractère sur lequel nous n'avions pas insisté à l'époque, mais qui nous apparaît à présent très significatif, est la grande humidité du milieu local, se traduisant par la nette dominance des *Cypéracées* sur les *Graminées*. Pour l'ensemble des sept spectres polliniques présentés à la fig. 10, les *Cyperacées* atteignent en effet 36 % en moyenne, les *Graminées* n'atteignent que 25 % en moyenne. Or, B. BASTIN (1971) a précédemment montré qu'au cours de la dernière glaciation, la dominance des *Cypéracées* sur les *Graminées* caractérise le début du Mésowürm (*), dans les dépôts limoneux de la vallée de la Haine, alors que dans les dépôts loessiques des plateaux, les *Cypéracées* ne jouent qu'un rôle minime, les *Graminées* jouant au contraire un rôle prépondérant au sein de la végétation herbacée. Dans la vallée de la Soor, cette grande humidité du substrat, dans un contexte climatique rigoureux, s'accorderait avec l'importance des apports latéraux de congelifluxion. Ceux-ci ont mis en place à plusieurs reprises des lentilles de dépôts de pente venant s'imbriquer dans les dépôts fluviatiles transportés dans l'axe de la vallée.

En ce qui concerne la datation du remblaiement, l'analyse pollinique des sédiments prélevés en 1972 a permis de lever la controverse concernant l'âge de la base des dépôts. En effet, dans la lentille limono-argileuse bleuâtre prélevée à 1,20 m sous le niveau actuel de la rivière, les arbres atteignent 26 %, alors qu'ils n'atteignent pas même 5 % en moyenne dans les spectres polliniques sus-jacents. En outre, il y a parmi ces arbres non seulement *Pinus* (10 %) et *Betula* (8 %), qui peuvent tous deux supporter un climat rigoureux, mais aussi des arbres et arbustes exigeant un climat plus tempéré, tels *Alnus* (3 %), *Corylus* (3 %), et *Picea* (1 %). Cette première indication de conditions climatiques plus clémentes est renforcée par la présence de 4 % de pollens de *Calluna* et de 25 % de spores de *Sphagnum*, ce qui reflète des conditions climatiques plus océaniques, et donc plus tempérées.

Des spectres polliniques similaires ont été obtenus d'une part dans un échantillon isolé prélevé en 1971 à la cote 355 m, à 1,20 m sous le niveau actuel de la rivière, d'autre part dans la lentille limono-argileuse prélevée en 1972 à la cote 353 m (fig. 10). L'obtention de spectres polliniques quasi identiques dans trois séries de prélèvements effectués indépendamment les uns des autres, exclut qu'il s'agisse de résultats aléatoires. Il nous semble par contre légitime de conclure que les dépôts de base du remblaiement de la vallée ont été mis en place à un moment où le climat devenait à la fois plus rigoureux et plus continental.

Au sein de la dernière glaciation, les auteurs s'accordent à situer la transition entre un climat déjà froid, mais encore de caractère océanique, et un climat rigoureux de caractère continental, au début de la période pléni-glaciaire. En nous référant à la terminologie proposée par B. BASTIN (1971), nous situerons donc la période initiale du remblaiement de la vallée de la Soor au tout début du Mésowürm.

* * *

(*) La tendance actuelle des Quaternaristes en Belgique est d'adopter la nomenclature nordique. Toutefois, en matière de palynologie, le seul travail couvrant la plus grande partie de la dernière glaciation dans notre pays est celui de B. BASTIN (1971), dans lequel est notamment définie la notion de Mésowürm.

III. ÉTUDE DES MINÉRAUX DENSES TRANSPARENTS
(E. JUVIGNÉ)

L'étude des minéraux denses transparents dans les nombreuses coupes examinées nous a permis d'identifier plusieurs associations qui se combinent dans des proportions diverses et dont certaines ont déjà été définies sur le plateau des Hautes Fagnes par P. BOURGUIGNON (1953, 1954). Nous en avons tiré d'une part des conclusions sur le plan stratigraphique, d'autre part des indications quant à l'origine des sédiments.

1) *Les associations du substratum.*

Ces associations issues de l'altération du substratum paléozoïque consistent essentiellement en ubiquistes de petite taille. Il se présentent principalement dans la classe granulométrique des limons. Les zircons y dominent largement. Ces minéraux sont présents partout dans les diverses coupes étudiées.

2) *L'association des sables oligocènes.*

Les sables marins oligocènes, originaires du plateau de la Baraque Michel, peuvent être identifiés dans les sédiments par une association minéralogique qui s'étale dans les classes du sable fin ($< 300 \mu$) et du limon (P. BOURGUIGNON, 1954).

Si les ubiquistes y sont aussi largement représentés (70 à 90 %) ils sont ici assortis d'un groupe de minéraux spécifiques composés dans l'ordre de disthène, staurotide, andalousite et topaze.

La majorité des grains sont très nettement émoussés. Cette forme est héritée de l'action marine. Ils ont été observés dans la plupart des dépôts situés sous le sommet de la terrasse supérieure. Leur présence atteste d'un écoulement longitudinal dont l'origine remonte jusqu'à la source des sables sur le plateau de la Baraque Michel.

3) *L'association des loess.*

L'association des loess vistuliens (hesbayen + brabantien de F. GULLENTOPS, 1954) a été observée dans de très nombreux niveaux dans la vallée de la Soor, de la base au sommet des différentes coupes. Nous l'avons identifiée par ses minéraux spécifiques : épidote, hornblende verte et grenat. Ceux-ci sont accompagnés d'un groupe propre d'ubiquistes dont les caractéristiques morphologiques et optiques ne permettent pas la distinction avec ceux du substratum paléozoïque. Tous les minéraux des loess se présentent dans la classe granulométrique des limons.

Dans la vallée de la Soor, le rapport entre les ubiquistes d'une part et les minéraux spécifiques de l'autre fluctue très fort d'un niveau à l'autre en raison des mélanges entre les loess et les limons locaux à ubiquistes.

4) *Les associations de minéraux d'origine volcanique.*

Nous avons identifié dans la vallée de la Soor deux associations minéralogiques d'origine volcanique d'âge différent.

a) *L'association à enstatite.*

Elle est composée d'augite ($\pm 50 \%$), de hornblende basaltique ($\pm 25 \%$) et d'enstatite ($\pm 25 \%$). Tous les grains sont anguleux. Leur plus grande largeur

mesurée sous le microscope peut atteindre 300 μ mais se situe le plus fréquemment entre 100 et 200 μ .

D'après une recherche récente faite par E. Juvigné (1976) dans les loess de Moyenne Belgique, le moment de la retombée de ces poussières se situe probablement pendant le Vistule 1.

Dans la vallée de la Soor, ces minéraux sont présents à l'état de traces dans tous les niveaux de chaque coupe depuis le sommet jusqu'au contact de la roche en place. Cette observation démontre l'âge vistulien de l'ensemble des dépôts étudiés.

b) *Une retombée récente.*

Au sommet des coupes situées à 445 m, 435 m, 413 m et 390 m, nous avons observé une association de minéraux denses volcaniques transparents différente de la précédente. La hornblende basaltique représente seule plus de cinquante pour-cent, le sphène est aussi très fréquent (environ 35 %) mais les pyroxènes monocliniques sont peu nombreux (moins de 10 %).

Une association identique a été décrite précédemment par E. Juvigné dans un rempart de pingo de la Brackvenn (in B. Bastin *et al.*, 1974) et grâce à un diagramme pollinique B. Bastin a situé le moment de la retombée des poussières volcaniques entre environ 26.000 B.C. et 17.000 B.C.

Dans un travail récent, E. Juvigné (1976) pense qu'il pourrait s'agir d'un faciès particulier du Laachersee tuf 5 final et, dans cette hypothèse, la retombée daterait donc de la fin de l'Alleröd.

Nous ne prendrons pas ici position pour l'une ou l'autre hypothèse. En attendant les résultats de travaux ultérieurs, nous admettrons que la retombée doit s'être produite entre environ 26000 B.C. et 11.000 B.C.

c) *Conclusion.*

La présence de l'association à enstatite dans tous les niveaux des dépôts de la vallée de la Soor démontre que le remblaiement a eu lieu pendant la dernière glaciation et l'existence d'une autre association repérée au sommet de plusieurs coupes indique que le colmatage était pratiquement terminé à la fin de l'Alleröd au plus tard.

* * *

IV. LES MINÉRAUX ARGILEUX
(J. THOREZ)

1. *Méthodes de préparation et d'analyse*

La fraction argileuse (inférieure à 2 microns) a été extraite par sédimentation et centrifugations successives en eau distillée (méthode du Laboratoire des argiles de Liège), sans dispersion ni floculation, sans aucun prétraitement destiné à éliminer les amorphes. Elle a été analysée ensuite aux rayons X sous la forme de pâte orientée. Outre les essais classiques (échantillon au naturel, traité à l'éthylène glycol, chauffé), certains essais complémentaires ont été introduits en vue de préciser la nature de certains composants (saturation aux $MgCl_2$ et KCl , attaque à l'acide chlorydrique à chaud et traitement à l'hydrazine).

La nature des constituants argileux, minéraux simples et édifices interstratifiés, est établie en fonction d'une codification (J. THOREZ, 1975). Les assemblages argileux sont quantifiés en tenant compte de l'intensité des réflexions principales au cours des traitements, et traduits sous forme de fréquences relatives (association totale égale 10).

Les variations de la composition cristallographique et de l'état de cristallinité des minéraux illitiques sont établies respectivement à l'aide de la méthode d'ESQUEVIN (1969) (rapport d'intensité (002)/(001) qui fournit la composition $Al_2O_3/FeO + MgO$ dans la couche octaédrique), et de la mesure de l'indice d'aigu (G. DUNOYER DE SEGONZAC, 1969; J. TRAUTH *et al.*, 1968) (épaisseur en mm de la réflexion principale à 10 Å, à mi-hauteur de celle-ci).

2. Nature des constituants argileux.

La fraction argileuse de quelque septante-cinq échantillons a été analysée. Elle correspond, suivant les sites de prélèvement, à des matériaux limoneux, congé-liflués, ainsi qu'à des produits argilisés du substrat revinien.

De la goethite, de la lépidocrocite et le quartz sont abondamment représentés dans la plupart des échantillons, à l'exception des limons argileux bleus plus ou moins plastiques provenant de l'altération des phyllades reviniens.

Les assemblages argileux comprennent différents minéraux et édifices interstratifiés irréguliers. Les minéraux simples sont l'illite (avec ses variétés cristallographiques), la chlorite (intacte ou légèrement dégradée), la vermiculite, la smectite; la kaolinite est présente sous forme de traces. Deux variétés d'édifices interstratifiés existent : les uns sont formés de feuillets illitiques (10) et d'espaces interfoliaires distendus, instables à la chaleur et à comportement de vermiculite (14_V) ou instables au glycol et à la chaleur et à comportement de montmorillonite (14_M); les formules représentatives de ces types d'édifices interstratifiés sont : $(10 - 14_V)$, $10 - (10 - 14_V)$ ($10 - 14_M$), $10 - (10 - 14_M)$, $(10 - 14_M) - 14_M$ (ce dernier type étant proche d'une montmorillonite de sol mal structurée). Les autres édifices interstratifiés, à feuillets de chlorite et à interfoliaires vermiculitiques, dérivent de la dégradation d'un réseau chloritique. Tous les stades existent, dans les séries étudiées, entre la chlorite C intacte ou légèrement ouverte, et la vermiculite V. Ces stades sont représentés par différentes formes d'interstratification : $C - (14_C - 14_V)$, $(14_C - 14_V)$, $C - (14_C - 14_V) - V$, $V - (14_C - 14_V)$ (parfois associées à de la chlorite intacte) qui nuancent l'importance relative dans la structure interstratifiée des feuillets chloritiques et des espaces interfoliaires vermiculitiques.

L'illite constitue le minéral cardinal des mélanges. Elle y est présente avec ses variétés d'illite à pic large ($I_{p.l.}$) et d'illite ouverte (I_O) définies par J. TRAUTH *et al.* (1968); la variété d'illite à pic aigu ($I_{p.a.}$) fait défaut. L'indice d'aigu dans l'illite $I_{p.l.}$ se caractérise par des valeurs de 5, 6 et 7 mm, l'illite ouverte par des valeurs égales ou supérieures à 10 mm. La composition de la couche octaédrique, indiquée par le rapport d'intensité (002)/(001), est celle d'illite relativement peu alumineuse (Esq. = 0,23) à très alumineuse (Esq. = 0,78), en passant par des valeurs caractérisant des phengites (Esq. compris entre 0,3 et 0,4). Les valeurs de l'indice d'aigu et du rapport ESQUEVIN conduisent à l'élaboration d'un graphique caractérisant les variétés d'illite présentes dans les échantillons étudiés (figure 11).

3. Variétés d'associations argileuses et signification génétique.

Limons en place ou congé-liflués, limons argileux bleus ou beiges d'altération de phyllades, avec ou sans cailloux, dépôt de ruissellement mélangeant limons et

argiles, présentent tous une « fiche d'identité » minéralogique qualitative et quantitative particularisée à la fois par la nature de leur phase argileuse et par la variabilité cristallochimique de la fraction illitique y contenue.

Ainsi, sur les plans minéralogique et génétique, on distingue les assemblages suivants :

a) à *illite* et *chlorite*, sans édifices interstratifiés (10 — 14). L'indice d'aigu de l'illite est compris entre 5 et 6, valeurs caractérisant des illites à pic large $I_{p,1}$; les valeurs correspondantes du rapport ESQUEVIN indiquent des compositions essentiellement alumineuses (figure 11).

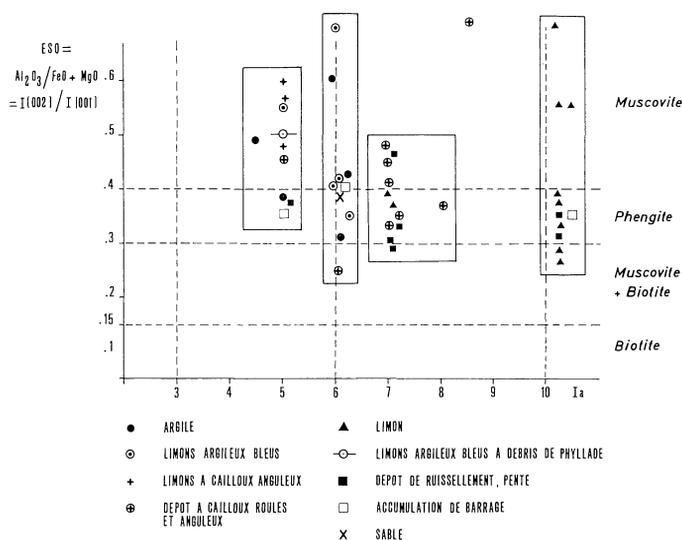


Fig. 11. — Caractères cristallochimiques des illites suivant la méthode ESQUEVIN (1969) modifiée. Ia = indice aigu (abscisses). Rapport $Al_2O_3 / FeO + MgO$ dans la couche octaédrique (ordonnées).

Cet assemblage caractérise les couches de limon argileux bleu avec ou sans petits débris anguleux de phyllades, limon argileux de teinte plus beige à cailloux anguleux ou roulés. Génétiquement ce sont des produits engendrés par l'altération mécanique des phyllades.

La fraîcheur remarquable des illites et de la chlorite (à peine affectée dans les limons argileux beiges d'une ouverture des espaces interfoliaires qui se traduit par le formules représentatives : C , $C - (14_C - 14_V)$ ou $C + (14_C - 14_V)$ implique un ameublissement rapide ou une dégradation des phyllades en climat froid.

b) à *illite* prédominante, *interstratifiés* (10 — 14_V) et (14_C — 14_V), *vermiculite*, et plus rarement *smectite*. L'illite est de la variété à pic large, mais la valeur de l'indice égale à 7-8; sa composition est généralement moins alumineuse.

Ce type d'assemblage caractérise les autres limons argileux parfois contaminés par une fraction faible d'origine loessique indiquée par la présence de vermiculite et de smectite plus abondantes.

c) à *illite*, *interstratifiés* (10 — 14_M), *vermiculite*, *smectite*. La vermiculite et la smectite peuvent, ensemble, présenter une fréquence relative voisine de 4.

L'illite est généralement de type ouvert, avec un indice d'aigu égal ou supérieur à 10 (sauf dans le cas de mélange de limon et d'argile du substrat, celle-ci étant dominante dans le matériau analysé). La composition de sa couche octaédrique indique un appauvrissement en Al_2O_3 .

Ce type de mélange argileux caractérise les limons loessiques de la vallée de la Soor.

d) à *illite* prédominante, *interstratifiés* (10 — 14_V), *vermiculite*, *chlorite* plus ou moins dégradée, *smectite*.

L'illite est présente sous forme d'illite à pic large ($I_a = 7$) à composition phengitique (Esq. = 0,3 — 0,5), ou d'illite ouverte ($I_a = 10$), mais à composition très alumineuse (Esq. = 0,55 — 0,7).

Les interstratifiés (10 — 14_V) sont plus abondants que dans les associations 2. Il en va de même pour la vermiculite et la smectite.

Ce type d'assemblage correspond à des produits plus ou moins intensément remaniés par la congélifluxion, le ruissellement, constitués de mélanges en proportions diverses de limons, d'argiles d'altération des phyllades, d'argiles beiges caillouteuses. Dès lors il n'est nullement étonnant d'y retrouver des « attributs » minéraux propres à l'un ou l'autre minéral argileux caractérisant l'un des quatre types d'assemblages décrits, et ce, suivant l'importance des contaminations.

Dans les produits argileux de teinte beige, avec charge caillouteuse, mis en place et probablement remaniés à l'occasion de ruissellements sur les pentes, une certaine dégradation des réseaux se manifeste par l'apparition d'interstratifiés : (10 — 14_V) associés à de l'illite plus ouverte, et (14_C — 14_V) associés à une chlorite qui tend à disparaître de l'assemblage. On peut en conclure que les conditions climatiques ont évolué vers des situations « physico-chimiques » favorisant les processus de l'altération des minéraux argileux.

Les assemblages argileux dans les produits limoneux sont ceux que l'on trouve dans les régions avoisinantes (Brackvenn, J. THOREZ et al., 1975; B. BASTIN et al., 1974), et dans différents sols limoneux dans l'Est de la Belgique. Dans la vallée de la Soor, l'étude détaillée des assemblages argileux et l'analyse micromorphologique permettent de retracer des modifications intervenues dans les différents dépôts étagés et emboîtés. Les résultats analytiques de ces études minéralogiques et micromorphologiques feront l'objet d'une publication ultérieure.

CONCLUSION

La vallée de la Soor, entre 450 et 330 m, a été remblayée sur une épaisseur de 4 à 10 m par des dépôts de versant et des dépôts venus de l'amont. La distinction des apports latéraux et longitudinaux n'est pas toujours aisée car les masses descendues des versants se sont, par la suite, déplacées dans l'axe de la vallée.

Parmi les caractères des dépôts mis en place par un transport longitudinal, il faut souligner plusieurs faits importants :

- 1) Sous cette accumulation, l'existence en plusieurs endroits d'un fauchage du substratum avec l'inclinaison vers l'aval des têtes de bancs phylladeux.
- 2) Le très mauvais triage des formations qui se sont déplacées dans l'axe de la vallée.

- 3) L'accumulation à la surface du dépôt des plus gros blocs, accumulation qui donne à ce remblaiement dans la partie amont de la vallée la forme d'une accumulation pierreuse.

Nous examinerons successivement ces différents caractères.

- 1) Le fauchage du substratum témoigne incontestablement d'un *transport en masse*, entraînant lentement la base du dépôt. A lui seul, ce caractère permet d'affirmer qu'il y a eu autre chose qu'une simple action fluviale.
- 2) Le très mauvais triage des dépôts apparaît essentiellement par une *absence de lavage* des formations accumulées dans l'axe de la vallée. Il existe cependant au sein du dépôt des parties lavées qui occupent une place d'autant plus grande que l'on va vers l'aval. Au moins jusqu'à 380 m, ces parties lavées paraissent peu importantes et de multiples analyses granulométriques effectuées dans ce secteur amont de la vallée montrent un lavage progressivement meilleur de bas en haut du dépôt.

Dans les couches mal lavées, la disposition des cailloux est en général parallèle à l'axe de la vallée, tandis que dans les couches lavées elle est perpendiculaire à celle-ci. Cette orientation des cailloux témoigne, dans le premier cas, d'une mise en place par un processus de transport en masse tel que glacier, coulée boueuse, solifluxion, dans le second cas de l'action fluviale.

Le fauchage du substratum, les caractéristiques granulométriques et l'orientation des éléments s'expliquent aisément en interprétant le dépôt comme une formation mise en place par des processus de type « coulée boueuse » ou même « lave torrentielle ». Il importe en effet de remarquer que la pente longitudinale de la vallée est voisine de 2° et donc que le déplacement dans l'axe de la vallée des matériaux nécessite une masse très visqueuse qui a dû se déplacer assez rapidement.

- 3) L'accumulation à la surface du dépôt des plus gros blocs reste quand même, au moins partiellement, une énigme. Dans la coulée pierreuse à 445 m, il n'existe pas, à la surface du remblaiement et accompagnant ces blocs, des matériaux lavés qui permettraient de supposer qu'ils ont été dégagés par les actions fluviales ultérieures et abandonnés à la surface en raison de leur forte taille.

Rien dans ces dépôts ne permet d'affirmer l'existence d'une glaciation sur le plateau des Hautes Fagnes. Bien entendu, ces dépôts de congélation et de « lave torrentielle » ressemblent à des dépôts morainiques, mais leur localisation et leur disposition est parfaitement explicable par des processus périglaciaires.

L'étude des minéraux volcaniques a permis de démontrer que le remblaiement de la vallée s'est effectué pendant une période qui s'étale au maximum du début du Vistule I à la fin de l'Alleröd.

Les études palynologiques ont permis de préciser que le début de la mise en place des dépôts se situe au commencement du Mésowürm.

Les phénomènes de coulées boueuses dont nous avons étudié les restes se sont exercés non seulement sur le haut plateau à une altitude supérieure à 500 m, mais également, comme le montrent certains dépôts décrits dans cet article à des altitudes bien inférieures. En effet, le remblaiement accumulé à 355 m provient d'un versant dont le sommet est inférieur à 450 m, tandis que l'accumulation ayant barré la vallée près de la Croix Zimmerman n'a pu provenir d'une altitude plus élevée que 500 m.

Le caractère spectaculaire de ces dépôts sur le plateau des Hautes Fagnes est dû avant tout à la présence d'énormes blocs de quartzites qui les font apparaître

comme des accumulations pierreuses et leur confèrent une grande résistance à l'érosion. La répartition de ces accumulations à la partie supérieure des vallées du plateau des Hautes Fagnes n'est vraisemblablement pas liée à des phénomènes climatiques particuliers en relation avec l'altitude élevée de ce plateau, mais essentiellement à des caractères morphologiques : longues pentes convergeant vers des têtes de vallée, faiblesse de l'érosion dans ces têtes de vallée. Des dépôts identiques existent à des altitudes inférieures. Ils ont beaucoup moins retenu l'attention puisqu'ils n'ont jamais été considérés comme les restes de dépôts glaciaires.

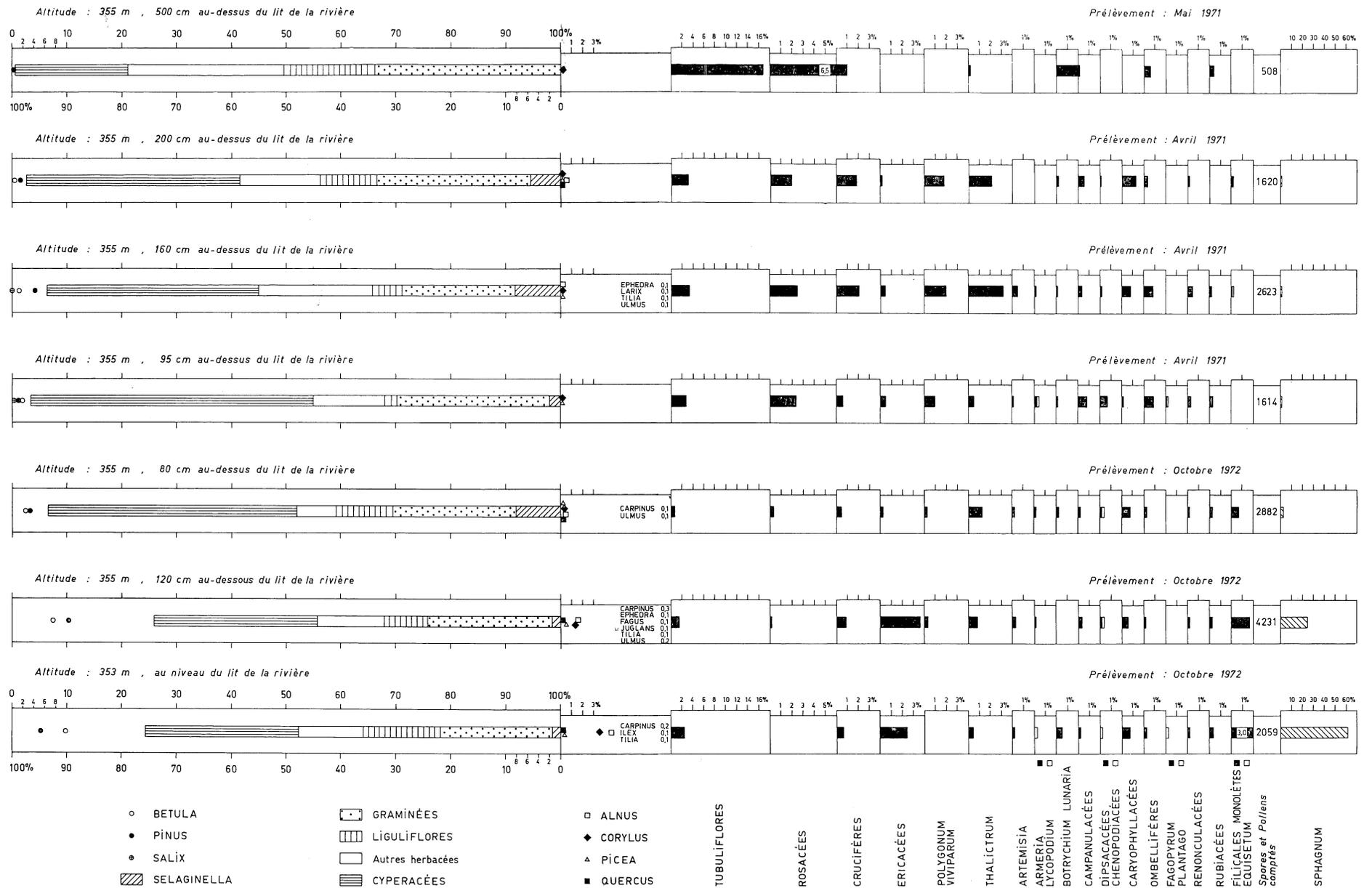
BIBLIOGRAPHIE

- BASTIN, B., 1971. — Recherches sur l'évolution du peuplement végétal en Belgique durant la glaciation de Würm. *Acta Geographica Lovaniensia*, vol. 9, 136 p.
- BASTIN, B., JUVIGNÉ, E., PISSART, A. et THOREZ, J., 1972. — La vallée de la Soor (Hautes Fagnes) : compétence de la rivière; dépôts glaciaires ou périglaciaires? Compte rendu de l'excursion du 3 juillet 1971. *Les Congrès et Colloques de l'Université de Liège*, vol. 67. Processus périglaciaires étudiés sur le terrain. Édition Université de Liège, pp. 295-321.
- BASTIN, B., JUVIGNÉ, E., PISSART, A. et THOREZ, J., 1974. — Étude d'une coupe dégagée à travers un rempart d'une cicatrice de pingo de la Brackvenn. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 97, pp. 341-358.
- BOURGUIGNON, P., 1953. — Associations minéralogiques des limons et argiles des Hautes Fagnes. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 77, pp. B 39 à B 59.
- BOURGUIGNON, P., 1954. — Les sables des Hautes Fagnes. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 77, pp. B 201-B 241.
- DELAHAUT, J. M., LAURANT, A. et PISSART, A., 1966. — Le remblaiement périglaciaire de fonds de vallons en Ardenne : un dépôt fluviatile compris entre deux dépôts de solifluxion. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 89, n° 5, pp. B 157-B 174.
- DUNOYER DE SEGONZAC, G., 1969. — Les minéraux argileux dans la diagenèse. Passage au métamorphisme. *Mém.*, n° 29, *Serv. Carte Géol. Als. Lorr.*, 320 p.
- ESQUEVIN, J., 1969. — Influence de la composition chimique des illites sur leur cristallinité. *Bull. Centre Rech. Pau, S.N.P.A.*, 3, 147-154.
- FOURMARIER, P., 1920. — Compte rendu de la session extraordinaire de la Société Géologique de Belgique tenue à Sourbrodt du 28 au 31 août 1920. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 43, pp. B 270-B 303.
- FOURMARIER, P., 1923. — Les prétendus phénomènes glaciaires de la Baraque Michel. *Ac. Roy. Belge, Bull. Cl. des Sc.*, 5^e série, IX, p. 217.
- FOURMARIER, P., 1933. — Observations au sujet des coulées pierreuses du plateau de la Baraque Michel. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 57, pp. B 164-B 171.
- FOURMARIER, P., 1945. — A propos des coulées pierreuses du plateau de la Baraque Michel. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 68, pp. B 127-B 131.
- GUILLAUME, Ch., 1924. — Contribution à l'étude du modelé du haut plateau ardennais. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 47, pp. B 120-B 129.
- GULLENTOPS, F., 1954. — Contribution à la chronologie du Pléistocène et des formes du relief en Belgique. *Mém. de l'Inst. Géol. de l'Univ. Louvain*, XVIII, 125-252.
- JUVIGNÉ, E., 1973. — Datation de sédiments quaternaires à Tongrinne et à Tilff par des minéraux volcaniques. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 96, pp. 411-412.
- JUVIGNÉ, E., 1974. — La stratigraphie du Quaternaire en Belgique. État des connaissances. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 97, pp. 39-57.

- JUVIGNÉ, E., 1976. — Contribution à la connaissance de la stratigraphie du Quaternaire pour l'étude des minéraux denses transparents de l'Eifel au Massif Central français et plus particulièrement en Belgique, Thèse, Univ. de Liège, 215 p.
- LOHEST, M., 1896. — Des dépôts tertiaires de l'Ardenne et du Condroz. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 23, pp. 37 à 53.
- PISSART, A., 1953. — Les coulées pierreuses du plateau des Hautes Fagnes. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 76, pp. B 203-B 219.
- PISSART, A., 1961. — Les inondations dans la région de Verviers-Eupen. Étude préalable à un aménagement du territoire. *Bull. Centre belge Ét. Doc. Eaux*, n° 123, pp. 62-74.
- PISSART, A. et GULLENTOPS, F., 1967. — Compte rendu de l'excursion du vendredi 10 juin 1966 : Liège, Nessonvaux, Louveigné, Theux, Baraque Michel, Stavelot, Grand Halleux, Baraque Fraiture, Laroche. *Les Congrès et Colloques de l'Université de Liège*, vol. 40. L'évolution des versants, Université de Liège, pp. 307-324.
- QUAAS, A., 1917. — Zur Frage der Venn Vergletscherung. *Neues Jahrbuch für Min., Geol. und Pal.*, XLI, Beilage Band, S. 503-564.
- STAMM, K., 1912. — Glacialspuren im Rheinischen Schiefergebirge. *Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Preussischen Rheinlande und Westfalens*, Bonn, pp. 151-214.
- THOREZ, J., 1975. — Phyllosilicates and Clay Minerals. A handbook for their X-ray diffraction-analysis. G. Lelotte, Ed., 600 p.
- THOREZ, J., JUVIGNÉ, E., PISSART, A. et PAEPE, R., 1976. — Le sondage de la Brackvenn (Hautes-Fagnes). Étude stratigraphique, sédimentologique et minéralogique (en préparation).
- TRAUTH, J., LUCAS, J. et SOMMER, F., 1968. — Études des minéraux argileux du Paléogène des sondages de Chaignes, Montjavonet, le Tillet et Ludes (Bassin de Paris). *Mém. n° 59, B.R.G.M.*, in Colloque sur l'Éocène, II, 53-76.

VALLÉE DE LA SOOR

1971 - 1972



Analyse : B. BASTIN

Fig. 10. — Spectres polliniques moyens des sept lentilles de limon argileux étudiées en 1971-72.