

Les coulées pierreuses du plateau de Saint-Hubert-Nassogne,

par V. TONNARD,

Docteur, Ingénieur en Sciences agronomiques.

Le travail — dont la présente note est un très succinct résumé — ne s'adresse pas aux classiques coulées des Hautes-Fagnes fréquemment étudiées depuis l'intervention de KURTH STAMM. A ce sujet, et pour la bibliographie, je renvoie le lecteur au travail d'A. PISSART [1].

Les formations dont il est fait mention ici bordent le « dôme de Halleux », quartzites du Siegenien inférieur, en surplomb topographique (surtout au Nord-Ouest) des grauwackes du Siegenien moyen [2].

On sait que, pour fluer par cryoturbation, les champs de blocs, outre un climat engendrant un tjäle, exigent une granulométrie suffisamment hétérométrique. Le facteur limitant est la proportion de partie fine (matrice) puisque les champs de blocs sont de genèse mécanique. Cette partie fine était acquise dès l'origine dans les débris des Hautes-Fagnes dérivant des assises quartzieuses et quartzophylladeuses du Revinien. Il n'en était pas de même sur le dôme de Halleux, où les seuls débris sont des quartzites. Là, les produits du défoncement ont dû attendre l'apport extérieur d'une matrice fine sous forme de limon éolien pour pouvoir entrer en solifluxion. Il s'ensuit que les coulées du plateau de Saint-Hubert sont en retard sur celles des Hautes-Fagnes et qu'on doit les retrouver à des stades plus jeunes.

C'est ce qu'on observe. Alors que les coulées des Hautes Fagnes ont atteint les thalwegs, on rencontre encore sur le plateau de Saint-Hubert des champs de blocs à peine évolués ou des coulées figées aux divers stades de leur évolution : coulées de sommets, coulées élémentaires de versants, coulées des thalwegs. Signalons aussi une forme de coulée non décrite jusqu'à présent : *les coulées enfouies*.

Devant une telle diversité de formes, il a paru indiqué de s'attacher à l'étude détaillée des formations pierreuses du plateau de Saint-Hubert.

Les différentes parties d'une coulée sont autant de points qui sollicitent une étude : la roche-mère, les blocs, la matrice fine (sédiment d'accompagnement), les facteurs subséquents (biologie, pédologie, phytosociologie, microrelief), sans omettre le site géologique et géomorphologique où s'étire la formation ainsi que les méthodes variées de repérage et de cartographie (légendes populaires, toponymie, photos aériennes).

Ayant déjà eu l'occasion d'exposer certains des résultats obtenus [3] [4], on se limitera ici à résumer l'étude des blocs et de la matrice fine.

*
**

La fraction grossière peut être étudiée à plusieurs points de vue : constance de la lithologie, orientation et granulométrie des blocs.

Nous ne dirons qu'un mot de la constance lithologique parce que de bonnes conditions d'étude sont assez rarement remplies. Il faut en effet disposer d'un pierrier dont l'affleurement est de nature lithologique mixte. On observe alors que la lithologie des coulées composantes reste constante jusque bien loin de l'affleurement-origine. Ceci prouve le déplacement uniforme suivant la ligne générale de plus grande pente, sans digitations.

L'orientation des blocs a déjà été étudiée par A. CAILLEUX [5] et d'autres [1]. Sans définir à nouveau la notion de bloc abaissant et redressant, pour laquelle nous renvoyons à la bibliographie, nous reprenons ici le tableau d'A. CAILLEUX :

Nature	Pente	Relevants	Parallèles
Éboulis de pente	27-40°	30-42 %	—
Coulées torrentielles	15-25°	—	25-54 %
Coulées liées au gel intense	3-24°	63-94 %	69-90 %

Quelques remarques sont à faire :

1° Les limites données par CAILLEUX, en ce qui concerne les pentes, sont prudentes. Nous avons trouvé des coulées périglaciaires développées sur des pentes de l'ordre de 2°.

2° Ces limites ne sont applicables qu'à des débris n'ayant aucune direction d'allongement ou d'applatissage. PISSART a pu le montrer sur des phyllades [1]; nous l'avons observé sur des psammites [3].

3° Un certain doute subsiste dans le tableau de CAILLEUX aux points où il n'a pas indiqué de limites, d'où une indétermination lorsqu'il s'agit de classer une coulée inconnue à partir de telles mesures. C'est pourquoi on a préféré combiner les deux critères dans un même graphique à axes rectangulaires. La combinaison des limites portées sur chaque axe divise la surface en zones qu'un facile raisonnement, par éliminations successives, pourra affecter d'une signification plus précise (voir graphique p. 66).

Zone 1 : Coulée de blocailles liées au gel intense, à caractères bien développés.

Zones 2 et 3 : Tendances aux caractères de la coulée de blocailles liée au gel intense.

Zone 4 : Caractère torrentiel.

Zone 5 : Caractère d'éboulis de pente (ou accumulation rocheuse sans déplacement, si pente $< 27^\circ$).

Zone 6 : Zone d'indétermination.

Les caractères relevés dans chacune des coulées étudiées sur le plateau de Saint-Hubert-Nassogne ont été reportés sur le graphique.

Remarquons les trois groupements nets qui se dégagent : Périglaciaire (I), Torrentiel (II), Éboulis (III) ou accumulations rocheuses.

Soulignons que, dans le groupe (I), le caractère périglaciaire est dicté plus par la proportion de blocs relevant que par la représentation des blocs parallèles.

On a d'ailleurs pu démontrer mathématiquement, par application du test de MANN (liaison stochastique) ⁽¹⁾, que le critère des blocs parallèles est plus fidèle que celui des blocs relevant, car il n'est pas influencé par la pente contrairement à celui-ci. Or la pente est très variable dans des coulées boueuses (de 2° à 24°) [3].

Mais cette distinction suivant deux critères n'est pas suffi-

(1) Aucune des populations étudiées ne s'étant révélée à distribution gaussienne, il a paru préférable de rejeter tout test basé sur la normalité.

sante pour mettre en évidence, dans une même formation, des tendances d'évolution. C'est pourquoi on a essayé de mesurer l'orientation des blocs par un indice d'orientation défini de la manière suivante : c'est le rapport l_1/l_2 entre la plus grande longueur l_1 interceptée sur le bloc en place par une parallèle au sens d'étalement du pierrier et la plus grande longueur l_2 interceptée sur le même bloc par une perpendiculaire au sens d'étalement. On se rend compte que ce rapport est d'autant plus grand que le bloc a tendance à s'orienter parallèlement à la coulée. Mais comme ce rapport est influencé par la forme propre du bloc étudié, il ne trouvera sa réelle signification qu'à partir du calcul de moyennes.

L'étude de cet indice, par l'application du test de MANN, a donné plusieurs résultats cités simplement ici : démontrer le bien fondé de la précaution d'A. CAILLEUX lorsque celui-ci ne tient compte que des plus gros éléments dans l'estimation du pourcentage de blocs parallèles; démontrer qu'une liaison stochastique significativement positive entre la grosseur des blocs et leur tendance à une orientation sélective parallèle est une preuve suffisante, mais non nécessaire, pour attribuer la coulée à un climat froid; déceler des modifications mineures dans le comportement de certaines formations.

C'est surtout TRICART qui s'est consacré à l'étude de la granulométrie des débris obtenus par cryoclastisme [6]. La mesure granulométrique, dans une coulée boueuse, se heurte à de sérieuses difficultés qui proviennent en ordre principal de l'hétérogénéité et de l'énormité des sédiments à classer de telle sorte que leur déplacement est le plus souvent difficile sinon impossible.

C'est pourquoi la méthode linéaire a été retenue après plusieurs essais comparatifs. Le principe de la méthode a été exposé par A. CAILLEUX auquel le lecteur retournera [7]. Remarquons que, dans sa forme originelle, la méthode n'utilise qu'une seule corde. Parce que l'on vient de démontrer qu'il existe une étroite liaison entre la pente de la formation, le volume des blocs et leur orientation, on est amené ici à utiliser deux cordes orthogonales inclinées à 45° sur la ligne de plus grande pente. Les mesures faites sur les deux cordes sont cumulées et les graphiques représentatifs sont à base logarithmique.

Les graphiques fournis par plusieurs pierriers de même composition lithologique sont loin d'être semblables. Alors que certaines coulées ne présentent qu'un maximum, d'autres en

présentent deux ou trois. Avec TRICART [8], nous admettrons que ces coulées, diverses aussi quant à leur stade d'évolution et leur position topographique, ont subi des conditions climatiques diverses. Il faut expressément souligner ici que ce n'est que parce que toutes les coulées étudiées sont formées d'un même matériau grossier (quartzites du Siegenien inférieur) et qu'on a pu prouver la faible influence du réseau diaclases/joints de stratification sur la granulométrie du pierrier [4] qu'on peut admettre l'extension de l'opinion de TRICART. Des conditions de travail aussi favorables doivent se rencontrer rarement.

L'étude de la fraction grossière dans la formation pierreuse permet donc de déceler la nature de l'étalement de la formation (classement dans le tableau inspiré de la méthode de CAILLEUX et liaison stochastique), de préciser, par l'étude des maxima granulométriques, le nombre et, par recoupement avec la morphologie du site, parfois la nature des phases d'altération subies par les blocs constitutifs. Enfin on peut déceler, par une étude de détails, des remaniements ou des tendances à l'intérieur d'une même formation (variation de l'indice d'orientation l_1/l_2).

*
**

La matrice fine est souvent devenue très rare dans une formation rocailleuse dont le matériel très hétérométrique a été le siège d'un intense lessivage. Mais l'étude du microrelief permet de déceler les quelques taches encore respectées par l'érosion. Ce matériau d'accompagnement a été étudié du point de vue granulométrique, minéralogique, morphologique, morphométrique, roentgenographique. La morphométrie et la minéralogie seront seules envisagées ici. Signalons cependant un point fondamental : les analyses granulométriques, en soulignant les maxima $0-2 \mu$ et $25-50 \mu$ ont démontré l'origine éolienne du sédiment d'accompagnement [3].

La morphométrie, depuis longtemps utilisée par les sédimentologues américains (on en trouvera un bon résumé chez KRUMBEIN et PETTJOHN [9]), a joui d'un renouveau par la définition de l'indice d'émoissé d'A. CAILLEUX [10]. On sait que cet indice, très petit pour les grains peu usés, va jusqu'à 1.000, théoriquement, pour les grains usés jusqu'au stade de la sphère. En construisant la courbe cumulative indices d'émoissés/pourcents, on obtient une courbe dont l'allure générale caractérise un type d'usure [11]. Mais là s'arrête l'utilité de

telles courbes, car bien des crochets qu'elles présentent, attribués à un remaniement, sont en fait des artéfacts issus d'un classement accidentel inhérent à la méthode. Ces crochets se déplacent ou disparaissent lorsqu'on modifie le grossissement du système optique utilisé [4].

On a ainsi été amené à créer un nouvel indice « de contrôle » répondant à la formule

$$C = \frac{S \times 2.000}{P \times R}$$

où S = surface planimétrée,
 P = périmètre curvimétré,
 R = demi plus grand diamètre.

En exprimant ces valeurs en fonction de P et R, on verra que la projection d'une sphère, un cercle, reçoit la valeur maximum 1.000 et que cette valeur diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de cette limite d'usure. La circonférence est en effet la figure géométrique délimitant la plus grande surface sous le plus petit périmètre.

Pratiquement, on dessine le contour du grain au micro-projecteur, on curvimètre le périmètre et on planimètre la surface (1).

Les courbes obtenues sont plus simples que les courbes de l'indice d'émoissé; la méthode éliminant toute classification accidentelle, les crochets que présentent les courbes sont de réels remaniements.

Les courbes de l'indice de contrôle ne peuvent cependant s'identifier entièrement avec celles de l'indice d'émoissé car, si la limite supérieure est commune, il n'en est pas de même de la limite inférieure. Il faut en tenir compte dans l'interprétation.

Signalons encore que le nombre de grains étudiés, de 50 au début du travail, fut successivement porté à 100 puis à 150.

Dans les résultats obtenus par cette méthode, un point est à souligner dès le début : c'est la relative simplicité des courbes. Dans tous les sédiments étudiés sur le plateau de Saint-Hubert-Nassogne, on n'a trouvé que trois types de courbes.

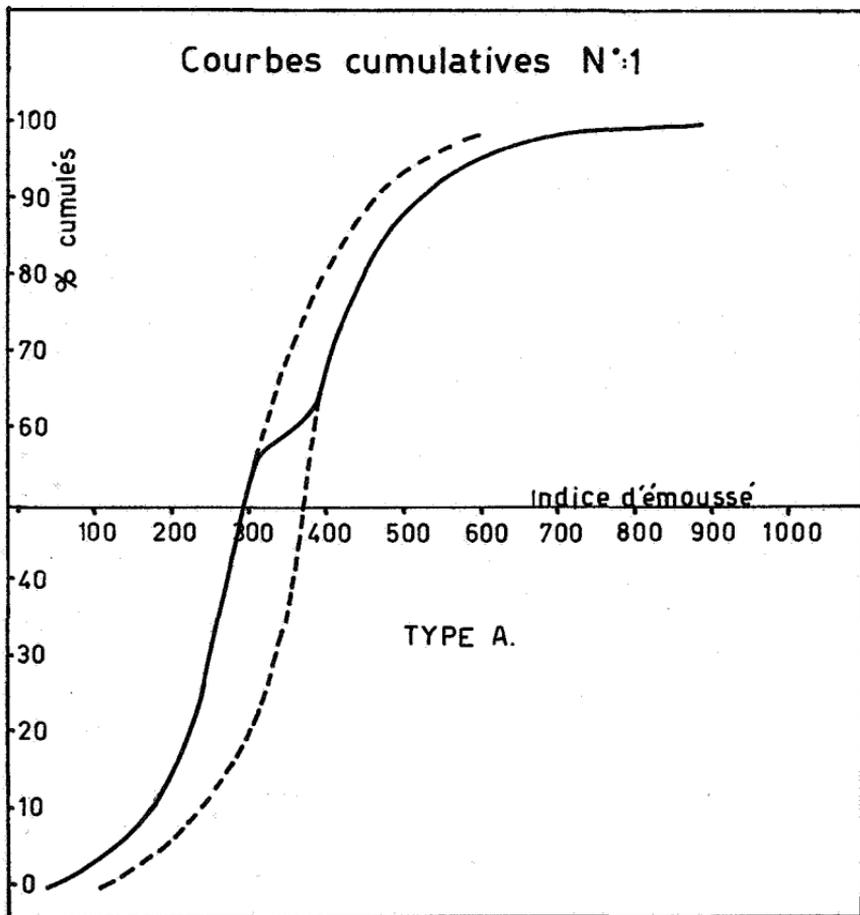
(1) Les seuls grains étudiés dans la partie morphométrique du présent travail sont les grains de quartz, blonds, ronds, mats, dans les limites dimensionnelles du plus grand diamètre de 600 à 800 μ (tamis de 330-500 μ).

Elles sont annotées de bas en haut : *a*, *b*, *c*.

Voici le résumé *actuel* des résultats :

1° Il y a trois types de courbes morphométriques superposées dans l'ordre *a*, *b*, *c*.

2° Cet ordre est respecté tant dans les profils de plateaux que dans les profils de flancs de vallées et dans les produits d'alluvionnement.

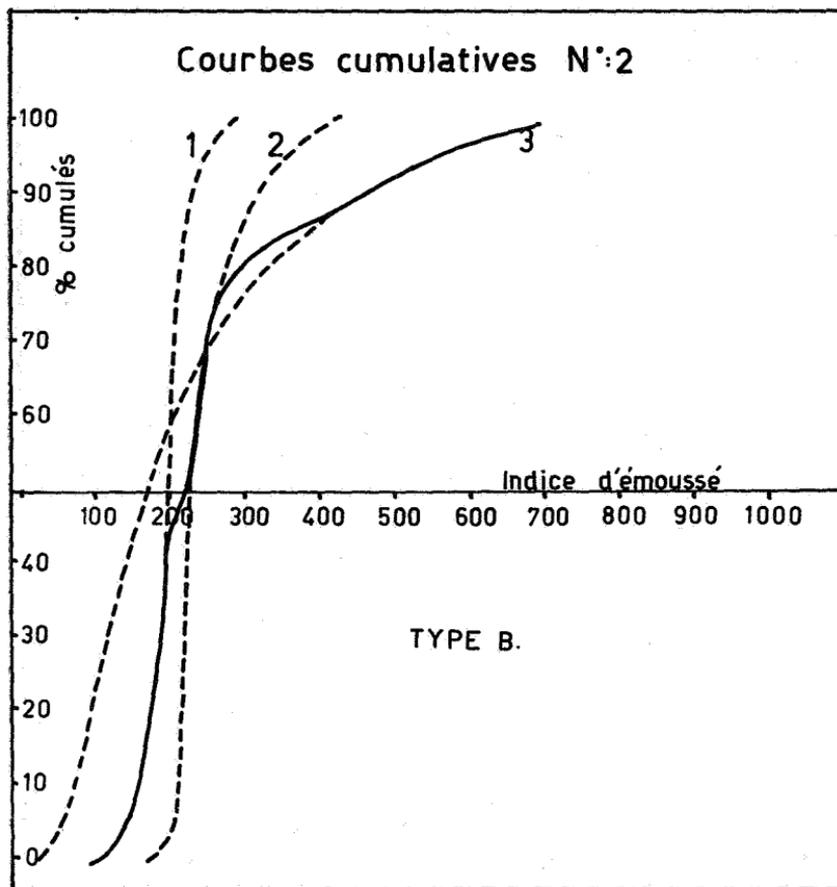


3° Ces horizons morphométriques sont absolument indépendants des horizons pédologiques actuels.

4° Chaque fois que l'on retrouve des limons d'accompagnement dans les coulées de blocailles, ceux-ci présentent une courbe morphométrique du type *c*, c'est-à-dire la forme la

plus récente et la moins remaniée. On possède donc déjà par cette observation une donnée de chronologie relative, du moins pour certaines formations du plateau de Saint-Hubert-Nassogne.

Les résultats obtenus en minéralogie sont également très simples. On retrouve sur le plateau, très généralement, trois horizons minéralogiquement distincts sans lien aucun avec

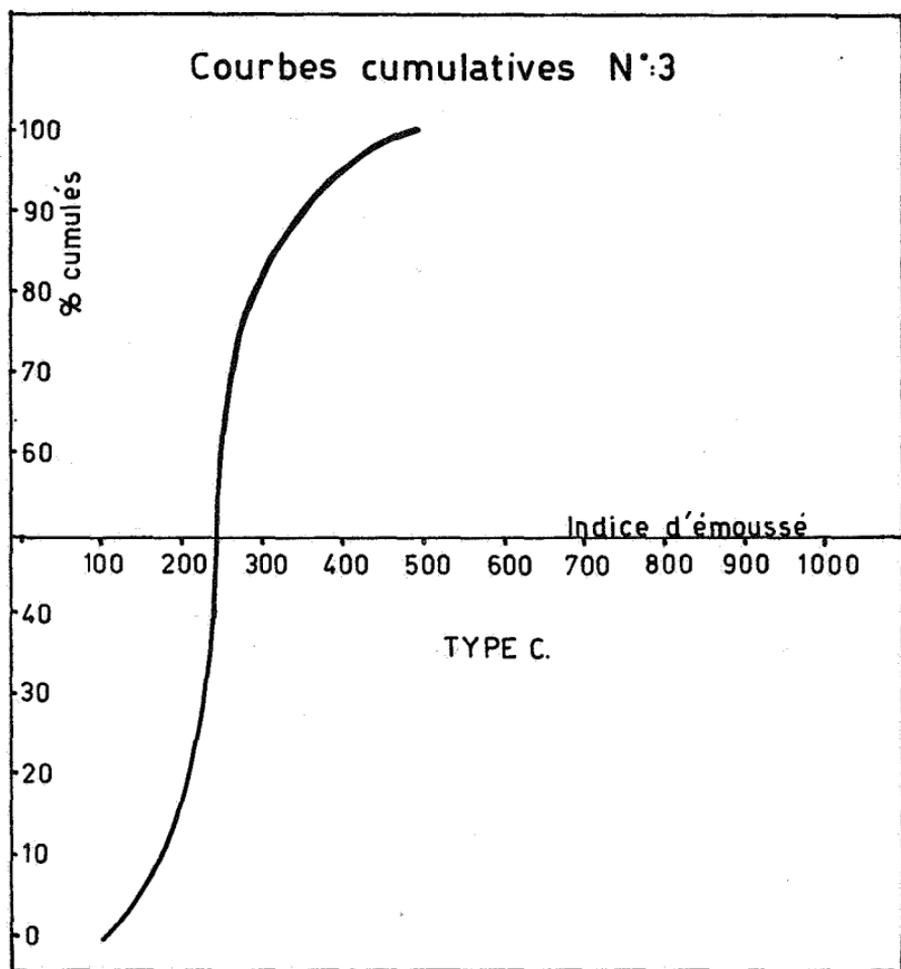


les horizons pédologiques actuels, mais en relation avec les horizons définis par la morphométrie. Voici la caractérisation de ces trois horizons minéralogiques :

Horizon inférieur. — Minéraux ubiquistes, minéraux éoliens classiques (hornblende verte, staurotide, épidote, grenat)

et minéraux éruptifs (hornblende basaltique, augite, sphène et Enstatite). A cette famille s'associent des authigènes.

Au-dessus de l'horizon qu'il appelait Horizon de végétation de Rocourt daté de l'inter Riss-Würm, GULLENTOPS [12] retrouve une association minéralogique tout à fait comparable. On pourrait donc dater cet horizon du début du Würm.



Horizon moyen. — Uniquement des minéraux ubiquistes, éoliens et authigènes sans aucun minéral éruptif.

Horizon supérieur. — Aux minéraux de l'horizon moyen s'ajoutent des éruptifs mais sans enstatite.

Dans les profils complets de plateau et de pente, les horizons minéralogiques, morphologiques et morphométriques coïncident.

Ils n'ont cependant aucune liaison avec les horizons pédologiques si ce n'est avec la formation connue sous le nom de Fragipan. Le tableau ci-dessous résume la chronologie vraisemblable des horizons.

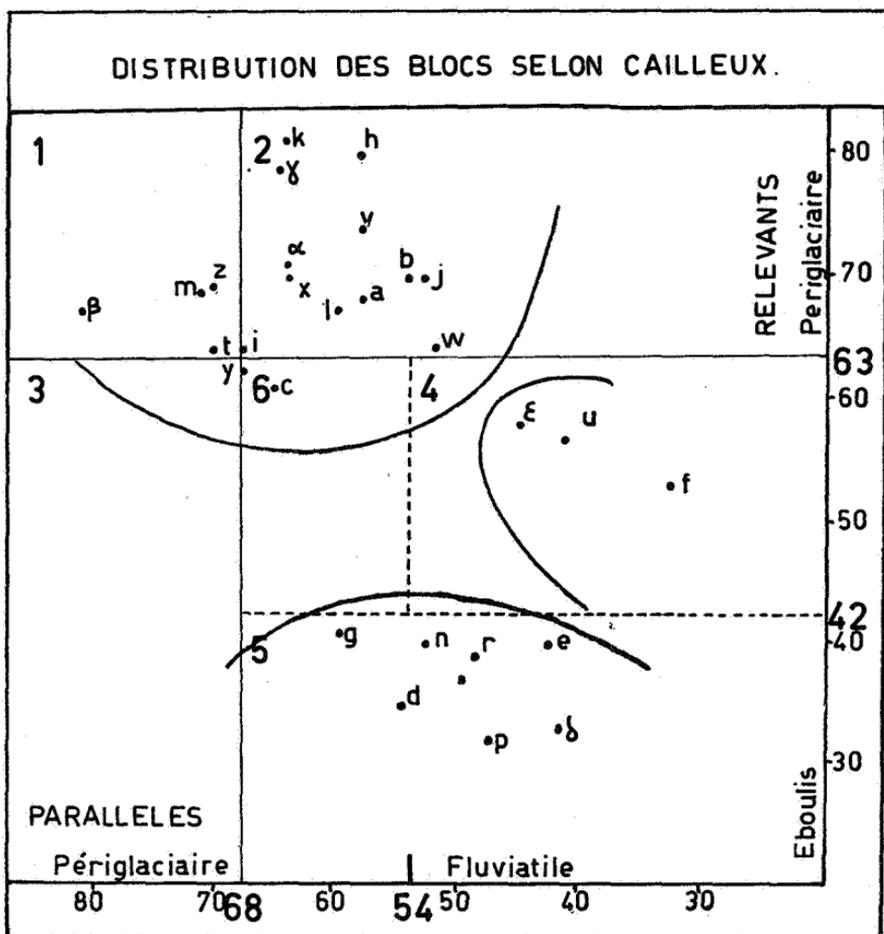
Morphométrie	Morphoscopie	Minéralogie	Radiographie	Chronologie
Courbe type <i>c</i>	R.M. : 78 %	éoliens authigènes éruptifs	—	Würm III
Courbe type <i>b</i>	R.M. : 62 %	éoliens authigènes	kaolinite	Würm II
Courbe type <i>a</i> (Fragipan)	R.M. : 63 %	éoliens authigènes éruptifs + enstatite	kaolinite	Würm I Riss-Würm

Dans ce schéma, le Fragipan daterait de l'inter Riss-Würm (partie supérieure à enstatite). Comme cet horizon, avec son aspect feuilleté, a dû être engendré sous des conditions climatiques où alternaient les périodes de sécheresse et d'humidité, comme d'autre part sa couleur indiquerait un climat un peu plus chaud que l'actuel (7,5 YR 6/8), de même que sa teneur en argile un peu plus forte (B textural), les conclusions de GULLENTOPS s'appliquent assez bien à cette partie du profil. Les autres divisions — en particulier le *W III* — coïncident de façon satisfaisante avec la chronologie présentée par GULLENTOPS.

Les éléments grossiers des coulées de blocailles ne se disposent pas d'une façon quelconque par rapport aux horizons ainsi chronologiquement définis.

Sur le plateau, à grande profondeur, on retrouve quelques gros blocs. Ils gisent sous un fragipan pratiquement continu. Ces mégalithes sont donc de formation antérieure à l'inter Riss-Würm si on admet les conclusions de tantôt. L'érosion

subactuelle et très agressive des ruisseaux griffant la vieille pénéplaine dégage ces blocs dont le caractère commun le plus frappant est le volume énorme. Ce volume a été appelé le « maximum Riss ».



Les pierriers de blocs plus modestes se trouvent toujours en surface, sauf dans le cas particulier des pierriers enfouis. Le limon d'accompagnement y est toujours un limon caractérisé par la courbe morphométrique du type c.

A la confluence de certains ruisseaux gisent des pierriers apparemment peu fournis parce que la plus grande partie de leurs blocs est enfouie dans des sédiments hétérogènes.

A l'amont de ces *pierriers enfouis*, on retrouve le plus souvent une coulée de flancs, normalement constituée mais qui a ceci de particulier qu'elle semble remonter le flanc opposé de la vallée. Il est évident qu'une telle coulée n'a franchi le thalweg qu'à la faveur d'un remblaiement. Par après, l'érosion normale a dégagé la vallée et les débris du pierrier se retrouvent enfouis dans les sédiments. Or les analyses morphométriques de ces sédiments donnent, dans l'ordre normal de superposition, les courbes *a*, *b*, *c*. Et c'est dans les sédiments caractérisés par la courbe *c* qu'on retrouve les débris du pierrier démantelé à l'amont.

Il découle de ces observations que :

1° Entre chaque phase de dépôt ou de formation des sédiments fins caractérisés par les courbes morphométriques *a*, *b*, *c*, il y a eu une phase d'érosion normale.

2° Comme les débris du pierrier ne se rencontrent que dans les sédiments de la courbe type *c*, il faut admettre que c'est accompagné de sédiments du type *c* qu'ils ont traversé la vallée colmatée. C'est cette phase qui a donc vu la plus forte activité de la solifluxion.

3° On peut enfin considérer que le phénomène de reptation des pierriers a joué dès le début du Würm, mais que, seulement au dernier stade, le développement des coulées était tel qu'elles atteignaient les thalwegs des vallées d'ailleurs fortement encombrées.

*
**

En résumé on peut proposer la chronologie suivante dans le cadre encore assez étroit des pierriers étudiés sur le plateau de Sint-Hubert-Nassogne.

Les anciennes glaciations (Donau, Gunz, Mindell) ont vu se développer des éboulis rocheux et des coulées boueuses. Mais il est plus que probable que le long interglaciaire Mindell-Riss a éliminé ces témoins, avec beaucoup d'autres, au point que la chronologie de ces périodes reste très confuse.

Les plus anciens témoins qui peuvent être datés sont les mégalithes des plateaux. On rencontre de tels blocs dans toute l'épaisseur des profils de plateau jusqu'au contact avec la roche-mère, sous le Fragipan. Ils sont antérieurs à l'horizon à enstatites qui caractérise l'inter Riss-Würm. Deux traits importants sont leur volume énorme et leur position à la base des profils,

noyés sous les limons de plateaux ou nichés dans des refuges géographiques en voie de dégagement actuel. On peut en conclure que ces mégalithes sont des témoins rissiens ayant échappé à l'action ultérieure des froids du Würm.

Il faut attendre le Würm, froid et humide, pour voir un mouvement généralisé de solifluxion et la modification granulométrique des accumulations rocheuses rissiennes par le remaniement volumétrique des blocs et par l'apport d'une nouvelle matrice fine : le loess würmien. La période de déplacement maximum semble bien être contemporaine du dépôt — ou de la formation — des sédiments caractérisés par les courbes morphométriques du type *c*. C'est à ce moment, vraisemblablement au dernier stade du Würm, que des coulées très étalées ont pu franchir des vallées partiellement colmatées.

Suivant les modalités et l'intensité de l'érosion normale pendant l'inter-Riss-Würm et lors des interstades würm, on peut distinguer trois cas principaux qui justifieraient les différentes formes d'accumulations rocheuses rencontrées sur le plateau de Saint-Hubert-Nassogne :

1° Sur le sommet presque horizontal du plateau, l'érosion est pratiquement nulle et les mégalithes Riss vont rester noyés dans le limon sans subir l'action du Würm. Ce sont les « pierres volantes » des sommets que dégagent les têtes de source des ruisseaux et que des incendies forestiers révèlent de plus en plus nombreuses.

2° Là où la pente est un peu plus forte, l'érosion dégage les blocs, du moins en partie. Ils restent empâtés dans une matrice fine. Dans ces conditions, ils fluent par solifluxion car celle-ci peut jouer sur des pentes où l'érosion normale est peu efficace. De plus, les blocs sont volumétriquement modifiés par les froids humides du Würm. C'est ainsi qu'on en arrive aux coulées bien organisées où les blocs s'orientent à peu près suivant les critères de CAILLEUX et où on retrouve parfois trois maxima granulométriques.

3° Si la pente permet une plus grande activité de l'érosion normale, sur les croupes des interfluves, près des confluences, le milieu peu rétentif qu'est l'accumulation des blocs est rapidement dénudé. Il est remanié, volumétriquement par les rigueurs du Würm, mais faute de matrice fine, il est incapable de fluer.

Parmi les coulées du deuxième cas, les mieux organisées, on retrouve différents stades d'évolution : les coulées en dos d'âne, sur les sommets à topographie calme, les coulées élémentaires de versants ou les coulées organisées dans les thalweg.

En parcourant le plateau de Saint-Hubert-Nassogne, on peut retrouver ainsi les stades successifs d'une coulée boueuse : l'accumulation rocheuse sans déplacement (accumulations de la Doneuse); la coulée élémentaire de plateau (plain de Saint-Michel); la coulée élémentaire de versant (thiers des Gripes); la coulée de blocs de thalweg (vallée de la Palogne); enfin l'accumulation pierreuse de confluence (confluence du ruisseau de la fange Dumont).

Lorsque le régime normal a été définitivement acquis, les coulées boueuses ont été figées par le lessivage de la matrice fine et se sont arrêtées aux différents stades de leur évolution.

BIBLIOGRAPHIE.

1. PISSART, A., Les coulées boueuses du plateau des Hautes-Fagnes (*A.S.B.G.*, t. LXXVI, 1953.)
2. ASSELBERGHS, E., L'Éodévonien de l'Ardenne et des régions voisines. (*Mém. Inst. géol. Univ. Louvain*, t. XIV, 1946.)
3. TONNARD, V., Contribution à l'étude des formations détritiques du Périglaciaire en Ardenne : les coulées boueuses du plateau de Saint-Hubert-Nassogne. Thèse de Doctorat en Sciences agronomiques. Texte dactylographié. Chaire des Sciences minérales. Institut agronomique de l'État à Gembloux (1957).
4. — A propos des coulées pierreuses du plateau de Saint-Hubert-Nassogne. Principaux résultats acquis depuis 1954. (*Bull. de l'Institut agronomique et des Stations de Recherche de Gembloux*, nos 3-4, p. 421, 1957.)
5. CAILLEUX, A., Caractères distinctifs des coulées de blocailles liées au gel intense. (*C. R. som. Soc. géol. France*, nos 15-16, p. 323, 1947.)
6. TRICART, J., Résultats préliminaires d'expériences sur la désagrégation des roches sédimentaires par le gel. (*C. R. Séances Acad. Sc.*, t. 236, n° 12, Paris, 1953.)
7. CAILLEUX, A., Granulométrie des formations à galets. La géologie des terrains récents dans l'Ouest de l'Europe. (*Session extraordinaire des Sociétés belges de Géologie*, Bruxelles, 1947.)
8. TRICART, J., Cours de géomorphologie. Le modelé des climats froids. Le modelé périglaciaire. (*C.D.U.*, Paris.)

9. KRUMBEIN and PETITJOHN, Manuel of sedimentary petrography. Appleton, N. Y., 1938.
 10. CAILLEUX, A., L'indice d'émoissé des grains de sable et grès. (*Revue de Géomorphologie dynamique*, t. 34, p. 78, 1950.)
 11. GRAULICH, J. M., L'emploi des courbes cumulatives dans l'étude de l'indice d'émoissé des galets. (*A. S. B. G.*, t. 74.)
 12. GULLENTOPS, F., Contribution à la chronologie du Pléistocène et des formes du relief en Belgique. (*M. I. G. U. L.*, t. XVIII, p. 124, 1954.)
-