

Paul Macar
Liège

ACTIONS PÉRIGLACIAIRES ET ÉVOLUTION DES PENTES EN BELGIQUE

INTRODUCTION

Les phénomènes périglaciaires fossiles sont étudiés en Belgique depuis un quart de siècle environ. Les travaux relatifs à l'évolution des pentes ont débuté plus récemment, il y a quelque dix ans. Toutefois, les relations entre les deux phénomènes sont apparues dès les premières recherches. On peut aujourd'hui, en passant en revue ces divers travaux, essayer d'en dégager certaines conclusions.

Dans ce qui suit, il sera essentiellement question des régions à relief marqué de la Haute-Belgique (au Sud du sillon formé par la Sambre et la Meuse)¹, où les pentes sont bien développées, et où le substratum résistant a réduit au minimum les modifications postérieures à la dernière phase froide du Quaternaire.

Les études qui vont être passées en revue seront groupées sous quatre rubriques:

(a) Certaines pentes très faibles (0 à 2° environ), d'après leur localisation, semblent bien s'être formées exclusivement sous climat périglaciaire.

(b) La plupart des vallées asymétriques ont également des versants façonnés en grande partie sous l'action de processus périglaciaires.

(c) Certains dépôts particuliers d'origine périglaciaire permettent aussi, en recherchant l'origine de leurs éléments constituants, de localiser les pentes à partir desquelles ils se sont formés.

(d) Enfin, l'étude directe des pentes et de leurs particularités amène à conclure, pour certaines d'entre elles, à une origine ou à des retouches périglaciaires.

¹ Les divers lieux géographiques cités dans l'article peuvent être localisés sur la figure 1.

PENTES FAIBLES D'ORIGINE PÉRIGLACIAIRE

Les premiers travaux relatifs à ces pentes sont dûs surtout à J. Alexandre (1957c). Ils ont donné lieu à plusieurs recherches dans les vallées de Haute-Belgique (Seret, 1957; Ek, 1957; Clairbois, 1959; Chapelier, 1957) qui permettent de généraliser ses résultats. Ces pentes forment essentiellement des glacis d'érosion, à pente faible et à profil concave, qui se sont développés en relation plus ou moins directe avec un niveau de terrasse d'une rivière principale. Ils s'étendent essentiellement sur les roches schisteuses (schistes, phyllades) ou calcareuses et surtout, parmi ces dernières, sur les calcaires pourvus d'intercalations schisteuses, lesquelles fournissent le liant nécessaire à la formation de coulées de solifluxion.

J. Alexandre (1957a et c) a distingué trois variétés (Fig. 2) parmi ces glacis d'érosion:

La plus simple, développée à partir d'un lambeau de terrasse, s'élève progressivement, avec une pente en général de l'ordre de 1% (schistes) à 2% (calcaires), qui tend à augmenter vers le haut. Formée par recul du versant de la vallée, elle passe à ce dernier par l'intermédiaire d'un *knick point* ou d'un congé concave assez brusque (Fig. 2a).

Lorsque débouche dans la vallée principale un petit affluent subséquent, coulant dans des schistes, ou — plus rarement — dans des calcaires, la niveau d'aplanissement peut s'étendre en longueur dans la dépression de roches tendres. Il y forme alors (Fig. 2b) une surface à pente longitudinale (parallèle au ruisseau) très faible, qui s'élève doucement dans la dépression, et à pente transversale plus nette. On connaît en Famenne et en Ardenne des surfaces de ce genre qui se prolongent sur des kilomètres. Leurs pentes transversales s'élèvent régulièrement vers les versants de la dépression et viennent buter contre ces derniers. Les glacis d'érosion ainsi formés peuvent être qualifiés de cryopédiments².

La troisième variété, plus rare, n'est qu'une modification de la seconde. La dépression transversale est ici isolée par une cluse de la vallée principale (Fig. 2c). Cette cluse peut provenir de l'affleurement de bancs plus résistants. Elle peut aussi devoir son existence aux cailloux d'une terrasse plus élevée qui, proté-

² Un cryopédiment analogue, mais à pente plus faible (0,4%) s'est développé localement dans la vallée du Démer, en bordure du Plateau de Campine, et cette fois sur des sables fins se prêtant surtout au ruissellement diffus et en nappe (Gullentops et al., 1966).

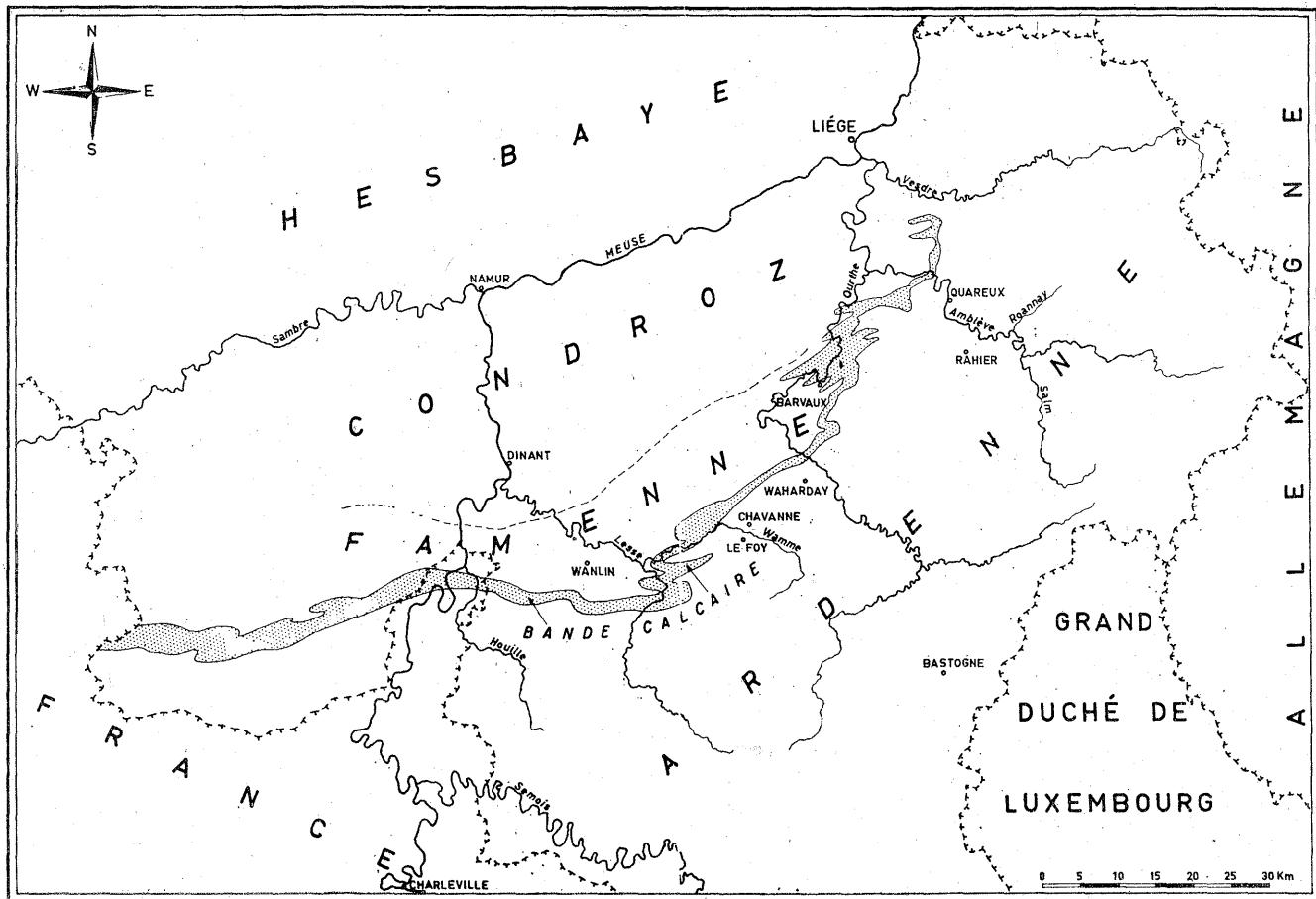
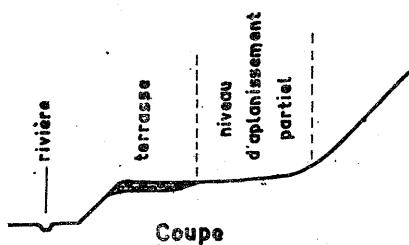
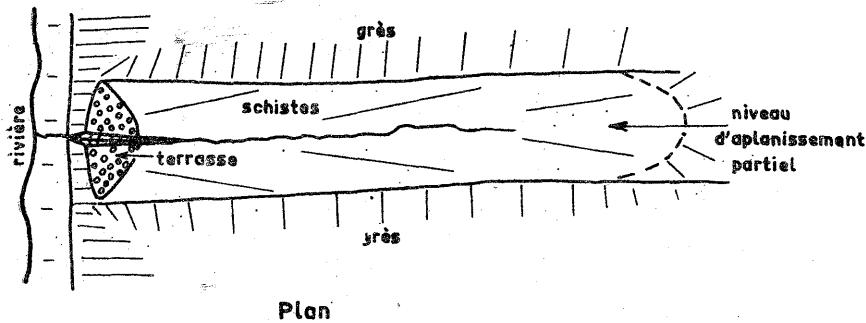


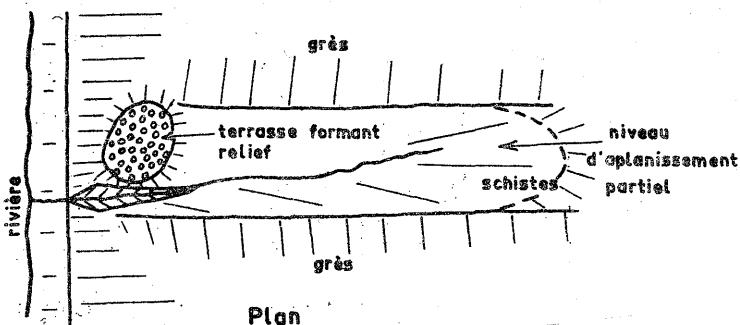
Fig. 1. Carte des régions et endroits cités



a) Type I



b) Type II



c) Un exemple du type III

Fig. 2. Schéma de trois types de glacis d'érosion quaternaires d'origine périglaciaire

geant la roche tendre sous-jacente de l'érosion, ont permis à cet endroit à un relief résiduel de subsister.

Ces glacis d'érosion sont en relation avec les niveaux de terrasse. Vers le bas, ils passent souvent, latéralement, à un lambeau de terrasse caractéristique. Parfois, l'érosion postérieure a isolé la terrasse du glacier d'érosion, mais le raccord reste aisément. Il y a évidemment des raccords plus douteux, notamment quand la terrasse a été entièrement détruite à l'aval du glacier. Même dans ces cas, le raccord avec un des niveaux de terrasse reconnus par l'étude générale de la rivière est souvent net, au point que les glacis d'érosion ont pu être utilisés pour confirmer ou même établir l'existence de niveaux de terrasse à lambeaux conservés assez rares. La corrélation glacier d'érosion — terrasse fluviale et le fait que l'érosion postérieure attaque souvent de façon semblable les uns et les autres montrent qu'ils sont d'âges sub-contemporains. Or, la découverte dans plusieurs dépôts de terrasses³ de cryoturbations syngénétiques et de cailloux mous indique qu'elles se sont formées pendant des phases froides du Quaternaire. En outre, les sédiments en provenance des glacis d'érosion ont parfois été préservés localement — comme on verra plus loin. Ces dépôts sont essentiellement du type des grèzes litées, montrant une alternance de lits dûs à la solifluxion et au ruissellement diffus. Les niveaux d'aplanissement partiels décrits ci-dessus correspondent donc à des phases glaciaires du Quaternaire, et ont été formés sous climat périglaciaire.

Dans leur façonnement sont intervenus plusieurs processus. En premier lieu, la gélification qui a produit la désagrégation mécanique des roches. Elle a sans doute été particulièrement effective dans les schistes, à cause des joints nombreux qui les affectent. La congélification a ensuite amené ces matériaux vers le bas, dans un ensemble formé d'une matrice fine, gorgée d'eau et englobant des fragments de tailles diverses. Au début des travaux, ces deux facteurs, groupés sous le vocable de "cryergie", étaient considérés comme les principaux. Actuellement, la découverte locale de grèzes litées à dépôts de ruissellement abondants, et aussi la perfection des surfaces aplaniées, nous font admettre que le ruissellement diffus a joué dans leur élaboration un rôle important, qui explique aussi, par ailleurs, que les dépôts et notamment les dépôts de solifluxion sont rares sur ces surfaces elles-mêmes.

³ Et notamment dans deux niveaux consécutifs (Macar, 1954).

VALLÉES ASYMÉTRIQUES

Les vallées asymétriques sont sans doute un des phénomènes les plus fréquents dans les régions qui ont été soumises aux actions périglaciaires quaternaires. Elles ont été signalées et ont fait l'objet d'études dans tous les pays d'Europe Occidentale. Celles dont l'origine est attribuée au périglaciaire fournissent en général des renseignements sur la genèse des pentes de leurs versants. Les résultats acquis à ce sujet en Belgique sont résumés ci-dessous.

Deux régions surtout ont fait l'objet d'études particulières: les vallons secs de la Hesbaye, essentiellement creusés dans le loess würmien, et datant par conséquent du Quaternaire récent et, en Ardenne, des vallées vives plus importantes, localement asymétriques et dont l'asymétrie est en général due à des processus répartis sur tout le Quaternaire.

Les premiers ont fait l'objet d'études diverses, dont la plus récente et la plus détaillée (Grimberieux, 1955) montre que l'asymétrie maximum se présente pour les orientations NNW—SSE et NW—SE. La forte pente, qui correspond au versant E, est attribuée notamment à l'action du soleil d'après-midi qui, en climat périglaciaire, limite l'érosion de ce versant en faisant fondre la neige avant tout dégel sensible du sol. La fonte plus lente sur le versant opposé, renforcée par le fait que ce versant, situé sous les vents dominants, recevait plus de neige, a permis au contraire une érosion notable qui a diminué la pente. De plus, les coulées de congélifluxion atteignant le ruisseau avaient sans doute tendance à le repousser vers la rive opposée, accentuant l'asymétrie.

Des vallées plus importantes présentent en Belgique une asymétrie analogue à celle des vallons de Hesbaye, c'est-à-dire un versant à pente plus forte regardant vers l'Ouest ou le Sud. Mais plusieurs vallées secondaires d'Ardenne révèlent un type différent: l'asymétrie n'est plus fonction de l'orientation du cours d'eau, mais de la différence des apports des deux versants à la rivière. Ces apports dépendent de la hauteur respective de ces versants, ou de la nature de leur substratum. Le ruisseau est alors repoussé vers le versant le moins favorisé, et l'asymétrie ainsi créée résulte surtout d'une érosion latérale différentielle.

Les phases périglaciaires du Quaternaire, par les actions de la gélification et de la congélifluxion, ont été aussi les périodes favorables à la création et au développement de ce type d'asymétrie, qui existe dans les cours supérieurs de ruisseaux ou rivières

secondaires, là où l'érosion verticale du cours d'eau a persisté pendant ces périodes froides. La tête de la vallée peut rester symétrique si elle n'a pas été atteinte par la reprise d'érosion quaternaire. A l'aval, le fort encrassement peut rendre inopérant le processus. Entre les deux, l'asymétrie croît de l'amont vers l'aval et le tracé du ruisseau, de plus en plus dévié, mais maintenu en place au delà de la zone d'asymétrie, prend en plan une allure incurvée, parfois à forme en fauille.

ENSEIGNEMENTS DES DÉPÔTS PÉRIGLACIAIRES

Une des difficultés majeures de l'étude des pentes réside dans la rareté des dépôts corrélatifs. Beaucoup de surfaces inclinées sont couvertes uniquement d'un mince manteau de débris plus ou moins remanié par un creep d'ordinaire subactuel, qui ne fournit aucune indication sur la genèse de la pente.

Parfois cependant on a le privilège de découvrir, tantôt au pied du versant, tantôt plus loin, des dépôts corrélatifs dont les indications sont d'autant plus précieuses qu'ils sont assez rares. Des découvertes de ce genre se sont toutefois multipliées ces dernières années en Haute Belgique.

Disons tout d'abord que, de-ci de-là, les coupes faites sur les pentes de Haute Belgique révèlent sporadiquement, à côté d'un simple manteau de désagrégation ou de phénomènes de creep, des dépôts de solifluxion. Contenant en général de gros blocs répartis sans ordre dans une matrice fine plus ou moins argileuse, ils sont très généralement dûs à la congéfluxion, et témoignent donc d'actions périglaciaires. On en a étudié notamment sur les fortes pentes du défilé des Fonds de Quarreux (vallée de l'Amblève) et sur d'autres versants de rivières ardennaises (Roannay, Salm). On peut en conclure que, de façon générale, les versants des rivières d'Ardenne ont été modelés en bonne partie sous l'action de ce processus, dont on sait par ailleurs qu'il est un facteur particulièrement efficace de l'évolution des pentes.

Sur les hauts plateaux ardennais, les surfaces à faible pente révèlent aussi fréquemment des phénomènes périglaciaires: dépôts de congéfluxion ou traces de cryoturbation (voir not. A Leander, 1957c, p. 255). Les vallées des petites rivières coulant sur ces hauts plateaux sont aussi remblayées, en général par de tels dépôts, et acquièrent ainsi une forme en berceau qui leur confère

un aspect sénile. Mais ces dépôts, rarement visibles en affleurement, n'ont guère été examinés jusqu'ici.

C'est surtout dans la partie septentrionale de l'Ardenne et dans la grande dépression schisteuse de la Famenne qui lui succède au Nord-Ouest que des dépôts ont été découverts et étudiés récemment.

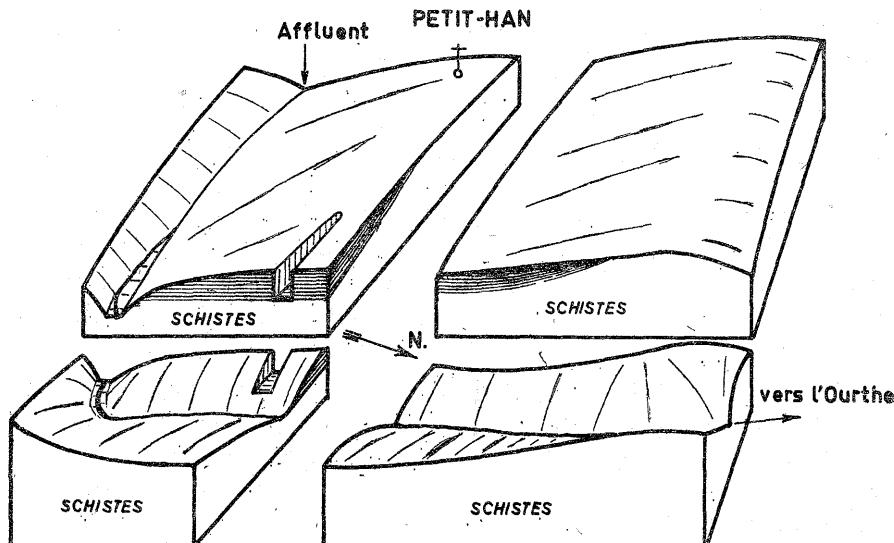


Fig. 3. Bloc-diagramme du dépôt de la Briqueterie de Rome, prolongeant directement un niveau d'aplanissement partiel quaternaire

L'un d'eux, à la briqueterie de Rome, près de Barvaux (Seret in Seret et de Béthune, 1967) est situé directement dans le prolongement d'un niveau d'aplanissement partiel quaternaire (Fig. 3): il forme une nappe qui débute à zéro à l'endroit du contact et s'épaissit lentement en direction de la dépression voisine. Ici, le glacis d'érosion est prolongé directement par un glacis d'accumulation de même pente, comme dans un pédiment de région aride.

Le dépôt est synchronique au moins des dernières phases de la formation du glacis d'érosion. Il consiste en alternances de couches à matrice limoneuse non litée, d'origine solifluidale, et de couches litées mieux classées, à pastilles de schiste arrondies, dénotant d'action d'un certain ruissellement. Leur origine péri-glaciaire est confirmée par des cryoturbations syngénétiques.

Un dépôt de composition analogue (Briqueterie de Wanlin) est conservé dans un ancien méandre recoupé de la Lesse, et est

aussi en partie formé aux dépens d'un vaste niveau d'aplanissement partiel sur schistes, situé à l'amont. Ici, cependant, une partie des dépôts provient simplement des versants voisins, comme en témoignent les pentes du litage et le faciès plus grossier. L'interprétation de paléosols conservés dans la partie supérieure du dépôt amène à dater cette partie du Würm, la base correspondant probablement au Riss (Alexandre, in Macar et Alexandre, 1958).

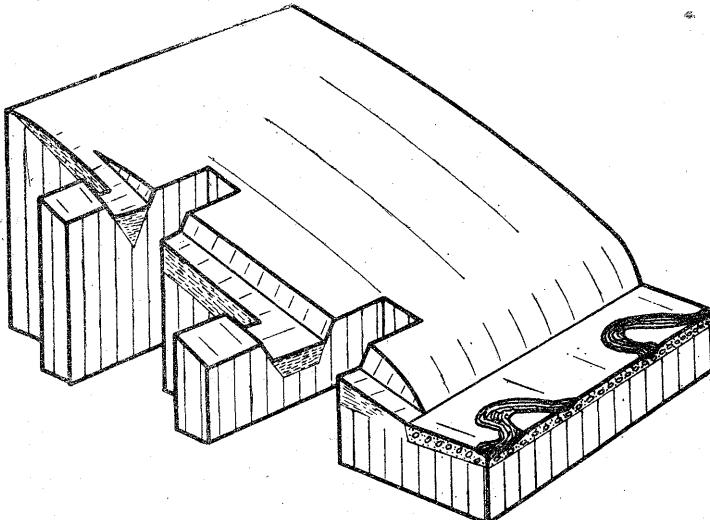


Fig. 4. Bloc-diagramme schématique d'un vallon à fond plat de la Famenne

D'autres dépôts colmatent des vallons secs, les uns sur substratum schisteux, les autres — d'origine karstique — dans la bande de terrains calcaires bordant au sud les schistes de la Famenne.

Les premiers sont très nombreux en Famenne. Ils remblaient les vallons au point de les masquer entièrement à l'amont (Juviné, 1964): à cette extrémité, le fond du vallon, rendu plat en général par la culture à la fin du siècle dernier, se raccorde dans le sens longitudinal sans rupture de pente au plateau voisin; dans le même sens ses versants s'amenuisent et disparaissent sans se rapprocher (Fig. 4). Les dépôts indiquent une action importante du ruissellement diffus, car les fragments de schistes émuossés y sont très fréquents. Ils proviennent en majeure partie de l'érosion du plateau voisin, à faible pente, et montrent que cette érosion s'est poursuivie après le creusement (par les eaux ravinantes) des vallons, donc sans être régie par un niveau de base.

Les vallons karstiques remblayés témoignent d'actions analogues.

Ici le climat périglaciaire a amené l'obturation des aiguigeois et provoqué la formation de remblaiements importants⁴. Congéfluxion et ruissellement diffus en sont responsables, la première étant rapidement devenue prédominante. Ici, toutefois, un stade postérieur apparaît: le remblaiement est entaillé par une érosion récente du ruisseau qui utilise de nouveau l'aiguigeois et a taillé dans les dépôts meubles des pentes encore très raides. Les dépôts proviennent en majeure partie de glacis d'érosion niveling la bande schisteuse voisine.

En divers endroits de Haute Belgique enfin, des grèzes litées en lits inclinés s'observent au pied de versants à forte pente, indiquant un mode d'érosion fréquent pour des pentes de ce genre. Ces dépôts sont généralement d'aspect frais, ce qui porte à les dater du Würm.

ACTIONS PÉRIGLACIAIRES SUR LES VERSANTS PROPREMENT DITS

La plupart des pentes dont il a été question jusqu'ici sont des pentes très douces de niveaux d'aplanissement partiel ou de surfaces de plateau. Mais les versants proprement dits ont des pentes plus fortes dont, même en l'absence de nets dépôts corrélatifs, le processus de formation peut encore, dans certains cas, être reconnu avec plus ou moins de certitude. Ici aussi, on a souvent été amené à faire appel à des actions périglaciaires.

On sait que les profils de pente révèlent des sections convexes, rectilignes et concaves. En principe, une convexité sommitale, une éventuelle section rectiligne et une concavité basale se succèdent du haut vers le bas des versants à profil simple. Or, une étude des versants de rivières creusées dans les divers types de roches observées en Belgique a montré (Fourneau, 1960) que les concavités basales sont très fréquentes dans les roches calcareuses et argileuses, mais beaucoup moins dans les sables et les grès. Comme ces dernières roches sont celles qui résistent le mieux à la cryergie, et que les premières au contraire, comme vu plus haut, forment le substratum presque exclusif de niveaux d'aplanissement partiels formés en phase froide du Quaternaire, on est amené à conclure que les concavités basales dues à l'érosion, et qui sont les plus

⁴ 14 mètres dans une vallée aveugle, le remblaiement dépassant le niveau du col situé à l'aval (Soret et Lambion, 1967).

nombreuses, résultent aussi, en général, des mêmes processus périglaciaires (Macar et Fourneau, 1960).

Les sections droites, elles, sont plus fréquentes dans les roches tendres. Leur étude plus poussée a montré que, dans ces sections droites, il apparaît des valeurs préférentielles de pentes. Les plus fréquentes ont une valeur voisine de 6° et se retrouvent fréquemment en diverses régions de Haute Belgique. Elles se localisent généralement dans le bas des versants et apparaissent surtout sur des substrats phylladeux (Ardenne: Pissart, 1962; Delahaut, 1964; Denbyden, 1964; Beckers, 1966) ou, plus rarement peut-être, schisteux (Famenne: Seret, 1963). Elles ont été interprétées (Pissart, in Macar et Pissart, 1966) comme correspondant au seuil d'action inférieur, sur ces roches, d'une certaine forme de congélifluxion, produisant des glissements en paquets et probablement en loupes. Les pentes de ce genre peuvent varier d'un ou deux degrés autour de la moyenne, selon les conditions locales et la nature du substratum⁵.

Des études plus poussées, effectuées notamment dans le bassin de l'Amblève (Beckers, 1966) ont révélé plusieurs particularités locales intéressantes. Tout d'abord, certains glacis se sont développés sans modification de pente là où des bancs de quartzite — très durs — entrelardaient localement des phyllades. Ceci est attribué à une gélification intense de ces quartzites. Par ailleurs, des coulées de pierres ou de gros blocs isolés de quartzites nettement descendus confirment ici l'action de la congélifluxion.

Dans la vallée du Roannay, orientée NE—SW, dix glacis à pente de 6° sont systématiquement disposés sur le versant SW des ruisseaux affluents, que ceux-ci soient de gauche ou de droite. Les versants opposés sont beaucoup plus raides et ainsi apparaît une nette liaison entre deux phénomènes: vallées asymétriques et pentes de 6° , dont l'origine périglaciaire se voit ainsi mutuellement confirmée.

Enfin, un glacier en partie analogue, à pente très régulière de 5° , est situé près de Rahier (Fig. 5). Formé au pied d'un important relief, sa longueur dépasse localement le km et il forme en son milieu le versant de la vallée asymétrique d'un petit ruisseau, dont le versant opposé est très raide. Ici, l'asymétrie est due à des apports prépondérants venus du glacier et du relief qui le surmonte. Côté amont, le glacier s'étend au-delà de la source du ruisseau et

⁵ On en a observé à 7° en moyenne sur calcaire (Seret, 1963).

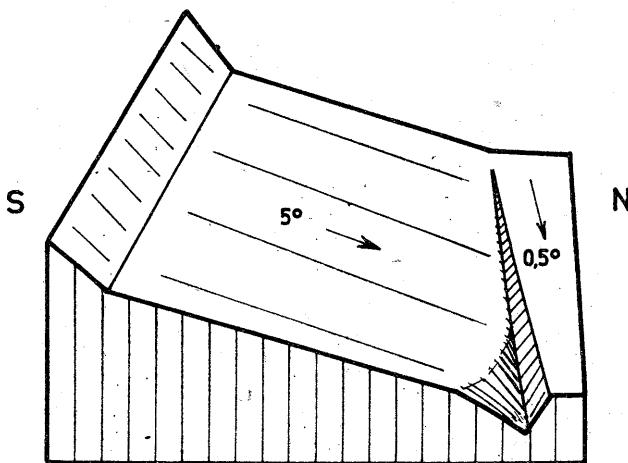


Fig. 5. Glacis à pente de 5° de Rahier

se raccorde à un replat subhorizontal ($1/2^\circ$ de pente), fragment d'un niveau d'aplanissement partiel qui, vu son altitude, date du Quaternaire ancien. A l'aval, le ruisseau — qui est oblique par rapport au glacis — s'encaisse et le glacis devient suspendu. Le glacis est recouvert d'une faible épaisseur de dépôts de congélifluxion d'âge Würm et pré-Würm. Cette disposition montre la souplesse de la congélifluxion, qui a développé cet énorme glacis à l'amont d'éléments différents, sans que sa pente en soit le moins du monde affectée.

L'examen des pentes rectilignes a révélé des valeurs autres (que celle de 6° environ) qui, au moins localement, paraissent caractéristiques. Certaines des valeurs particulières ont été attribuées à l'action de processus périglaciaires: congélifluxion facilitant l'action de la gravité pour des pentes de $15\text{--}26^\circ$ sur schistes dans la vallée de la Houille (Soyer, 1966), ou pentes de 14° qui seraient typiques de la congélifluxion sur calcaire en Famenne (Serey, 1963).

Mais ces résultats d'études locales, établis en l'absence de dépôts corrélatifs, demandent encore confirmation.

On peut dire enfin, pour terminer, que quelques premiers essais effectués dans le bassin de l'Amblève pour comparer pentes rectilignes quaternaires et, sur même substratum phylladeux, pentes rectilignes déjà creusées au Tertiaire et peut-être retouchées au Quaternaire, n'ont pas encore donné de résultats nets. Les pentes tertiaires étudiées sont localement recouvertes de dépôts de congélifi-

fluxion, et leur pente est tantôt égale, tantôt légèrement inférieure à celle des pentes quaternaires de 6° . Mais on ne peut encore généraliser, et l'importance des retouches semble malaisée à déterminer.

CONCLUSIONS

On peut, je pense, tirer de l'ensemble des recherches effectuées les conclusions générales suivantes:

1° Il est incontestable qu'en Belgique les processus périglaciaires ont été des agents importants dans le façonnement des pentes au Quaternaire.

2° Ils ont plus particulièrement agi pour produire des surfaces d'érosion légèrement concaves ou des pentes rectilignes.

3° Des déblaiements importants dûs aux processus périglaciaires ont eu lieu au Quaternaire dans les roches favorables (schistes surtout, mais aussi calcaires). Ils se sont surtout produits par tranches subhorizontales successives dégageant des niveaux d'aplanissement partiels développés latéralement à partir des terrasses fluviales, et dont certaines parties, au pied des versants, méritent le nom de cryopédiments.

4° Sur les mêmes roches, ainsi que sur les phyllades, des pentes rectilignes apparaissant fréquemment dans le bas des versants, avec des valeurs voisines de 6° , sont aussi dues essentiellement à des processus périglaciaires.

5° Certains types d'érosion périglaciaire se sont développés sans relation avec un niveau de base, produisant à l'aval des remblaiements parfois importants de vallons préexistants, ou d'autres "pièges" favorables.

6° L'étude des sédiments corrélatifs du façonnement des pentes révèle surtout des dépôts du type "grève littée", mettant en évidence une combinaison, en proportions variables, de la congélifluxion et du ruissellement diffus.

7° Ce dernier paraît finalement le facteur essentiel dans la formation des surfaces d'érosion très régulières le plus fréquemment observées.

Bibliographie

- Alexandre, J., 1957a — Les niveaux de terrasses de la Haute Belgique. Méthodes d'étude récentes. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 80; pp. B 299—315.

- Alexandre, J., 1957b — Les terrasses des bassins supérieurs de l'Ourthe et de la Lesse. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 80; pp. B 317—332.
- Alexandre, J., 1957c — Le modèle quaternaire de l'Ardenne Centrale. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 81; pp. M 213—331.
- Beckers, L., 1966 — Glacis et Pentes rectilignes. Etude géomorphologique d'un type de versant. *Mém. de Licence en Sc. Géogr., Univ. de Liège* (Inédit).
- Chapelier, A., 1957 — Nouvelles observations sur les niveaux de terrasses de la Vesdre. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 80; pp. B 379—394.
- Clairbois, J. M., 1959 — L'évolution de la Meuse entre Liège et Ans seremme au cours du Quaternaire. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 82; pp. B 213—233.
- Delahaut, J. M., 1964 — La dépression de Grand Halleux. Etude de Géomorphologie. *Mém. de Licence en Sc. Géogr., Univ. de Liège* (Inédit).
- Denblyden, J., 1964 — Etude de Géomorphologie dans la Fenêtre de Theux. *Mém. de Licence en Sc. Géogr., Univ. de Liège* (Inédit).
- Eck, C., 1957 — Les terrasses de l'Ourthe et de l'Amblève inférieures. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 80; pp. 333—353.
- Fournneau, R., 1960 — Contribution à l'étude des versants dans le Sud de la Moyenne Belgique et le Nord de l'Entre Sambre-et-Meuse. Influence de la nature du substratum. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 84; pp. B 123—152.
- Grimbérioux, J., 1955 — Origine et asymétrie des vallées sèches de la Hesbaye. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 78; pp. B 267—285.
- Gullentops, F., Mullenders, W. et Coremans, M., 1966 — Etude de la plaine alluviale du Kaatsbeek à Diepenbeek. *Acta Geographica Lovaniensa*, t. 4; pp. 141—150.
- Juvigné, E., 1964 — Etude géomorphologique dans la région de Noiseux. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 87; pp. B 264—270.
- Macar, P., 1954 — Les terrasses fluviales et la Haute-Belgique au Quaternaire. In: *Prodrôme d'une description géologique de la Belgique*, pp. 591—606.
- Macar, P. et Alexandre, J., 1958 — Compte rendu de la Session extraordinaire de la Société Géologique de Belgique et de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie tenue à Liège, Trois-Ponts et Laroche du 20 au 23 septembre 1957. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 81; pp. 1—108.
- Macar, P. et Fournneau, R., 1960 — Relations entre versants et nature du substratum en Belgique. *Zeitschr. für Geomorphologie*, Supplementband 1; pp. 124—128.
- Macar, P. et Pissart, A., 1966 — Recherches sur l'évolution des versants effectuées à l'Université de Liège. *Tijdschr. van het Koninkl. Nederlandsch Aardrijksk. Genootsch.*, dl. 83; pp. 278—288.
- Pissart, A., 1962 — Les versants des vallées de la Meuse et de la Semois à la traversée de l'Ardenne. Classification des formes et essai d'interprétation. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 85; pp. B 113—121.

- Seret, G., 1957 — Les terrasses et les formes associées dans le bassin de la Lesse inférieure. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 80; pp. B 355—378.
- Seret, G., 1963 — Essai de classification des pentes en Famenne. *Zeitschr. für Geomorphologie*, Bd. 7; pp. 71—85.
- Seret, G. et de Béthune, P., 1967 — Compte rendu de l'excursion du samedi 11 juin 1966: La Roche-en-Ardenne — Marche — Han-sur-Lesse — Namur. *L'évolution des versants*, Liège, 1967; pp. 325—349.
- Seret, G. et Lambion, J., 1967 — Modifications du drainage dans le „Vallon des Chantoires” pendant les périodes froides du Quaternaire (Louveigné — Remouchamps). *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 91; pp. 377—385.
- Soyer, J., 1966 — Evolution du profil en travers d'une vallée ardennaise (La Houille). *Acta Geographica Lovaniensia*, t. 4; pp. 83—99.

DISCUSSION

Dr. Demek: (1) Is the development of described periglacial pediments (glacis d'érosion, niveaux d'aplanissement partiel) associated with the base or surface of accumulation river terraces? Which are the base levels for its origin?

(2) Are these features developed in connection with all the river terraces or with some of them only?

Professor Macar: (1) When a distinct correlation is possible, the periglacial pediments are connected with the surface of the corresponding river terraces, that act as local base levels.

(2) These features are mostly connected with the older Quaternary terraces, which are better developed than the lower ones. Not all river terraces have corresponding glacis d'érosion; but some glacis end upslope with a few shorter steps that seem the remnants of upper glacis corresponding to upper terraces, both of them having been destroyed later by the development of the lower glacis.

Dr. Pippian: Is there a possibility that the development of asymmetric valleys is in part influenced by late tectonic tilting?

Professor Macar: I do not think so. The upper partial planation levels show only but local and very faint evidence of tilting. There appear no connection between these movements and

the location and asymmetry of the asymmetrical valleys. Moreover, I doubt that an epeirogenic movement would be able to produce a great asymmetry in a valley.

Dr. Starkel: Nous avons des glacis d'érosion d'âge tertiaire. A côté d'eux il y a des pédiments abaissés du Pliocène supérieur. Comment peut on déterminer la limite entre d'anciens versants abaissés (érodés) et des versants quaternaires?

Professeur Macar: D'une manière générale, la limite Tertiaire—Quaternaire est tracée à partir de la plus haute terrasse fluviale conservée, terrasse qui est à peine encaissée dans la vallée. Cette terrasse est considérée comme quaternaire parce que la plus haute terrasse conservée dans la rivière principale, la Meuse, a montré localement des cryoturbations syngénétiques, qui indiquent donc un climat froid, et que, dans un certain nombre de cas au moins, la corrélation avec cette terrasse est suggérée, soit par l'altitude relative du lambeau observé dans l'affluent, soit par raccord de proche en proche, le plus souvent par l'intermédiaire de niveaux inférieurs mieux conservés.