

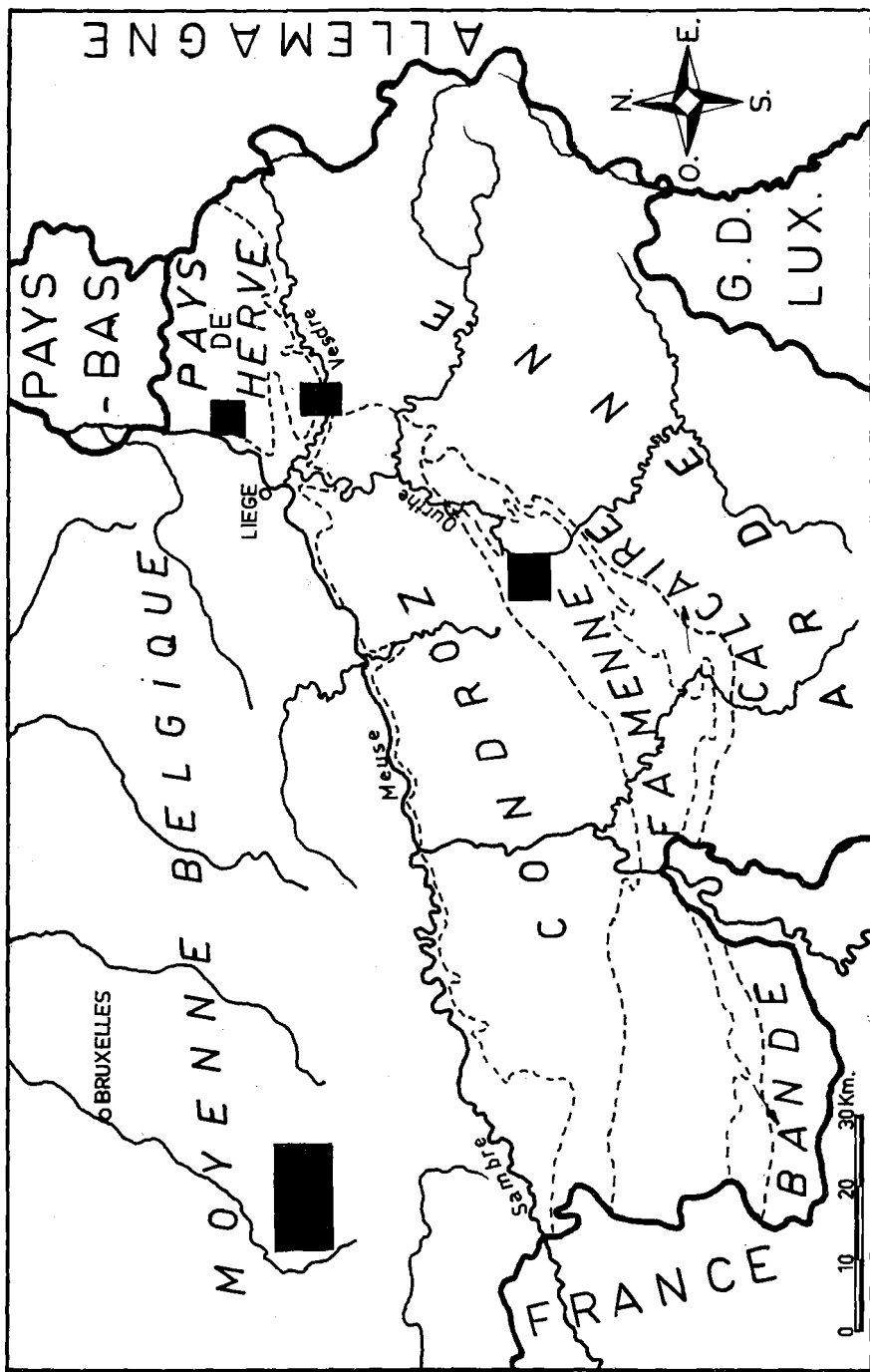


Fig. 1. Croquis de situation des recherches effectuées

Études récentes sur l'évolution des versants effectuées à l'Université de Liège

par

P. MACAR et A. PISSART

Université de Liège, Institut de Géologie et Géographie Physique

avec 1 figure et 3 photos

1. Introduction

Le présent travail résume les recherches qui ont été effectuées depuis Août 1962 au Laboratoire de Géographie Physique de l'Université de Liège sur les problèmes intéressant les pentes et l'évolution des versants. Il fait suite à une étude analogue¹ mais se rapportant cette fois à toute la Belgique et qui a été publiée dans le 3ème Rapport de la Commission pour l'étude des Versants.

Comme les précédents, les travaux résumés ci-dessous ont été effectués pour la plupart sous les auspices ou avec l'aide du *Centre National (belge) de Recherches Géomorphologiques*.

Ces études concernent: 1. l'importance relative et l'origine des concavités et convexités dans une petite région située en Moyenne Belgique. 2. le mode de formation et le processus d'évolution de petits vallons découpant les versants, 3. les terrassettes, 4. les déplacements sur les pentes de blocs isolés ou faisant partie de coulées, 5. la genèse de versants découpés par des replats de cryoturbation.

Les recherches ont été effectuées surtout en Belgique, dans la moitié S. du pays (n° 1 à 3) mais aussi dans les Alpes françaises (n° 4) et au Pays de Galles (n° 5). La carte (fig. 1) fournit un croquis de situation des recherches effectuées en Belgique.

¹ MACAR, P. (1961): Etudes récentes sur les pentes et l'évolution des versants en Belgique. 3ème Rapport de la Commission pour l'étude des versants, pp. 71—84.

2. Convexités et concavités

Les travaux de cartographie géomorphologique ont montré combien les versants s'écartaient des schémas théoriques où se succèdent convexité sommitale, éventuellement section droite, et concavité basale. Ils ont permis de se rendre compte de la complexité des formes et aussi de mesurer l'étendue occupée par chacune d'entre elles dans des régions variées.

C'est ainsi que la carte géomorphologique couvrant environ 160 km² et établie par R. FOURNEAU en Moyenne Belgique, à 30 km au S.S.O. de Bruxelles, a souligné l'importance des convexités dans les sables et argiles tertiaires recouverts de limon qui constituent en grande partie le substratum de cette région.

Ces larges convexités, dont la pente varie de 0 à 12°, occupent plus des ³/₄ de la planchette étudiée et constituent donc des formes extrêmement banales. Il n'est guère possible de reconnaître parmi elles des catégories distinctes. Tout au plus peut-on dire que, en milieu homogène, les rayons de courbure de ces convexités sont en général d'autant plus grands que l'évolution propre de ces dernières s'est exercée depuis plus longtemps, en dehors de toute autre influence.

Quoique beaucoup moins étendues, les concavités présentent une plus grande diversité de types, parmi lesquelles on peut distinguer 2 catégories principales:

a. Des concavités *lithologiques*: nous entendons par là celles qui apparaissent en dessous de parties de versants où l'érosion est fortement ralentie en raison d'une résistance plus grande du substratum. Cette dernière catégorie est surtout bien représentée sur la carte de R. FOURNEAU en contrebas du relief principal de la région, la butte allongée du Bois de la Houssière. Les sables du Bruxellien (= Lutétien) y sont en effet entrelardés, vers le sommet, de couches gréseuses, plus résistantes, qui en assurent la protection.

b. Des concavités *basales*, qui se développent lorsque les pieds des versants n'évoluent plus, ou du moins évoluent lentement. Celles qui existent en général au fond des vallées secondaires sont au moins partiellement en relation avec un remblaiement.

Des concavités fort semblables se présentent encore immédiatement en contre-haut des replats structuraux qui correspondent à l'exhumation de la surface nivelant le Paléozoïque, ainsi qu'en contre-haut de replats subhorizontaux, que R. FOURNEAU a trouvé en grand nombre dans la région, et qui sont des formes d'érosion sans doute dégagées au Tertiaire. Quelques autres concavités existent enfin sur les versants, mais il est impossible de dire, faute d'affleurements suffisants, si elles représentent des formes cycliques, liées à une période d'arrêt ou de ralentissement de l'érosion verticale, ou s'il s'agit simplement de formes développées en relation avec un banc plus résistant.

3. Les vallons à fond plat

Les vallons à fond plat sont très fréquents en Famenne. Ils ont été étudiés en détail par E. JUVIGNÉ². Leur largeur est en général comprise entre 10 et 20 m

² JUVIGNÉ, E. (1963): La région du coude de l'Ourthe à Noisieux. Contribution à l'élaboration de la carte géomorphologique de la Belgique. — *Mémoire de licence polycopié*, déposé à l'Université de Liège.

dans les sections amont (à moins de 200 m de la tête de la vallée) et de 20 à 40 m plus en aval. Les profils longitudinaux sont concaves, avec des pentes minima de 1° et des pentes maxima de 14° . Organisés en réseaux dendritiques, ils ont cependant le plus souvent un tracé subséquent, car ils montrent dans l'ensemble une nette orientation préférentielle correspondant à la direction des couches schisteuses du substratum.

Ces vallons ont été façonnés en deux phases successives:

1. une phase de creusement dû au ruissellement concentré,
2. une phase de remblaiement par ruissellement diffus.

Cette distinction s'appuie principalement sur les observations suivantes:

1. L'existence d'un remblaiement d'épaisseur variable mais plus important en amont qu'en aval, qui masque l'allure topographique de la roche en place au fond du vallon.
2. Le vallon primitif, creusé dans la roche en place, présente des profils différents, de l'amont à l'aval, et qui ont été reconnus par sondages. Ces profils sont en V à moins de 200 m de la tête de vallée; en auge de 200 à 400 m de celle-ci; à fond plat plus à l'aval.
3. La matière argileuse du remblaiement contient de très nombreuses paillettes de schistes aux angles nettement émoussés. Ce dépôt montre, dans les rares cas où il a pu être observé directement, un litage très net.

L'allure topographique des fonds plats est différente sous la forêt et sous les prairies, en raison à la fois de l'action directe de la végétation et de l'action humaine.

La forêt favorise le ruissellement concentré et, de ce fait, un ruisseau y entaille fréquemment le fond plat, tandis que, au contraire, dans les parties déforestées, l'homme a, par ses façons culturales, régularisé le fond lui-même et dégagé un angle de raccord avec les versants particulièrement brutal.

Au Nord de Liège, sur la rive droite de la Meuse, D. DEUSE³ a étudié les vallons qui découpent les terrasses du fleuve. Certains de ces vallons présentent un fond plat identique à ceux de la Famenne. Des sondages ont montré qu'ils étaient dûs à l'existence d'un remblaiement dont l'épaisseur, diminuant de l'amont vers l'aval, atteint au maximum 5 m. L'entaille postérieure à la mise en place de ce remblaiement a été parfois plus importante qu'en Famenne, en raison de la pente longitudinale souvent plus forte de ces vallons.

4. Les terrassettes du Pays de Herve

Les terrassettes ne sont pas rares en Belgique et, en particulier, apparaissent fréquemment au Pays de Herve (ou Entre-Vesdre-et-Meuse), région herbagère située au N.E. de Liège. Une étude de détail, entreprise par P. ROBERT⁴ dans

³ DEUSE, D. (1963): Les terrasses de la Meuse entre Barchon et Dalhem. Contribution à l'élaboration de la carte géomorphologique de Belgique. — *Mémoire de licence polycopié*, déposé à l'Université de Liège.

⁴ ROBERT, P., (1963): Etude de Géomorphologie de la région de Nessonvaux. Essai de cartographie géomorphologique. Etude des terrassettes. — *Mémoire de licence polycopié*, déposé à l'Université de Liège: 55—114.

un coin favorable de cette région et vérifiée par des coups de sonde dans des régions voisines, a confirmé que ces formes étaient bien, comme on l'avait supposé jadis⁵, des *sentiers-de-vaches*, dus au pacage du bétail. Elle a permis en outre de préciser leurs caractéristiques et les conditions de leur apparition.

Suivant une étude statistique se rapportant à une vingtaine de versants à terrassettes et groupant plus de quatre cents de ces petits gradins, ces derniers ont en général une largeur de 40 à 60 cm et une hauteur de 70 à 85 cm. La hauteur croît légèrement avec la pente⁶, ce qui s'explique par le fait que l'animal peut brouter jusqu'à une plus grande hauteur sur une forte pente. Les sentiers-de-vaches étudiés n'apparaissent pratiquement que sur des pentes supérieures à 40 ‰. Ils ne sont pas influencés par l'orientation du versant, la nature lithologique du sous-sol, ou encore la forme même du versant. Sur les fortes pentes, les banquettes sont souvent limitées par un léger bourrelet externe, peu prononcé et irrégulier, dû sans doute à ce que l'animal, sur de telles pentes, marche moins près du bord externe, de crainte de glisser, et, par conséquent tasse moins ce dernier.

La disparition des sentiers-de-vaches aux limites latérales des parcelles, quel que soit le type de clôture (haie ou barbelé), est une des meilleures preuves de l'origine que leur nom implique. On peut y ajouter le fait qu'ils sont absents sur des versants en prairie ayant mêmes caractéristiques que ceux bien pourvus, mais où il n'a pas eu, ou plus eu depuis longtemps pacage de ruminants. Enfin, dans une coupe pratiquée au travers d'un replat, les paillettes de schistes se montrent systématiquement disposées avec une pente nettement plus faible que celle du terrain, et proche de l'horizontale. Ceci s'explique aisément par le tassement dû aux sabots des ruminants, et ne pourrait se produire naturellement que par un glissement avec rotation inverse suivant une surface limite subcirculaire, mouvement qui fut supposé jadis par ØDUM⁷, mais dont on n'observe ici aucune trace. La régularité d'espacement des replats, leur continuité, leur horizontalité se maintenant sur des longueurs dépassant parfois 100 m, le fait qu'ils sont essentiellement dépourvus d'herbe, laquelle est conservée sur les pentes intermédiaires, sont d'autres bons indices aisément observables en faveur de l'hypothèse génétique défendue.

Enfin, des sentiers-de-vaches nets apparaissent sur une pente déboisée il y a moins d'un demi-siècle: leur formation ne demande donc pas un temps très long.

Ce travail est une étude précise et détaillée d'un phénomène mineur rarement examiné de cette façon. Il montre notamment que les sentiers-de-vaches peuvent se former à partir d'une certaine pente (40 ‰), et en dehors de toute aide de glissements naturels, contrairement à ce qu'on a suggéré parfois⁸.

La description soignée des sentiers-de-vaches permettra de distinguer plus aisément ces formes des terrassettes naturelles, c'est-à-dire de celles qui apparaissent d'elles-mêmes, sans l'intervention d'animaux.

⁵ MACAR, P., (1946): Principes de Géomorphologie normale, Liège, Vaillant-Carmanne. 70.

⁶ de 70 à 90 cm en moyenne quand la pente passe de 40 à 70 ‰.

⁷ ØDUM, 4., (1922): On Faarestiernes Natur. — *Moddel. for Dansk Géol. Forening*. Kopenhague: 73—729.

⁸ MACAR, P., (1946): op. cit.

5. Vitesse des mouvements du sol au Chambeyron (Basses Alpes)⁹

Des mesures de la vitesse de déplacement de sols ont été effectuées dans les Basses Alpes, à 2800 m d'altitude, grâce à des marques inscrites en 1947 par A. CAILLEUX et J. MICHAUX¹⁰. Le Professeur A. CAILLEUX nous ayant fourni le dossier donnant la description et la localisation des marques, il a été possible de mesurer la progression de blocs de pierre sur des pentes diverses, après une période de 16 années.

Sur un éboulis de gravité, au $\frac{2}{3}$ supérieur de sa hauteur, des 60 blocs retrouvés, 12 sont descendus de moins de 5 cm et 48 de 600 à 5 cm. Cette descente a consisté en mouvements individuels et non en un glissement en masse d'une partie importante de l'éboulis. Les blocs les plus petits ont subi le déplacement le plus considérable, tandis que les blocs les plus gros, en partie enterrés, ancrés dans le dépôt, sont restés pratiquement stables.

Des terrassettes accidentent localement cet éboulis, et leur existence même montre que son alimentation en débris y est réduite. Les mouvements de descente y sont fort peu importants, indiquant que ces formes stabilisent le versant.

Sur des pentes plus faibles, l'importance des déplacements des cailloux de surface décroît en même temps que la pente, mais continue à varier en raison inverse de leurs dimensions. Ces mouvements sont faibles puisqu'ils sont de l'ordre de quelques mm à 1 cm par an sur des pentes inclinées entre 6 et 12°.

Il est par ailleurs remarquable que les blocs qui donnent l'image d'un mouvement de descente extrêmement important ne se déplacent guère plus vite. Aussi le bloc donné à la photo 2, qui pousse devant lui un bourrelet de terre haut de 20 cm et laisse derrière lui un sillage long de 2 m, n'avance, sur cette pente de 14°, que de 1,5 cm par an en moyenne.

Proportionnellement, le mouvement le plus rapide enregistré semble être celui des sols striés. Sur une pente de 8°, les éléments d'un sol décimétrique se sont déplacés de 10 à 65 cm, en 16 ans, ce qui est de loin supérieur à ce qui a été observé ailleurs.

Le glacier rocheux du Chambeyron, dont l'avancée rapide au cours des dernières décades avait été signalée par J. MICHAUD & A. CAILLEUX, n'a subi qu'un déplacement faible, partout inférieur à 1 m, au cours des dernières années.

En conclusion, l'ensemble des mesures montre que, en dépit des conditions périglaciaires régnant dans la région, la descente des cailloux est relativement lente. En outre, le mouvement est généralement plus important pour les petits cailloux que pour les gros. On peut se demander si les pikrakes, qui soulèvent plus les éléments légers, ne sont pas essentiellement à l'origine de cette différence.

6. Les versants à replats de cryoturbation du Pays de Galles¹¹

Au centre du Pays de Galles, des pentes faibles dont l'inclinaison moyenne est de 4,5° (8 à 2,5°), sont découpées par des replats de cryoturbation larges de

⁹ Pour plus de détails, voir PISSART, A., (1964): Vitesse des mouvements du sol au Chambeyron (Basses Alpes). — A paraître dans le *Biuletyn Peryglacjalny*, 13.

¹⁰ MICHAUD, J. & CAILLEUX, A., (1950): Vitesse des mouvements du sol au Chambeyron (Basses Alpes). — *C. R. Acad. Sc.*, Paris, 230: 314—315.

¹¹ PISSART, A., (1963): Des replats périglaciaires au Pays de Galles. Une variété géante de sols en guirlandes. — *Biuletyn Peryglacjalny* n° 12, 119—135.

50 à 500 m, que séparent des abrupts dont la hauteur varie de 0 à 15 m (photo 3). La pente de ces abrupts est généralement de l'ordre de 20° (12 à 27°) et contraste vivement avec la pente faible des replats (3° 5 en moyenne, mais variant de 1 à 7°). Le tracé en plan des abrupts est festonné: il présente de larges convexités, tournées vers l'aval et séparées par des rentrants aigus. Ces convexités accolées déterminent de véritables niveaux de replats atteignant jusqu'à 800 m de long. Dans le cas le meilleur, on peut distinguer jusqu'à 8 niveaux superposés, qui découpent tout le versant en un gigantesque escalier.

Ces formes n'existent que sur des versants exposés à l'Est. Leurs caractères s'atténuent lorsque l'orientation tourne au N.E. ou au S.E. Ils sont totalement absents sur les versants exposés à l'Ouest.

Ces ressauts ne se présentent pas toujours perpendiculairement à la ligne de plus grande pente. Au contraire, leur obliquité par rapport à celle-ci est parfois très marquée et, dans quelques cas extrêmes, les abrupts suivent même la plus grande inclinaison du terrain.

Ces gradins sont façonnés dans du matériel meuble, hétérométrique, identique sur les replats et les abrupts, et paraissant un matériel de solifluxion. Des mesures d'orientation des blocs ont mis en évidence la prédominance des blocs parallèles à la pente sur les replats, et perpendiculaires à celle-ci sur les abrupts.

L'origine périglaciaire de ces gradins paraît bien établie. Une morphologie fort semblable a été décrite en plusieurs endroits dans les régions arctiques. Toutefois, la hauteur des abrupts étaient toujours plusieurs fois moins élevée que le maximum trouvé ici, et les versants étaient toujours perpendiculaires à la ligne de plus grande pente. De ce fait, les hypothèses génétiques émises jusqu'à présent ne suffisent pas pour expliquer ces "lobate terraces". A côté de phénomènes de congélifluxion peut-être freinés par la couverture végétale, des actions de nivation ont dû jouer un rôle déterminant sous la forme de plaques de neige, orientées N-S, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction des vents neigeux d'Ouest.

Résumé

Plusieurs essais de cartographie géomorphologique effectués par le Laboratoire de Géographie Physique de l'Université de Liège en divers endroits de Haute et Moyenne Belgique ont permis de se rendre compte de la grande importance y occupée en général par les convexités. Sauf dans quelques régions particulières à substratum peu résistant (Famenne) ou à rivières peu encaissées, les convexités l'emportent nettement sur concavités et sections droites.

En Famenne, les versants sont découpés par des vallons dont les fonds, souvent plats, s'expliquent par un remblaiement dû surtout au ruissellement périglaciaire. L'aspect de ces vallons est différent sous forêt et en prairie, par suite d'influences humaines plus marquées dans le second cas. Au Pays de Herve, une influence analogue se manifeste sur les pentes par l'existence de terrassettes, dues au bétail, et dont les caractères et l'origine ont fait l'objet d'une étude de détail.



Photo 1. Sentier-de-vaches horizontaux sur un versant de vallon affluent de la Vesdre, près de Nessonvaux (Photo P. Robert)



Photo 2. Gros bloc avançant sur une pente de 14° plus rapidement que le matériel sous-jacent, d'où l'existence d'un bourrelet de terre haut de 20 cm devant le bloc et d'un „sillage“ long de 2 m derrière (à l'emplacement des croix). L'avancée de cet élément a été de 21 cm au cours des 14 années précédant la prise de vue (Chambeyron, 2800 m).

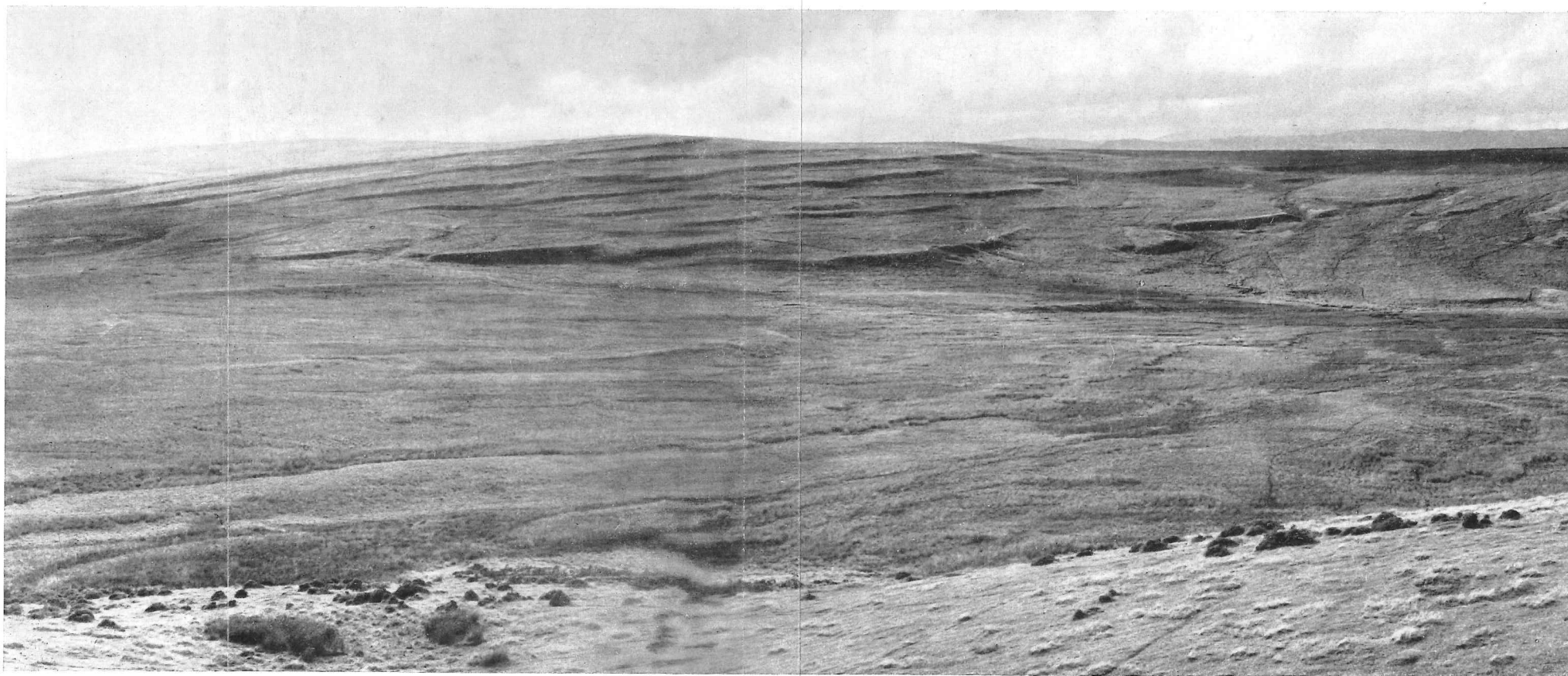


Photo 3. Replats de cryoturbation au Pays de Galles. Versant W de la tête de vallée du Nant Nodwydd, 13 km à E—NE de Llanfair-Caereinion ($3^{\circ} 30'$ Long W — $52^{\circ} 40'$ Lat. N) — Versant découpé en escaliers hauts de 2 à 6 m par des replats de cryoturbation approximativement parallèles. Ceux-ci sont perpendiculaires à la ligne de plus grande pente dans la partie droite de la photo et parallèles à celle-ci dans la partie gauche.

Des mesures de déplacements de blocs sur un éboulis et sur des pentes variées, ainsi que des mesures de la progression de coulées de blocailles et d'un glacier rocheux ont été effectuées à 2.800 m d'altitude au Chambeyron (Basses Alpes). Elles soulignent la lenteur relative de l'évolution des pentes en ces endroits soumis actuellement aux conditions périglaciaires.

Enfin, l'étude de versants du Pays de Galles, découpés par des replats de cryoturbation, a montré que congélifluxion et nivation avaient joué un rôle prépondérant dans leur genèse.