

Le réseau inférieur de fentes de gel est, sur la figure 2 essentiellement développé dans le sol de Rocourt. Comme le remplissage n'est pas affecté par la pédogenèse interglaciaire, il s'agit essentiellement de formes apparues au cours de la dernière glaciation. La fente de gel est, dans le détail, dédoublée: une fine bande de matériau prévistulien est conservée entre deux fentes distinctes. Ces deux fentes de gel sont tout à fait indépendantes l'une de l'autre; elles ont dû s'ouvrir et se colmater successivement. Il est, en effet, impossible qu'une lame de matériaux affectés par la pédogenèse du sol de Rocourt, ait été conservée si la fusion de la glace se produisait simultanément dans les deux fentes.

Du fait de ce caractère, nous voyons donc, ici, deux générations de fentes de gel séparées par une période de fusion du pergélisol. Comme généralement, les fentes sont réapparues à la même place (le plus souvent dans cette carrière les pseudomorphoses de fentes de gel sont emboîtées) les deux phases ne peuvent être distinguées. Ces fentes de gel se sont ouvertes et ont été colmatées avant la mise en place de l'horizon sombre dénommé ordinairement "sol de Kesselt", car celui-ci n'est pas affecté par la structure. Postérieurement au remplissage de ces fentes de gel, des phénomènes importants de transport en masse les ont fauchées vers la droite, en suivant la pente du versant du chenal où elles sont apparues. Le remplissage de ces fentes de gel est très homogène et ne montre aucun litage vertical. Les contacts latéraux sont souvent onduleux sans doute sous l'effet de tassements qui se sont produits au moment de la disparition de la glace de ségrégation comprise dans les formations voisines.

Le réseau de fentes de gel le plus jeune affecte les limons développés au-dessus de l'horizon sombre dénommé habituellement "sol de Kesselt". Il n'est pas possible à Ans de préciser à quel moment exact ces fentes sont apparues, car leur partie supérieure se perd dans le sol superficiel où aucune structure n'est décelable.

Au sein du limon supérieur, les structures de fentes de gel peuvent être suivies parce qu'elles affectent les doublets qui y sont bien marqués. Ces doublets sont hachés par des failles apparues au moment de la fusion du coin de glace. Toutes les fentes de gel de ce niveau montrent la même structure cassante (fig. 3) qui témoigne sans doute de la rigidité du sol, c'est-à-dire de sa sécheresse relative au moment de la disparition du coin de glace.

L'étude de la coupe montre donc l'existence de 3 générations de fentes de gel distinctes. Les deux premières sont antérieures à l'interstade d'Arcy-Stillfried B, la troisième s'est produite après cet interstade. Il est remarquable de constater que les 3 générations de fissures sont toujours très proches les unes des autres et même souvent emboîtées les unes dans les autres. Les zones de faiblesse qui localisent la rupture du sol gelé paraissent donc se conserver au cours de très longues périodes.

#### Bibliographie

- GULENTOPS, F., 1954 — Contribution à la chronologie du Pléistocène et des formes du relief en Belgique. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, 18; p. 123—252.  
 JUVIGNE, E., 1977a — Les minéraux denses transparents des loess de Belgique. *Ztschr. f. Geomorphologie*, 22; p. 68—88.  
 JUVIGNE, E., 1977b — Zone de dispersion et âge des poussières volcaniques du tuf de Rocourt. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 100; p. 13—22.

A. PISSART, B. BASTIN, E. JUVIGNE

Liège

## LES TRACES DE BUTTES PÉRIGLACIAIRES (PINGOS? PALSSES?) DES HAUTES FAGNES

### Résumé

Les viviers du plateau des Hautes Fagnes sont décrits et la question de savoir s'ils sont dus à l'apparition de glace d'injection ou de ségrégation est discutée. Faut-il, de ce fait, appeler ces formes des traces de pingos ou de pallses?

Des coupes dégagées au travers de deux remparts de viviers sont examinées (fig. 1 et 2) et les résultats des études des minéraux denses et des recherches palynologiques qui y ont été effectuées, sont donnés.

### Abstract

The "viviers" of the Hautes Fagnes Plateau were described and the question whether they had been formed by injection or segregation ice was discussed, and following from this, whether they should be called remains of pingos or pallses. Sections cut through two of the ramparts were examined (fig. 1 and 2) and the results of heavy mineral analysis and palynological studies given.

C'est entre Eupen et Monjoie, à proximité de la frontière allemande que des traces de buttes périglaciaires ont été montrées à l'occasion du Colloque. Les participants ont examiné, non seulement la morphologie de ces traces périglaciaires, mais encore deux coupes dégagées pour en étudier les caractères.

Les traces de buttes périglaciaires dont il est question se présentent comme des dépressions fermées entourées d'un rempart, c'est-à-dire d'un bourrelet de terres rejetées depuis la dépression centrale. L'origine de ces dépressions est restée très longtemps énigmatique. Avant que l'on ne propose une origine périglaciaire (A. PISSART, 1956), on pensait souvent qu'il s'agissait d'anciens viviers de pisciculture. De là provient le nom local de "vivier" qui leur est encore fréquemment donné dans la région considérée. Dans le texte qui suit, nous utiliserons ce terme de préférence à traces de pingos ou de pallses, parce qu'il offre l'avantage de n'évoquer aucun processus périglaciaire de formation.

Les viviers des Hautes Fagnes couvrent une superficie de près de 2500 ha. Ils ne sont pratiquement jamais isolés. Au contraire, dans certains secteurs se groupent plusieurs dizaines de formes qui sont généralement très voisines les unes des autres. Sur les surfaces planes, les dépressions ont tantôt une forme circulaire, tantôt une forme irrégulière. Sur les versants, ces formes s'allongent souvent parallèlement à la ligne de plus grande pente (A. PISSART, 1963). Très fréquemment, elles restent alors ouvertes vers le haut de la pente, présentant lorsqu'elles sont un peu étirées une forme en fer à cheval. Leur diamètre moyen est voisin de 80 m pour les formes

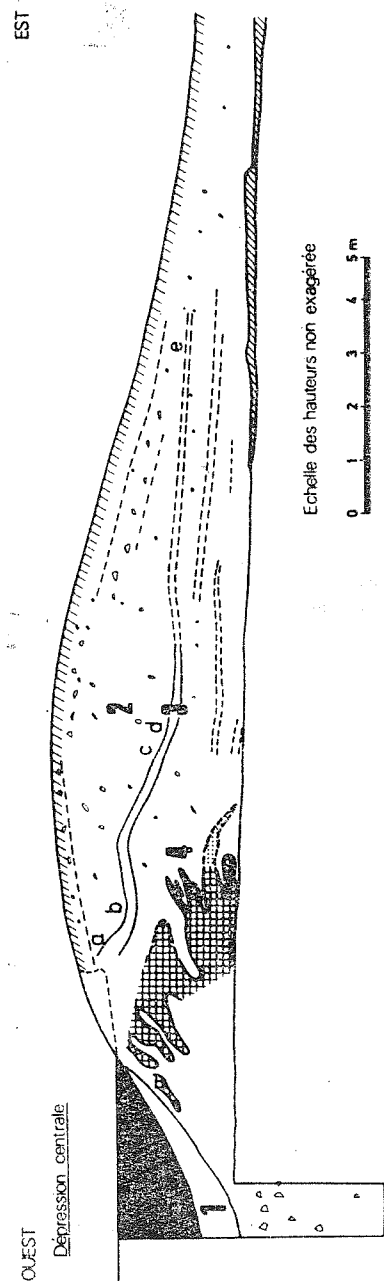


Fig. 1. Coupe à travers un rempart de vivier de la Brackvenn (Hautes Fagnes, Belgique)

En noir, tourbe holocène; 1. gyttja; 2. dépôts de pente descendus sur le versant de la butte périglaciaire et accumulés à la partie inférieure de celle-ci; 3. limon ruisselé mis probablement en place avant l'apparition de la butte périglaciaire; au sein de cette couche 3, un lit de poussières volcaniques a été reconnu à proximité des lettres a, b, c, d et e; l'étude palynologique a été effectuée sur une tranche verticale prélevée en c; 4. dépôts déformés suite à la croissance de la butte périglaciaire

circulaires; les formes allongées par contre ont une longueur moyenne un peu supérieure; elles peuvent même atteindre plusieurs centaines de mètres. Comme les dépressions sont remplies de tourbe, c'est de l'extérieur que les remparts sont les plus apparents. Ils ont quelquefois jusqu'à 5 mètres de hauteur. La profondeur des cuvettes remplies de tourbe est variable, allant de 1 ou 2 mètres jusqu'à 7,5 mètres.

Les plateaux où existent ces dépressions ont un substratum paléozoïque imperméable composé de phyllades et de quartzites cambriens en proportion variable. Ils sont recouverts de limon éolien mélangé avec de l'argile et des cailloux provenant de la désagrégation du bed-rock.

Des détails sur la morphologie de ces formes ont été donnés dans différentes publications citées dans la bibliographie. Nous y renvoyons le lecteur.

Il est actuellement admis que ces formes résultent de la fusion de buttes périglaciaires. Il n'est toutefois pas certain que les buttes qui ont existé méritaient le nom de pingos comme A. PISSART l'a proposé dès 1955. Afin d'en décider, il faut non seulement déterminer l'origine des masses de glace qui ont soulevé le sol, mais encore savoir quelles buttes peuvent être appelées "pingos".

Deux types de glace du sol peuvent donner naissance à des buttes de plusieurs dizaines de mètres de diamètre et de plusieurs mètres de hauteur, à savoir la glace d'injection et la glace de ségrégation. Il paraît fort difficile de croire que les viviers sont nés suite à l'apparition dans le sol des Hautes Fagnes de glace d'injection. Trois raisons différentes peuvent être invoquées contre cette hypothèse.

(1) La localisation des viviers ne correspond pas à des sites où ont pu apparaître des pingos du type Mackenzie (en relation avec des lacs) ou des pingos du type Groenland (en relation avec une pente). Des viviers très bien développés existent, par exemple, dans les fagnes sur la crête de Malchamps, longue de plusieurs kilomètres et large de quelques centaines de mètres, où il est absolument évident qu'aucun des 2 mécanismes donnant classiquement naissance aux pingos n'a pu se développer.

(2) Le substratum de l'endroit visité (la fagne de la Brackvenn) ne contient pas de couches sableuses. Des sondages réalisés par le Service Géologique de Belgique (A. PISSART, 1974) ont montré l'existence d'une très profonde altération chimique du substratum en cet endroit. Or des injections d'eau ne peuvent, à notre connaissance, se produire que dans des matières perméables comme les sables et non dans des couches argileuses semblables à celles qui ont été observées sous les viviers.

(3) Nulle part dans l'Arctique, on ne connaît une densité de pingos ou de traces de pingos comparable à ce qui est observé sur le plateau des Hautes Fagnes. Seuls, des champs de palsas montrent une densité de formes semblable à celle qui a été montrée dans la Fagne de la Brackvenn.

En raison des observations ci-dessus, il paraît raisonnable de croire que les buttes apparues sur le plateau des Hautes-Fagnes ne comprenaient pas de la glace d'injection mais étaient uniquement formées de glace de ségrégation. Dans ces conditions, nous ne pensons pas que ces buttes méritent d'être appelées pingos. En effet, bien que des pingos typiques puissent être constitués à la fois de glace d'injection et de glace de ségrégation les buttes formées uniquement de glace de ségrégation doivent porter un autre nom. Il n'est pas évident toutefois qu'il s'agissait de palses

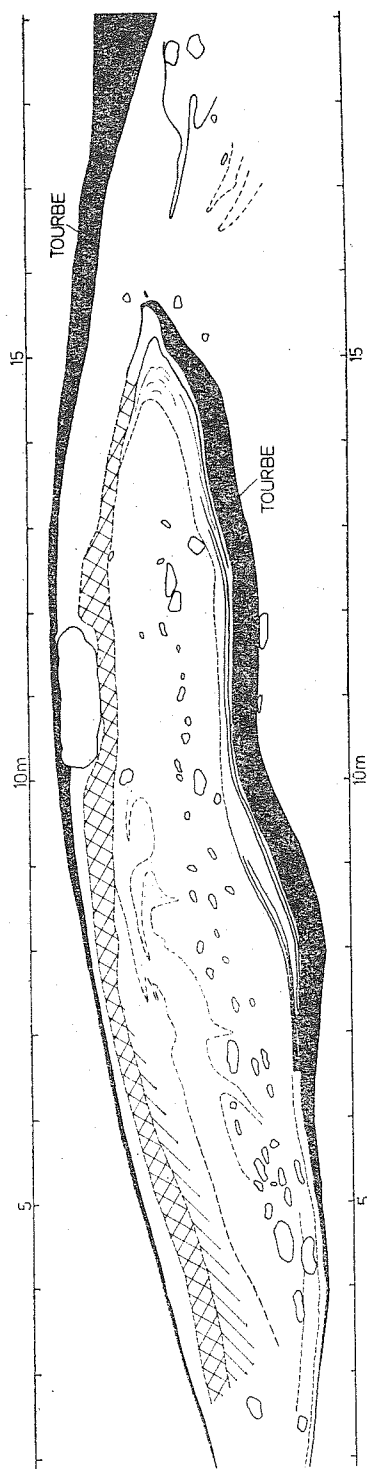


Fig. 2. Coupe à travers un rempart de vivier à la Konnerzvenn (Hautes Fagnes, Belgique)

En noir et en surface, tourbe holocène; en noir et en profondeur, couche de tourbe alleröd (d'après une datation  $^{14}\text{C}$  faite à Groningen en mars 1979). En-dessous de cette couche de tourbe, matériaux antérieurs à l'apparition de la butte périglaciaire et ayant été déformés suite à la croissance de celle-ci. Au-dessus de la tourbe alleröd, dépôts de ruissellement surmontés de dépôts de solifluxion descendus sur le versant de la butte. Ces mouvements de masse ont provoqué le fauchage de la couche tourbeuse alleröd et des dépôts de ruissellement situés immédiatement au-dessus. Echelle des hauteurs non exagérée

qui habituellement apparaissent dans des régions recouvertes de tourbe, encore que la coupe qui a été montrée à la fin de cette excursion (voir plus loin) atteste de l'existence, au moins localement, d'une couverture tourbeuse avant la croissance d'une de ces buttes. A. PISSART pense que les formes décrites par N. A. ŠPOLANSKAYA et V. P. EVSEYEV (1973) à la limite du pergélisol de l'URSS d'Europe se rapprochent sans doute le plus des buttes qui ont donné naissance aux viviers.

Deux coupes dégagées au travers de remparts de pingos ont été montrées aux participants. La première a été décrite en 1974 (B. BASTIN, E. JUVIGNE, A. PISSART, J. THOREZ). Elle est présentée sur la figure 1. Nous en résumons les éléments principaux.

La coupe est toute entière creusée dans des dépôts meubles de congéfluxion mélangeant limon éolien, cailloux anguleux et autres éléments provenant de la désagrégation du substratum cambrien. Au sein de ce dépôt, une couche limoneuse portant sur la figure (1) le n° 3, apparaît clairement, non seulement par sa couleur grise, mais surtout par son excellent classement. Il est probable que cette couche est un limon de ruissellement apparu sur le versant de la butte périglaciaire. Tout ce qui se trouve au-dessus de cette couche n° 2 est constitué par des dépôts de solifluxion descendus sur le versant de la butte périglaciaire et accumulés au pied de celle-ci. Ce qui se trouve en-dessous (n° 4) est du matériel repoussé suite à la croissance de la butte. Ce mouvement résulte peut-être essentiellement de ce que le soulèvement des couches recouvrant la glace s'est produit obliquement tandis que la descente au moment de la fusion s'est effectuée verticalement.

L'étude des minéraux denses de cette coupe, effectuée par E. JUVIGNE, a permis de tirer 3 conclusions d'intérêt stratigraphique:

- (1) sur toute la hauteur de la séquence existent des loess vistuliens;
- (2) à tous les niveaux, des minéraux du tuf de Rocourt (tombés au début de la dernière glaciation) ont été trouvés;
- (3) au sein de la couche 3, une association de minéraux volcaniques a été observée. Elle a été reconnue aux points a, b, c, d et e de la figure 1. Le plus grand nombre d'éléments se trouve concentré à peu près au 1/3 supérieur de cette couche 3. Constituée presque exclusivement de hornblende basaltique (+ de 95% de minéraux denses volcaniques transparents) accompagnée de quelques pyroxènes, sphènes et zircons, cette éruption n'est pas connue en Belgique.

B. BASTIN a commenté les résultats de son étude palynologique des sédiments prélevés dans la paroi du rempart (en c). Dans les 20 cm inférieurs du diagramme pollinique, sous-jacents au niveau de concentration des cendrées volcaniques, les arbres atteignent en moyenne 48%. Ce sont, par ordre d'importance: *Pinus* (23%), *Betula* (9%), *Alnus* (8%), *Corylus* (5%), *Carpinus* (1%) et *Picea* (0,5%). Parmi les plantes herbacées, les *Filicales* (24%) dominent les *Graminées* (7%) et il y a une courbe continue de *Botrichium lunaria* (7%) et *Selaginella selaginoides* (5%), deux taxons pionniers héliophiles indiquant le caractère ouvert de la végétation. Ces spectres polliniques permettent de caractériser la végétation comme étant une taïga claire à dominance de Pins et de Bouleaux, parsemée de bosquets d'Aulnes et de Noisetiers, avec çà et là quelques Charmes et Epicéas.

Ce type de végétation a précédemment été mis en évidence à Kesselt (B. BASTIN, 1971) dans les couches cryoturbées qui remanient le sommet du sol de Kesselt et les premiers dépôts de loess brabantiens (F. GULLENTOPS, 1954). Dans ces couches, une phase d'amélioration climatique a été reconnue et dénommée Interstade d'Arcy—Stillfried B, terme actuellement remplacé par la dénomination "Oscillation d'Arcy—Kesselt". La grande ressemblance entre les spectres polliniques des loess cryoturbés de Kesselt et les spectres des 20 cm inférieurs du diagramme pollinique du rempart de pingo permet de rapporter ces derniers à l'Oscillation d'Arcy—Kesselt, de qui leur confère un âge compris entre 30.500 et 26.500 B.C.

Dans les 45 cm supérieurs du diagramme pollinique, au sein desquels se situe le niveau de concentration des cendrées volcaniques, les plantes herbacées dominent nettement et atteignent en moyenne 91,5%, dont 28% de *Botrichium lunaria* et 13% de *Selaginella selaginoides*. Cette partie du diagramme pollinique témoigne donc d'une végétation ouverte et dépourvue d'arbres; elle reflète des conditions climatiques sévères, caractéristiques d'un climat pléniglaciaire.

Une seconde coupe, dégagée quelques semaines avant l'excursion, a été montrée aux participants (fig. 2). Creusée à l'extrémité aval d'un vivier très allongé, cette excavation a mis à jour une couche de tourbe qui atteint localement 30 centimètres d'épaisseur. Cette couche paraît s'être mise en place avant la croissance de la butte périglaciaire. Elle est recouverte de dépôts limoneux finement stratifiés comparables aux sédiments de la couche 3 vue sur la figure 1. L'extrémité amont de la couche tourbeuse et des couches limoneuses sont nettement fauchées. Au-dessus se trouvent des dépôts très hétérométriques descendus par solifluxion sur le versant de la butte périglaciaire.

E. JUVIGNE a montré que les minéraux denses des loess vistuliens et ceux du tuf de Rocourt existent également sur toute la hauteur de la séquence qui doit donc être située entièrement dans la dernière glaciation.

Un tuf volcanique a été trouvé en place dans la couche de tourbe; il se présente sous forme d'un mince liseré clair de quelques mm d'épaisseur, environ 10 cm sous le sommet de la tourbe. La composition de ce tuf est très voisine de celle du "Laachersee Tuff 5 final" (E. JUVIGNE, 1977 c)<sup>1</sup>.

#### Bibliographie

- BASTIN, B., 1971 — Recherches sur l'évolution du peuplement végétal en Belgique durant la glaciation du Würm. *Acta Geogr. Lovaniensia*, 9; 136 p.
- BASTIN, B., JUVIGNE, E., PISSART, A. et THOREZ, J., 1974 — Etude d'une coupe dégagée à travers un rempart d'une cicatrice de pingo de la Brackvenn. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 97; p. 341—358.
- GULLENTOPS, F., 1954 — Contributions à la chronologie du pléistocène et des formes du relief en Belgique. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, 18; p. 125—252.
- JUVIGNE, E., 1977a — Les minéraux denses transparents des loess de Belgique. *Ztschr. f. Geomorphologie*, 22; p. 68—88.

<sup>1</sup> Le 15 mars 1979, les premiers résultats obtenus par <sup>14</sup>C au laboratoire du Dr W. G. Mook de la Rijksuniversiteit de Groningen, ont donné pour cette tourbe un âge de 11.030±160 ans B.P.

- JUVIGNE, E., 1977b — Zone de dispersion et âge des poussières volcaniques du tuf de Rocourt. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 100; p. 13—22.
- JUVIGNE, E., 1977c — La zone de dispersion des poussières émises par une des dernières éruptions du volcan du Laachersee (Eifel). *Ztschr. f. Geomorphologie*, 21; p. 323—342.
- PISSART, A., 1956 — L'origine périglaciaire des viviers des Hautes Fagnes. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 79; p. 119—131.
- PISSART, A., 1963 — Les traces de pingos du Pays de Galles (Grande Bretagne) et du plateau des Hautes Fagnes (Belgique). *Ztschr. f. Geomorphologie*, 7; p. 147—165.
- PISSART, A., 1974 — Les viviers des Hautes Fagnes sont des traces de buttes périglaciaires, mais s'agissait-il vraiment de pingos? *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 97; p. 359—281.
- ŠPOLANSKAYA, N. A., EVSEYEV, V. P., 1973 — Domed-hummocky peatbogs of the northern taiga in western Siberia. *Biuletyn Peryglacjalny*, 22; p. 271—283.
- WOILLARD, G., 1975 — Recherches palynologiques sur le Pléistocène dans l'est de la Belgique et dans les Vosges lorraines. *Acta Geogr. Lovaniensia*, 14; 168 p.