

LES CICATRICES DE PINGOS DE LA BRACKVENN
(HAUTES FAGNES)
COMPTE RENDU DE L'EXCURSION DU 3 JUILLET 1971

LES TRACES DE PINGOS DE LA BRACKVENN

par A. PISSART ¹, E. JUVIGNÉ ¹, G. WOILLARD ² et J. THOREZ ³

Les participants ont été conduits en autocar sur le plateau des Hautes Fagnes, plus précisément à 615 m d'altitude au carrefour de la route Eupen-Montjoie et de la route forestière se dirigeant vers la Getz-Bach. De là, ils ont parcouru sur une distance d'environ 500 m en direction du Sud un chemin aménagé au sein de la réserve naturelle. Ce chemin est extrêmement sinueux; en effet, son tracé suit autant que possible une série de croupes sèches qui surmontent de quelques décimètres à quelques mètres des étendues tourbeuses et humides. Ces bourrelets de terre, généralement circulaires sont des restes de pingos; ils constituent le but de l'excursion du matin.

Sur un des bourrelet se présentant comme un rempart haut de plus de 2 mètres entourant complètement une dépression circulaire A. PISSART a présenté, comme nous le résumons ci-dessous, les caractères de ces formes et les hypothèses qui ont été avancées pour en expliquer l'origine.

Plusieurs milliers de dépressions fermées entourées d'un rempart existent sur le plateau des Hautes Fagnes. Elles couvrent d'une manière plus ou moins continue une étendue de près de 2 500 hectares, toujours dans des régions horizontales ou en faible pente. Le plus grand nombre se trouve à une altitude supérieure à 550 m. Là où la pente est faible, comme c'est le cas à ce premier arrêt, ces dépressions présentent généralement une forme circulaire assez régulière; sur des versants, elles s'étirent parfois selon la ligne de plus grande pente ainsi que nous le verrons 2 kilomètres au Nord,

¹ Laboratoire de Géologie et Géographie physique — Université de Liège.

² Laboratoire de Palynologie — Université de Louvain.

³ Laboratoire de Minéralogie — Université de Liège.

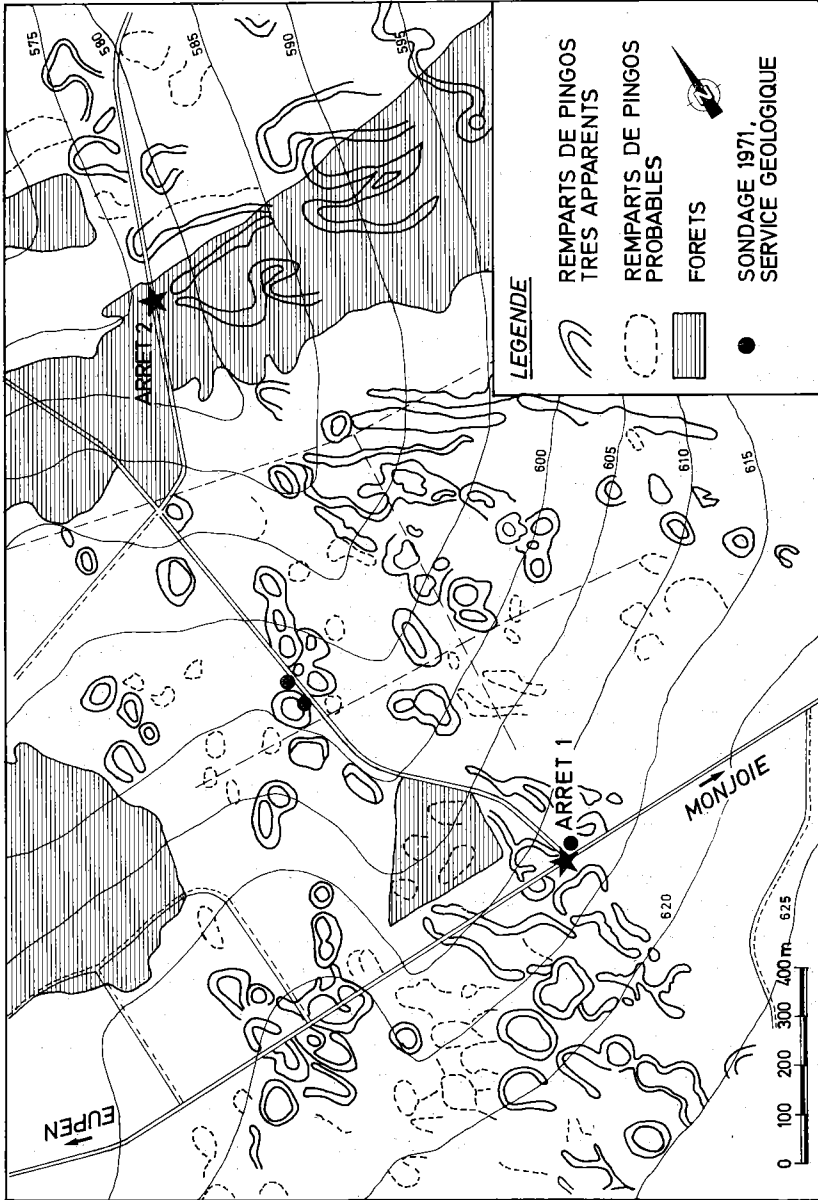


Fig. 1. — Carte des traces de pingos de la Brackveenn.

lors du deuxième arrêt de cette journée. Le diamètre de ces dépressions varie de 15 à 200 mètres; le bourrelet circulaire qui l'entoure peut s'élever jusqu'à 5 mètres au-dessus de la topographie voisine quoique généralement sa hauteur soit beaucoup moindre; le remplissage de tourbe au centre de la dépression atteint quelquefois 8 mètres.

Diverses explications avaient été avancées pour rendre compte de la présence de ces formes. Elles admettaient toutes qu'il s'agissait de dépressions creusées par l'homme, mais comme leur utilité n'était pas évidente, il était question d'abreuvoirs, de réservoirs d'eau, de pièges à gros gibier, de viviers, etc. La dernière hypothèse a sans doute été considérée comme la plus probable car le nom de « vivier » est généralement utilisé dans la région pour désigner ces dépressions.

En 1937, le Professeur R. BOUILLENNE de l'Université de Liège a entrepris avec plusieurs collaborateurs l'étude de quelques-uns de ces viviers. Il a établi par une étude palynologique leur ancienneté en montrant l'âge préboréal du remplissage. Comme il avait découvert dans une de ces enceintes des restes de constructions, il avait supposé également qu'elles avaient été construites par l'homme.

Il y a 15 ans, l'un de nous (A. PISSART, 1956) a avancé l'hypothèse que ces formes étaient des traces de pingos, buttes dues à la croissance dans le sol de masses de glace d'injection. Il faisait remarquer alors que ces formes laissent après la fusion de la glace, une dépression fermée entourée d'un rempart. Depuis lors des formes identiques ont été décrites au Pays de Galles (PISSART, 1963; WATSON, 1971) et en Laponie (SVENSSON, 1964) et la même interprétation a été proposée. Si actuellement cette hypothèse paraît s'être imposée, des problèmes subsistent cependant à propos de ces traces de pingos. Il faut encore définir le mécanisme qui a donné naissance à ces buttes d'injection et préciser quand elles sont apparues.

L'explication de l'origine de ces formes doit s'appuyer avant tout sur des comparaisons avec des phénomènes existant dans les régions froides actuelles. Or, jusqu'il y a quelques années, les pingos de l'arctique étaient expliqués par des mécanismes qui ne pouvaient pas avoir joué de rôle sur le plateau des Hautes Fagnes. On connaissait en effet depuis la publication de PORSILD (1938), 2 types de pingos se distinguant par leur genèse et leur localisation, distinction

qui a été confirmée par F. MÜLLER en 1959. Dans le premier type, les buttes de glace d'injection sont liées à la pénétration du gel au fond de lacs comme cela se produit dans le delta de Mackenzie; dans le second, elles apparaissent en contrebas de certaines pentes, en relation avec une mise en charge hydrostatique de l'eau du sol. Les pingos du plateau des Hautes Fagnes ne peuvent s'expliquer par aucune de ces deux théories (PISSART, 1965) : d'une part, des lacs n'ont jamais existé sur le haut plateau, ce qui exclut le mécanisme « Mackensie », d'autre part des traces de pingos caractéristiques se groupent sur certains sommets (par exemple, la crête de Malchamps près de Spa) et cette observation écarte une origine par mise en charge hydrostatique du type « Groenland ». En 1968 cependant, HOLMES, FOSTER et HOPKINS ont décrit des pingos au centre de l'Alaska dans une zone de pergélisol discontinu et ces formes sont directement comparables à celles dont on retrouve les traces en Belgique. Ces pingos ont été expliqués non seulement par une mise en charge hydrostatique de la nappe aquifère le long de la pente, mais encore par une mise sous pression l'hiver de cette nappe aquifère à la suite de la congélation d'une partie de son eau.

Trois sondages ont été réalisés au début de 1971 par le Service Géologique¹ afin de connaître la nature du substratum là où existent ces traces de pingos. Les carottes de sondages ont été présentées au cours de cette excursion à proximité de l'endroit où elles ont été extraites, c'est-à-dire à proximité du carrefour où les autocars ont été abandonnés. Ces sondages ont montré l'existence d'une épaisseur parfois considérable de limon remanié reposant sur un substratum revinien fortement altéré. Une nappe aquifère peu importante existe au sommet du Paléozoïque altéré. C'est cette nappe aquifère qui a permis l'apparition des pingos. Elle a dû être mise sous pression l'hiver à la suite de la dilatation qui accompagne le changement de phase de l'eau; à ce moment en effet, le gel en imperméabilisant la surface du sol créait un système fermé. Comme cette nappe aquifère est peu importante, seule sa réalimentation l'été a pu permettre la croissance des grands pingos dont on retrouve les traces. Ce mécanisme implique donc l'existence à ce moment d'un pergélisol discontinu, c'est-à-dire de conditions semblables à

¹ Leur localisation est donnée sur la figure 1. Nous remercions vivement M. A. DELMER, directeur du Service Géologique de Belgique et M. J. M. GRAULICH, géologue, d'avoir fait exécuter ces sondages.

celles qui contrôlent l'apparition des pingos du centre de l'Alaska. Comme la température moyenne annuelle est dans cette région comprise entre -5 et $-2,2^{\circ}$ C, on peut penser qu'une température moyenne de cet ordre devait exister sur le haut plateau lorsque les pingos sont apparus.

Des éléments de datation des « viviers » des Hautes Fagnes ont été fournis par deux méthodes différentes à savoir la palynologie et l'étude des minéraux denses. Une douzaine de profils palynologiques (voir MULLENDERS et GULLENTOPS, 1969) ont montré que les cuvettes ont commencé à se remplir de sédiments tourbeux au préboréal. F. GULLENTOPS en 1969 a trouvé sur le plateau de la Baraque Fraiture, dans des traces de pingos comparables à celles-ci, des poussières volcaniques eifeliennes d'âge Alleröd. Ces éléments eiféliens ont été reconnus uniquement dans les remparts et jamais dans le Gytja (base du remplissage tourbeux). Il en a conclu alors que les pingos s'étaient formés pendant le Dryas III, courte période froide entre l'Alleröd et le Préboréal.

En 1971, nous avons prélevé des échantillons dans le premier mètre de matière très argileuse existant sous le Gytja de 13 pingos différents. E. JUVIGNÉ a reconnu dans 6 cas la présence de poussières volcaniques dans la matière ainsi prélevée. Dans les 7 autres cas des poussières identiques existent peut-être plus profondément. Il s'agit de hornblendes basaltiques et d'augites dont la largeur est comprise entre 100 et 600 microns. La teneur en ces éléments varie de 1 à 30 grains pour 100 grammes de matières minérales inférieures à 840 microns.

D'autre part, nous avons aussi prospecté un rempart jusqu'à 2 mètres de profondeur. Nous y avons trouvé des produits volcaniques distribués très irrégulièrement.

Dans ces conditions, E. JUVIGNÉ pense que l'existence de grains volcaniques dans les cuvettes que nous étudions ne permet nullement de préciser le moment d'apparition des pingos. En effet, il est d'une part impossible d'affirmer que les hornblendes et les augites qui ont été retrouvées ici sont bien arrivées à l'Alleröd, même si, à cette époque, les éruptions ont été particulièrement puissantes. En effet, ces 2 minéraux sont signalés dans la composition des produits d'émission projetés par les appareils volcaniques eiféliens, à divers moments entre la glaciation Mindel et l'Alleröd. D'autre part leur présence dans l'argile du fond des cuvettes ne

permet pas de distinguer si l'éruption qui les a émises s'est produite avant la croissance des pingos, ou à un moment où ces formes existaient déjà, ou enfin après la fusion de la masse de glace.

C'est pourquoi, Mademoiselle G. WOILLARD a entrepris l'analyse palynologique¹ des sédiments de remplissage des pingos dans lesquels E. JUVIGNÉ a reconnu la présence d'hornblendes et d'augites.

Un premier profil (Brackvenn III, fig. 2) extrait au moyen de la sonde de Livingstone (qui semble donner de meilleurs résultats que la sonde Hiller) montre, au point de vue stratigraphique, une alternance de couches d'argile et de couches de gyttja de couleur brune; l'analyse d'échantillons prélevés tous les centimètres retrace l'évolution de la végétation depuis l'Alleröd jusqu'au début du Boréal.

On peut en effet distinguer sur le diagramme pollinique Brackvenn III (fig. 2), de bas en haut, le Tardiglaciaire (de 174 à 163 cm) comprenant ici l'Alleröd et le Dryas récent, et le début de l'Holocène (de 163 à 149 cm) c'est-à-dire les périodes préboréale et boréale.

Le *Tardiglaciaire* est caractérisé par :

- la présence d'Ephedra du type fragilis, espèce des terrains secs, pierreux et désertiques;
- la présence de Selaginella selaginoides, espèce arctico-alpine
- le rôle important joué par Artemisia, espèce steppique;
- l'abondance des héliophiles telles que Thalictrum, Armeria, Helianthemum, Sanguisorba minor, Sanguisorba officinalis, les Ombellifères, les Caryophyllacées, les Chénopodiacées, les Crucifères et les Composées;
- la présence de Graminées du type Céréale;
- l'abondance des Cypéracées et des Graminées.

Durant l'*Alleröd* (de 174 à 169 cm), dernière période de réchauffement du Tardiglaciaire, le taux de boisement ne dépasse pas 35 %; il s'agit donc d'un paysage relativement ouvert avec abondance de clairières dans les forêts.

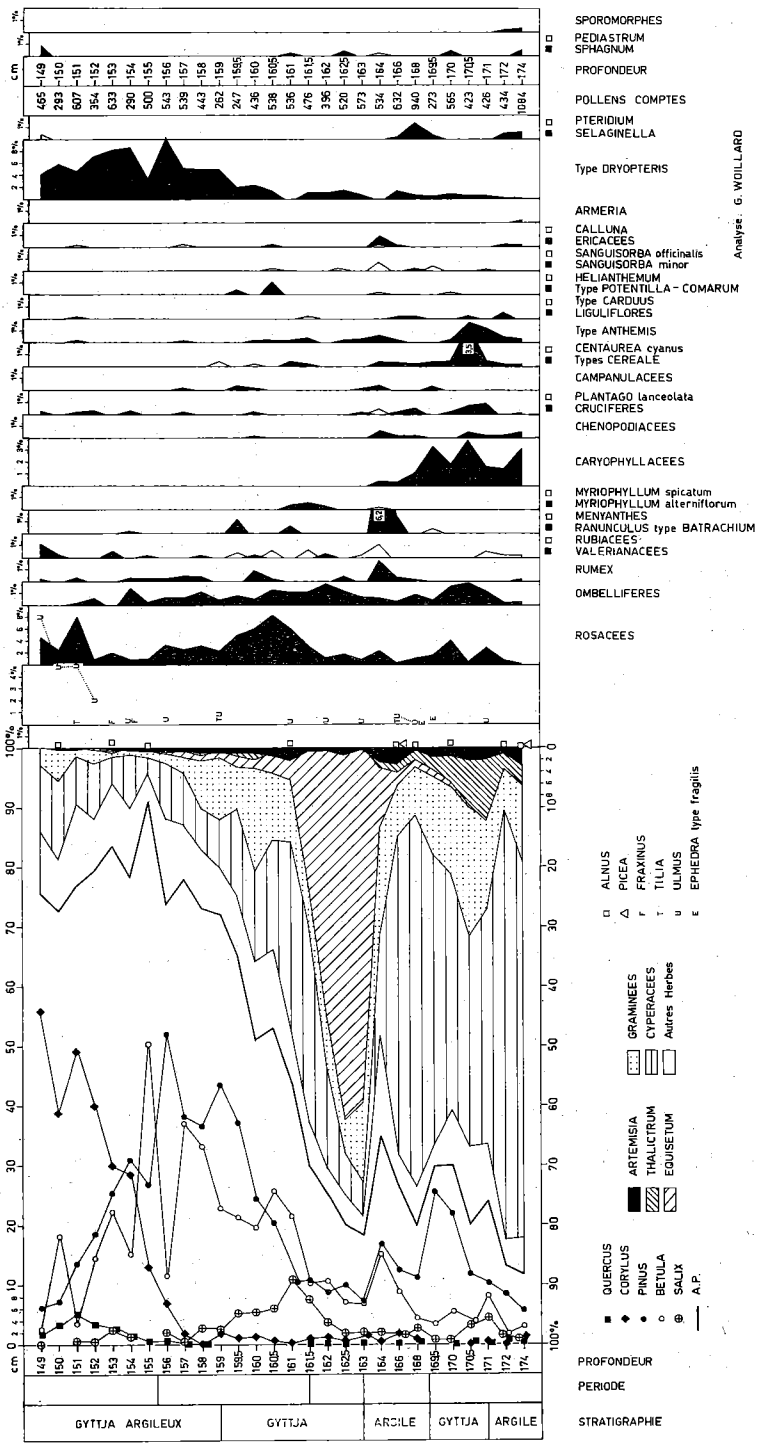
Parmi les arbres, Pinus reste l'espèce dominante durant toute cette période tandis que Betula et Salix jouent un rôle effacé. Pinus atteint des pourcentages plus élevés (25 %) aux niveaux 170 et 169,5 cm qui correspondent, au point de vue stratigraphique, à une couche de gyttja intercalée entre deux couches d'argile. On

¹ Recherches subventionnées par l'I. R. S. I. A.

LES PINGOS DE LA BRACKVENN; COMPTE RENDU D'EXCURSION 287

1971

BRACKVENN III



Analyse: G. WOILLARD

note la présence sporadique de quelques thermophiles telles que *Corylus*, *Quercus*, *Ulmus* ainsi que celle d'*Alnus* et de *Picea*. Parmi les herbes, on constate surtout le rôle important joué par les Cypéracées (60 à 70 %), l'abondance également des Graminées (10 à 20 %).

Quant au *Dryas récent*, courte période de refroidissement qui suit l'Alleröd et qui précède le début de l'Holocène, il semble n'être représenté que par les trois niveaux correspondant à la couche d'argile la plus récente (de 168 à 164 cm). *Pinus* recule durant cette période, tandis que les Cypéracées et *Artemisia* prennent un peu plus d'importance. On remarque la présence d'*Ephedra* du type *fragilis*, de *Selaginella selaginoides*, de *Sanguisorba minor*, de *Sanguisorba officinalis*, d'*Helianthemum* et de *Thalictrum*.

Le passage du Tardiglaciaire à l'Holocène semble se faire à la dernière transition argile-gyttja (à 163 cm) et correspond donc à une brusque extension de quelques plantes aquatiques (*Equisetum*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Ranunculus* type *Batrachium*) en particulier d'*Equisetum* qui atteint 60 %. Cette transition Tardiglaciaire-Holocène (de 163 à 161,5 cm) est également marquée par une nette chute d'*Artemisia* et par la disparition de *Thalictrum*.

Dès le début de l'*Holocène*, le climat se réchauffe; le *Préboréal* (de 161,5 à 155,5 cm) est en effet annoncé par une brusque augmentation du taux de boisement qui passe d'abord à 50 %, puis à 70 et 80 %. Cette augmentation est due en premier lieu à l'extension de *Betula* et de *Salix*, ensuite à celle de *Pinus*. On observe ici les mêmes étapes que dans le diagramme de Belle-Croix publié par Vander Hammen en 1953, à savoir :

- une première avancée de *Betula*, à 160,5 cm
- une première avancée de *Pinus*, à 159 cm
- une deuxième avancée de *Betula*, à 157 cm
- une deuxième avancée de *Pinus*, à 156 cm.

Quant à *Salix*, il atteint un maximum au début de la période préboréale (à 161 cm), mais il régresse rapidement et ne joue plus alors qu'un rôle secondaire. Parmi les herbes, seules les fougères du type *Dryopteris* se répandent, tandis que Cypéracées, Graminées et toutes les espèces caractéristiques du Tardiglaciaire sont en forte régression ou ont même parfois complètement disparu.

Vers 156 cm, se produit un changement dans la composition de la strate arborescente; on observe en effet l'extension brutale de

Corylus qui jusqu'alors n'avait joué qu'un rôle effacé, l'apparition de *Quercus* et d'*Ulmus*, et la régression de *Pinus* et de *Betula*. Le départ des courbes de *Corylus*, de *Quercus* et d'*Ulmus*, ainsi que la présence de *Tilia* et de *Fraxinus* annoncent le réchauffement climatique caractéristique du *Boréal*.

L'étude palynologique de ce premier profil de la Brackvenn apporte déjà des renseignements particulièrement intéressants. En effet, jusqu'à présent, les divers pingos étudiés (voir MULLENDERS et GULLENTOPS, 1969) fournissent, comme période la plus ancienne, le Préboréal, parfois l'extrême fin du Dryas récent. Or, grâce à d'autres techniques de sondages et de préparation des échantillons, des périodes plus anciennes, en particulier l'Alleröd, ont été mises en évidence. Il est donc clair que le pingo que nous avons étudié s'est formé durant une période froide antérieure à l'Alleröd, donc bien antérieure au Dryas récent.

A. WASHBURN : I have two questions and an observation, (1) What is the structure of the rim; is there any stratification? (2) Is there any possibility that the features could be palsas?

The observation is that the features, if pingos or palsas, argue against the possibility of there having been an ice cover here. The ice cover would have had to disappear before the features originated and therefore would put their origin into a warming trend, rather than at a time when the climate would have been more favorable for permafrost.

A. PISSART répond : les quelques coupes que nous avons observées dans les remparts n'ont pas permis de distinguer des structures particulières. Aucune différenciation lithologique, aucun horizon pédologique n'a été décelé dans les bourrelets de terre constitués de limon mélangé avec des cailloux provenant de la désagrégation du substratum. Nous avons cependant noté que des cailloux dressés y étaient fréquents. L'étude microstructurale de 3 échantillons prélevés dans le rempart du pingo où les explications ont été données, a été effectuée par J. THOREZ qui résume ses observations.

J. THOREZ : Dans la partie interne du rempart du pingo et à 175 cm de profondeur, le matériau argileux présente un assemblage plasmique du type *argillasepique* à tendance locale *insepique*¹. Ferri-

¹ Pour la nomenclature utilisée, voir note infrapaginale p. 320.

argillanes et *quasiargillanes* garnissent les parois de chenaux et des vides indiquant un processus pédogénétique (illuvation). La présence au sein du fond matriciel de *cutanes fragmentés* indique que le dépôt avait subi déjà au préalable une certaine évolution pédogénétique, antérieure à sa mise en place actuelle.

A la partie externe du rempart, à 150 cm de profondeur, l'assemblage plasmique est du type *in — squel — masepique porphyrosquelique* en relation étroite avec des structures de pression et de flux. Ces structures de pression affectent le plasma tandis que des *cutanes de tension* s'observent le long des parois des chenaux et au pourtour des grands débris de roche du squelette. Ces structures de flux paraissent devoir être mises en relation avec des phénomènes de descente en masse sur la paroi extérieure du pingo. Des études complémentaires sont indispensables pour comprendre la signification et l'origine des structures observées.

J. DYLIK : La fréquence énorme des dépressions fermées et entourées par des remparts pourrait nous faire penser aux palsas, surtout si nous nous rendions compte que la formation des palsas n'est pas bornée à la tourbe mais est également possible dans chaque matériel favorisant le développement de la glace de ségrégation.

Il y a cependant, une juste et suffisante raison permettant de rejeter l'hypothèse que ce sont des palsas qui ont donné naissance à ces dépressions. Étant donné que les palsas présentent des formes légèrement bombées il n'y avait aucune possibilité pour la formation des remparts en général et surtout de remparts si bien développés et comprenant des blocs.

La preuve la plus sûre d'une existence ancienne des pingos serait sans aucun doute la structure des roches au voisinage direct des rebords des dépressions. Il s'agit des redressements des couches ou des « racines des pingos ». C'est dommage que la nature du terrain a empêché M. PISSART de trouver des structures comme il l'a fait l'autre fois (au Pays de Galles). Une autre chose intéressante consisterait dans l'observation de la structure du matériel qui a été déposé pendant la dégradation des pingos supposés.

A. PISSART ajoute qu'il ne pense pas que les dépressions qu'il a étudiées soient des restes de palsas parce que ceux-ci ont à sa connaissance été décrits uniquement dans des couches de tourbe. Or, lors de l'apparition des masses de glace, il n'existait pas de tourbe

sur le haut plateau. Par ailleurs, d'après les descriptions de LUNDQUIST (1969), les palsas ne donnent après leur fusion que des dépressions faibles résultant de ce que la croissance de la tourbière a été interrompue à l'endroit du palsa pendant toute la vie de celui-ci. Par ailleurs, l'élévation des buttes devait atteindre ici 8 m de hauteur ainsi qu'en témoigne la profondeur actuelle de quelques dépressions et cette élévation est supérieure à la hauteur habituelle des palsas.

G. MAARLEVELD : About the age of the dutch pingos. Last time they are new observations of the age of pingo like depressions. The results are the forming must be older than the Bolling-time.

TH. PIPPAN : We have indications of permafrost by ice wedges located within Würm sediments. They are said to have developed in the Schlern advance stage after the Alleröd. So this could correspond to the condition of the origin of the pingos in Hautes Fagnes.

How far away was the edge of the Scandinavian ice cap from this pingo area ? If it is about 100 km this would correspond to the conditions in the Alpine foreland where indications of permafrost may occur up to this distance or more from the edge of the Alpine glaciation and the glaciation of the Alpine foreland.

A. PISSART : Au cours de l'avant dernière glaciation, la calotte glaciaire s'est avancée jusqu'à environ 100 km de l'endroit où nous nous trouvons, toutefois les traces de pingos que nous voyons ici sont certainement apparues au cours de la dernière glaciation.

* * *

A proximité du carrefour des routes Eupen-Montjoie et de la Getz-Bach, les carottes des sondages effectués par le Service Géologique ont été présentées. Les participants ont pu observer ainsi qu'à proximité immédiate de ce carrefour, une épaisseur de 14 m de limon remanié repose sur le Revinien très altéré. Au sein de ces formations, des différences de couleur semblent témoigner de l'existence de paléosols.

Sept cent mètres au Nord, le long de la route forestière, deux autres sondages ont montré que l'épaisseur des formations recouvrant le Revinien altéré était beaucoup moins grande. Sous 275 cm de dépôts de pente apparaît une argile blanche qui passe vers 460 cm au substratum paléozoïque très altéré.

A. PISSART souligne que ces sondages effectués avec injection d'eau n'ont pas permis de reconnaître la nappe aquifère. Toutefois, des sondages réalisés sur un sommet, au milieu des traces de pingos de la crête de Malchamps, par le génie civil de l'Université de Liège et grâce à un subside du C. N. R. G., ont montré l'existence d'une petite nappe aquifère au sommet du Revinien altéré. Des nappes semblables ont été reconnues dans des conditions identiques par G. VAN BENEDEN¹ qui a étudié particulièrement les captages d'eau de Spa et par A. MONJOIE² qui a étudié de grandes coupes dans des formations semblables près de Coë. En conséquence, il nous paraît certain qu'une nappe aquifère peu importante existe ici au sommet du Revinien altéré.

* * *

Seize cents mètres au Nord du premier arrêt (fig. 1), sur le versant Est de la vallée de la Getz-Bach, versant qui s'élève jusqu'à 660 m au Stelingberg, les participants ont observé les traces de pingos allongés que l'on trouve sur quelques pentes faibles du plateau des Hautes Fagnes. Toutes les formes intermédiaires entre les traces circulaires et les traces allongées existent dans la région. La parenté de ces formes est ainsi établie d'une manière indiscutable. Les formes allongées ont été observées sur des pentes comprises entre 2,5 % et 4 %; des formes circulaires existent cependant sur des pentes plus raides (5 %).

Ces remparts étirés se poursuivent à proximité de l'arrêt 2 (fig. 1) sur près de 300 mètres de longueur. Les participants ont été conduits sur plusieurs d'entre-eux.

L'apparition de ces formes allongées doit être mise en relation avec des conditions hydrologiques particulières. Avant leur apparition, une circulation d'eau souterraine devait se produire entre le pergélisol et le substratum imperméable. Cet écoulement s'effec-

¹ M. G. VAN BENEDEN a eu l'amabilité de recevoir l'un de nous (A. P.) pour discuter de ce problème, et de le conduire dans les Fagnes de Spa qu'il connaissait parfaitement. C'est avec émotion que nous avons appris son décès quelques semaines plus tard. Nous regrettons de ne pouvoir lui réitérer nos remerciements pour l'aide qu'il nous a accordée.

² A. MONJOIE a examiné les carottes de sondage et nous a assuré de l'identité de l'altération avec celle qu'il a étudiée dans la région de Coë. Nous l'en remercions vivement.

tuait selon la ligne de plus grande pente. A la suite d'un accroissement vers le bas du pergélisol, ce drainage souterrain a sans doute été bloqué au milieu du versant. L'exutoire étant fermé, la nappe aquifère a été ainsi mise en charge. Vu la faible inclinaison du versant et sa dénivellation peu importante, il est vraisemblable que la simple pression hydrostatique a été insuffisante pour provoquer l'injection d'eau dans la couche gelée. C'est sans doute l'augmentation de volume accompagnant la congélation qui a donné la pression nécessaire aux phénomènes d'injection. Ainsi le mécanisme est identique à celui qui a donné naissance aux formes circulaires vues au premier arrêt. Comme l'a calculé BERANTSEV (1947) (cité par F. MÜLLER, 1959) une force très considérable est nécessaire pour déformer le sol gelé. Suivant cet auteur, il faut seulement une pression de 2 kg/cm^2 pour soulever 8 m de silt de densité 2,6, mais par contre, pour vaincre la cohésion du sol gelé et le déformer, la force requise serait beaucoup plus grande : 2,5 à 18 kg/cm^2 . Cette dernière valeur varie beaucoup et diminue certainement lorsque la déformation est commencée et que des fissures apparaissent au sommet des pingos. De ce fait, il est logique que les injections d'eau se soient continuées à l'emplacement des pingos déjà apparus. Dans le cas qui nous intéresse ici, ces injections se sont toujours effectuées à la partie du pingo orientée vers le haut de la pente puisque c'était en cet endroit que l'eau arrivait. Cette croissance progressive des pingos de bas en haut le long des versants a été proposées par MUCKENHAUZEN dès 1960.

Après l'exposé de A. PISSART, T. PÉWÉ a dit quelques mots au sujet des pingos du centre de l'Alaska qu'il connaît bien, et a admis que les « viviers » des Hautes Fagnes étaient probablement des traces de pingos quaternaires comparables à ceux de l'Alaska.

TRAVAUX CITÉS

- BOUILLENNE, R., et M., et collaborateurs, 1937. — Les viviers du plateau de la Baraque Michel. *Bull. Soc. Roy. Sciences de Liège*, n° 12, 404 à 427.
- GULLENTOPS, F., et MULLENDERS, W., 1969. — The age of the pingos of Belgium. The periglacial environment, past and present. Edited by T. Péwé, p. 321-336. McGill, Queen's University Press-Montréal.
- HOLMES, G. W., HOPKINS, D. M., and FOSTER, H. L., 1968. — Pingos in Central Alaska. *Geological survey Bulletin*, n° 1241 H. Washington. 40 p.

- MUCKENHAUSEN, E., 1960. — Eine besondere art von pingos am Hohen Venn/Eifel. *Eiszeitalter und Gegenwart*, Band 11, p. 5-11.
- MÜLLER, F., 1959. — Beobachtungen über pingos. *Meddelelser om Grønland*, Vol. 153, n° 3, 127 p..
- PISSART A., 1956. — L'origine périglaciaire des viviers des Hautes Fagnes. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 79, p. 119-131.
- PISSART, A., 1963. — Les traces de « pingos » du Pays de Galles (Grande Bretagne) et du plateau des Hautes Fagnes (Belgique). *Zeitschrift für Geomorphologie*, Band 7, Heft 2, S. 147-165.
- PISSART, A., 1965. — Les pingos des Hautes Fagnes. Les problèmes de leur genèse. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 88, Bull. 5-6, p. B277-B290.
- PORSILD, A. E., 1938. — Earth mounds in unglaciated Arctic Northwestern America. *Geographical Review*, Vol. 28. n° 1, p. 46-58.
- SVENSSON, H., 1964. — Traces of pingolike frost mounds. *Lund studies in geography. Ser. A. Physical geography*, n° 30, p. 93-106.
- VANDER HAMMEN, TH., 1953. — Late glacial flora and periglacial phenomena in the Netherlands. *Leidse Geologische Mededelingen*, deel 17, 17-184.
- WATSON, E., 1971. — Remains of pingo in Wales and the isle of Man. *Geological Journal*, vol. 7, Pt 2, p. 381-392.