

- POSER, H. (1932): Einige Untersuchungen zur Morphologie Ostgrönlands, Medd. om Groenland 94, Nr. 5, 55 S.
- POSER, H. (1954): Die Periglazial-Erscheinungen in der Umgebung der Gletscher des Zemmgrundes (Zillertaler Alpen), Göttinger Geogr. Abh., H. 15, 125—180.
- ROSENFELD, U. (1961): Karsterscheinungen in der Osningzone, Jh. f. Karst- u. Höhlenkunde 1961, H. 2, 81—98.
- SCHAEFFER, F., MEYER, B., & KALK, E. (1958): Mineraluntersuchungen am Würm-Löß südnieder-sächsischer Lößfluren als Voraussetzung für die Mineralanalyse verschiedener Lößboden-typen, Chemie d. Erde XIX, 4, 338—360.
- SCHAEFFER, F., & MEYER, B. (1960): Ein bodenkundlicher Beitrag zur Grabung im Muschelkalk-gebiet des Hünstollens bei Göttingen, Gött. Jahrb. 1959, 3—8.
- SCHAEFFER, F., WELTE, E. & MEYER, B. (1960, 1962): Die Rendsinen der mitteldeutschen Berg- und Hügellandschaften, I. Mitt. Z. f. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 90, 18—36, II. Mitt. Z. f. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 98, 1—17.
- SCHÖNHALS, E. (1956): Ein fossiler periglazialer Strukturboden bei Appenrod am Nordrand des Vogelsberges, Notizbl. d. hess. L.A. f. Bodenforsch. 84, 374—379.
- , (1957): Späteiszeitliche Wind-Ablagerungen in den nördlichen Kalkalpen und die Ent-stehung der Buckelwiesen, Natur u. Volk 87, 317—328.
- , (1957): Spätglaziale äolische Ablagerungen in einigen Mittelgebirgen Hessens, Eiszeitalter u. Gegenwart 8, 5—17.
- SERAPHIM, E. TH. (1961): Über Karsterscheinungen im Unteren Muschelkalk bei Hillegassen, J. f. Karst- und Höhlenkunde 1961, H. 2, 99—105.
- SÜCHTING, H. (1953): Untersuchungen über den Nährstoffgehalt einiger Quellwasser in Wald-böden, Z. f. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 61, 212—220.
- TRICART, J. (1956): Etude Experimentale du Problème de la Gélivation, Biuletyn Peryglacialny 4, 285—318, Lodz.
- TROLL, CARL (1944): Strukturböden, Solifluktion und Frostklimate der Erde, Geolog. Rund-schau 34, 545—694.
- , (1947): Die Formen der Solifluktion und der periglaziale Bodenabtrag, Erdkunde 1, 162—175.
- VAGELER, PAUL (1955): Zur Bodengeographie Algiers, Peterm. Geogr. Mitt., Erg.-H. 258.
- WEIPPERT, D. (1960): Zur Gliederung, Bildung und Altersstellung des Kalksteinschuttes am Trauf der westlichen Schwäbischen Alb, Eiszeitalter u. Gegenwart, Bd. 11, 24—30.
- WERNER, J. (1958): Zur Kenntnis der Braunen Karbonatböden (Terra fusca) auf der Schwäb. Alb, Arb. aus d. Geolog.-Paläontolog. Inst. d. TH Stuttgart (NF) 16, 94 S.
- WILHELMY, H. (1958): Klimamorphologie der Massengesteine, Braunschweig 1958.
- WINTERHOFF, W. (1961): Vegetationskundliche Untersuchungen im Göttinger Wald, Diss. Göttingen 1961.

Les traces de „pingos“ du Pays de Galles (Grande-Bretagne) et du Plateau des Hautes Fagnes (Belgique)

par

A. PISSART, Liège

Laboratoire de Géographie Physique de l'Université

Avec 15 figures

Remerciements

Nous remercions très vivement le Professeur P. MACAR, doyen de la Faculté des Sciences de l'Université de Liège, qui a été le promoteur du présent travail, et qui nous a fait bénéficier de ses précieux conseils.

La partie de l'étude faite au Pays de Galles a été accomplie grâce à un subside qui nous a accordé le Comité Scientifique des bourses O.T.A.N. auquel nous exprimons notre entière gratitude.

En Grande Bretagne, nous avons reçu le meilleur accueil de E. WATSON, Lecturer à l'Université d'Aberystwyth. Il nous a conduit de nombreuses fois sur le terrain, il nous a fait bénéficier de ses avis et de ses conseils, et a eu l'obligeance de rédiger le résumé anglais qui accompagne notre texte. Nous le prions de trouver ici l'expression de notre reconnaissance. Miss GROOM, Lecturer à l'Université de Swansea a eu la bienveillance de nous prêter une sonde grâce à laquelle nous avons pu mesurer l'épaisseur de la tourbe remplissant ces dépressions.

En Belgique, nous remercions également Monsieur SIMON, Directeur Général de la Société Nationale de la Petite Propriété Terrienne, Monsieur STRUMANNE, Ingénieur, et Monsieur LIBERT, chef de chantier, qui ont facilité nos recherches sur le plateau des Hautes Fagnes. Enfin, le F.N.R.S. nous a accordé par l'intermédiaire du Professeur P. MACAR, un subside pour effectuer certains dégagements.

Du Canada, Messieurs J. K. FRASER et J. R. MACKAY nous ont envoyé de la documentation et des photos excellentes sur les pingos actuels. Nous les assurons de notre reconnaissance.

Enfin, de France, Monsieur le Professeur A. CAILLEUX a eu la bienveillance de relire et de critiquer notre texte. Nous l'en remercions vivement.

Préambule

Au cours d'un voyage d'études effectué au Pays de Galles en 1961, nous avons découvert dans une vallée située près de Llangurig, des dépressions absolument identiques à celles appelées à tort «viviers» dans les Hautes Fagnes (Belgique). Il s'agit de cuvettes rondes, remplies de tourbe, et entourées d'un

rempart circulaire. En 1956, nous avons interprété ces formes comme des traces de pingos. L'étude des dépressions du Pays de Galles nous a conduit à la même conclusion, et nous a permis, en outre, de préciser leur mode de formation. Par ailleurs, afin de pouvoir établir une comparaison avec les «viviers», nous avons complété en Belgique notre travail en 1956. De ce fait, nous présentons ici, non seulement la description des traces de pingos du Pays de Galles, mais encore des observations nouvelles qui se rapportent aux «viviers» des Hautes Fagnes.

Les pingos du Pays de Galles

Localisation dans la topographie

Les traces de pingos observées au Pays de Galles, sont groupées à 35 km (22 miles) à l'Est d'Aberystwyth, dans le fond d'une vallée glaciaire qui s'ouvre à l'W sur la vallée de la Wye à Llangurig et à l'E sur la vallée de l'Afon Dulas, à 5 km (3 miles) au S de sa confluence avec la Severn près de Llanidloes.

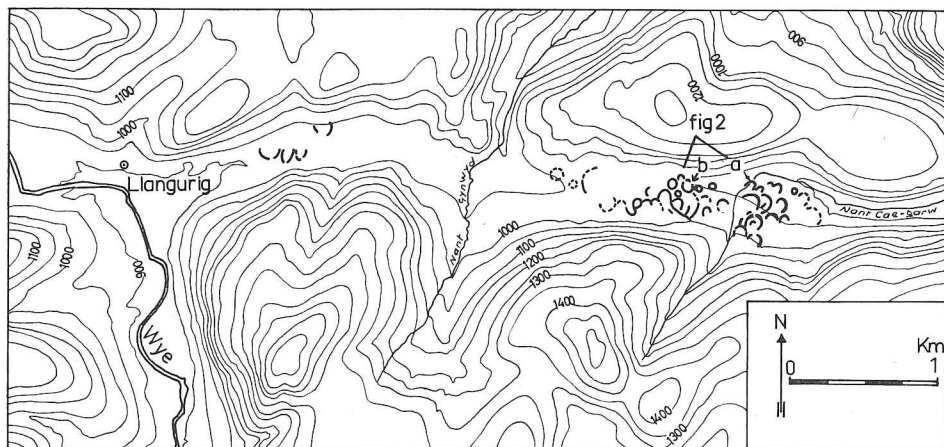


Fig. 1. Carte donnant la répartition des traces de pingos reconnues près de Llangurig (Pays de Galles) — Les gros traits représentent les «murs» entourant les dépressions. En a, mur de pingo (visible aussi sur la photo 2) où nous avons observé le profil donné à la figure 6. En b, les 2 dépressions circulaires bien caractéristiques, visibles à l'avant plan de la figure 2. Equidistance 15 m (50 pieds)

L'histoire géomorphologique de cette vallée, longue de près de 6 km (4 miles) est complexe et dépasse le cadre de cet article. Pour la comprendre, il serait nécessaire, en effet, d'étudier la morphologie de toute la région. Comme cette recherche fait partie d'un travail plus important que nous avons à peine commencé, nous donnerons maintenant les seules observations nécessaires à la compréhension de la genèse des pingos.

Cette vallée importante (voir figure 1), dont le fond est large de près de 400 m, est comparable aux vallées proches de la Wye et de la Severn, ne peut s'expliquer par l'érosion normale. Elle ne correspond pas à une zone de faiblesse

structurale puisqu'elle recoupe presque orthogonalement les strates du Silurien fortement inclinés en cet endroit. D'orientation E-W, elle prolonge sans aucun ressaut la vallée de la Wye supérieure et paraît bien être un sillon creusé par un glacier s'écoulant suivant cet axe depuis le Plynlimon. Actuellement cette importante vallée se présente comme un large «wind gap» au drainage incertain dans la partie centrale mais dont l'écoulement des eaux s'effectue à l'Est en direction de la Severn et à l'Ouest en direction de la Wye. Dans la partie médiane, un petit ruisseau descendant du versant S, le «Nant Gynwyd» traverse la vallée et s'écoule directement vers le N, par une cluse étroite qui a été vraisemblablement creusée à l'emplacement d'une ancienne diffluence glaciaire.

Postérieurement à la disparition du glacier, cette vallée a été partiellement remblayée, et spécialement au débouché des deux ruisseaux qui descendent du versant S de la vallée. En plus du «Nant Gynwyd» dont nous venons de parler, il existe en effet un autre cours d'eau, le «Nant Cae-garw» qui plus à l'Est draine, avant d'arriver dans la vallée principale un petit vallon long d'environ un kilomètre. L'un comme l'autre, ces deux cours d'eau ont accumulé à leur débouché dans la large vallée, une quantité énorme d'un matériel graveleux, très mal lavé, dont nous donnerons plus loin les caractères, et qui sont sans aucun doute des épandages périglaciaires. Ces épandages, dont l'épaisseur est inconnue, mais qui ont pu être observés localement sur plus de 5 m, ont barré la vallée principale et ont accru de ce fait le caractère marécageux de la partie située entre les deux ruisseaux. En cet endroit mal drainé, des tourbières importantes se sont établies.

C'est sur ces épandages périglaciaires et dans la zone marécageuse située entre elles que sont apparus les pingos dont nous allons maintenant décrire les traces.

Description des cicatrices de «pingos»

La figure 2 montre clairement l'aspect des formes dont il va être question: un rempart circulaire entoure une dépression marécageuse remplie de tourbe. Ces formes sont parfois isolées, mais le plus souvent, comme on peut le voir sur cette photo, elles sont accolées et même, s'interpénètrent.

Toutefois, habituellement, les dépressions n'apparaissent pas aussi clairement que sur cette figure, et il est souvent difficile, pour les formes les plus grandes, de reconnaître le tracé du rempart. La cartographie des sections visibles permet cependant de distinguer souvent la forme circulaire originelle. D'autre part, les dépressions centrales sont parfois estompées, étant donné que le remplissage tourbeux n'existe pas partout. En plusieurs endroits, et spécialement sur l'épandage périglaciaire du «Nant Cae-Garw», les dépressions sont en effet colmatées par des sédiments. Il ne fait cependant aucun doute que ces formes ont une origine identique à celles qui sont remplies de tourbe.

La carte de la répartition de ces remparts (fig. 1) permet de dénombrer plus de 40 murs circulaires plus ou moins bien conservés. Sur les pentes, leur forme habituelle est généralement semi-circulaire, avec une large ouverture vers le haut de la pente. Leur densité est très inégale dans la vallée: elles sont très nombreuses à l'extrémité E à proximité du ruisseau «Nant Cae-Garw»; elles existent peut-être également en grand nombre dans la partie médiane, mais en cet endroit,

la tourbe recouvre tout, et ne laisse voir que des formes douteuses; à l'extrémité W de la vallée, quatre beaux remparts seulement ont été conservés, à un km à l'Est de Llangurig; la construction d'une ligne de chemin de fer a cependant entraîné la destruction de leur partie septentrionale.

Cette carte montre par ailleurs, la disposition de ces remparts les uns par rapport aux autres. A côté de formes isolées et jointives, il existe en plusieurs endroits un enchevêtrement de remparts qui indique leur apparition successive, les plus récents ayant partiellement détruit les formes les plus anciennes.

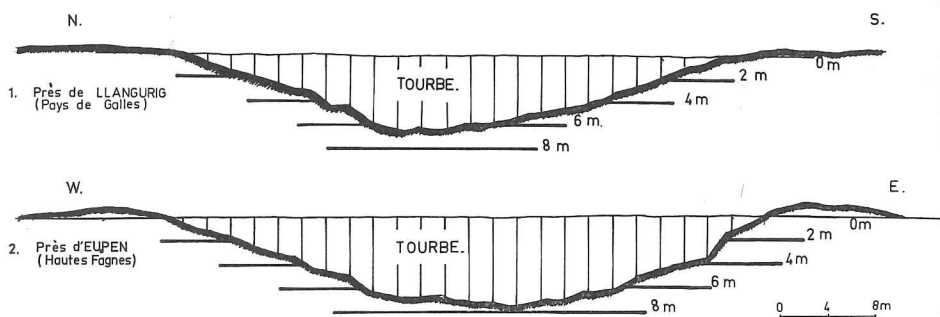


Fig. 3. Profils dressés par sondage tous le 1,5 m au travers de la tourbe et montrant l'allure du fond d'une dépression du Pays de Galles et d'un vivier du plateau des Hautes Fagnes. (Hauteurs non exagérées)

Le diamètre interne de ces dépressions varie de 42 m à plus de 120 m, cette dernière valeur étant celle de formes non complètement fermées. Les dimensions des remparts sont plus difficiles à mesurer exactement étant donné que leur largeur et leur hauteur dépendent du remplissage tourbeux. Pour les deux formes circulaires bien visibles sur la figure 2, nous avons mesuré respectivement pour la dépression la plus petite (42 m de diamètre) un rempart large en moyenne de 15 m et haut par rapport à l'intérieur au maximum de 0,70 m, tandis que pour la dépression la plus grande (75 m de diamètre) la largeur est de 23 m et la hauteur interne de 1,60 m.

Les profils de ces parois montrent généralement vers l'extérieur une allure plutôt convexe, tandis que vers l'intérieur elle est plutôt rectiligne.

Au moyen de sondages effectués au travers de la tourbe remplissant la plus petite dépression parfaitement circulaire visible, à gauche sur la photo 2, nous avons levé le profil N.-S. donné à la figure 3. Il montre la grande profondeur (6,50 m) de cette dépression et la forte pente de leurs parois internes qui atteint 20° dans les parties les plus inclinées. Quoique légèrement asymétrique, cette cuvette présente un profil transversal de forme simple, se rapprochant d'un tronc de cône renversé.

Par ailleurs, nous avons eu la chance d'observer un profil au travers du rempart semi-circulaire situé au point noté a sur la figure 1, point visible d'autre part sur la figure 2. Le diamètre de cette forme, si le rempart était prolongé en un

cercle serait de 74 m. La partie centrale n'est pas tourbeuse car elle a été remblayée postérieurement à la formation du rempart.

Quoique la végétation dissimulât une partie du profil, empêchant ainsi d'observer la structure du rempart sur toute sa largeur, le croquis que nous en avons levé (fig. 4) nous semble du plus haut intérêt. Il montre en effet, que le sommet du rempart correspond à une structure anticlinale du dépôt sousjacent.

Dans cette coupe on distingue 3 formations différentes, soit de bas en haut dans l'axe de la structure anticlinale:

I. Un cailloutis bien lavé, «openwork», composé de débris non usés de phyllades, et dont les éléments sont clairement imbriqués. Epaisseur visible 1 m. A l'intérieur de cette formation, il est possible de reconnaître plusieurs couches différentes et notamment une lentille argileuse brune (a), épaisse de 3 à 5 cm, tronquée obliquement au N. A la partie supérieure, le cailloutis grossier (longueur maximum des cailloux: 10 cm) est fortement cimenté par des sels de Mn et de Fe (b). Immédiatement au-dessus de ce conglomérat existe une lentille de sable dont l'épaisseur varie de 4,5 cm à 1 cm (c).

II. Un cailloutis mal lavé, plus grossier que celui qu'il surmonte (longueur maximum des éléments 15 cm) où apparaissent quelques lentilles de matériel plus fin, et localement une cimentation par des sels de Mn et Fe. Les cailloux sont en grande majorité relevant par rapport à la stratification en direction du Nord. L'épaisseur de ce dépôt dépasse 1 m 10. Sa limite supérieure n'a pu être observée en raison de la végétation.

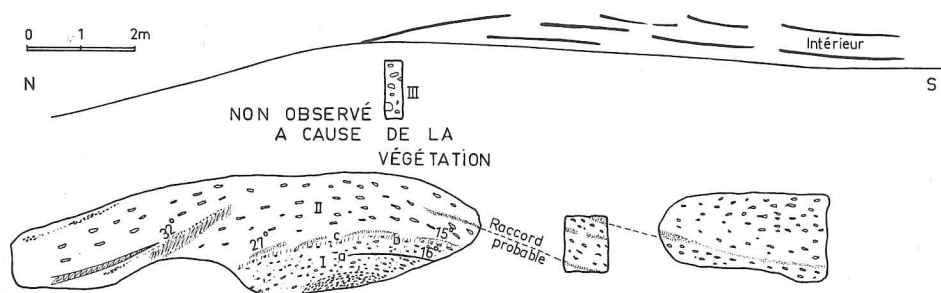


Fig. 4. Coupe verticale montrant les dépôts fluviatiles stratifiés déformés en anticlinal, à l'emplacement du «mur» d'une dépression (voir la description dans le texte — Echelle des hauteurs non exagérée)

III. Un mètre en contrehaut, le dépôt est nettement différent car on n'y observe plus aucune influence de l'eau courante. Des cailloux de tailles diverses, mais dont le plus volumineux (75 cm) est nettement plus grand que ceux aperçus en contrebas, sont emballés dans une matrice argileuse jaune. Il s'agit là vraisemblablement d'un dépôt de solifluxion.

Les formations I et II, nettement fluviatiles, sont identiques à celles qui peuvent être observées en couches bien horizontales dans les coupes voisines. Les caractères granulométriques des échantillons prélevés dans ce rempart et à quel-

ques centaines de mètres de là, dans les couches horizontales sont en effet bien semblables (figure 5). Leur origine n'est donc pas liée à la présence d'un rempart, mais il s'agit simplement de l'épandage périglaciaire préexistant dont nous avons déjà dit qu'il était étalé par le «Nant Cae-Garw» dans la vallée principale. La disposition des cailloux souvent imbriqués et généralement relevants par rapport à la stratification indique une mise en place par un courant d'eau s'écoulant du S vers le N. Cette disposition est très nette sur les deux versants de l'anticlinal et montre ainsi que la structure arquée est postérieure au dépôt. Cet anticlinal provient donc de la déformation d'une stratification peu inclinée qui a été plissée à la fois par relèvement du flanc N et basculement du flanc S. Les obser-

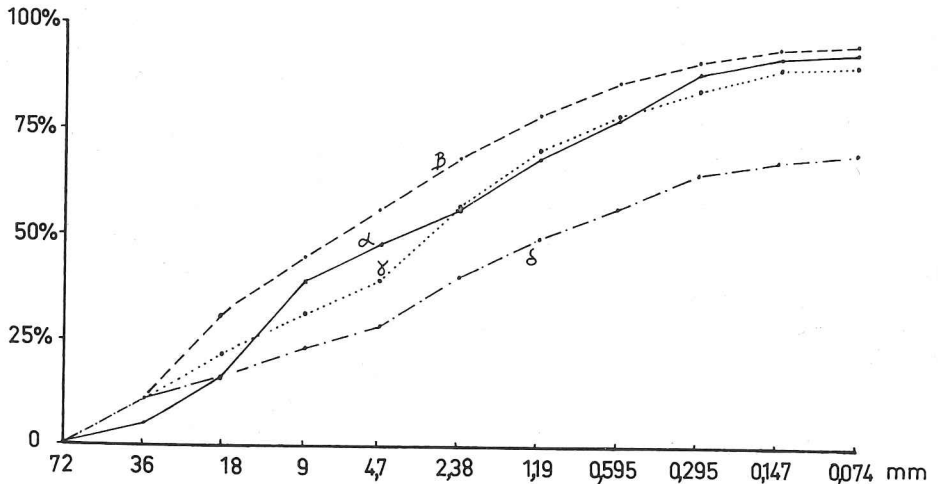


Fig. 5. Courbe granulométrique du matériel déplacé par les «pingos» du Pays de Galles. — Les échantillons α et δ ont été prélevés dans la structure arquée montrée à la figure 4. Les échantillons β et γ proviennent de sédiments horizontaux non déformés, situé à 200 m du premier prélèvement. Q de φ de Krumbein $\alpha = 2,1$; $\beta = 1,97$; $\gamma = 4,3$

vations qui suivent le montrent clairement: sur le flanc S, de fines lentilles de sable présentent une inclinaison de 15° dans le sens opposé à celui vers lequel l'écoulement s'effectuait au moment du dépôt, et d'autre part sur le flanc N, une de ces couche très fine de sable présente une inclinaison de 27° , absolument anormale pour un tel dépôt.

Les résultats des analyses polliniques d'échantillons prélevés dans la grande dépression visible sur la photo 2, sont donnés immédiatement après notre texte par Miss D. TROTMAN qui a bien voulu en aborder l'étude. Disons dès à présent sur la foi de ces analyses que la base de cette tourbe s'est vraisemblablement constituée au préboréal. Le résultat a été confirmé au laboratoire de Physique Nucléaire de l'Université de Liège par la mesure du C 14 contenu dans un échantillon de la tourbe inférieure. Cet échantillon était malheureusement trop peu volumineux pour permettre une datation précise; toutefois son analyse a eu pour résultat de montrer qu'elle était vieille de plus de 5000 ans.



Fig. 2. Traces de pingos près de Llangurig (Pays de Galles). Vue vers le S.E. En a, mur où a été observé le profil dessiné sur la figure 4. En b, dépression circulaire où nous avons levé par sondage au travers de la tourbe, le profil de la figure 3

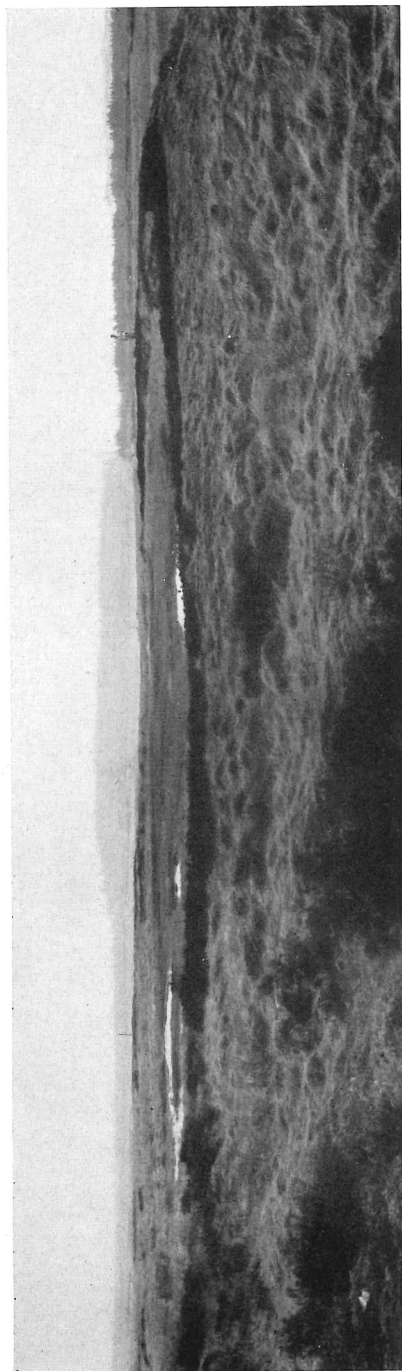


Fig. 8. Photo d'un «vivier» du plateau des Hautes Fagnes, dont le profil de la cuvette est donné à la figure 3. Ce vivier est marqué d'une croix sur la carte 7 b. Localisation: Source de la Getz Bach, près de la Tourbière royale

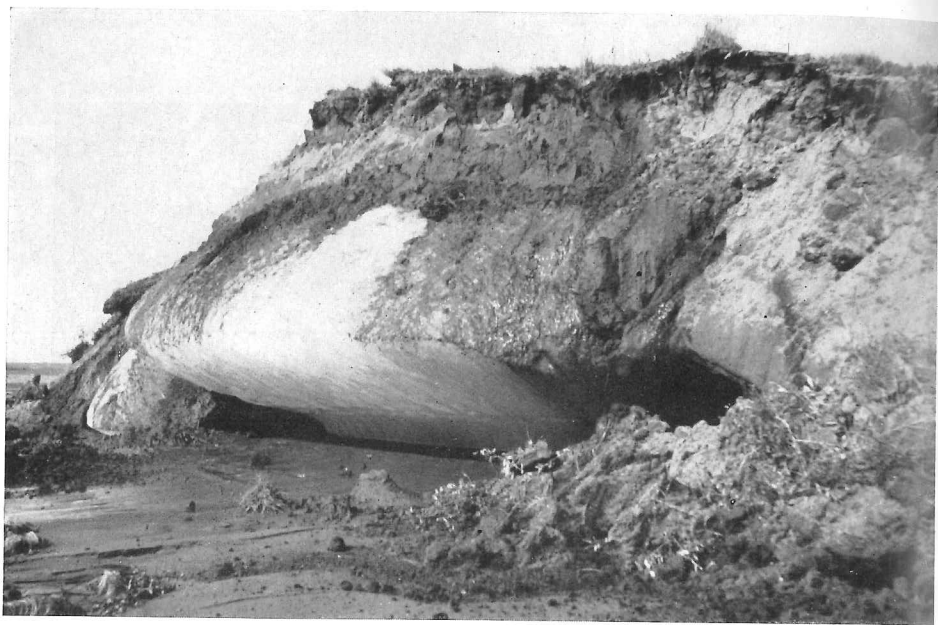


Fig. 11. Pingo attaqué par la mer (5 m = 15 pieds de haut). Photo prise par J. R. MACKAY (Geographical branch, Mines and tech. Surveys) Août 1955, près de Point Athensin, N.W.T. Canada

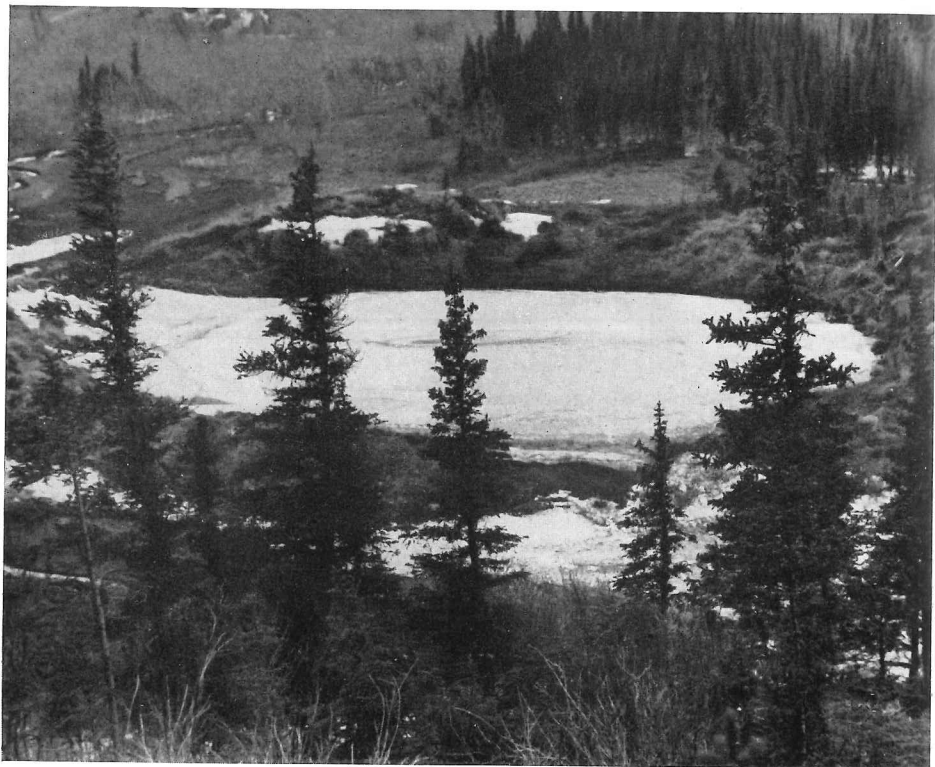


Fig. 12. Dépression circulaire entourée d'un rempart, qui résulte de la fusion d'un pingo — Black Mountain — Mackenzie Delta région, N.W.T. Canada. Photo «Division» of Building Research, National Research Council of «Canada»



Fig. 13. «Mur» d'une cicatrice de pingo — Black Mountain — Mackenzie Delta région; N.W.T. Canada. Photo «Division of Building Research, National Research Council of Canada»

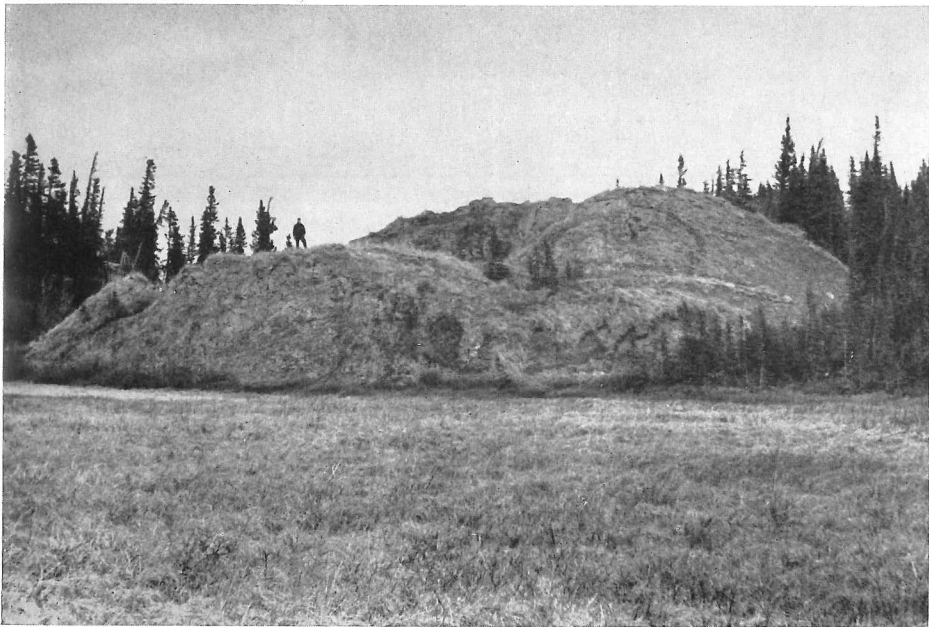
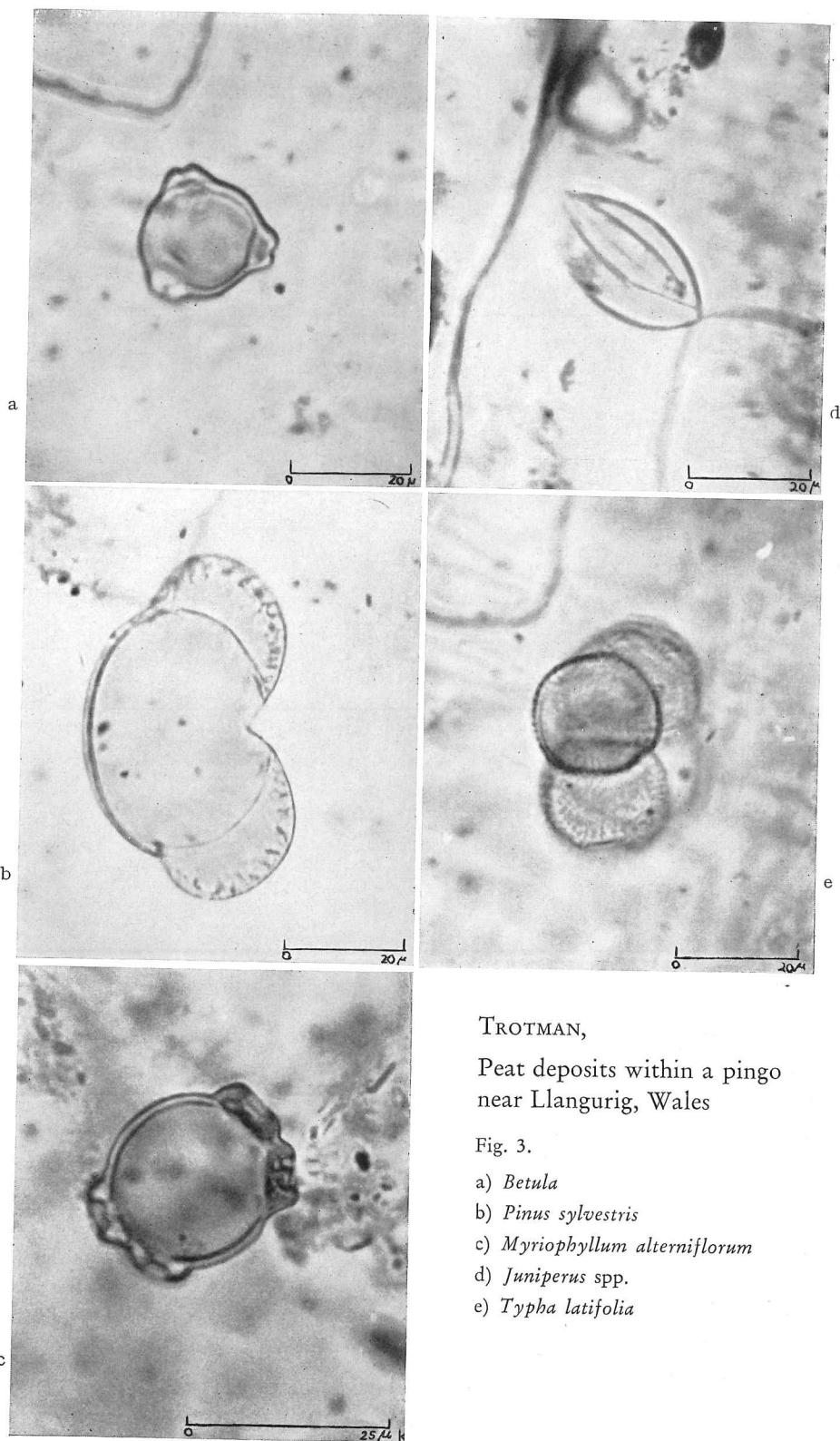


Fig. 14. Photo J. K. FRASER, prise dans la même région que les photos 11 et 12, et montrant un pingo actuel. Photo «Division of Building Research, National Research Council of Canada»



TROTMAN,

Peat deposits within a pingo
near Llangurig, Wales

Fig. 3.

- a) *Betula*
- b) *Pinus sylvestris*
- c) *Myriophyllum alterniflorum*
- d) *Juniperus* spp.
- e) *Typha latifolia*

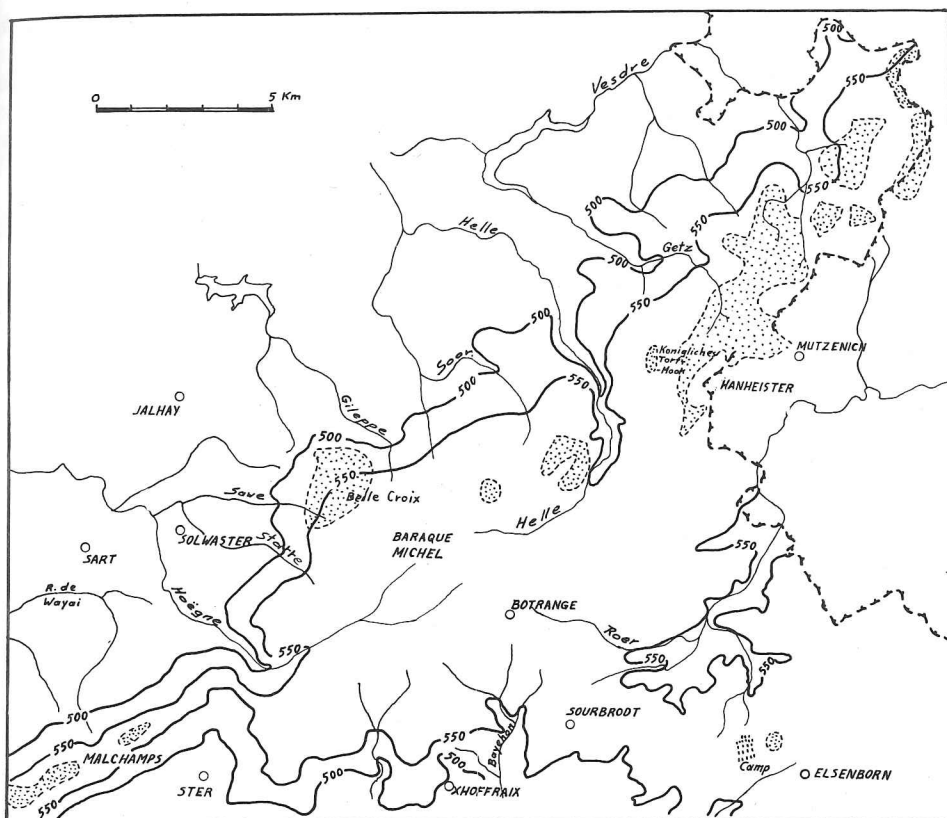


Fig. 6. Carte topographique donnant la répartition des «viviers» sur le plateau des Hautes Fagnes

Les dépressions dites «viviers» des Hautes Fagnes

Localisation dans la topographie

Alors que les formes observées au Pays de Galles sont rassemblées dans le fond d'une vallée, les dépressions identiques que nous connaissons en Belgique, sont toutes groupées sur les plateaux les plus élevés du pays. Elles se répartissent en effet en quelques endroits privilégiés du plateau des Hautes Fagnes (40 km à l'E.-S.E. de Liège; fig. 6) et du plateau de la Baraque de Fraiture (50 km au S.-S.E. de Liège), toujours à une altitude supérieure à 500 m.

Ces plateaux ont un substratum paléozoïque imperméable, composé de phyllades et de quartzites, en proportion variable. Ils sont recouverts d'argile provenant de l'altération tertiaire du substratum, remaniée et mélangée à du limon éolien; tout ce matériel englobe des débris de quartzite qui paraissent résister admirablement bien à la décomposition chimique. Les dépressions existants sur le plateau de la Baraque de Fraiture sont peu nombreuses, générale-

ment circulaires et espacées les unes des autres. Nonante cinq pour cent des formes observées sont situées sur le plateau des Hautes Fagnes, qui s'étend du SW au NE sur 35 km, depuis la crête de Malchamps (5 km au S de Spa), jusqu'en Allemagne à proximité de Montjoie. Il existe là, plus d'un millier de dépressions qui occupent d'une manière quasi continue quelques régions bien déterminées

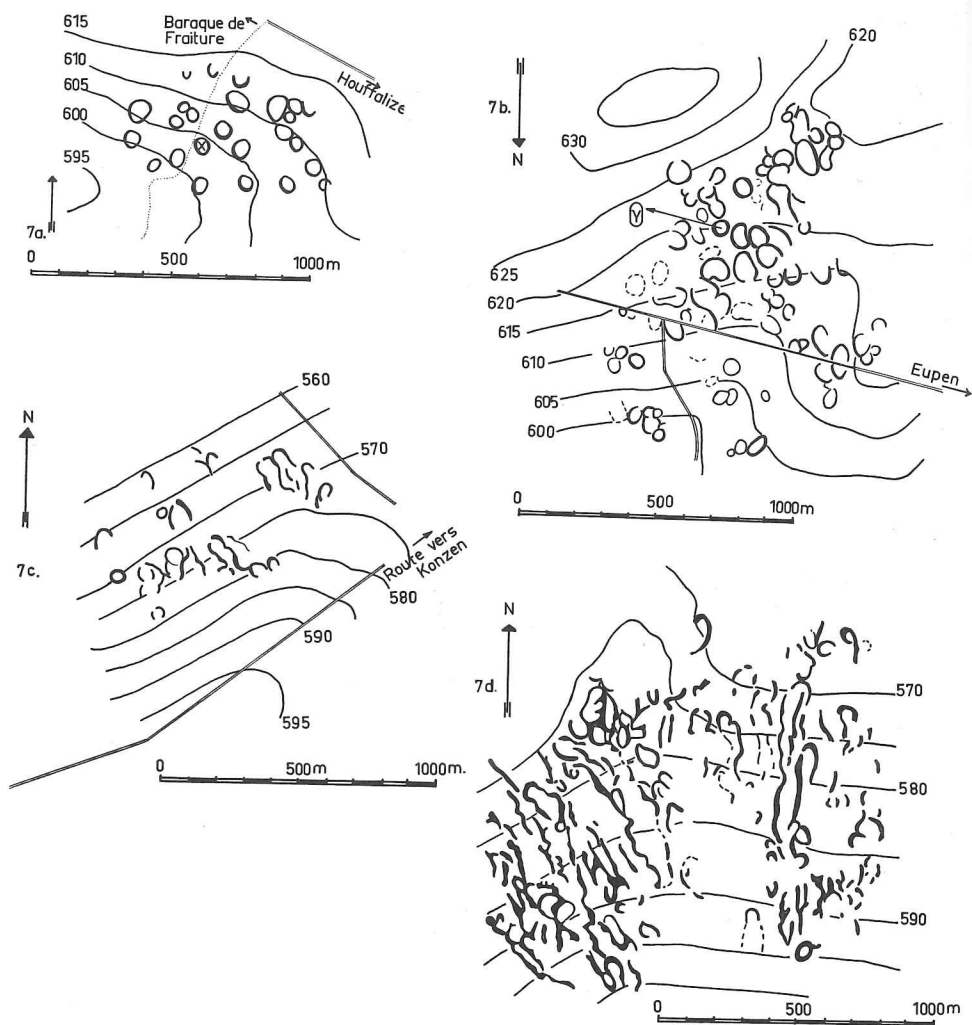


Fig. 7. Cartes échantillons du plateau des Hautes Fagnes et de la Baraque de Fraiture, montrant les différents types de «cicatrices» de pingos. Le tracé des murs est dessiné d'après les photos aériennes, tandis que les courbes de niveau sont reportées depuis la carte topographique. Sur la figure a, le «vivier» X, est celui étudié par le Professeur MULLENDERS au point de vue palynologique. Sur la figure b, le «vivier» Y, est celui dont le profil est donné à la figure 3

dont la superficie totale est de l'ordre de 2500 Ha. Ces régions correspondent toujours à des pentes faibles et même parfois au sommet horizontal du plateau; elles sont le plus souvent localisées sur le versant N., mais, elles existent également en quelques endroits du versant méridional.

Description des cicatrices de «pingos»

L'aspect des «viviers» de Belgique, est plus varié que celui des dépressions du Pays de Galles observées jusqu'ici. En conservant à l'esprit l'idée que tous les types intermédiaires existent, nous pouvons distinguer:

I. Des dépressions fermées, c'est-à-dire entourées complètement d'un rempart et dont la forme en plan peut être:

- a) régulière (circulaire ou ovale); diamètre maximum 150 m, plus grande longueur interne 250 m.
- b) irrégulière.

II. Des dépressions ouvertes, c'est-à-dire dont le bourrelet n'est pas fermé vers le haut de la pente. Leur forme en plan peut-être:

a) peu allongée et dans ce cas le bourrelet présente la forme d'un fer à cheval (diamètre maximum 100 m).

b) très allongée, et dans le cas extrême le caractère le plus évident est la présence de longs murs, étirés dans le sens de la ligne de plus grande pente (longueur maximum observée 800 m).

La figure 7 rassemble en quelques cartes échantillons du plateau des Hautes Fagnes et de la Baraque de Fraiture des exemples précis de l'aspect en plan de ces formes. Sur la figure 7a, les dépressions sont circulaires, de forme simple. Sur la figure 7b, elles sont en général fermées, parfois circulaires mais le plus souvent ovales ou complexes. Les figures 7c et 7d montrent par contre des formes ouvertes vers l'amont, mais de types très différents: sur la fig. 7c, la forme circulaire originelle, et l'unité de chaque rempart se fermant vers l'aval est évidente, tandis que sur la fig. 7d, les murs sont étirés selon la ligne de plus grande pente, en des bourrelets parallèles dont on ne retrouve pas bien l'extrémité aval ni les rapports qui les unissent.

Il est par ailleurs remarquable de constater l'uniformité de caractères que présentent ces formes selon les régions. Localement, tous ou presque tous les bourrelets sont allongés. En d'autres endroits, toutes ou presque toutes les dépressions sont circulaires. Si cette homogénéité d'aspect n'est pas absolue, elle est cependant extrêmement frappante.

Parmi les facteurs responsables de ces différents aspects, la pente est sans aucun doute, l'élément principal. Son influence apparaît clairement sur la figure 7d sur laquelle nous voyons d'une part que les bourrelets sont toujours parallèles à la ligne de plus grande pente, et d'autre part que les formes allongées sont remplacées par des formes fermées dès que la pente diminue. Le tableau des pentes extrêmes sur lesquelles sont répartis les «viviers» fermés et les longs murs,

	Pente la + forte	Pente la + faible
Formes très étirées (longs murs ouverts)	4 %	2,4 %
Formes fermées	5 %	0 %

montre clairement que cette influence, n'est pas la seule qui intervienne. Des

dépansions fermées existent, en effet, sur les pentes où s'allongent les bourrelets, et, même sur des pentes plus marquées (5 %). Un autre élément entre donc en jeu, mais nous ne pouvons pas le définir. Il est possible cependant que les murs allongés n'existent qu'en des endroits surmontés par un versant étendu.

Une dernière remarque doit être formulée à propos de la pente: les viviers n'existent que sur des pentes inférieures à 5 %, et cette valeur paraît être très significative. Sur les versants du Stelingberg et du sommet situé au lieu dit Hoscheit, se trouve une limite très nette à partir de laquelle apparaissent les formes que nous étudions, et cette limite correspond à une brusque diminution de pente.

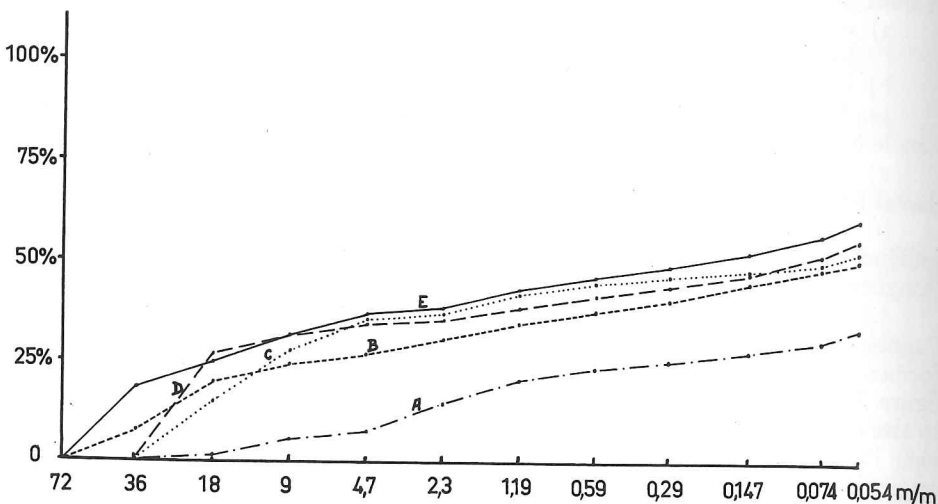


Fig. 9. Courbe granulométrique du matériel des «murs» des cicatrices de pingos du plateau des Hautes Fagnes

On possède peu de renseignements sur l'allure du fond des cuvettes et sur l'épaisseur de la tourbe qui s'est accumulée dans ces dépansions. Un profil transversal établi grâce à des sondages se succédant tous les 1m 50 a montré que pour un «vivier» de 45 m de diamètre interne visible sur la figure 8, l'épaisseur de la tourbe atteignait 7 m, 50. Ce matériel remplissait une dépansion de forme simple, en bassin, sans aucune butte centrale et tout à fait identique à celle observée au Pays de Galles (figure 3). Par contre, les «viviers» ouverts à l'amont, ne présentent pas, du moins si l'on en juge par les formes existant dans la Fagne de Belle Croix, une épaisseur de tourbe très considérable. Les dépansions y ont été en effet partiellement comblées par le ruissellement s'écoulant du versant qui les surmonte.

Grâce à des travaux actuellement en cours dans la région¹ plusieurs coupes au travers des bourrelets ont été observées. Celles-ci nous ont permis d'établir les faits suivants:

(1) Etablissement de fermes herbagères par la Société Nationale de la Petite Propriété Terrienne.

1. Les murs sont constitués d'un matériel très mal classé (indice Hé Cailleux variant de 7,9 à 6,4) et constitué d'argile ou de limon très fin englobant de nombreux cailloux de quartzite dont la dimension peut dépasser largement 50 cm. Une partie de la courbe granulométrique de ce matériel est donnée à la figure 9. Les échantillons B et E ont été prélevés à plusieurs km des échantillons C et D et cependant, la similitude des courbes granulométriques est très grande.

2. Il existe parfois à la partie extérieure du rempart un matériel également brun mais plus rougeâtre qui comprend moins de cailloux (courbe granulométrique A de la figure 9) et qui, à première vue semble être du limon éolien. Le contact entre les deux formations est approximativement parallèle à la paroi extérieure du vivier (voir figure 10). Il semble dû à l'accumulation en cet endroit de la partie supérieure du sol qui existait originellement à l'emplacement de la dépression.

3. La disposition des cailloux est très souvent caractéristique dans la partie centrale du rempart, à l'endroit où celui-ci est le plus élevé. Les cailloux y sont en effet disposés verticalement même quand ils sont jointifs. Cette disposition paraît provenir d'une poussée latérale qui s'est exercée sur la paroi.

L'âge de ces formes n'est pas connu avec précision. Leur remarquable état de conservation indique tout au plus qu'elles sont relativement récentes. Les études palynologiques entreprises dès 1937, par le Professeur R. BOUILLENNE et ses collaborateurs ont par contre montré que ces formes existaient déjà au préboréal. Les études récentes ont confirmé cette datation. Le Professeur MULLENDERS a bien voulu rassembler à la suite de notre texte l'état des connaissances actuelles à ce sujet, comme les résultats de ses recherches personnelles. Nous y renvoyons le lecteur.

Ajoutons encore que ces viviers ont été étudiés pour la première fois par des chercheurs de la Station Scientifique des Hautes Fagnes de l'Université de Liège (Directeur Prof. R. BOUILLENNE). Ils ont été les premiers à signaler et à cartographier les zones à viviers de l'Ardenne, et cela non seulement d'après le relief, mais aussi d'après la nature des groupements végétaux qui permettent de discerner les levées de terre parmi la végétation environnante. Ils ont procédé à des fouilles minutieuses et complètes de la tourbe à l'intérieur de deux viviers et en

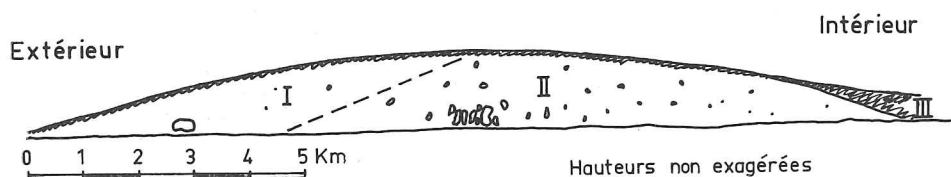


Fig. 10. Profil levé au travers du mur d'un vivier du plateau des Hautes Fagnes

ont examiné de nombreuses autres. Ces fouilles ont mis en évidence la présence dans ces tourbes de troncs d'arbres éclatés longitudinalement et disposés en passerelle ou en plancher sur pilotis. Ces pilotis, sont des fragments de troncs dont la pointe grossière est fichée dans le sol du fond des viviers. Ils sont calés par des pierres placées autour de chacune d'eux. La partie enterrée est brûlée et correspond à la zone apicale des troncs.

L'intervention d'un travail humain est évidente et est confirmée par les silex taillés recueillis sur place; attribué d'abord au Monstérien, ils ont été déterminés ensuite comme d'âge Campinien. Ainsi donc, il a été démontré qu'un certain nombre de ces formations ont été habitées.

Conclusion: Interprétation des formes

Les problèmes qu'elle soulève

Comme nous l'avons établi par les descriptions qui précèdent, les dépressions étudiées au Pays de Galles près de Llangurig, et les «viviers» des Hautes Fagnes sont des formes absolument semblables par leurs caractères comme par leurs dimensions. Il n'est pas douteux qu'elles sont nées les unes comme les autres d'un seul et même processus.

Nous sommes assurés d'autre part, que les «murs» allongés selon la ligne de plus grande pente qui existent en Belgique, sont des formes façonnées par un phénomène connexe. En effet, toutes les transitions entre ces bourrelets rectilignes et les murs circulaires ont été aperçues (voir figures 7).

Par ailleurs, les observations données plus haut, nous permettent d'établir définitivement l'origine naturelle de ces formes: la présence d'une stratification fluviale ultérieurement «arquée» à l'emplacement du bourrelet d'une cuvette du Pays de Galles en est la preuve indiscutable. Qu'il nous soit permis de rappeler ici qu'en 1956, nous manquions d'éléments pour réfuter l'hypothèse d'une origine humaine, et que nous avons dû nous contenter à cette époque, de souligner la disproportion évidente entre le travail énorme d'édification de ces «viviers» et celui que pouvait fournir une société humaine de l'âge de la pierre.

Le mécanisme naturel qui a donné naissance aux formes que nous avons décrites, est l'apparition, la croissance et la fusion de lentilles de glace dans le sol. La figure 11 donne un exemple actuel d'une de ces lentilles, observée par J. R. MACKAY au Canada. Après la fusion de la glace, il subsiste une dépression entourée d'un rempart circulaire. Des dépressions semblables, apparues de la sorte ont été observées en plusieurs endroits dans les régions arctiques. Nous retiendrons comme exemple précis, la publication de J. K. FRASER (1956) qui comme le montrent les photos 12 et 13 extraites de sa publication, a décrit au N. du Canada, des formes identiques à celles que nous avons trouvées en Europe occidentale. L'auteur a interprété ces dépressions comme des traces de pingos, et son interprétation a trouvé un support important dans la présence à proximité immédiate de ces creux de plusieurs buttes coniques, éventrées au sommet par des cratères comme le montre la figure 14. Ces buttes paraissaient bien être des pingos actuels. Outre la similitude parfaite des formes décrites par cet auteur, l'intérêt de cette publication réside également dans le fait que ces pingos sont en dehors d'une plaine côtière. Ils sont localisés en effet, sur le relief accidenté d'un glissement de terrain situé sur l'abrupt des Richardson Mountains, qui dominent en cet endroit de 900 m, le delta du Mackenzie.

La majorité des pingos actuels a été décrite dans des plaines côtières ou fluviales horizontales. La publication de FRASER, signalant des pingos sur un relief très accentué, nous fournit heureusement la preuve que ces formes peuvent exister dans une autre topographie.

Les pingos du delta du Mackenzie ont été étudiés d'après photos aériennes par J. K. STAGER. Cet auteur, après avoir observé 1380 pingos, a pu établir des statistiques concernant leur forme, leur taille et leur localisation. En ce qui concerne la forme en plan, il a noté que 71 % étaient ronds, 20 % ovales et 9 % irréguliers. Si l'on en juge par les «traces» qui ont été conservées dans les Hautes Fagnes, le pourcentage de chacune de ces catégories a dû être très différent. Les formes rondes ne sont ici qu'une minorité, tandis que les formes irrégulières sont certainement les plus nombreuses. Cette différence nous paraît toutefois normale car elle est due à la présence d'un facteur n'intervenant pas dans le delta de Mackenzie. Si, sur le plateau des Hautes Fagnes, on ne considérait que les viviers situés sur des surfaces horizontales, le pourcentage des formes rondes serait également très élevé.

Signalons encore, que les formes irrégulières de J. K. STAGER comprennent non seulement des formes triangulaires et des formes vraiment irrégulières, mais encore de «longues buttes étirées comme des dos»². Ce dernier type de pingo, se rapproche sans doute de ceux qui ont donné naissance aux longs murs parallèles qui ont été décrits sur le plateau des Hautes Fagnes.

En raison de leur localisation dans des régions au climat extrêmement rigoureux, les pingos actuels sont encore très mal connus.

De la sorte, il est intéressant de souligner les observations que nous avons faites en Grande Bretagne et en Belgique concernant la profondeur des dépressions. Cette profondeur peut être très grande et atteindre pour une forme moyenne, le cinquième (8 m) de son diamètre intérieur (45 m). Cette observation infirme l'affirmation de CORBEL (1961) qui écrit qu'après la fusion, le cratère n'existe que par rapport aux «murs», sans véritable creux dans le sol. Cette opinion paraît de toute façon bien étonnante, car, on ne conçoit pas que le matériel déplacé pour former les bourrelets, n'ait pas laissé un creux à la place qu'il occupait auparavant!

Par ailleurs, les quelques coupes que nous avons pu voir au travers des murs se sont révélées du plus haut intérêt. Elles apportent en effet des précisions à propos de la croissance de la lentille de glace, et de l'origine du bourrelet qui subsiste après la fusion. L'allure arquée de la stratification (figure 4) qui a été observée près de Llangurig ne paraît en effet pouvoir s'expliquer que par l'affaissement de couches ayant été soulevées au cours de la croissance de la lentille de glace, non seulement par la glace elle-même mais aussi par des sédiments repoussés latéralement à la suite de la croissance de l'hydrolaccolithe³ comme le montre la figure 15. Si, au Pays de Galles, ce matériel, ainsi déplacé par la glace n'a pas été observé, par contre, sur le plateau des Hautes Fagnes, la présence de nombreux cailloux dressés dans la partie centrale du mur semble correspondre à cette zone comprimée (voir figure 10).

De cette constatation découlent deux remarques:

(2) Dans un article du plus haut intérêt, paru alors que le texte présent était à l'impression, T. Ross Mackay indique que dans le delta récent du Mackenzie, quelques pingos sont si longs et sinueux qu'ils ressemblent à des eskers. (Geogr. Bull. n° 18. nov. 1962. p. 21 à 63.)

(3) La pression qui peut résulter, en cas de fort refroidissement, de la congélation de l'eau en système fermé est énorme. Elle peut atteindre des valeurs telles (jusqu'à 2500 at. à -22°) qu'elle peut vaincre n'importe quelle résistance (SCHOUMSKY, p. 102).

1. La lentille de glace ne s'accroît pas seulement à la partie inférieure mais aussi latéralement.

2. Les murs des cicatrices de pingos ne proviennent qu'en partie de la descente du sol qui recouvre la lentille de glace. L'importance de chacun des processus (poussée latérale en profondeur et glissement superficiel) est variable. Nous pensons qu'elle peut être estimée sur la figure 8, car le limon I accolé extérieurement au bourrelet proviendrait de cette descente du matériel.

Voyons maintenant dans quelle mesure les précisions que nous venons de donner, cadrent avec les descriptions fournies par les chercheurs qui ont étudiés les processus actuels. Les renseignements les plus complets existant à ce sujet sont, à notre connaissance⁴ rassemblés dans un ouvrage de P. A. SCHOUMSKY, consacré à la «Glaciologie structurale» en un chapitre intitulé «glace d'injection». Comme cet ouvrage russe paraît peu connu, nous permettons d'en reproduire les principaux extraits se rapportant à notre étude:

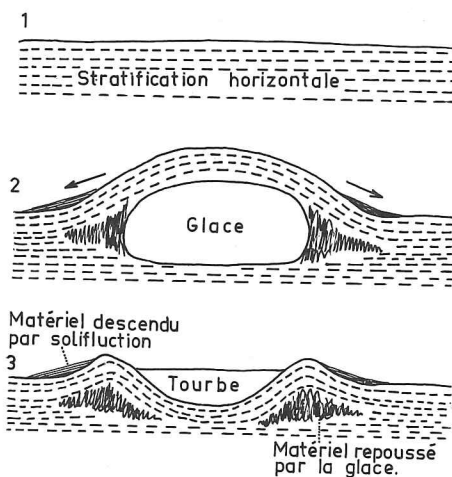


Fig. 15. Schéma montrant l'origine double (solifluxion en surface et poussée latérale en profondeur) des murs subsistant après la fonte des pingos

«Les injections glaciaires concordantes sont formées, sous pression, le long des limites des couches de roches profondes imperméables à l'eau. La pression de l'eau, déplaçant et déformant les roches encaissantes peut avoir une origine double, et d'autre part, la congélation de la roche profonde peut jouer des rôles différents. Dans certains cas, elle n'atteint que le régime hydrogéologique établi, diminuant la section naturelle de l'écoulement des eaux souterraines en lui opposant des barrières en formant une couche gelée imperméable. Dans ces conditions, le rôle de la congélation est passif et la source de pression est la charge hydraulique du courant d'eau souterrain. Dans d'autres cas, la congélation peut reproduire un système fermé, un certain volume de roche humidifiée, perméable à l'eau, limité de tous côtés par une enveloppe imperméable et dans lequel l'espace libre des pores ne suffit pas à compenser l'augmentation du volume d'eau transformée en

(4) Lors de la rédaction de notre texte, nous ignorions la publication de F. MULLER citée dans la bibliographie.

glace. Dans ces conditions, la pression de l'eau ou de la masse 'pulvérisée' résulte de la congélation elle-même. L'eau sous pression croissante, tend à couler en direction de la moindre résistance, c'est-à-dire de la région de moindre épaisseur de la couche imperméable, gelée au-dessus, l'arrachant et la délitant du substratum non gelé par des lentilles ou des couches d'eau soumises ensuite à la congélation. Si le toit gelé offre une grande résistance, et s'il n'est que faiblement relié à la roche sous-jacente il se formera une couche intrusive plate. Dans le cas contraire, le toit prendra une forte courbure, et il se formera un monticule à noyau convexe aplati correspondant par sa forme à un laccolithe. Selon le rapport entre la solidité du toit gelé et celle de sa fixation à sa base, et selon la quantité d'eau d'écoulement, il pourra se former, soit des couches intrusives, soit des lentilles à forte convexité vers le haut des laccolithes, ou enfin des formations intermédiaires pouvant présenter plusieurs convexités variables. Si le courant d'eau est trop grand, par rapport à la surface évidée, le plafond cèdera, et à l'apex du monticule apparaîtront des fissures par lesquelles l'eau s'écoulera en surface, le laccolithe se transformant en hydrovolcan ou en volcan de boue...

Dans des conditions glacio-hydrogéologiques différentes, les processus d'évidage différentiel et de formation de glaces d'injection, se déroulent de façon diverse et aboutissent à des résultats différents. Les veines de glace d'injection peuvent se former dans une couche de congélation et de fonte saisonnières, ou même à la surface inférieure d'un ensemble de faible puissance progressivement gelé. Dans le premier cas, on aura des formations saisonnières ou partiellement annuelles de courte durée, et dans le second des formations de longue durée...

SCHOUMSKY parle ensuite des injections de glace qui apparaissent dans la zone des gelées saisonnières. Il insiste sur le fait qu'il n'y a pas unanimité d'opinion sur le fait de savoir si elles se sont produites par la congélation de systèmes fermés ou par celle d'eaux de surface. Pour lui cependant, il ne fait pas de doute que les deux types d'injection existent. «Il semble cependant qu'ils soient reliés par des stades intermédiaires qui, dans bien des cas, rendent difficiles une délimitation précise. Mais les nombreuses descriptions actuelles indiquent la prépondérance quantitative marquée, et l'échelle plus grande des phénomènes d'évidage liés à la congélation des eaux s'écoulant au-dessus des sols gelés...

Les injections glaciaires multiannuelles, formées par le gel de mollisols au-dessus de lacs envasés ou asséchés sont les plus importantes... Les monticules d'évidage de ce type sont connus sous le nom iakoute de 'boulgounniakhi' qui correspond en Amérique du N. au terme eskimo de 'pingo'. Les pingos s'accroissent graduellement dans les dépressions lacustres gelées, au cours d'une longue période, s'élevant avec une rapidité pouvant être à peine sensible ou dépasser 0,5 m par an. Dans la plupart des cas, leur hauteur oscille entre quelques mètres et 20 à 25 m, et dans les régions arctiques peut même aller jusqu'à 40 ou 70 m. Dans les plaines alluviales, les grands pingos dépassent de beaucoup sur de vastes étendues, les sommets les plus élevés du relief local. En diamètre, ils peuvent atteindre plusieurs dizaines et centaines de mètres. Leur voûte atteint une puissance de 2 à 8 m; le plancher du noyau de glace git ordinairement 5 à 10 m au-dessous de la surface environnante. En principe, ils intéressent des ensembles alluvionnaires, et les glaces d'injection composant leurs noyaux gisent au contact entre les dépôts argilo-sableux de couverture des vallées, et les sables et galets du lit sous-jacent, ou au voisinage du contact à l'intérieur des horizons de vallée

ou de lit. Le mouvement des eaux dans le mollisol, à la congélation duquel est liée la formation des pingos, s'opère presque en entier dans l'alluvion du lit perméable...

Les monticules en croissance sont supportés par des roches aquifères non congelées. Dans la plupart des cas, l'eau présente une charge hydraulique...

Toutes ces précisions peuvent s'appliquer sans difficulté aux traces de pingos que nous avons décrites au Pays de Galles. La profondeur des dépressions, le matériel fluviatile avec des lits perméables et imperméables en alternance, la possibilité d'emprisonnement d'une quantité d'eau relativement importante dans ce matériel souvent «openwork» tout cela correspond parfaitement aux exigences locales données dans l'ouvrage de SCHOUMSKY. Il n'en est toutefois pas de même en ce qui concerne les viviers des Hautes Fagnes, où les formations meubles parfois épaisses sont en grande partie imperméables. Ici se pose avec acuité le problème de l'origine de l'eau qui a constitué ces pingos. Il est impensable que ces formes aient pu apparaître brusquement en une seule fois, à la suite d'un brusque refroidissement, car la quantité d'eau qui pouvait être contenue dans le sol était certainement insuffisante à l'édification de ces formes. D'autre part, le recouvrement, l'enchevêtrement de tous les murs des «viviers» montrent en plusieurs endroits, l'existence de plusieurs générations de pingos. Il faut donc admettre que les lentilles de glace se sont édifiées à partir d'eau superficielle, pénétrant au moment du dégel saisonnier dans le sol. E. MUCKENHAUSEN est de cet avis, lorsqu'il défend l'idée que les pingos allongés, ont dû provenir de l'alimentation en eau de la partie amont de la lentille de glace, entraînant sa croissance dans cette direction. Après cet auteur, nous sommes convaincus de l'exactitude de cette théorie, mais nous ne pouvons toutefois en préciser le mécanisme. Celui-ci implique en effet, à la fois une alimentation semblable à celle qui existe pour les lentilles de glace saisonnières, et cependant un processus d'injection multiannuel pour donner les formes extrêmement importantes dont nous observons maintenant les traces. Il nous semble évident que nous trouvons ici devant un mode de formation particulier, différent de ceux qui ont été décrits ailleurs.

Les conséquences paléoclimatiques de l'existence de pingos dans nos régions au cours du Quaternaire ont été soulignées par J. CORBEL en 1961. Ces formes exigent en effet des conditions climatiques rigoureuses. Les pingos connus actuellement se trouvent, selon lui, dans des régions où la moyenne du mois le plus froid est inférieure à -20° , où la moyenne annuelle est comprise entre -10 et -15° , et où les précipitations sont de l'ordre de 200 mm. Et cet auteur de conclure que l'existence de pingos au Quaternaire, en Europe Occidentale, est «impensable car cela supposerait un abaissement de la température moyenne de 22° C, c'est-à-dire un bouleversement climatique sans précédent dans l'histoire géologique». Cet écrit souligne toute l'importance de l'existence des formes, que nous avons décrites, qui, rappelons-le, présentent bien les caractéristiques des pingos typiques c'est-à-dire, selon J. CORBEL lui-même, le mur circulaire et la stratification du bourrelet (Pays de Galles). Ajoutons pour terminer que le climat vigoureux qu'implique l'apparition de ces formes a dû exister au cours du Wurm, et probablement à la fin de cette période, comme le montre la fraîcheur des formes, et comme l'établissent les travaux palynologiques publiés ci-après par le Professeur MULLENDERS et par Miss TROTMAN.

Summary

Ramparts of pingos have been discovered in central Wales, 22 m. east of Aberystwyth in a "dry valley", east of Llangurig at 950 feet. From two north-facing tributary valleys cut into the plateau (1300—1400 feet) large fans of poorly washed gravel of periglacial origin extend across the "dry valley". On these spreads and on the ill-drained area between them are situated most of the pingos (fig. 1).

The remains of the pingos consist in some cases of circular ramparts, sometimes completely detached, sometimes intersecting one another. The ramparts often enclose a peat-filled depression, but sometimes, especially in the gravel fan on the Nant Cae-Garw, the central depression is filled with sediments. On sloping ground they are generally semi-circular with a break in the rampart on the up-slope side. Their internal diameter is as great as 120 metres; in the case of the two surveyed examples (in the right foreground of fig. 2) diameters are 42 m. and 75 m., with ramparts rising respectively 0,7 m. and 1,6 m. above the peat. In the former the maximum thickness of peat in the enclosed basin is 6,5 m. Pollen analysis indicates that the base of this peat is Pre-boreal.

One semi-circular rampart (a on fig. 1) is cut by the Nant Cae-Garw, showing the gravels to be arched immediately below the rampart (fig. 4). At the base of this section are:

- I. well washed, open-work, angular gravels, overlain by
- II. poorly washed gravels, succeeded by
- III. coarser unsorted rock debris in yellow-grey clay: probably a solifluction deposit.

Beds I and II are clearly fluvial; imbrication suggests they came from the south. They are undisturbed in stream sections 600 metres to the east and the arching here, is believed to be due to thrust exerted by the growing ice lens in the pingo.

In contrast, all the examples (viviers, "fish-ponds") from Belgium occur on the highest parts of the plateau of the Ardennes, above 1600 feet, the majority being on the Plateau des Hautes Fagnes (fig. 6). They are formed in residual clays covered with aeolian loess, on slopes of less than 5° and in most cases, a northerly aspect.

There are two types (1) closed depressions, (2) open depressions with the rampart interrupted on the side higher up the slope (fig. 7). The latter grade into elongated forms, in extreme cases being drawn out into long stripes parallel to the slope (fig. 7d). The main factor producing these variations is probably slope, these elongated forms being replaced by closed forms as the slope decreases. But an analysis of slopes suggests that some other factor is at work, for examples of closed depressions are found on slopes (5°), steeper than those on which the elongated forms may occur (4°).

The profile of one depression, diameter 45 m, is given on fig. 3, the maximum depth of peat being 7,5 m. and the base as in Wales, Pre-Boreal. Sections of ramparts show a structureless silty drift containing numerous stones and boulders (up to 50 cms.), which in the centre usually lie vertically — due, it is argued of thrust from the ice lens. On the outer slope of the rampart there is often a

reddish-brown loess-like deposit with fewer stones (fig. 9) — believed due to the migration of material from the top of the growing pingo.

The great majority of present-day pingos in the Arctic are in alluvial material, like those at Llangurig but examples from the Richardson Mountains, west of the Mackenzie delta, suggest they may occur on other types of terrain. The structure of the ramparts examined in both Belgium and Wales, is held to demonstrate a lateral thrust exerted by the growing ice lens. Finally, the author suggests a late Würm age for the examples from both countries because of their freshness of form — an conclusion in accord with the palaeobotanical evidence.

Zusammenfassung

Ein Feld mit „pingos“ Narben ist in Wales, in einem schlecht drainierten (entwässerten) Gletschertal, in der Nähe von Llangurig entdeckt worden. Diese Formen beschreibt und vergleicht der Autor mit gleichartigen Senkungen, welche er 1956 in Belgien (Hohes Venn) gesehen hat.

Es handelt sich um mit Torf gefüllte Senkungen, welche von einer klar-gezeichneten Mauer umgeben sind und in den typischsten Fällen kreisrund sind. Die beobachteten Durchschnitte zeigen, daß es sich um einen natürlichen Vorgang handelt; außerdem zeigen sie, daß diese Mauern unter einem lateralen Druck geformt wurden, welcher dem Wachstum eines Eiskernes zuzuschreiben ist.

Die im Hohen Venn sehr häufigen länglichen Formen sind verschieden von den aus typischen pingos geborenen Formen und sind wahrscheinlich einem ähnlichen Vorgang zuzuschreiben, welcher allerdings noch schlecht bekannt ist.

Diese Formen stammen aus dem Ende des „Jungwürms“ und setzen eine Periode äußerst kalten Klimas voraus.

Bibliographie

- BOUILLENNE, R. & L. — avec la collaboration de S. DEFOSSEZ, CH. DUBOIS, J. DAMBLON & A. WILLIAM, 1937: Les viviers du plateau de la Baraque Michel. *Bull. Soc. Royale des Sciences de Liège*, 12: 404—427.
- CAILLEUX, A., 1961: Mares et lacs ronds et loupes de glace du sol. *Biuletyn Peryglacjalny*, 10: 35—41. Lodz-Pologne.
- CORBEL, J., 1961: Morphologie périglaciaire dans l'Arctique. *Annales de Géographie*, 70, 377: 1—24, Paris.
- CRAIG, B. J., 1959: Pingo in the Thelon valley, N.W.T. Radiocarbon age and historical significance of the contained organic material. *Bull. of the Geological Society of America*, 70: 509—510.
- FRASER, J. K., 1956: Physiographic notes on features in the Mackenzie delta area. *Le Géographie canadien*, 8: 18—23.
- MAARLEVELD, G. C., & VAN DER TOORN, J. V., 1955: Pseudo-sölle in Noord-Nederland. *Tijdschrift van het koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap*, 74: 4.
- MACKAY, J. ROSS., 1953: Postglacial drainage changes in the Darnley Bay Area, N.W.T., Canada. *Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers*, 15: 21.
- MUCKENHAUSEN, E., 1960: Eine besondere Art von Pingos am Hohen Venn/Eifel. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 11: 5—11.
- MULLER, F., 1959: Beobachtungen über Pingos. *Med. on Grönland*, 153—3, Copenhagen, 127 p.
- NOSSIN, J. J., 1960: De reliefontwikkeling in Zuidoostelijk Friesland. *Publication du Physisch-Geografisch Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam*, p. 1 à 23.
- PISSART, A., 1956: L'origine périglaciaire des viviers des Hautes Fagnes. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 79: B 119—131.

- SCHEIDEGGER, A., 1961: Theoretical Geomorphology. Springer-Verlag, Berlin, 333 p.
SCHOUMSKY, P. A., 1955: Principes de glaciologie structurale. Traduction par J. PIETRESON de SAINT AUBIN et A. BAUER, dans Annales du Centre d'Etudes et de Documentation paléontologiques, 22: Octobre 1957, 309 p. Gap.
STAGER, J. K., 1956: Progress report on the analysis of the characteristics and distribution of pingos, east of the Mackenzie delta. Canadian Geographer, 7: 7, 13—20.

Note préliminaire sur la palynologie des pingos du Plateau des Tailles (Belgique)¹

par

WILLIAM MULLENDERS avec la collaboration de FRIDA HAESENDONCK

Laboratoire de Palynologie de l'Université de Louvain

Avec 1 figure

1. Introduction

Le mérite d'avoir mis en évidence l'origine naturelle des dépressions circulaires remplies de tourbe, des hauts plateaux ardennais, dépressions appelées «viviers», revient à M. A. PISSART (1956). Ces pingos, ou hydrolaccolithes, sont formés en climat périglaciaire, et il était intéressant de tenter de déterminer leur âge au moyen d'analyses polliniques combinées à des datations par le C 14. L'analyse pollinique des dépôts de remplissage présente cependant certaines difficultés d'interprétation; en effet, les pingos bien délimités sur le terrain ont excité de tous temps la curiosité ou l'intérêt de l'homme, qui s'y est livré à diverses activités: construction de pilotis, exploitation de tourbe, sondages. Bien plus que dans les tourbières, on doit donc s'attendre à des mélanges d'horizons d'âge différent, et pour éliminer plusieurs spectres aberrants, il convient donc d'analyser plusieurs profils.

Trois pingos seulement ont fait l'objet jusqu'à ce jour, d'analyses polliniques en Belgique.

Il s'agit tout d'abord du Vivier Fredericq (Baraque Michel) étudié par R. & M. BOUILLENNE & DEFOSSEZ (1937); mais les spectres étudiés sont difficiles à interpréter: d'abord attribués au Boréal, ils ont ensuite été rapportés à la période Atlantique (BOUILLENNE-WALRAND & DARIMONT [1939]).

Ensuite ce fut le Vivier Fagnoul (Baraque Michel), étudié par FLORSCHUTZ & VAN OYE (1937, 1938, 1939), qui a livré un beau diagramme. La base du profil (540 cm) a été rapportée avec doute à l'Alleröd (SAUVAGE [1954]); les niveaux supérieurs par contre relèvent incontestablement du Dryas récent et du Préboréal, avec dominance alternative de *Betula* et de *Pinus silvestris* (30 à 60 %), suivis de *Salix* en troisième position.

Enfin, toujours à la Baraque Michel, VAN DER HAMMEN (1953), dans un pingo à la Belle Croix, a mis en évidence le Dryas récent et le Préboréal.

(1) Recherches subventionnées par le Centre National d'Ecologie Générale.