

*Jan Dylík*

*Lódz*

## PROBLEMES PERIGLACIAIRES DE HONGRIE

En Hongrie, les périodes froides du Pléistocène se sont manifestées exclusivement par l'intermédiaire des actions périglaciaires. Actuellement, les traces fossiles de ces actions éveillent, à bon droit, le plus haut intérêt, vu toute une série de traits qui constituent précisément l'originalité de la région hongroise, traits uniques, voire introuvables dans les autres régions d'Europe. La structure géologique du bassin des Carpates où les actions tectoniques ne se sont pas définitivement éteintes au Pléistocène, a dû exercer une influence notable sur l'évolution des processus d'érosion et d'accumulation. En ce qui concerne les autres conditions, elles aussi tout à fait exceptionnelles, au milieu desquelles diverses actions périglaciaires se sont déroulées, elles sont attribuables principalement à la situation géographique et au caractère du relief.

La Hongrie se trouve dans une zone périphérique de pergélisol pléistocène (Poser 1948; Cailleux 1962), mais sous des conditions climatiques assez étranges résultant à la fois de la situation géographique et des caractères particuliers du relief.

Ainsi, Bulla (1933) fait surtout ressortir le caractère transitoire de la région hongroise par rapport au climat semi-aride et semi-pluvial de celle-ci. Par contre, selon Rónai (1961) le trait le plus important du climat de la Hongrie est une très grande labilité qui a dû se manifester aussi au Pléistocène, à cette différence près que l'intensité des changements atmosphériques aurait été sans doute plus notable en cette période.

Au cours des périodes glaciaires et interglaciaires, la chaîne de Carpates assurait aux bassins hongrois une situation climatique toute particulière, quasi hermétique. Cette situation reste inchangée pendant l'Holocène. Ainsi, toujours selon Rónai (1961), en hiver aussi bien qu'en été, le climat de Hongrie différait de celui de toutes les régions voisines. Notons aussi que le climat du bassin des Carpates ne présente actuellement d'analogies avec aucun autre climat en Europe et qu'il n'en a présenté non plus dans le passé pléistocène. Il différait donc du climat caractéristique des régions du nord-ouest, océaniques, soumises aux glaciations au cours des périodes froides. Il était autre que le climat des régions orientales continentales

des steppes froids durant les périodes froides du Pléistocène. Enfin, le climat hongrois différait aussi du climat des régions méridionales, méditerranéennes, humides et froides au cours des périodes glaciaires.

Sur l'état des études concernant le Pléistocène de Hongrie nous informons les travaux de Kretzoi, de Pécsi et de Rónai, dans le *Quaternary of Central and Eastern Europe* publié à l'occasion du VI<sup>e</sup> Congrès l'INQUA qui s'est tenu en Pologne en 1961.

Il est évident que la majorité des problèmes du Pléistocène en Hongrie se rangent parmi ceux qui relèvent des phénomènes périglaciaires: ils concernent le relief, les dépôts et les structures. De la très riche littérature traitant des terrasses de vallées, il convient de citer les travaux des auteurs suivants: Cholnoky (1962), Bulla (1934, 1936, 1939, 1956), Kádár (1956), Kéz (1934, 1943), Láng (1942), Marosi (1955), Pécsi (1956, 1959).

Le travail de Gy. Peja (1957) et toute une série de travaux de Pécsi, publiés à partir de 1955, sont consacrés à l'examen des dépôts de versant et à celui des formes de relief périglaciaire du type des vallées en berceau, formes particulièrement intéressantes et assez peu connues.

Le problème des sables éoliens et des dunes ainsi que la question du loess font l'objet des travaux de Bulla (1933, 1937—1938, 1953 et de ceux, plus récents, de Kádár (1954, 1955, 1956, 1960).

De très intéressantes études sédimentologiques portant sur les dépôts pléistocènes, inaugurées par Szádeczky-Kardoss (1933), ont été conduites, ces dernières années, par Miháلتz (1953) et par Sumeghy (1953). Les travaux de Kretzoi (1953b et 1961) contiennent les résultats des études stratigraphiques et paléoclimatiques, basées principalement sur l'examen des restes fauniques fossiles. Par contre, Bacsák (1940, 1942, 1955), Kriván (1955) et, récemment, Bulla (1960) font appel dans leurs travaux à des données astronomiques, en suivant en ceci l'essai de Milanković.

Notons aussi que l'ancien milieu climatique périglaciaire a été reconnu en Hongrie en même temps que les structures périglaciaires. C'est en 1936 que E. Szádeczky-Kardoss explique pour la première fois les structures périglaciaires hongroises. Quelques années plus tard, paraissent les premiers travaux, tout à fait révélateurs, de Bulla (1939), de Kerekes (1938, 1941) et de Láng (1940, 1943). Les années qui ont suivi la dernière guerre mondiale apportent bon nombre de travaux dus surtout à la plume de jeunes auteurs. Une part considérable de ces publications a été présentée dans une bibliographie annotée, oeuvre de J. Szilard (1960)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Les données bibliographiques qui ne sont pas mentionnées à la fin de cet article, peuvent être retrouvées dans la bibliographie de Szilard.

Actuellement, à peu près sur tout le territoire de la Hongrie, ont été reconnues de nombreuses et fort variées manifestations des phénomènes périglaciaires, de sorte que ce pays occupe, dans ce domaine de la recherche, un poste de tout premier ordre en Europe.

En juin 1962, j'ai eu l'occasion de prendre connaissance, d'une façon directe, de certains problèmes périglaciaires de Hongrie, au cours d'une série d'excursions organisées par MM. le Professeur [Béla Bulla], le Dr. Marton Pécsi et le Dr. András Székely de l'Institut Géographique de l'Académie Hongroise des Sciences de Budapest, ensuite, par MM. le Professeur László Kádár de l'Université de Debrecen et le Professeur Zoltan Szabo de l'Institut Régional de l'Académie Hongroise des Sciences<sup>2</sup>.

Parmi les structures périglaciaires les plus frappantes et les plus sûres observables en Hongrie, il convient de citer, en premier lieu, les fentes en coin atteignant une longueur de 3—4 mètres. Soulignons ici que toutes fentes en coin reconnues apparaissent dans les graviers de terrasses, par exemple à Cinkota dans la terrasse V du Danube (photo 1), et dans les graviers des cônes de déjection, comme par exemple près de Vasvár. Dans cette dernière localité, les fentes en coin se sont développées dans les graviers pléistocènes anciens du cône de la Raba, déplacés et déposés dans une vallée en berceau fossile (photo 2). On rencontre les fentes en coins même dans les graviers pliocènes, déplacés en voie des processus d'érosion comme on l'a pu observer à Billeg.

Il ne m'a pas été possible d'observer toutes ces fentes en coin en plan horizontal. Cependant, les déformations affectant les couches de graviers au contact immédiat de ces fentes attestent l'appartenance de ces dernières aux fentes thermiques. Ceci confirme l'interprétation qui nous a été donnée de ces formes par les collègues hongrois, et surtout par M. Pécsi. D'ailleurs, on peut l'observer fort bien sur la photo présentant une fente en coin située près de Vasvár. Par contre, sans quelques observations plus détaillées, il est impossible de dire s'il s'y agit de fentes en coin du type *ice-wedges* ou bien *sand-wedges*.

L'existence de fentes en coin en zone périphérique de pergélisol pléistocène est déjà un fait étonnant en soi. On se trouve en présence de structures

---

<sup>2</sup> L'itinéraire des excursions a été le suivant: les environs de Budapest, les monts Matra, la vallée de l'Eger, les piedmonts des montagnes Bükk, les environs de la Transdanubie, Nyirseg, Tokay, les piedmonts des montagnes Zemplén, la plaine hongroise à partir de Debrecen, par Kecskemét jusqu'à Dunaföldvár, les montagnes Mecsek et Villány. Outre les collègues hongrois susmentionnés, ont participé à de diverses excursions: MM. le Professeur András Kéz, le Dr. Szilard, Sándor Somogyi, le Dr. Josef Patakiet et l'ingénieur L. Feyer. Il m'est un agréable devoir d'adresser à toutes ces personnes l'expression de ma plus profonde gratitude ainsi que mes remerciements les plus chaleureux.

puissantes, développées, par surcroît, dans les graviers, donc dans un matériel peu favorable à l'évolution des polygones dus aux fentes thermiques.

La coupe d'Atkár (photo 3) nous permet de reconnaître des structures de pression congélistatique. Cette interprétation se trouve confirmée par une disposition chaotique des couches, pliées, parfois même déchirées, ainsi que par les traces bien nettes d'injection. Sur la photo 4, on peut reconnaître le contour de la coupole d'injection déformée au centre, due à la fonte de la glace dans le sol survenue à la suite du processus thermokarstique.

Les déformations du type de festons à grands rayons, affectant les couches observées à Pestlörinc, à Galgahéviz et à Hegyeshalom, ont été décrites par Pécsi (1961 a, b) et désignées par lui du nom de *frostdeformierte Schichten*. Selon cet auteur, elles ont dû se constituer dans le pergélisol, au-dessous de la zone active.

A Borsosgyör près de Papa, les déformations de ce type interviennent dans des couches de sables fins et d'argiles pannoniennes (photo 5). Dans la coupe verticale, elles apparaissent sous forme de festons à grands rayons. On pourrait les interpréter comme un cas tout particulier des structures de pression congélistatique. Elles se seraient constituées en zone active, au cours d'une action intense du gel. Le cours quasi régulier de ces déformations laisse supposer une homogénéité considérable des conditions, notamment une surface plate, peu variée, de même qu'une uniformité du matériel. Si cette interprétation est juste, les structures festonnées à grands rayons, inconnues jusqu'à présent dans la littérature mondiale en dehors des travaux des savants hongrois, constitueront un indice paléogéographique de tout premier ordre. Sans exclure la possibilité d'existence de roches imperméables au-dessous des couches déformées, ce qui d'ailleurs n'a pas lieu dans les localités hongroises, on est cependant porté à admettre la constitution des festons à grands rayons dans des conditions créées par le pergélisol, au-dessous de la zone déformée. Les structures en question pourraient être non seulement un indice de l'ancien pergélisol pléistocène, mais, de plus, elles indiqueraient aussi la profondeur de la zone de pergélisol actif. Un fait surtout semble corroborer notre supposition: les structures festonnées à grands rayons se formaient au-dessous des surfaces horizontales plates qui, dans des proportions plutôt réduites, étaient exposées à la dénudation. Donc, il suffirait en ce cas-là de mesurer l'épaisseur de la zone déformée. La première couche normale se trouvant au-dessous de la déformation correspondrait d'une manière assez exacte au sommet de cette partie du pergélisol qui n'était pas soumise au regel.

Dans les dépôts périglaciaires de Hongrie, surtout dans ceux composés de graviers d'âges différents mais déplacés et déposés dans les vallées en

berceau, on rencontre des structures énigmatiques qui diffèrent des structures observables dans les régions situées en dehors des Carpates.

Près de Hegyeshalom, Pécsi a observé quelques structures bizarres, développées dans des graviers du cône danubien datant du Riss. En coupe verticale, ces structures affectent la forme de chaudrons remplis de graviers dont les minces strates reproduisent assez fidèlement le contour des parois des „chaudrons” (photo 6). Pécsi appelle ces structures *kesselförmige Schotterpolygonen*. Toutefois, si l'origine de ces structures se rattache réellement à la formation de la glace des fissures, il nous faudra admettre un profond ravinement des fissures polygonales durant la période de la fonte des glaces. Les formes dues au remplissage des ravins seraient donc proches des structures de couverture de Romanovsky (1960) et de Lavruchin (1960). Ce type de remplissage est observable aussi dans une autre structure de Hegyeshalom (photo 7).

De très curieuses structures s'observent dans les graviers du cône pré-pléistocène de la Raba, à Ostffyasszonyfa (fig. 1, photo 8). Notons ici que le terme de *kesselartiger Sandsack mit Schotternestern* (Pécsi 1961) est purement descriptif et ne comporte aucune suggestion quant à la genèse de cette formation. Par contre, le terme de *fassförmige Riesenpolygonen* semble déjà orienter l'explication dans un sens qu'on se refuse précisément à suivre. En effet, il est difficile d'admettre la présence des sols polygonaux fissurés, vu la proximité et le caractère des formes de remplissage actuelles. La conception de cercles de pierres est également fort peu probable et se trouve infirmée par le caractère même des autres structures périglaciaires répandues en Hongrie. Les formes qui sont à l'origine des structures fossiles témoignent généralement, et d'une façon bien nette, des conditions climatiques fortement continentales. Par contre, les cercles de pierres du type polaire, d'après Troll (1944), doivent être considérés plutôt comme des formes océaniques.

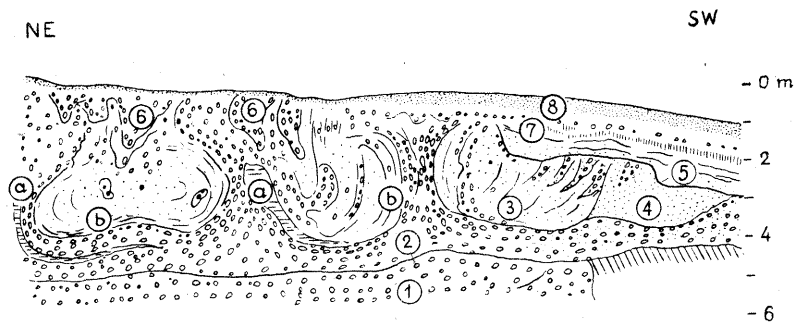


Fig. 1. Ostffyasszonyfa. „Fassförmiger Riesenpolygon” de M. Pécsi; probablement une structure de thermokarst. D'après M. Pécsi (1961, fig. 7)

D'autre part, l'analyse des éléments structuraux en question, tels qu'ils nous apparaissent en coupe verticale, ne nous autorise pas à interpréter ces structures comme des anciens cercles de pierres. Leurs dimensions sont trop considérables, puisqu'elles atteignent même 2 mètres de haut. La structure des strates fines ainsi que la disposition des particules individuelles témoignent plutôt des injections d'en bas et ne peuvent pas être attribuées au triage thermique accompagnant d'habitude les cercles de pierres.

A défaut d'un examen plus détaillé allant aussi dans le sens de la largeur et de la longueur, il n'est pas du tout aisé de se prononcer sur la genèse de ces structures énigmatiques. On peut seulement supposer l'injection à l'origine des formes qui ont donné naissance à des structures actuelles après la fonte de la glace dans le sol et à la suite du remplissage de relatifs vides laissés par la glace, remplissage accompli par un matériel gisant plus haut.

La coupe près de Billeg est d'un intérêt tout particulier, vu ses graviers pliocènes supérieurs dont la position stratigraphique originaire se trouve au-dessous de la couverture basaltique. Notons toutefois que ces graviers ont été exhumés de dessous la couverture basaltique et déplacés par l'érosion. Ils attestent un rythme bien net au cours de la déposition de matériaux se caractérisant par l'alternance des particules plus grossières et plus fines. Ceci les fait rapprocher des grèzes litées étudiées en France. Sans doute le ruissellement a-t-il joué un rôle dominant au cours de la déposition de ces graviers dans les vallées en berceau. Sur le caractère du milieu de sédimentation de ce dépôt extrêmement intéressant nous renseigne toute une série de structures qui y apparaissent et dont une partie au moins peut être qualifiée de structures périglaciaires. A côté de nombreuses fentes en coin fort bien conservées, on a rencontré une structure reconnaissable sur la photo 9. C'est un bloc de matériel pannonien qui s'y est déposé le plus probablement en état gelé. Dans le même matériel apparaissent des formes assez énigmatiques, ressemblant à des piliers composés de matériaux fournis par le substrat pannonien, qui atteignent 8—20 mètres de haut et 1—2 mètres de large. Ces formes n'ont pourtant pas été dégagées, et je ne les signale ici que d'après la description qui nous a été donnée par le Dr. Pécsi et le Dr. Szilard.

En présentant ici diverses structures périglaciaires, on a plus d'une fois attiré l'attention sur le matériel déplacé et déposé sur un substrat secondaire. Cela a dû se passer à la suite des processus d'érosion périglaciaire dont l'expression géomorphologique s'observe principalement sous forme de cônes de déjection et de vallées en berceau.

A Balatonszabadi, sur la rive S du Balaton, la coupe révèle des sables

fins et des strates fines de limon semblables au loess. Parmi ces matériaux apparaissent, d'une façon tout à fait imprévue, de minces couches de graviers. On y découvre aussi les traces d'une faune mixte représentée par des mollusques pannoniens et pliocènes. Les dépôts en question remplissent une vallée en berceau taillée dans un cône de déjection provenant du Bakony Vertes. Le bassin du Balaton coupe non seulement ce cône, mais aussi la vallée en berceau dont la formation et le remplissage ont eu lieu sous les conditions périglaciaires de la dernière période froide. On en conclut au jeune âge du Balaton. Des dépôts semblables ayant été observés à Velencei, cette remarque est aussi valable pour le bassin du lac Velencei.

Parmi les formes de relief les plus frappantes et, en même temps, les plus répandues aussi bien en zone de montagnes moyennes (photo 10) que dans les plaines et même dans des régions plates de la *puszta* (photo 11), il convient de citer les niches de dénudation du type de vallées en berceau. Ces formes atteignent une longueur de ca 10 kilomètres.

Au rôle important joué par les vallées en berceau dans le paysage hongrois correspondent leurs exceptionnelles fonctions morphologiques. En effet, ce sont précisément les vallées en berceau qui concentrent en quelque sorte tous les processus d'érosion, établissant une liaison entre le transport transversal immédiat de versant et le transport longitudinal. A la suite du développement des vallées en berceau s'accomplissaient la transformation des vallées fluviales, la retraite des versants et les changements dans le relief des régions très étendues de l'interfluve. Le modelage et la transformation du relief étaient dus au déplacement d'énormes masses de matériel rocheux. Ainsi les dépôts des vallées en berceau peuvent être considérés comme corrélatifs à d'importants processus morphogénétiques pléistocènes. Leur composition est extrêmement variée. En effet, on y distingue graviers, sables, argiles, matériaux de différent calibre provenant des périodes pléistocènes plus anciennes, matériaux déposés au cours de la période froide. Dans cette dernière catégorie domine surtout le matériel loessique. Or, sa présence dans les vallées en berceau ainsi qu'une texture hétérogène indiquent clairement que presque tout le loess hongrois doit être considéré comme un dépôt redéposé. Notons aussi que, dans bon nombre de cas, le processus de déplacement du loess a dû s'accomplir à plusieurs reprises.

Sur les versants des monts Matra, près de Szurdokpüspöki, s'observe une petite vallée en berceau (photo 12). Elle est la plus jeune des deux ou trois générations de vallées de ce type. Ainsi les vallées en berceau plus anciennes ont été comblées avec du matériel de remplissage, tandis que la plus jeune vallée a été taillée dans les dépôts de celle qui l'avait précédée. A la base de ces vallées en berceau apparaissent les sables à stra-





reposent des argiles solifluées. Enfin, au sommet de la coupe, est visible l'horizon B du sol fossile para-brunâtre<sup>3</sup>.

La situation géomorphologique et la structure des vallées en berceau à Szurdokpüspöki et près d'Eger, confirment le développement des vallées en berceau présenté sur un diagramme de Pécsi (1962). Toute une série de vallées en berceau d'âges différents, développées dans la région loessique près de Tolna (fig. 3), a dû provoquer, en fin de compte, l'inversion du relief. Les déplacements du matériel gisant isolément et les effets géomorphologiques des processus d'érosion se rattachant aux vallées en berceau étaient d'autant plus importants que le développement de ces vallées affectait toutes les surfaces de pente et, de plus, presque en toutes les directions.

A défaut de propres observations faites sur le terrain, on est tout naturellement quelque peu gêné dans l'appréciation des phénomènes périglaciaires. Tel a été bien mon cas. En effet, j'ai eu l'occasion de voir quelques dizaines de localités hongroises au cours d'une série d'excursions parfaitement organisées, dont le rythme pourtant nécessairement rapide a fait diminuer les possibilités d'investigation. Toutefois, les observations faites dans quelques localités choisies, complétées ensuite de données de la littérature hongroise, nous incitent à des réflexions sur la signification et la portée de nombreux faits périglaciaires que nous avons pu constater.

De belles fentes en coin, développées à Cinkota, à Vasvár, à Sárvár et à Billeg constituent sûrement des fragments des polygones dus aux

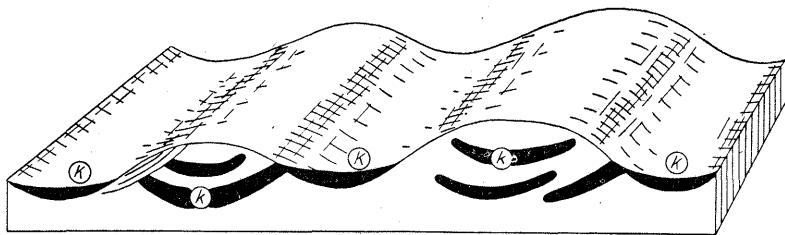


Fig. 3. Tolna. Générations successives des vallées en berceau. K — sols fossiles. D'après M. Pécsi (1962)

<sup>3</sup> Le côté droit du dessin présentant la coupe à travers la vallée en berceau à Eger, à partir de la moitié de la distance entre I et VI, est sans doute une reconstitution, puisque l'affleurement ne s'étale pas aussi loin à droite. Or, cette reconstitution éveille quelques doutes, vu les argiles oligocènes déplacées par la solifluxion et dont la situation sur le versant semble indiquer que la vallée fluviale à droite du dessin serait antérieure à la vallée en berceau qui se serait formée plus haut, dans le voisinage immédiat avec la vallée fluviale et parallèlement au bord de cette dernière.

fentes thermiques. Elles mesurent au moins 3 mètres de haut et s'enfoncent dans des formations graveleuses, peu favorables au développement des fissures polygonales. Selon Popov (1960) et de nombreux autres auteurs, les polygones dus aux fentes thermiques, et principalement ceux dans lesquels, s'est formée la glace, se développent uniquement dans les matériaux meubles à éléments très fins. Par contre, Schoumsky (1960) constate la présence des polygones dus aux fentes thermiques dans des dépôts de différent calibre. Dans la zone de l'actuel pergélisol sibérien, les polygones de ce type apparaissent un peu partout. Remarquons cependant que, dans la partie sud de la région, sous un climat plus doux, ils sont développés seulement dans des couches à éléments très fins, tandis que plus loin vers le nord, on rencontre les polygones dans des matériaux plus grossiers. Enfin, tout à fait au nord, sous un climat le plus sévère, les polygones dus aux fentes thermiques s'observent dans tous les dépôts meubles même dans ceux à éléments très grossiers.

Les traces fossiles des polygones de fentes thermiques sont donc en désaccord avec la zone périphérique de pergélisol, dans laquelle toute la région hongroise a dû fort probablement se trouver. On en conclut que, en dépit de cette situation périphérique, le climat périglaciaire de Hongrie au Pléistocène a dû être très sévère avec surtout les hivers très rigoureux, ce qui a permis aux polygones de se développer puissamment dans un matériel grossier composé de graviers et de galets. Cette conclusion est en parfait accord avec les caractéristiques du climat actuel de Hongrie.

En dehors des structures témoignant de l'existence incontestable des polygones de fentes thermiques avec ou sans glace, on peut rencontrer en Hongrie diverses formes similaires qui réclament pourtant une tout autre explication. Il s'y agit notamment de structures pochées, circulaires ou ovales (vues en coupe horizontale). Citons donc ici les structures des collines Somogy, aux environs de Marcaly et de Sávolgy. Un autre groupe encore est constitué par des fissures étroites apparaissant d'une manière dense les unes à côté des autres. Quant aux structures appelées *veines de gel* (Frostadern — Pécsi 1961), elles ne peuvent pas être traitées comme des fentes en coin équivalant à des structures polygonales dues aux fentes thermiques, vues en coupe verticale. Suivant la théorie de Dostovalov (1960), le développement de ces structures impliquerait l'intervention des gradients thermiques exceptionnellement grands. Or, de tels gradients n'apparaissent même pas sous les climats les plus rudes connus sur notre globe (Kaplina et Romanovski 1960).

Une autre preuve d'existence de pergélisol au passé pléistocène de Hongrie nous est fournie par des structures de pression cryostatique

(Washburn 1956) ou congélistatique (Dylik 1961; Dylikowa 1961; Olchowik-Kolasińska 1962) et par des structures du thermokarst (Kudravcev 1958; Popov 1956; Kachurin 1962; Hopkins *et al.* 1955; Péwé 1954).

Aux environs de Fárkas et d'Atkár, on a pu reconnaître des structures de pression congélistatique sous forme d'involutions désordonnées où s'observent des couches à déformations chaotiques, des fragments de couches déchirées et des structures attestant l'intrusion ou bien l'injection du matériel provenant d'en bas. Parfois, comme dans la coupe d'Atkár, l'on peut y discerner le contour d'une coupole due à l'injection.

Les structures que j'ai pu observer à Borsosgyör et celles provenant d'autres localités, décrites par Pécsi, constituent sans doute un autre type de structures de pression congélistatique. Je les désigne du nom provisoire de festons à grands rayons.

Les deux types de structures de pression congélistatique valent pour nous non seulement en tant que preuves d'existence de pergélisol. Ils constituent également un indice d'épaisseur de la zone active.

Les observations que j'ai pu recueillir, ensuite, les données concernant l'épaisseur des festons à grands rayons dans la coupe de Borsosgyör, la profondeur à laquelle apparaissent les structures du thermokarst plutôt saisonnier — tout cela indique que la zone de regel en Hongrie a dû être d'une épaisseur de 5—6 mètres. Evidemment, si notre raisonnement est juste, il nous reste encore à déterminer l'épaisseur de la zone active dans diverses situations lithologiques et, finalement, à déterminer la moyenne des épaisseurs pour ensemble de la région hongroise et pour ses unités régionales.

Les observations un peu hâtives que j'ai pu faire au cours des excursions ne m'autorisent certainement pas à me prononcer au sujet des autres structures résiduelles de la zone active. En ce qui concerne les cercles de pierres, quelques doutes ont déjà été mentionnées plus haut. La même réserve demeure lorsqu'on aborde la question de l'existence de sols striés en Hongrie. De fait, les structures que Pécsi (1961, photo 1) qualifie de *Tonstreifenboden* ne peuvent pas être liées aux sols striés. Dans la coupe précitée, les prétendus sols striés argileux divergent en tous sens comme les racines des arbres, seulement les parties inférieures des „striés”, parallèles en haut, se rejoignent en bas. Tout ceci est incompatible avec nos notions au sujet des sols striés et ne peut être expliqué par aucun des mécanismes que nous signalent diverses théories concernant la genèse des sols striés avec ou sans triage. Il nous faut recourir à nouveau à la déduction pour en tirer l'argument déjà utilisé à propos des cercles de pierres. Or, cet argument évoque l'antinomie qui existe entre les conditions climatiques

favorables au développement des polygones de fentes thermiques et celles propices au développement des cercles de pierres et des sols striés.

Le développement puissant des vallées en berceau, dont tout le paysage hongrois est fortement marqué, exprime d'importantes transformations du relief et, d'une façon directe, révèle la fréquence considérable en même temps que l'intensité des processus périglaciaires de versant.

Lors de la constitution des vallées en berceau et, ensuite, lors de leur remplissage, deux types de processus de versant entrent en jeu, à savoir: la congélifluxion et le ruissellement. Rappelons ici également le rôle éventuel de l'érosion fluviale initiant le creusement d'une vallée fluviale avant que celle-ci ne se transforme en une vallée en berceau.

Le processus de congélifluxion est attesté de deux manières: par la congélifluxion amorphe et par la congélifluxion structurale, en lobes. A Szurdokpüspöki, à Eger et ailleurs, les argiles provenant des sols fossiles déplacés doivent être considérées comme des dépôts de congélifluxion qui a dû intervenir sur un front assez large, sans présenter de structure distincte du type de terrasses de congélifluxion ou de lobes. Ce type de dépôt dû à la congélifluxion se rencontre le plus souvent dans un matériel loessique, comme à Tolna (Pécsi 1962) et dans de nombreuses autres localités.

Aux environs de Sárvár et de Györsashegy, on observe des lobes de congélifluxion bien distincts. Cependant, il est plus difficile de saisir l'effet de l'action parallèle de la congélifluxion et des processus de ruissellement. C'est à ces derniers qu'il faut attribuer l'ensemble des dépôts où la dominante du ruissellement est de toute évidence.

Le processus de ruissellement qui s'exprime surtout par un écoulement laminaire sur un large front a dû jouer un rôle essentiel dans le modelé et le remplissage des vallées en berceau. Ceci est prouvé par la fréquence des dépôts à litage périodique qui, apparaissant dans des matériaux de différent calibre, constituent la masse essentielle de sédiments remplissant les vallées en berceau.

En Transdanubie, dans de nombreuses coupes (Bonnya, Vasvár, Billeg, Sárvár, Fárkas, Ostffyasszonyfa, Györsashegy), l'on peut constater que le remplissage des vallées en berceau est constitué par des graviers plus d'une fois déplacés et provenant de leurs lits primitifs pannoniens ou pléistocènes anciens. Dans certains affleurements, comme à Billeg ou à Egerszalök, ou bien sur les versants des monts Matra, le ruissellement s'exprime nettement en un rythme qui nous fait songer à de grèzes litées. Le litage périodique est encore plus distinct dans des matériaux fins ou très fins (sables fins, poussière loessique, limons, argiles). Les dépôts à litage périodique à éléments fins composent la masse essentielle du remplissage des vallées en berceau à Feldebrő, Balatonszabadi, Tamasi, Nagy-

kanizsa, Szurdokpüspöki et à Eger. Dans les deux dernières localités précitées où les dépôts comportent une quantité considérable de produits d'altération provenant des sols fossiles, les formations à litage périodique ressemblent à des argiles à varves.

Il nous manque encore des études détaillées portant sur les dépôts de ruissellement, sur leur milieu de sédimentation et, en particulier, sur leurs conditions climatiques. D'une façon générale, on peut constater qu'il s'y agit de conditions climatiques contrastées. Notons toutefois que les dépôts de caractère éphémère, formés à la suite d'un écoulement violent mais d'assez courte durée, présentent une structure semblable à celle des dépôts périglaciaires à litage périodique. Ceci se laisse par exemple observer dans les dépôts de ruissellement formés en cours de violentes pluies printanières. Des effets semblables résultent aussi de l'accumulation d'eaux printanières provenant de la fonte des neiges et se retirant d'une façon désordonnée.

En Hongrie, le grand développement des processus de ruissellement et la formation des dépôts à litage périodique ont été favorisés par un climat tout particulier portant une forte empreinte continentale, caractérisé par des changements capricieux de température augmentant toutes sortes de contrastes, changements qui nous ont été signalés par Rónai (1961). Ces caractères du climat hongrois sont de nature à nous expliquer l'apparition, très fréquente dans ce pays, de vallées en berceau, de même que l'intensité tout à fait extraordinaire des processus de ruissellement constituant une *pars pro toto* dans le groupe de processus de versant et dans la constitution des vallées en berceau.

Il se pose encore un problème, fort intéressant et important à la fois. Il importe notamment de déterminer les phases de climat, au cours desquelles les vallées en berceau ont pu se constituer, se développer et, finalement, subir le remplissage. On est unanime à admettre que le développement des vallées en berceau a dû s'accomplir au cours des phases plus humides de climat froid, donc au cours des phases de croissance aussi que de décroissance. Il n'en est pas de même avec le remplissage de ces vallées. Les dépôts corrélatifs à ce phénomène ce sont surtout des formations à litage périodique. Dans la littérature hongroise (Pécsi 1962), on avance l'opinion que les formations sablonneuses et loessiques de ce type ont dû se constituer au cours des phases anaglaciales et cataglaciales de périodes froides, donc au cours des phases croissantes ou bien décroissantes.

En Pologne Centrale, les dépôts à litage périodique, composés d'éléments fins sablonneux et limoneux, datent du maximum de la période froide, le cas échéant, du Würm. Cette opinion tient compte de l'apparition, dans ces formations, de structures périglaciaires qui, en position strati-

graphique du Würm entier, sont précisément les plus fréquentes dans cette série. On observe l'apparition de diverses structures périglaciaires syngénétiques dans toute l'épaisseur de la série à litage périodique présentant des déformations périglaciaires dont l'intensité va augmentant vers le haut. Il résulte aussi des autres observations, de celles notamment faites par Mme Klatkova (1961a, b), que les dépôts à litage périodique y jouent précisément, comme en Hongrie, un rôle essentiel dans le processus de remplissage auquel les vallées en berceau étaient exposées.

Les dépôts à litage périodique dus principalement au ruissellement se forment même dans des régions à climat tempéré, sous des conditions atmosphériques marquées de contrastes. Toutefois, dans les pays à climat tempéré, il s'y agit, pour la plupart, des dépôts éphémères qui se forment et subissent ensuite la destruction au cours d'une seule et même saison de l'année. Par conséquent, des conditions climatiques particulièrement favorables sont nécessaires pour ce que ces dépôts puissent s'accumuler et être conservés en une masse plus importante.

Dans l'accumulation graduelle de dépôts de versant à litage périodique et leur constitution impliquent l'accomplissement de deux conditions, à savoir: 1° la conservation d'une partie considérable du dépôt à partir de la fin d'une période de son accumulation accrue jusqu'au début d'une autre période d'accumulation également intense, et 2° l'abondance de matériaux apportés par le ruissellement, abondance propre à assurer le surchargement par un débit solide. Evidemment, le maintien prolongé de la seconde condition est tout à fait suffisant. Il indique notamment que, pendant une période favorable à l'accumulation, s'est formé un dépôt aussi important qu'il ait pu se maintenir à peu près intact jusqu'à la période suivante, également favorable à l'accumulation. D'autre part, l'on ne peut pas sous-estimer la portée de la première condition qui assure la conservation des dépôts d'une série d'accumulation. Il suffit de se souvenir ici du fait que, dans les dépôts en question, se rencontrent rarement des traces d'érosion d'un écoulement capable de causer la destruction du dépôt. On pourrait en conclure que les effets produits par un écoulement organisé, même par celui qui se fait en rigoles, n'ont pas été pour trop notables et ont dû disparaître au cours des périodes successives d'écoulement laminaire en nappe. Cet écoulement trouvait donc des meilleurs conditions sur un substrat de pergélisol peu profond. Ainsi, pour les dépôts à litage périodique les conditions accompagnant climax des périodes froides seraient plus favorables que celles des phases croissantes et décroissantes. En ce qui concerne les dépôts composés de matériaux fins, l'homogénéité relative des particules fines aurait plutôt créé des conditions propices au transport des éléments plus grossiers.

Il est probable que, dans la région de Pologne Centrale, le transport éolien ait joué aussi un certain rôle dans la formation des dépôts à litage périodique. Son rôle était sans doute indirect. La poussière éolienne déposée en hiver sur l'interfluve se prêtait le mieux à la redéposition qui s'opérait par le ruissellement lors de la fonte des neiges.

Enfin, durant le climax de la période froide, favorable à l'aggradation du pergélisol, les dépôts dus au ruissellement printanier pouvaient être incorporés dans la masse de permafrost, ce qui à son tour, protégeait le dépôt pendant le temps séparant une période d'accumulation plus intense de l'autre.

Suivant Bulla, Pécsi désigne les vallées en berceau du nom de vallées de corrasion. Il parle aussi de processus de corrasion, voire de dépôts de corrasion. J'ai introduit le même terme déjà en 1952 adoptant les *Korrasionstäler* de W. Penck. A présent, toutefois, je suis d'avis qu'il faut l'admettre sous caution. Je m'en suis servi pour signaler que la forme en berceau était due à l'usure provoquée par le déplacement de particules minérales emportées en voie des processus de versant. Cependant, la participation de ces processus n'est pas impliquée dans le terme *corrasion*. Selon Rice (1948), le mot *corrasion*, en tant que terme géomorphologique, a été pour la première fois utilisé par Powell pour indiquer les processus d'usure, de destruction, attribuables à l'action des eaux courantes. La corrasion n'est qu'un élément, qu'un processus fragmentaire de toute érosion — fluviale, marine, glaciaire, éolienne. De fait, ce n'est qu'un élément de cette action destructrice que les processus de versant exercent à la surface du sol. Il en ressort que la corrasion ne se limite pas aux seuls, processus de versant. Par conséquent, le terme de corrasion est impropre.

Il n'existe pas aussi de processus de corrasion que l'on puisse opposer à des processus de solifluxion par exemple. N'oublions pas que la corrasion résulte de nombreux processus morphogénétiques fort variés et que, dans certains cas, elle s'accomplit aussi à la suite de la solifluxion ou bien de la congélifluxion. De même, il ne peut pas être question non plus de dépôts de corrasion, puisque la corrasion ne représente aucun milieu de sédimentation.

En marge du problème des vallées en berceau, l'on ne peut pas passer sous silence la question des dépôts loessiques. Dans tous les affleurements de loess, on a vu se répéter des traits caractéristiques de structure et de texture. La stratification et la texture hétérogènes étaient partout visibles. A côté de couches de matériel limoneux ou argileux on y observait des couches et des lentilles de sables fins ou bien même grossiers, des couches de graviers et de débris rocheux. Dans bon nombre de cas, des sédiments de loess apparemment homogènes révèlent les contours des vallées en

berceau fossiles. Ce développement extraordinaire des vallées en berceau en temps et en espace rend fort probable notre supposition que, en Hongrie et ailleurs, les chances de maintien du loess dans les endroits de son accumulation éolienne ont dû être minimales. Les localités hongroises à loess semblent apporter une bonne preuve à la théorie éolienne modifiée. Le loess déposé de l'air n'a pas pu rester sur place, vu le développement puissant des processus de versant. Les dépôts de loess se sont donc constitués à la suite de l'accumulation de ce matériel par les processus de versant et, sous des conditions favorables, même à la suite du transport longitudinal, fluvial <sup>4</sup>.

En Hongrie, les manifestations du milieu périglaciaire, dont on connaît d'ailleurs plusieurs retours, sont indubitables, variées et, pour la plupart, différentes de ce qu'on rencontre en Pologne, en Allemagne et dans les pays situés au nord des Pyrénées, des Alpes et des Carpathes. L'originalité de l'inventaire périglaciaire hongrois est, dans une large mesure, attribuable, d'une part, à la situation géomorphologique assez particulière et, de l'autre, à des caractères, eux aussi fort particuliers, du climat du bassin des Carpates, caractères résultant du relief et de la situation géographique.

C'est le permafrost existant au Pléistocène qui a dû constituer un substrat des phénomènes périglaciaires. Là-dessus, on n'a plus de doutes. La zone active d'une grande puissance a été une des causes du développement des structures périglaciaires étranges, non observables, pour le moment au moins, dans les autres pays. Le caractère tout particulier du climat hongrois nous explique ce fait bizarre qu'à côté des phénomènes du thermokarst, dont le développement dans une zone périphérique de pergélisol n'a rien de surprenant, existaient des polygones de fentes thermiques, formés dans des matériaux meubles à éléments grossiers.

Enfin, le développement tout à fait exceptionnel des processus de versant, s'inscrivant d'une façon bien nette dans les vallées en berceau reconnaissables à la surface et existant aussi au-dessous de la surface actuelle du sol, est bien attribuable à des conditions climatiques contrastées.

Au cours des dernières années, on assiste en Hongrie à un véritable épanouissement des études périglaciaires. Des localités enregistrées et explorées s'échelonnent dans presque tout les pays. En conséquence, on a recueilli une quantité considérable d'observations variées et dressé un riche inventaire des faits, pour la plupart, bien interprétés. Ainsi, dans ce domaine des recherches, la Hongrie occupe un des premiers postes en

---

<sup>4</sup> En ce qui concerne la Pologne Centrale, c'est par de telles fonctions des processus de versant, bien que moins intenses qu'en Hongrie, que l'on peut expliquer la carence de dépôts loessiques, carence fort surprenante d'ailleurs, étant donné l'existence, dans cette région, de nombreuses manifestations d'éolisation.



Europe. Mais il y arrive ce que l'on peut d'ailleurs observer un peu partout, dans n'importe quelle discipline scientifique: les recherches menées à un rythme aussi intense font accumuler un grand nombre de faits qui, à leur tour, posent toute une série de problèmes à résoudre. Or, à cause précisément de la rapidité avec laquelle surgissent tous ces faits et problèmes, on se trouve en quelque sorte dépassé par eux et dans l'impossibilité d'en estimer l'importance et la portée réelle. C'est surtout la terminologie, parfois inadéquate ainsi que l'interprétation qui, elle aussi, pourrait être plus parfaite si le temps nous permettait d'exécuter des études comparatives. Ces quelques remarques critiques, bien que formulées en marge des réflexions sur les études de nos collègues hongrois, sont valables dans une très large mesure, surtout en ce qui concerne la terminologie, pour l'ensemble des recherches périglaciaires poursuivies actuellement dans le monde entier.

#### Bibliographie

- Bulla, B. 1933 — Morfológiai megfigyelések Magyarországi löszös területeken (Observations morphologiques dans les terrains à loess de la Hongrie). *Földrajzi Közlemények*, t. 61, Budapest.
- Bulla, B. 1939 — Die periglazialen Bildungen und Oberflächengestaltungen des ungarischen Beckens. *Földrajzi Közlemények*, t. 67, Budapest.
- Bulla, B. 1960 — Quelques problèmes géomorphologiques interglaciaires de la zone périglaciaire du Pléistocène. *Studies in Hungarian Geographical Sciences*, Budapest.
- Cholnoky, J. 1926 — A fölfelszíni formák ismertetése.
- Dostovalov, B. N. 1960 — Zakonomernosti razvitiya tetragonalnykh sistem ledyanykh i gruntovykh jil v dispersnykh porodakh (Tetragonal systems of ice and soil veins in dispersal rocks). *Periglacyalnye yavleniya na territorii SSSR*, Moscou.
- Dylik, J. 1952 — The concept of the periglacial cycle in Middle Poland. *Bull. Soc. Sci. et Lettr. de Łódź*, vol. 3, nr 5.
- Dylik, J. 1961 — The Łódź region. *Guide-book of Excursion C, VIth INQUA Congress*.
- Dylikowa, A. 1961 — Structures de pression congélistatique et structures de gonflement par le gel de Katarzynów près de Łódź. *Bull. Soc. Sci. et Lettr. de Łódź*, vol. 12, nr 9.
- Hopkins, D. M., Karlstrom, T. N. V. et al. 1955 — Permafrost and ground water in Alaska. *U. S. Geol. Survey, Prof. Paper*, 264-F, Washington.
- Kádár, L. 1960 — Climatical and other conditions of loess formation. *Studies in Hungarian Geographical Sciences*, Budapest.
- Kaplina, T. N., Romanovski, N. N. 1960 — O psevdomorfozakh po poligonalnomu ldu (Pseudomorphoses on the polygonal-veined ice). *Periglacyalnye yavleniya na territorii SSSR*, Moscou.
- Kachurin, S. P. 1962 — Thermokarst within the territory of the U.S.S.R. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 11.

- Kerekes, J. 1938 — Fosszilis tundratalaj a Bükkben (Sol de toundra fossile dans le Bükk). *Földrajzi Közlemények*, t. 66, Budapest.
- Kerekes, J. 1939 — A Pestszentlőrinci fosszilis tundraképződmények (Les formations de toundra fossiles de Pestszentlőrinc). *Földrajzi Közlemények*, t. 69, Budapest.
- Kerekes, J. 1948 — Die periglazialen Bildungen Ungarns. *Magyar All. Földt. Int. Évk.*, Budapest.
- Klatkova, H. 1961 a — Smardzew, dans: J. Dylik — The Łódź region. *Guide-book of Excursion C, VIth INQUA Congress*.
- Klatkova, H. 1961 b — Problèmes de l'origine et de l'âge des vallées en berceau. *Abstracts of Papers (Suppl.) VIth INQUA Congress*.
- Kretzoi, M. 1953 — Quaternary geology and the vertebrate fauna. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, 2, Budapest.
- Kretzoi, M. 1961 — Stratigraphie und Chronologie. Dans: Stand der ungarischen Quartärforschung. *Prace Inst. Geol.*, t. 34, cz. 1, Varsovie.
- Kriván, P. 1955 — A közép-európai pleisztocén eghajlati tagolódása és a paksi alapszelvény (La division climatologique du Pléistocène en Europe Centrale et le profil de Paks). *Magyar All. Földt. Int. Évk.*, Budapest.
- Kudravcev, W. A. 1958 — O termokarstie (Sur le thermokarst). *Voprosy fiz. geogr. polyarnykh stran*, vyp. 1, Moscou.
- Láng, S. 1940 — Morfológiai megfigyelések a Rosznyói medencében (Observations morphologiques dans le bassin de Rosznyó). *Földrajzi Közlemények*, t. 68, Budapest.
- Láng, S. 1943 — Jégkori talajfolyás Budakeszi határában (Solifluxion d'âge glaciaire dans le territoire de Budapest). *Földrajzi Közlemények*, t. 71, Budapest.
- Lavruchin, Y. A. 1960 — O proiskhojdenii tak nazyvaemykh „merzlotnykh struktur oblekaniya” v tchetvertitchnykh otlojeniyakh i ikh stratigraficheskom znatchenii (The origin of the enveloping permafrost structures in the Quaternary deposits and their stratigraphical importance). *Periglacialnyye yavleniya na territorii SSSR*, Moscou.
- Olchownik-Kolasińska, J. 1962 — Genetyczne typy struktur czynnej strefy zmarzliny (résumé: Classification génétique des structures de mollisol). *Acta Geogr. Univ. Lodz.*, nr 10.
- Pécsi, M. 1959 — A magyarországi Duna-völgy Kialakulása és felszínalakítása (The evolution and landscape morphology of the Hungarian section of the Danube valley). Budapest.
- Pécsi, M. 1961 a — Die wichtigsten Ergebnisse geomorphologischer Forschungen des Quartärs in Ungarn. *Prace Inst. Geol.*, t. 34, cz. 1, Varsovie.
- Pécsi, M. 1961 b — A periglaciális talajfagy-jelenségek főbb típusai Magyarországon (Zfs.: Die wichtigeren Typen der periglazialen Bodenfrosterscheinungen in Ungarn). *Földrajzi Közlemények*, t. 85, Budapest.
- Pécsi, M. 1962 — A Magyarországi pleisztocénkori lejtős üledékek és kialakulásuk (Zfs.: Die Pleistozänen Gehängeablagerungen in Ungarn und ihre Entstehung). *Földrajzi Ertesítő*, 11, Budapest.
- Péwé, T. L. 1954 — Effect of permafrost on cultivated fields, Fairbanks Area, Alaska. *U. S. Geol. Survey, Bull.*
- Popov, A. I. 1956 — Le thermokarst. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 4.

- Popov, A. I. 1960 — Periglacialnye obrazovaniya severnoy Evrazii i ikh geneticheskiye tipy (Periglacial formations of northern Eurasia and their genetic types). Periglacialnye yavleniya na territorii SSSR, Moscou.
- Poser, H. 1948 — Boden- und Klimaverhältnisse in Mittel- und Westeuropa während der Würmeiszeit. *Erdkunde*, Bd. 2.
- Rice, C. M. 1948 — Dictionary of geologic terms. Ann Arbor.
- Romanovski, N. N. 1960 — Veneering frost structures. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 7.
- Rónai, A. 1961 — Die Bedeutung der Quartärforschung in Ungarn. *Prace Inst. Geol.*, t. 34, cz. 1, Varsovie.
- Szádeczky-Kardoss, E. 1933 — Die Bestimmung des Abrollungsgrades. *Zentralblatt f. Mineral. Geol. u. Paleont.*
- Szádeczky-Kardoss, E. 1936 — Pleistocén struktúrtalajok az Alföldi és a Bécsi medencékben (Sols structuraux pléistocènes dans les bassins d'Alföld et de Vienne). *Földtani Közlöny*, t. 66, Budapest.
- Szilard, J. 1960 — Fiches des publications Hongroises. *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 7.
- Troll, C. 1944 — Strukturboden, Solifluktion und Frostklima der Erde. *Geol. Rundschau*, Bd. 34.
- Washburn, A. L. 1956 — Classification of patterned ground and review of suggested origins. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 67.



*Photo de J. Dylík, 1962*

Photo 1. Cinkota. Fentes en coin dans les graviers de la V<sup>e</sup> terrasse du Danube



*Photo de J. Dylík, 1962*

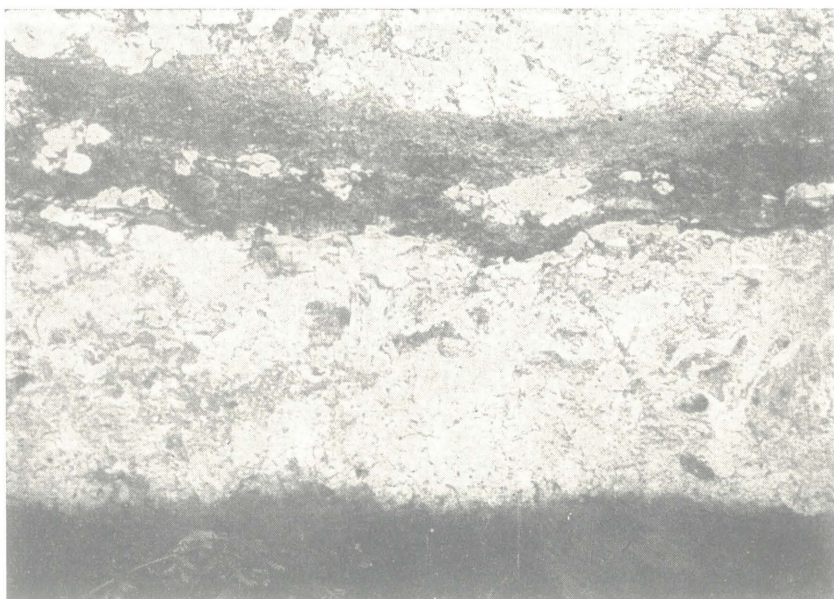
Photo 2. Vasvár. Fente en coin dans les graviers du Pléistocène inférieur redéposés dans une vallée en berceau





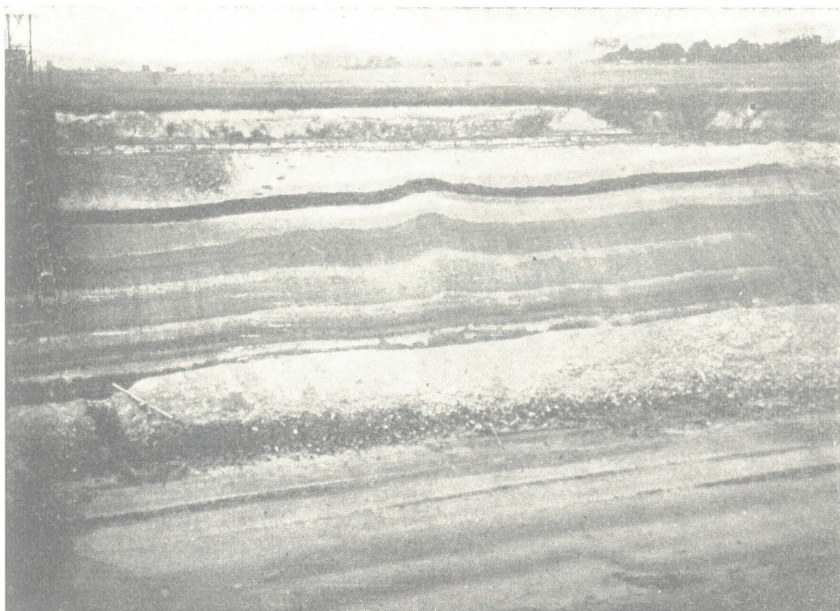
*Photo de J. Dylík, 1962*

Photo 3. Atkár. Structures dues à la pression congélistatique



*Photo de J. Dylík, 1962*

Photo 4. Atkár. Structures dues à la pression congélistatique



*Photo de J. Dylík, 1962*

Photo 5. Borsosgyör. Festons à grand rayon, un type des structures dues à la pression congélistatique



*Photo de M. Pécsi*

Photo 6. Hegyeshalom. Kesselförmiges Schotterpolygon de M. Pécsi





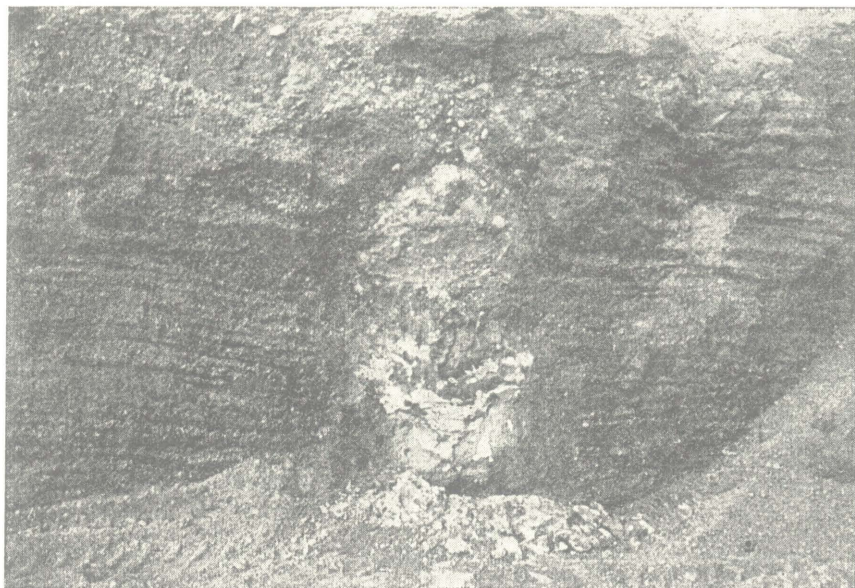
*Photo de M. Pécsi*

Photo 7. Hegyeshalom. *Kesselförmiges Polygon* de M. Pécsi



*Photo de J. Dylík, 1962*

Photo 8. Ostffyasszonyfa. Fragment de la structure présentée sur la fig. 1



*Photo de J. Dylík, 1962*

Photo 9. Billeg. Paquet de sables pannoniens dans les graviers pléistocènes, probablement transporté à l'état gelé



*Photo de J. Dylík, 1962*

Photo 10. Bana. Vallée en berceau





*Photo de J. Dylik, 1962*

Photo 11. Josza. Vallée en berceau dans la région de puszta



*Photo de J. Dylik, 1962*

Photo 12. Szurdokpüspöki. Vallée en berceau au pied de la Montagne de Matra



*Photo de J. Dylík, 1962*

Photo 13. Szurdokpüspöki. Coupe transversale de la vallée en berceau