

*Alfred Jahn*

*Wrocław*

## STRUCTURES PÉRIGLACIAIRES DANS LES LOESS DE LA POLOGNE

Ce sont deux constatations suffisamment prouvées par la science qui nous illustrent le rôle du loess parmi les problèmes périglaciaires:

1. Le loess de la Pologne est un dépôt formé sous des conditions d'un climat froid.

2. Le loess, étant donné sa composition granulométriques particulière, constitue le matériel qui favorise la manifestation des structures de gel.

Nos discussions postérieures concerneront la typologie des structures de gel dans le loess, leur position stratigraphique et régionale-spatiale et, enfin, leur rôle comme d'une indice du climat du Pléistocène.

Au premier plan montent deux types de structures — fentes de glace et de gel et la solifluxion (congélifluxion). En plus, on connaît, dans les loess polonais, la présence des structures d'involutions-injections représentant des perturbations des sols de toundra (à flaques de terre par exemple).

Les fentes de gel éveillent un intérêt particulier vu leur importance climatique. On les observe le plus fréquemment à la limite entre le loess et les sols fossiles sur lesquels le loess repose ou entre le loess et d'autres formations du substrat (moraines, dépôts fluvioglaciaires); en ces cas-là leur tracé est distinct, étant souligné par la différence de matériel. Moins nettes sont les fentes qui traversent le loess et en sont remplies. Dans les coupes de loess elles sont alors peu visibles et peuvent fréquemment ne pas être remarquées du tout par le chercheur.

Les fentes de gel sur le territoire de la Pologne ont la taille plutôt moyenne. La majorité d'elles possèdent la profondeur de 1 à 2 m, rarement entre 2 et 3 m. En Europe de l'Ouest et du Sud les fentes de gel dans le loess peuvent atteindre et même dépasser la profondeur de 6 m (R o h d e n b u r g, 1967).

Parmi les fentes de gel qui se manifestent actuellement en Arctique on connaît deux types génétiques — coins de glace (fentes remplies par la glace) et fentes de gel (remplies par un matériel minéral meuble). Les coins de glace, à l'état fossile, posséderont à l'intérieur d'eux du matériel provenant de la couche sous-jacente qui, secondairement, a rempli l'espace occupé jadis par la glace. Le second type ce sont les fentes dites à remplissage minéral primitif. La distinction de deux types dans les loess est extrêmement difficile. Néanmoins, nous sommes enclins à maintenir que la grande majorité des fentes dans le loess possèdent un remplissage secondaire<sup>1</sup>. Ce fait est d'une grande importance pour l'interprétation des fentes comme des formes climatiques reliques. Les fentes à remplissage secondaire (coins de glace) indiquent un changement du climat nettement froid, sous lequel la glace se maintient toute l'année à un climat chaud sous lequel la glace fond.

Plusieurs exemples de fentes dans le loess sur le Plateau de Lublin, aux environs de Cracovie et en Silésie sont montrés sur la fig. 1. En règle elles sont remplies par du loess qui, comme la structure des fentes l'indique, s'éboulait au fur et à mesure que la glace fondait. La forme élargie de la fente, en haut, indique la profondeur de l'ancienne zone active qui, selon le témoignage des fentes de gel dans les loess polonais avait oscillé de 1 m (fente A, Plateau de Lublin) jusqu'au-dessus de 2 m (fente D, Głubczyce). L'exemple de la poche remplie de loess de Głubczyce démontre nettement une érosion de la fente qui avait atteint jusqu'à la profondeur du dégel estival. L'érosion n'est pas arrivée jusqu'à la partie la plus profonde de la fente, située alors dans le pergélisol.

Le remplissage de la fente est soit homogène, soit composé de deux (ou davantage) matériaux, de loess pur, de sol loessique et parfois de sable apporté par les eaux coulant sur la surface gelée du sol. Le second type, c'est-à-dire le remplissage hétérogène, est plus commun en Pologne que le premier.

Passons maintenant aux structures de solifluxion dans le loess. Sur le territoire de la Pologne ce sont des formes typiques, composées d'irréguliers lits et traînées aussi bien de loess que d'autres matériaux accompagnant l'accumulation du loess. Les deux types de structures de solifluxion distingués par nous (Jahn, 1951) c'est-

---

<sup>1</sup> Selon J. Jersak (1965) sur le Plateau de Sandomierz—Opatów il y a des fentes remplies par du loess, possédant néanmoins le caractère de structures à remplissage minéral primitif.

-à-dire la solifluxion en lame et en rouleau, s'observent en principe dans les loess de la Pologne entière. Etant donné que la solifluxion en rouleau dérive d'un microrelief accidenté du versant — des thufurs, bugors et autres gonflements de gel à la surface de la toundra — il faut admettre que le processus de gonflement avait accompagné les coulées boueuses sur les versants. L'épaisseur des

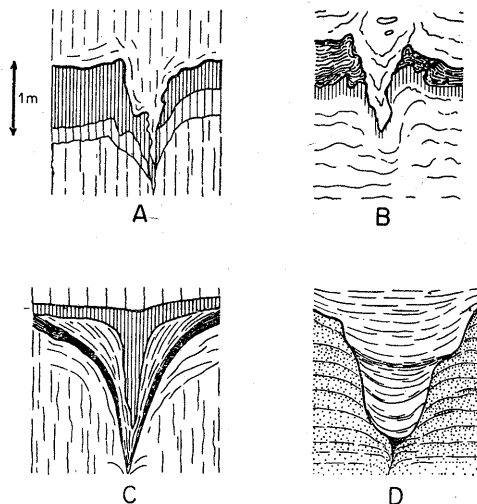


Fig. 1. Les exemples des fentes de glace et des fentes de gel fossiles dans les loess de la Pologne

A — Lipice près de Hrubieszów — une fente entre les deux séries de loess (J. Mojski); B — Zwierzyniec à Cracovie — une fente qui pénètre le sol fossile (L. Sawicki); C — Głogówek (Silésie) — une fente à remplissage double (sol) entre les deux séries de loess; D — Głubczyce (Silésie) — une fente remplie par du loess qui traverse les sables

structures de solifluxion dans les loess est variable. Dans la majorité des cas ce sont les couches qui ont subi une dégradation soit primaire, soit secondaire. Elles sont tronquées par des surfaces d'érosion et s'enchaînent en bas des versants avec les dépôts à litage périodique.

Le dernier type de structures de gel distinguées ici ce sont des perturbations d'involution-injection, des buttes du genre de thufurs, bugors, et des formes de la toundra à flaques de terre (fig. 2). Il s'agit des structures de déformations verticales. Les causes de leur apparition sont à chercher dans les tensions qui déchirent la zone active. La pression du sol gelant du haut provoque l'apparition des cheminées limoneuses qui mènent souvent au déchirement de la

couche superficielle, gelée, du sol. De telles structures sont beaucoup plus rares dans les loess purs que dans les dépôts hétérogènes quant à la granulométrie, et il y en a avant tout là où le sable est mêlé à du limon. La présence d'intercalations sableuses dans le loess facilite considérablement la manifestation de ces structures (infiltration de l'eau et le degré de gonflement différents). Il arrive ainsi à des fléchissements caractéristiques des couches, à la formation des plis et des coupes ou colonnes. La condition favorable à la formation de ces structures constituent de fines fissures dues au gel. C'est par ces fissures que la pression intérieure de la

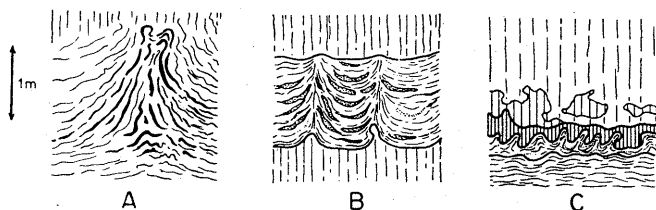


Fig. 2. Les types de structures d'involution-injection dans les loess

A — briqueterie à Hrubieszów (J. Mojski); B. — briqueterie à Baborów sur l'interfluve de Głubczyce; C — La coupe Kunów-Ciołek sur le Plateau de Sandomierz—Opatów (J. Jersak)

couche non-gelée se libère le plus facilement. A la ligne des fissures donc se manifestent des diapirs du sol (fig. 2, B). Une partie de ces involutions et des diapirs porte le caractère des structures de pression (*load casts* — Butrym, et al., 1964). La profondeur de ces structures nous fournit une information en général valable quant à la profondeur du dégel estival. Les exemples provenant du Plateau de Lublin et de la Silésie d'Opole, de deux extrémités du pays donc, témoignent que la profondeur de la zone active, en ces régions-là, ne dépassait pas 2 m.

Jusqu'à présent on n'a pas tâché de paralléliser les horizons périglaciaires dans les loess pour tout le territoire de la Pologne. La difficulté essentielle résulte du fait que les couvertures particulières de loess ne se lient pas entre elles de manière suffisante, d'où une divergence considérable des points de vue sur la position stratigraphique et l'âge des loess. Le matériel le plus abondant et la position la plus cristallisée sur ce sujet sont apportés par Mojski (1965) et Jersak (1965) — c'est pourquoi ce sont leurs travaux précisément qui m'avaient servi à la formulation d'une conception

stratigraphique du périglaciaire loessique polonais, présentée sur la fig. 3. Je prends en considération 4 régions de la Pologne — allant de l'est vers l'ouest, dans lesquelles le loess joue un rôle important — Plateau de Lublin, Plateau de Sandomierz—Opatów, Plateau de Cracovie et la Haute Silésie.

Étant donné que dans les loess de la Pologne il y a deux nets horizons de sols, à l'intérieur de la dernière série glaciaire, il nous semble juste de subdiviser ce loess en trois parties. Les sols correspondent à l'interstade Brørup (position stratigraphique correspondante à l'ancien interstade Aurignacien à peu près) et à l'interstade Paudorf — selon la terminologie ancienne — et qui correspond à la position de l'interstade Stillfried B (selon J. Fink, 1962) ou à la position conjointe des interstades Denekamp et Hengelo aux Pays Bas (selon la conception la plus nouvelle de T. Van der Hammen, G. C. Maarleveld, I. C. Vogel et W. H. Zagwijn, 1967). La courbe climatique de ces auteurs pour la dernière période froide, bien qu'elle concerne la Hollande, constitue quand même le fond commode à la détermination de la position stratigraphique des dépôts interstadias connus jusqu'ici sur le territoire de la Pologne. La tentative d'une telle parallélisation est due à Dylik (1968).

Le loess plus ancien que l'interstade Brørup (et Amersfoort aussi peut-être), provenant donc du début de la période glaciaire (ou de la phase de croissance selon la terminologie de Dylik, 1968) se caractérise par une prédominance des structures de solifluxion. Le loess polonais est né en climat frais et humide, c'est pourquoi la majorité des profils de ce dépôt possèdent, à leur base, une série épaisse de dépôts de solifluxion. Ceci concerne aussi bien le complexe total de loess, représentant la glaciation entière, que ses séries particulières, correspondant aux stades. La conséquence pratique de ce fait est que les coupes du loess, les parois du loess donc, étudiées par nous, possèdent d'habitude en bas un dépôt en traînées, tandis qu'en haut il y a du loess amorphe que nous sommes enclins à considérer comme un dépôt „subaérien”.

Ici il faut faire une réserve quant à l'importance des structures de solifluxion comme d'un indice de position stratigraphique de la couche et des conditions climatiques de la sédimentation. La solifluxion est sans aucun doute un phénomène clima-périglaciaire, mais au sens local uniquement — comme l'effet de l'activité des processus liés exclusivement au versant. En autres mots, la présence des structures de solifluxion peut constituer la base d'une caracté-

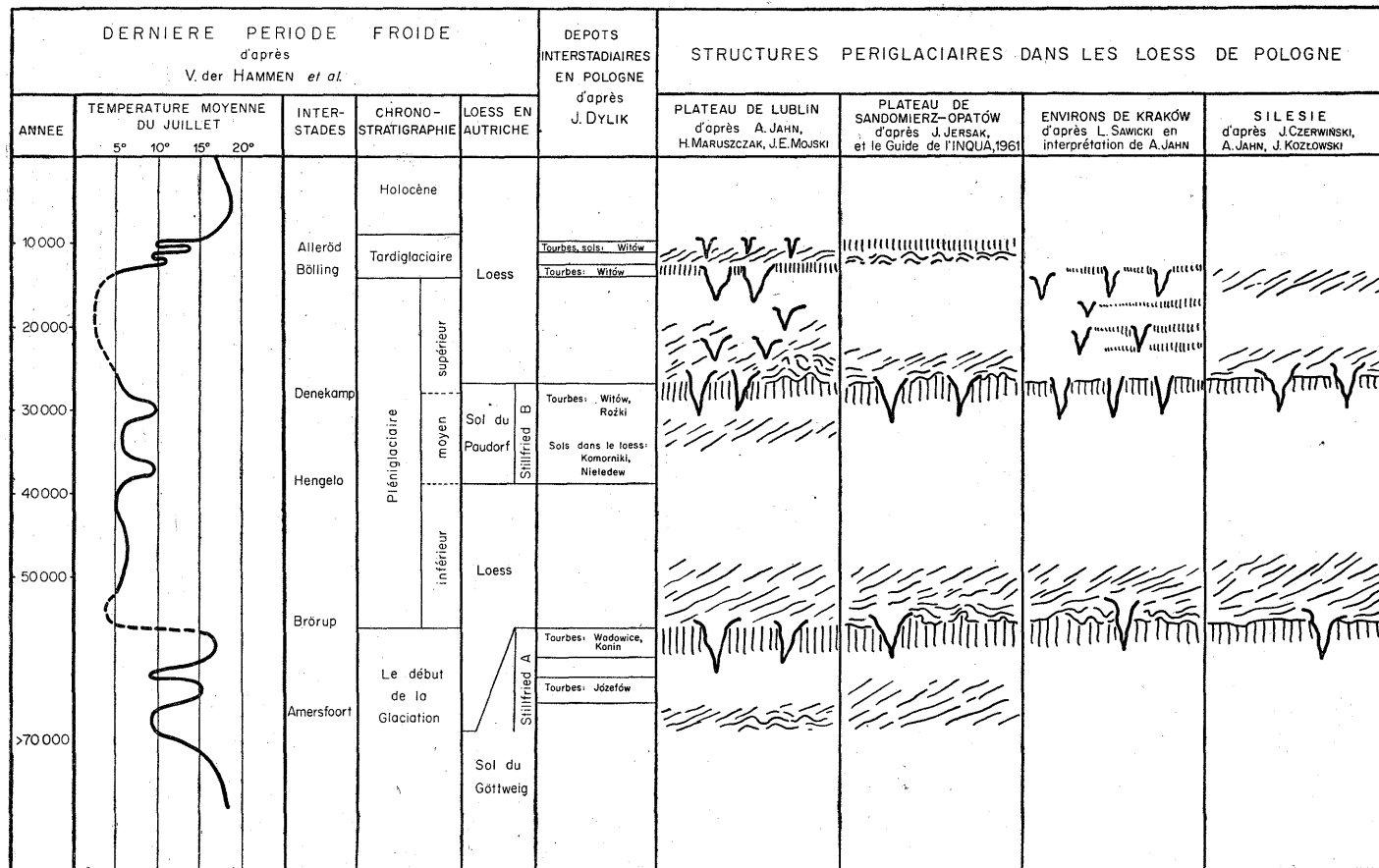


Fig. 3. La stratigraphie des horizons périglaciaires en loess polonais

ristique stratigrapho-climatique du dépôt — l'absence de la solifluxion, liée souvent au manque d'une pente, ne constitue pas une base à des conclusions négatives plus générales.

Le loess du début de la dernière période froide n'est connu et déterminé d'une façon unéquivoque qu'en Pologne Orientale et Centrale. Or, le loess inférieur ne possède que des structures de solifluxion, peut-être aussi des involutions (Mojski, 1965) mais par contre est dépourvu des fentes typiques. Ce fait doit être considéré comme très important, surtout pour l'interprétation paléoclimatique de la dernière période glaciaire sur le territoire de la Pologne.

Après l'oscillation chaude du Brørup, un loess nouveau s'est déposé — un dépôt pléniglaciaire (loess III selon Mojski, loess IIa selon Jersak). A sa base dominant également en Pologne entière des structures de solifluxion. Elles se lient avec des involutions de toundra.

Dans le profil célèbre de Zwierzyniec à Cracovie (fig. 4), étudié en détail par Sawicki (1952) l'horizon V est attribué par moi au loess correspondant à la phase entre le Brørup et le Paudorf. Je viens de dire que l'interprétation chronologique de ce loess par Sawicki est différente. Conformément à son ancienne conception il lie les loess des plateaux avec la Glaciation de la Pologne Centrale (Riss).

Dans le profil de Zwierzyniec le loess supérieur repose sur un sol fossile du type interstadiaire. Les cryoturbations dans ce sol, traces de gonflement et perturbations solifluctives, sont plus jeunes que les sol et à notre avis correspondent à la phase pléniglaciaire croissante.

Il faut noter que ce n'est que dans cette série de loess qu'apparaissent, à sa base, des éléments nouveaux de structures périglaciaires — des coins de glace et des fentes de gel fossiles. Il y en a sur le Plateau de Lublin (Mojski, 1965), sur le Plateau d'Opatów (Różycki, 1961), dans le profil de Zwierzyniec et en Silésie. Elles possèdent des caractères typiques. Le remplissage double est fréquent. Les fentes coupent la base de la couverture de solifluxion et traversent le sol interstadiaire sous-jacent et le loess inférieur.

L'horizon successif de structures périglaciaires du loess polonais est situé au-dessus du sol fossile qui sépare le loess supérieur (loess pléniglaciaire) en deux étages. Beaucoup de faits indiquent que c'est un sol de Paudorf. Le sol en question est partiellement détruit sur les versants par la solifluxion. Sur des surfaces planes il est plissé par des involutions. L'horizon de structures plastiques et

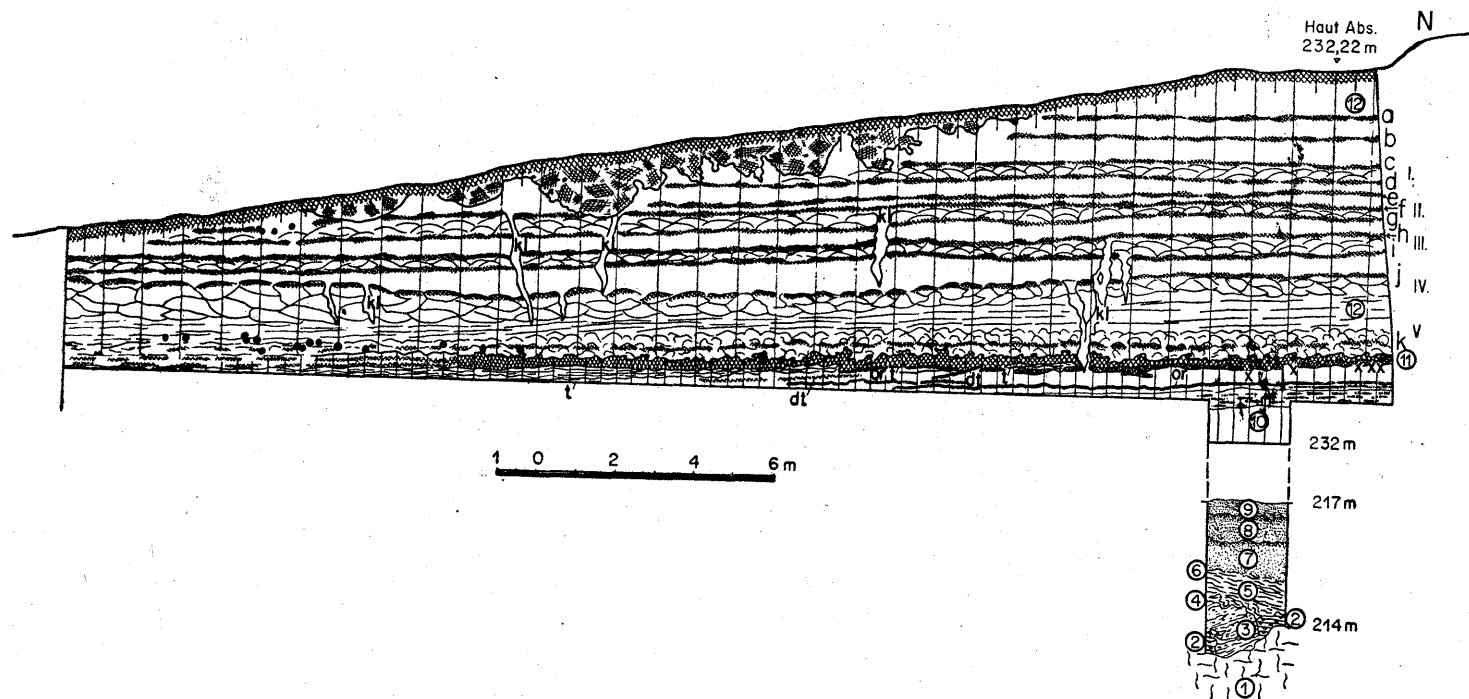


Fig. 4. Profil Zwierzyniec I. Coupe géologique de la section 1 d'après L. Sawicki

Croix obliques — industries paléolithiques en silex; cercles noirs — os et autres restes de Mammifères quaternaires; I—V — séries de solifluxion; a—k — horizons de végétation; t — lentilles de limon gris — *taliks*; or — bandes d'imprégnation limoniteuse; kl — fentes (coins) de gel; dt — trainées d'illuvions humifères

solifluctives est traversé par des fentes de glace et des fentes de gel à remplissage minéral. Nous croyons que c'est bien cet horizon de fentes qui est le plus net et le plus important dans les loess polonais. On l'a trouvé sur tout le Plateau de Lublin — aux environs de Hrubieszów au sud (Mojski, 1965), à Zakłodzie près de Zamosć, et à Izbica en partie centrale du Plateau et à Łopatki près de Lublin (Jahn, 1956) au nord. Dans la même série de loess on rencontre des fentes sur le Plateau de Sandomierz—Opatów (Jersak, 1965) et dans le profil de Zwierzyniec (Sawicki, 1952). La majorité des fentes de gel dans le loess en Haute Silésie, aux environs de Racibórz et Głubczyce, la fente de la localité paléolithique de Dzierżysławy comprise (Kozłowski, 1964) — fig. 5 — s'est manifestée, comme nous croyons, dans la même phase périglaciaire. Ces fentes possèdent en général un remplissage double. À leur intérieur il y a des restes de sol fossile et de loess supérieur. Les fentes des environs de Kunów (Jersak, 1965) ont le caractère des fissures de gel syngénétiques, remplies de poussière loessique au cours de leur formation.

Le loess supérieur, représentant la dernière phase du Pléniglaciaire, contient de nombreuses traces d'activité des processus périglaciaires, de la solifluxion et de l'action de gel du sol principalement. Sur le Plateau de Lublin, dans la briqueterie de Łopatki près de Lublin (fig. 5) il y a des traces de 4 générations de fentes de gel. Les seules fentes inférieures traversent le sol fossile. Plus haut sur la paroi de loess il y a des fentes largement ouvertes en haut, formées dans le loess et remplies de loess. La glace des fentes avait été très active, ce qui est indiqué par des traces du développement latéral des fentes. Elles croissaient au cours de la déposition du loess, en partie comme des formes syngénétiques, à la place des fentes anciennes et partiellement comblées déjà des fentes nouvelles apparaissaient. La majorité des fentes possède un remplissage secondaire, ce qui témoigne de la fusion des veines de glace, donc des changements du climat qui accompagnaient l'accumulation du loess. Dans de certaines fentes il y a encore des restes de loess coloré par l'humus — c'est-à-dire des indices des sols fossiles épisodiques.

Le profil de Łopatki indique que simultanément avec la déposition du loess et la formation des fentes de glace agissait la solifluxion. Certaines fentes sont déformées et étirées latéralement, conformément à la pente du terrain. La solifluxion s'accroît vers le haut où elle possède déjà le caractère de solifluxion en rouleau, ce

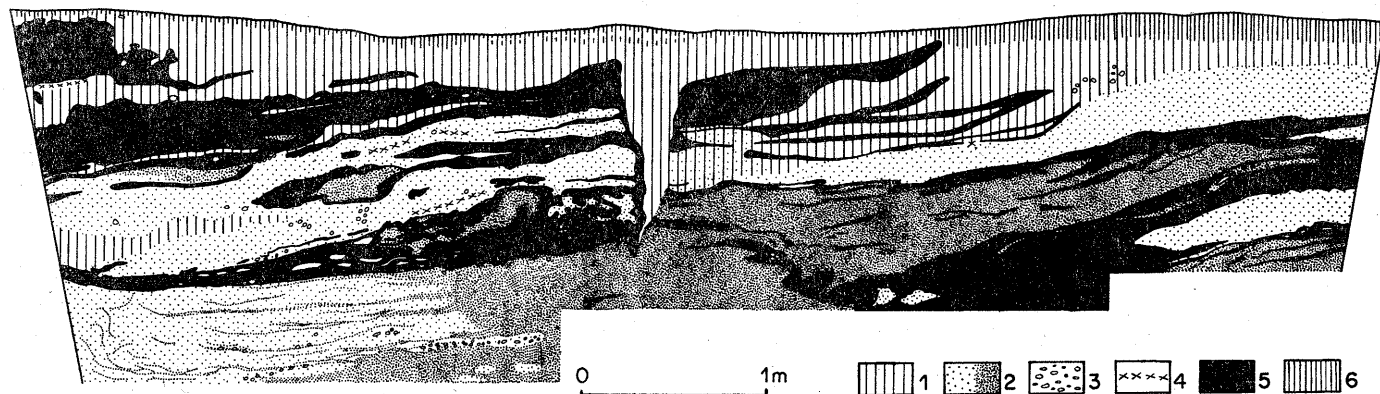


Fig. 5. Profil Dzierżysław 1, district de Głubczyce, d'après J. K. Kozłowski. Une série de solifluxion bien visible, traversée par une fente de gel et reposant directement sur des sables fluvioglaciaires

1. loess; 2. sable; 3. cailloux; 4. concrétions de calcaire de calcium; 5. argile; 6. humus

qui indique la présence des thufurs et des bugors à l'époque de l'activité de ce processus de versant. La coupe indique que cette solifluxion supérieure a détruit le sol et l'a éparpillé sur le versant.

L'interprétation chronologique des faits enregistrés dans le profil du loess de Łopatki serait comme il suit: Le sol inférieur provient de l'interstade Paudorf. La sédimentation du loess, ayant lieu sous des conditions froides, était plusieurs fois interrompue par des épisodes courts de régime climatique variable, ce qui menait à la formation des horizons de végétation et à la fusion des coins de glace. Le sol supérieur correspond à l'oscillation chaude de Bölling. L'ho-

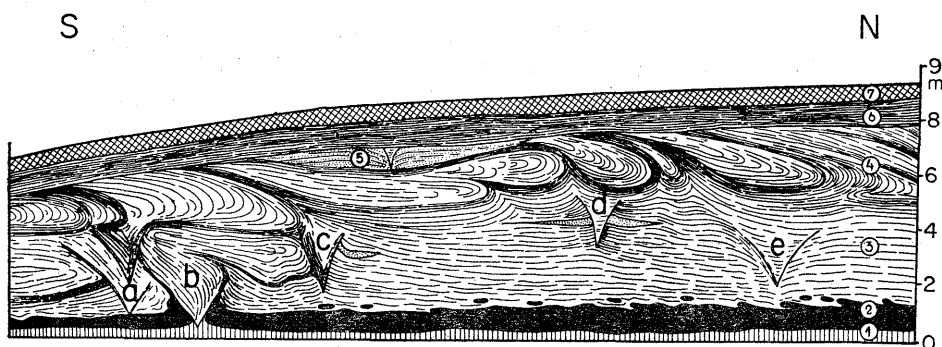


Fig. 6. Structure du loess dans la briqueterie de Łopatki

1. loess rougeâtre; 2. sol fossile; 3. loess jaune-gris; 4. loess de solifluxion; 5. sable; 6. delluvions de loess; 7. sol; a, b, c, d, e — fentes de gel dans le loess

lizon de la solifluxion sommitale représente le refroidissement successif (Dryas supérieur?). En tout cas c'était la dernière phase du froid car, au sommet, au-dessous des delluvions de versant et du sol holocène il y a ici une petite fissure portant le caractère d'une fente de glace. Il faut souligner ici que Maruszczak (1954) a trouvé de petites fentes à la surface du loess, sous le sol holocène, mais dans les lieux particulièrement favorables aux processus de gel seulement (fonds humides des dépressions fermées). L'âge des fentes a été déterminé par lui comme le Dryas supérieur.

C'est le profil de Zwierzyniec (Sawicki, 1952) qui égale les loess du Plateau de Lublin en richesse de ses structures périglaciaires. Les rapports stratigraphiques de ce profil le rapprochent fortement à la coupe de Łopatki. La paroi du loess supérieur à Zwierzyniec (fig. 4) montre 4 horizons de solifluxion et 11 horizons de

végétation. En plus, il y a ici des fentes de glace („de gel” selon Sawicki) en 4 générations, c'est-à-dire pareillement à Łopatki.

„La présence des fentes de gel en horizons différents — écrit L. Sawicki — leur forme en général largement ouverte et leur profondeur indiquent des interruptions relativement longues en accumulation du loess, ou bien l'existence des phases de moindre apport du matériel de loess”. Sawicki est enclin à lier cette disposition des structures avec des oscillations de climat.

Les faits présentés montrent nettement que l'analyse de structures périglaciaires dans le loess polonais permet de trouver certaines solutions stratigraphiques et paléoclimatiques. Le matériel le plus propre à de telles conclusions constituent les fentes de glace et de gel à remplissage minéral primitif. Il faut pourtant ne pas oublier que l'étude de leurs dimensions et de leurs formes en coupe verticale ne nous apporte, comme Dylik l'avait bien remarqué (1963, 1966a), qu'une partie d'informations nécessaires. On ne connaît pas de formes horizontales dont les limites sont tracées par les fentes. La dimension et la forme des polygones seraient peut-être d'une plus grande importance pour la détermination des conditions climatiques que la forme de la fente en coupe verticale (le plus souvent transformée ultérieurement). Il est certain que les fentes de gel dans les loess constituent des restes d'anciens réseaux de polygones couvrant les toundras et les déserts périglaciaires. On peut en juger, entre autres, d'après la régularité avec laquelle les fentes apparaissent au même horizon et en mêmes intervalles. À Krowiarki près de Racibórz par exemple les fentes apparaissent dans la paroi de loess en intervalles précis de 20 m, ce qui peut-être considéré comme la taille approximative des centres polygonaux. À Zwierzyniec les intervalles entre les fentes sont de 3 à 7 m. Leurs positions ont été étudiées en détail au plan par Sawicki. À Izbica, sur le Plateau de Lublin, le réseau polygonal marqué par les fentes de gel remplies par du loess, possède des mailles de 15 à 20 m en diamètre.

La présence des fentes de glace dans le loess permet de tirer les conclusions climatiques suivantes:

1. Pendant tout le temps de la sédimentation du loess il y a eu, en Pologne, un pergélisol.

2. On sait que les fentes de gel se forment dans les toundras de la zone périglaciaire actuelle quand les températures tombent au-dessous de  $-20^{\circ}\text{C}$ , dans un climat dont la température moyenne annuelle ne s'élève pas au-dessus de  $-3^{\circ}\text{C}$ . La dimension des poly-

gonés jusqu'à 20 m — et telles ont été constatées dans les loess polonais — est typique pour les toundras de la Sibérie NE et de l'Alaska. Le climat de la phase loessique principale, du Pléniglaciaire donc, sur le territoire de la Pologne, avait été pareil au climat de ces pays arctiques-là.

3. Le dégel estival du sol pendant la déposition du loess atteignait en Pologne la profondeur de 1 à 2 m, la dépassant parfois.

La distribution spatiale des structures périglaciaires dans les loess ne donne pas à penser qu'il y ait de nettes différences de climat sur le territoire de la Pologne au cours de la pleine activité des processus qui formaient ces structures. La taille des fentes est pareille, leur profondeur ne dépasse pas 3 m. On peut également supposer, à la base de pauvre matériel, que les dimensions moyennes des réseaux polygonaux dans les loess ont été les mêmes à peu près sur le territoire entier du pays.

La différenciation verticale des structures périglaciaires dans le loess permet de tirer des conclusions ultérieures. Il s'agit ici de l'étagement des structures périglaciaires, de la détermination du nombre d'horizons avec des fentes de glace avant tout. De tels essais ont été entrepris en Pologne (Mojski, 1961; Czerwinski, 1964). Il faut ajouter que dans les séries de la dernière période glaciaire on a trouvé deux horizons principaux de fentes en Hongrie (Pécsi, 1964), en Tchécoslovaquie (Sekyra, 1961), en Allemagne (Rohdenburg, Mayer, 1966) et en Hollande (van der Hammen, *et al.*, 1967). Voici les conclusions tirées de nos matériaux:

1. A début de la période glaciaire (avant l'interstade Brørup) le climat a été bien que frais et humide (solifluxion) mais pas trop rude. On n'en connaît pas de distinctes structures des fentes.

2. Les conditions pleinement arctiques n'ont régné qu'au Pléniglaciaire. La phase de début de cette période est caractérisée par des oscillations de climat. Au commencement il est humide, le sol est gorgé d'eau, sur une toundra marécageuse apparaissent et se développent des fentes de glace. Ensuite, jusqu'à l'interstade Paudorf le climat sec prédomine, créant des conditions optimales à la formation et au transport de la poussière loessique.

3. Après Paudorf, au début de l'accumulation du loess supérieur, le climat est d'abord nettement rude et le terrain loessique de la Pologne se couvre d'un réseau de fentes de gel. Au fur et à mesure que cette phase dure, le climat subit des oscillations jusqu'alors inconnues. Les conditions changent rapidement plusieurs fois. On se pose

la question quelle avait pu être la cause de ces oscillations. Les changements de température, d'humidité — ou bien de ces deux éléments à la fois? Rohdenburg (1967) qui constate dans le loess supérieur de la Basse Saxe et de la Hesse des structures périglaciaires pareilles à celles que nous avons décrites tout à l'heure (5 générations de fentes de glace au remplissage secondaire) parle des ondes climatiques secondaires („Klimawellen zweiter Ordnung") qui se superposaient alors sur la courbe principale des changements de température (stades, interstades) du Würm. Je crois que ce n'étaient pas les changements de température moyenne annuelle qui exprimaient les oscillations de climat de cette époque-là. Le territoire de la Pologne, de même que l'Europe Centrale entière était le champ de bataille entre les influences opposées, océaniques et continentales, du climat périglaciaire. Ceci est indiqué par l'étagement et le changement rythmique des structures, commençant par les formes de glace du sol (continentalisme) jusqu'aux formes de coulées (océanisme). Quand il y a eu des conditions du périglaciaire océanique, l'hiver était doux, l'été frais, la végétation pauvre et sur les versants il y avait des coulées boueuses de solifluxion (Zwierzyniec). Pendant ce temps le pergélisol a pu fondre, surtout localement, sur des versants plus chauds. Quand l'aggravation climatique continentale revenait, régnaient les conditions du périglaciaire sec. Les fentes de glace et les fentes de gel à remplissage minéral primitif apparaissaient. Elles étaient remplies et subissaient soit une déformation partielle, soit une destruction totale quand leur glace fondait pendant la phase suivante. L'océanisme climatique progressant s'exprimait par la prédominance de la solifluxion et la disparition des coins de glace dans le loess. Au Tardiglaciaire les terrains de loess deviennent le champ d'action des eaux de versant. Il y a partout des traces de l'érosion du loess, aux pieds des versants s'accumulaient des dépôts corrélatifs — les delluvions. Il est possible que même alors, au Dryas supérieur, il y a eu ça et là un pergélisol, uniquement local, dans une toundra et sur des prés marécageux. C'est sous de telles conditions que, selon Maruszczak (1954), ont apparu les fentes de glace les plus jeunes dans le loess du Plateau de Lublin.

Considérant l'évolution totale du climat de la dernière période glaciaire nous constatons donc — s'appuyant sur les structures périglaciaires dans le loess — que cette évolution se caractérise par ce qui s'est manifesté d'une manière tellement radicale pendant la seconde phase du Pléniglaciaire, après Paudorf — par un parcours onduleux, peut-être même rythmique, des changements des éléments

du climat— de la température et de l'humidité. La courbe hollandaise (van des Hammen, *et al.*, 1967) montre bien les oscillations, si elles ont lieu, en températures estivales au-dessus de  $+10^{\circ}\text{C}$  (moyenne du juillet). C'est alors que le tapis végétal change, la forêt entre et un distinct horizon du sol se développe, contenant des restes de flore. Les oscillations de ce type se manifestent comme des interstades. Admettons que l'une des oscillations climatiques parcourait avec la même netteté dans les températures plus basses. Ces changements ne peuvent ni être découverts par les méthodes paléobotaniques ni datés au  $\text{C}^{14}$ . C'est pourquoi toute une longue phase glaciaire entre Paudorf et Bölling est marquée sur la courbe hollandaise par une ligne interrompue, sans aucune oscillation. Or, je pense que l'étude des structures périglaciaires dans les loess complète excellentement nos connaissances sur la section froide de la courbe du Würm et permet de tracer les oscillations du type froid quand la répartition des températures annuelles changeait, c'est-à-dire des phases océaniques et continentales de la zone périglaciaire.

Il se dégage le problème suivant: Pourquoi certaines coupes seulement montrent l'étagement des fentes de glace et de la solifluxion, décrit tout à l'heure. La question n'est pas claire. Il faut pourtant supposer que de certaines sections de relief seulement ont pu enregistrer le total de ces oscillations, comme la zone de passage entre le versant et le fond de vallée par exemple. En plus, il nous semble que le loess supérieur est en général tellement dégradé, étant une formation superficielle, que les coupes que nous observons actuellement sont considérablement réduites. Il y a une troisième cause encore qui explique en partie cette position exceptionnelle, apparente, de la stratigraphie étagée du loess. C'est la méthode d'étude. On emploie toujours des méthodes d'observation macroscopique, pendant que la structure très fine et subtile du loess, parfois franchement indétectable, demande une analyse minutieuse, au laboratoire, avec l'emploi des méthodes pédologiques.

La question discutée des oscillations climatiques à l'intérieur des sections de la phase froide du Würm constitue le problème d'une grande importance pour la solution du sujet qui nous intéresse: loess — périglaciaire — Paléolithé. L'homme paléolithique évoluait en Europe Centrale en conditions particulières — vis-à-vis des changements de climat auxquels il devait soit se soumettre, soit lutter contre eux. Ces oscillations deviennent de plus en plus rapides vers l'époque contemporaine. Commenant du Paudorf, avant 30 000 ans à peu près, l'homme préhistorique en Europe est entré en dernière

phase de son développement, en phase dont le caractère climatique et généralement naturel, particulier par rapport à la totalité du Pléistocène, se dégage de plus en plus nettement.

Traduction de T. Kubiak

### Bibliographie

- Butrym, J., Cegła, J., Dzułyński, S., Nakonieczny, S., 1964 — New interpretation of „periglacial structures”. *Folia Quaternaria*, no. 17.
- Czerwiński, J., 1964 — Problèmes des structures périglaciaires dans les dépôts quaternaires en Basse-Silésie. *Biuletyn Peryglacjalny*, no. 14.
- Dylik, J., 1963 — Nowe problemy wiecznej zmarzliny plejstoczeńskiej (résumé: Nouveaux problèmes du pergélisol pléistocène). *Acta Geogr. Lodziensia*, no. 17.
- Dylik, J., 1966a — Problems of ice-wedge structures and frost-fissure polygons. *Biuletyn Peryglacjalny*, no. 15.
- Dylik, J., 1966b — Znaczenie peryglacjalnych elementów w stratygrafii plejstocenu (résumé: Importance des éléments périglaciaires dans la stratigraphie du Pléistocène). *Czas. Geogr.*, t. 37.
- Dylik, J., 1968 — The earliest warmer substage of the Würm (Amersfoort) in Poland. *Bull. Soc. Sci. Lettr. de Łódź*, vol. 19, no. 4.
- Dylik, J., Maarleveld, G. C., 1967 — Frost cracks, frost-fissures and related polygons. *Meded. Geol. Stichting, N. S.*, no. 18.
- Fink, J., 1962 — Studien zur absoluten und relativen Chronologie der fossilen Böden in Oesterreich. II. Wetzlensdorf und Stillfried. *Arch. Oestr.*, 31.
- Hammen, T. van der, Maarleveld, G. C., Vogel, J. C., Zagwijn, W. H., 1967 — Stratigraphy, climatic succession and radiocarbon dating of the last glacial in the Netherlands. *Geol. en Mijnbouw*, 46 Jaarg.
- Jahn, A., 1951 — Zjawiska krioturbacyjne współczesnej i plejstoczeńskiej strefy peryglacjalnej (summary: Cryoturbate phenomena of the contemporary and of the Pleistocene periglacial zone). *Acta Geol. Polonica*, vol. 2.
- Jahn, A., 1956 — Wyżyna Lubelska — Rzeźba i Czwartorzęd (summary: Geomorphology and Quaternary history of Lublin Plateau). *Prace Geogr. Inst. Geogr. PAN*, no. 7.
- Jersak, J., 1965 — Stratygrafia i geneza lessów okolic Kunowa (résumé: Stratigraphie et genèse des loess des environs de Kunów). *Acta Geogr. Lodziensia*, no. 20.

- Koziowski, J. K., 1964 — Paleolit na Górnym Śląsku (résumé: Le Paléolithique en Haute-Silésie). *Prace Komisji Archeol., PAN — Oddz. w Krakowie*, no. 5.
- Maruszczak, H., 1954 — Klíny lodowe schyłkowego stadium zlodowacenia bałtyckiego w lessach Wyżyny Lubelskiej (Zsfs.: Eiskeile in dem Hangende der Lössdecke und derer Bildungsbedingungen in dem Endstadium der Würmkaltzeit auf der Lubliner Hochfläche). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska*, sectio B, vol. 9, no. 5.
- Mojski, J. E., 1961 — Periglacial deposits and structures in the stratigraphy of the Quaternary in Poland. *Prace Inst. Geol.*, t. 34.
- Mojski, J. E., 1965 — Stratygrafia lessów w dorzeczu dolnej Huczwy na Wyżynie Lubelskiej (summary: Loess stratigraphy in the drainage basin of the lower Huczwa River in the Lublin Upland). *Inst. Geol., Biul.* 187.
- Pécsi, M., 1964 — Chronological problems of the patterned soils of Hungary. *Biuletyn Peryglacjalny*, no. 14.
- Rohdenburg, H., 1967 — Eiskeilhorizonte in südniedersächsischen und nordhessischen Lössprofilen. *Biuletyn Peryglacjalny*, no. 16.
- Rohdenburg, H., Meyer, B., 1966 — Zur Feinstratigraphie und Paläopedologie des Jungpleistozäns nach Untersuchungen an südniedersächsischen und nordhessischen Loessprofilen. *Mitt. Deutsch. Bodenk. Ges.*, 5; p. 1—135.
- Różycki, S. Z., 1961 — Middle Poland. *Guide-book of Excursion „From the Baltic to the Tatras”*, Part III, vol. I, VIth INQUA Congress, Warsaw 1961.
- Sawicki, L., 1952 — Warunki klimatyczne akumulacji lessu młodszego w świetle wyników badań stratygraficznych stanowiska paleolitycznego na Zwierzyńcu w Krakowie (résumé: Les conditions climatiques de la période de l'accumulation du loess supérieur aux environs de Cracovie). *Państw. Inst. Geol., Biul.* 66.
- Sekyra, J., 1961 — Periglacial phenomena. *Prace Inst. Geol.*, t. 34; p. 99—108.