

HALINA KŁATKOWA *

Łódź

ÉVALUATION DU RÔLE DE L'AGENT PÉRIGLACIAIRE EN POLOGNE CENTRALE

Abstract

The paper presents a critical review of research studies on Pleistocene periglacial activity, which were carried out in the Łódź region. The glaciogenic substratum of the Vistulian periglacial processes was shown and analysed. Detailed studies of the distribution and thickness of „correlative” deposits (in relation to geology and relief) explained the role of the Vistulian periglacial morphogenesis of chosen areas in Middle Poland. The variability of the genetic types of periglacial covers was shown as relative to the forms of the relief. The basic conclusions are: at the upland plateaus mainly eolian covers exist and traces of periglacial denudation only; on the positive (convex) glacial forms (as moraines and kames) neither degradation, nor periglacial accumulation traces have been noted; in the concave forms of the relief, especially in fluvial valleys, all types of the periglacial covers were most thick and suggested the highest deposition intensity. All of this data point that the intensity of the Vistulian periglacial morphogenesis was much higher than those during Eemian and during Holocene.

ÉVOLUTION DES IDÉES

L'influence des glaciers continentaux pléistocènes sur le modèle et sur la structure géologique de l'Europe septentrionale et, surtout de la plaine polonaise et allemande, a attiré pour de longues années l'intérêt des géomorphologues et des géologues du Quaternaire. Les séries épaisse des dépôts et les formes d'origine glaciaire et glacifluviale, bien marquées au terrain, de même que les vallées de grands fleuves et des ensembles de dunes présentaient l'objet principal des études. Les ensembles des dunes ont été pour la plupart attribués aux conditions postglaciaires de l'Holocène. Assez tôt l'attention fut concentrée sur l'aspect stratigraphique. Grâce à l'application de la méthode pollinique, introduite en Pologne par Władysław SZAFTER, on a présenté dans un temps relativement court, de premiers schémas stratigraphiques. Ces domaines de recherche dominaient jusqu'au début des années 50^{èmes}

La Pologne Centrale, y compris les environs de Łódź, restait longtemps un terrain peu étudié. Dès l'année 1945, grâce à la création de l'Université de Łódź, et à l'intérêt de son centre de géographie à la géomorphologie, la situation s'est changée. A ce temps, on a entrepris deux initiatives d'une importance particulière pour le développement de la géomorphologie polonaise: le levé géologique (1:300 000) de la Pologne, entrepris par l'Institut Géologique à Varsovie, et le levé géomorphologique sous les auspices d'abord de la Société Polonaise de Géographie et puis de l'Institut de Géographie de l'Académie Polonaise des Sciences. Les géographes de Łódź ont participé dans ces deux types de travaux.

Les travaux de terrain, détaillés et systématiques, ont fourni de riches matériaux qui, en même temps, on révélé de faits géologiques et géomorphologiques qui ne correspondaient pas aux interprétations acceptées à cette époque. Les coupes présentaient de diverses structures, concentrées tout près de la

* Institut de Géographie Physique et de la Formation de l'Environnement, Université de Łódź, 90-505 Łódź, ul. Skłodowskiej-Curie 11, Pologne.

surface et témoignant de leur déformation postérieure, postsédimentaire, ainsi que des dépôts et de simples débris des roches portant des traces de l'altération postérieure et du remaniement éolien (DYLIK, 1951, 1952 a, b; DYLIK, KLATKA, 1952). Le modèle n'était bien claire non plus; les formes observées ne correspondaient pas aux modèles classiques des terrains des glaciations récentes mais se groupaient en ensembles caractéristiques. Simultanément, des informations, de plus en plus nombreuses, concernant des traces géologiques et géomorphologiques de l'influence du climat froid au dehors des glaciations pléistocènes, parvenaient des autres pays, surtout de l'Europe occidentale. Cette orientation nouvelle de recherche était strictement liée à l'évolution mondiale de la géomorphologie climatique qui s'est développée en réaction contre une surestimation du rôle de la structure géologique dans la géomorphologie.

Cette atmosphère favorisait des évaluations critiques des processus formant le modèle de la Pologne, surtout celui de la Pologne Centrale. L'idée du cycle périglaciaire, formulée par Jan DYLIK, fondée sur des observations et sur des études du terrain, attestait l'influence remarquable du climat froid, et du pergélisol sur le remaniement du modèle de l'origine glaciaire (DYLIK, 1952 c, 1953 a, b). Cette idée, au niveau de la connaissance à cette époque, expliquait la présence de nombreuses structures et l'absence des formes glaciaires classiques en Pologne Centrale.

En même temps, Alfred JAHN inspirait les recherches périglaciaires à Wrocław. Les efforts unis de ces deux chercheurs ont fondé la base du progrès dans ce domaine. La création du Biuletyn Peryglacjalny (1954) et la coopération internationale des spécialistes dans le cadre de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire de l'UGI sous la présidence de Jan DYLIK (à partir de 1956) constituaient des conditions particulièrement favorables à la recherche. En même temps, l'inauguration des expéditions polonaises au Spitsbergen (1957) et les perspectives d'une coopération plus proche avec des spécialistes russes ouvraient de possibilités des études comparatives.

L'intérêt portant sur les problèmes périglaciaires des géomorphologues polonais s'est exprimé dans le rassemblement de nombreuses observations des phénomènes, interprétés comme traces de la morphogenèse périglaciaire au courant du Pléistocène. Les années 50^{ièmes}, jusqu'au début des années 70^{ièmes} ont apporté tout un nombre de travaux détaillés et synthétiques concernant des éléments géologiques et géomorphologiques du modèle de la Pologne Centrale. On a distingué, caractérisé et attribué au climat froid de l'avant-pays de la dernière glaciation, de certains types des dépôts, comme: dépôts éoliens — ceux de dunes et ceux de couvertures (DYLIK, 1952 a; DYLIKOWA, 1958, 1964, 1969), dépôts de versants à stratification rythmique (DYLIK, 1955, 1960, 1969), et ceux qui présentaient des produits de la désintégration par le gel (KLATKA, 1962), autant que les dépôts des vallées de dénudation (KLATKOWA, 1965, 1967). On a documenté aussi l'influence de la morphogenèse périglaciaire sur l'évolution de certains éléments du modèle comme terrasses fluviales (KUYDOWICZ-TURKOWSKA, 1975), vallées en berceau et vallées sèches (KLATKOWA, 1965, 1967) et on a reconstruit d'après des traces géologiques et géomorphologiques, l'évolution et la dégradation des hydrolaccoliths (DYLIK, 1961, 1965). On a étudié avec une attention particulière, des structures de fentes du pergélisol, involutions (cryoturbations), lobes de congéligéfluxion etc. (DYLIK, 1951, 1956, 1966 a, b;

OLCHOWIK-KOLASIŃSKA, 1955, 1962; DYLIKOWA, 1956; GOŁDZIK, 1964, 1973) en les attribuant au pergélisol, dont l'importance fut l'objet d'un aperçu synthétique de DYLIK (1964).

Les effets, bien riches, de cette période ont gardé pour la plupart leur place importante dans la connaissance de la paléogéographie des terrains extra-glaïciaires. À présent, il n'y a aucun doute, que les changements du climat au Pléistocène — les mêmes qui se sont manifestés par la glaciation continentale et par de nombreux phénomènes géologiques et géomorphologiques dans la plaine européenne et en Amérique du Nord — favorisaient simultanément, le développement de la glaciation souterraine, devenue responsable de processus changeant d'une façon fondamentale des relations parmi de différents composants de l'épigéosphère. Le rôle du pergélisol dans la formation d'un ensemble spécifique des processus morphogénétiques ou de spécifiques conditions hydrologiques, est devenu évident. Dans l'atmosphère d'une animation de la recherche et des idées nouvelles, il y avait pourtant une tendance d'envisager des problèmes d'un seul côté sans une interprétation suffisamment critique des faits observés. Les vérifications, trop précoces des hypothèses se sont manifestées dans des interprétations exagérées ou même fautives, provoquant des opinions entièrement ou partiellement justifiées. Il s'agissait surtout des structures d'involutions, de congéfluxion et de certaines structures de fente, de même que du rôle général de la dénudation périglaciaire que l'on peut considérer à présent comme exagérée. Certaines opinions critiques, sans toucher des idées fondamentales, faisaient des objections concernant la précision des interprétations ou l'attribution de l'exclusivité des processus périglaciaires. La discussion résultant de l'opposition de la genèse périglaciaire des involutions à celle qui dépendait uniquement d'une stratification inconstante de densité, y peut servir d'exemple (BUTRYM et al., 1964; ANKETELL et al., 1970). Bien sûr, la notion des involutions, en ce qui concerne leur origine, n'était pas définie d'une façon suffisamment précise et les exemples présentés n'étaient pas suffisamment convainquants. Il faut rappeler, pourtant, que le phénomène d'instabilité de la stratification de densité, cycliquement répétée est généralement observé dans les conditions périglaciaires. Donc, sans nier l'existence des déformations „de densité” dans de différents milieux, on ne peut pas négliger des conditions favorisant leur formation dans la couche active du pergélisol. Les causes décisives consistent dans la fréquence et dans le rythme de la formation des systèmes inconstants accompagnant le contenu supplémentaire de la fraction d'aleurites et de pélites dans le dépôt, et de leur propriétés tixotropiques.

Au cours des années 70, par conséquent d'un certain scepticisme concernant le rôle de la morphogenèse périglaciaire, la recherche a subit une stagnation; celle-ci résultait à la fois des opinions critiques venant de l'extérieur et des réflexions portant sur des interprétations fautives précédemment acceptées. Simultanément, on concentrerait l'attention sur des aspects stratigraphiques et paléogéographiques en appliquant des méthodes de la chronologie absolue. Les recherches détaillées se sont réorientées vers l'étude des remaniements géologiques, géomorphologiques et hydrologiques pendant certaines périodes du Pléistocène, par exemple du Vistulien. Cette orientation de la recherche est soutenue jusqu'à présent dans le cadre d'un problème central, unifiant les études de tous les instituts de géographie en Pologne, ayant comme but la

reconstruction de l'évolution du milieu géographique, surtout pendant le Vistulien et l'Holocène. De cette façon, la morphogenèse périglaciaire est actuellement considérée comme un des éléments de l'ensemble des processus actifs pendant cette période. Son rôle a été pourtant différencié selon les conditions des terrains occupés par la dernière glaciation et des terrains extraglaciaires. L'efficacité de la morphogenèse périglaciaire est un des problèmes principaux des géologues du Quaternaire et des géomorphologues étudiant des terrains extraglaciaires qui se trouvaient au Vistulien dans la zone périglaciaire, avec tous ses attributs.

En présentant une évaluation de l'importance des recherches périglaciaires pour un élargissement de la connaissance du Quaternaire, il est indispensable de tenir à distance à la fois l'euphorie de la première période et le scepticisme de la seconde. L'évolution de l'idée périglaciaire paraît régulière. Sans l'exagération au début, elle passerait peut-être inaperçue mais sans critique, elle ne serait pas épurée des irrégularités. A présent, il est plus facile de séparer une marge des opinions qui ne se sont pas vérifiées de tout ce qui possède une valeur durable. Le résultat le plus remarquable des recherches périglaciaires consiste à la rupture du „complexe glaciaire” dans la façon de traiter des périodes froides du Pléistocène (DYLIK, 1975). La relation de l'échelle des effets de la glaciation continentale et souterraine n'y paraissent pas les plus importants. Il est évident que, surtout aux terrains des glaciations plus récentes, les effets des glaciations continentales sont plus spectaculaires que ceux qui résultent de l'existence du pergélisol et de l'ensemble des processus caractéristiques pour le climat froid. Il est cependant, très important de se rendre compte du fait que le changements du climat au Pléistocène dans nos latitudes, se sont enregistrés non seulement à la surface mais aussi dans la couche supérieure de la lithosphère. Ces changements du climat ont en même temps influencé sur l'interaction réciproque des glaciers continentaux et du pergélisol du substratum. Dans ce domaine il y a encore des problèmes à résoudre.

FOND GLACIAIRE – DE LA WARTA, ET INTERGLACIAIRE – D'ÉEMIEN DE L'ÉVOLUTION DES PROCESSUS PÉRIGLACIAIRES

Les effets, les plus lisibles de l'influence des conditions périglaciaires correspondent au Vistulien. En Pologne Centrale la morphogenèse périglaciaire s'est superposée sur la structure géologique et sur le modèle façonné au cours du stade de la Warta (Saalien) et modifiés pendant l'Eemien. Les environs directes de Łódź se trouvent dans la zone du contact des deux lobes du glacier de la Warta. Le lobe sud-ouest s'est étendu plus loin vers le sud, tandis que le lobe nord-est, moins étendu, n'a pas dépassé la latitude de la Pilica. Le contact de ces deux lobes se trouvait juste à la place de la ville de Łódź, ou peut-être un peu plus vers le sud-est (Fig. 1). La formation des lobes attribuée aux inégalités de la configuration du substratum, aux directions principales des lignes tectoniques NW-SE et aux seuils secondaires à l'orientation W-E dans le lobe nord-est. Cette configuration a provoqué non seulement le partage du glacier en deux lobes, mais aussi la différenciation de leur dynamique; cela se manifestait autant pendant la transgression que pendant la récession du glacier (KLATKOWA, 1972). La transgression du glacier relativement mince du lobe SW,

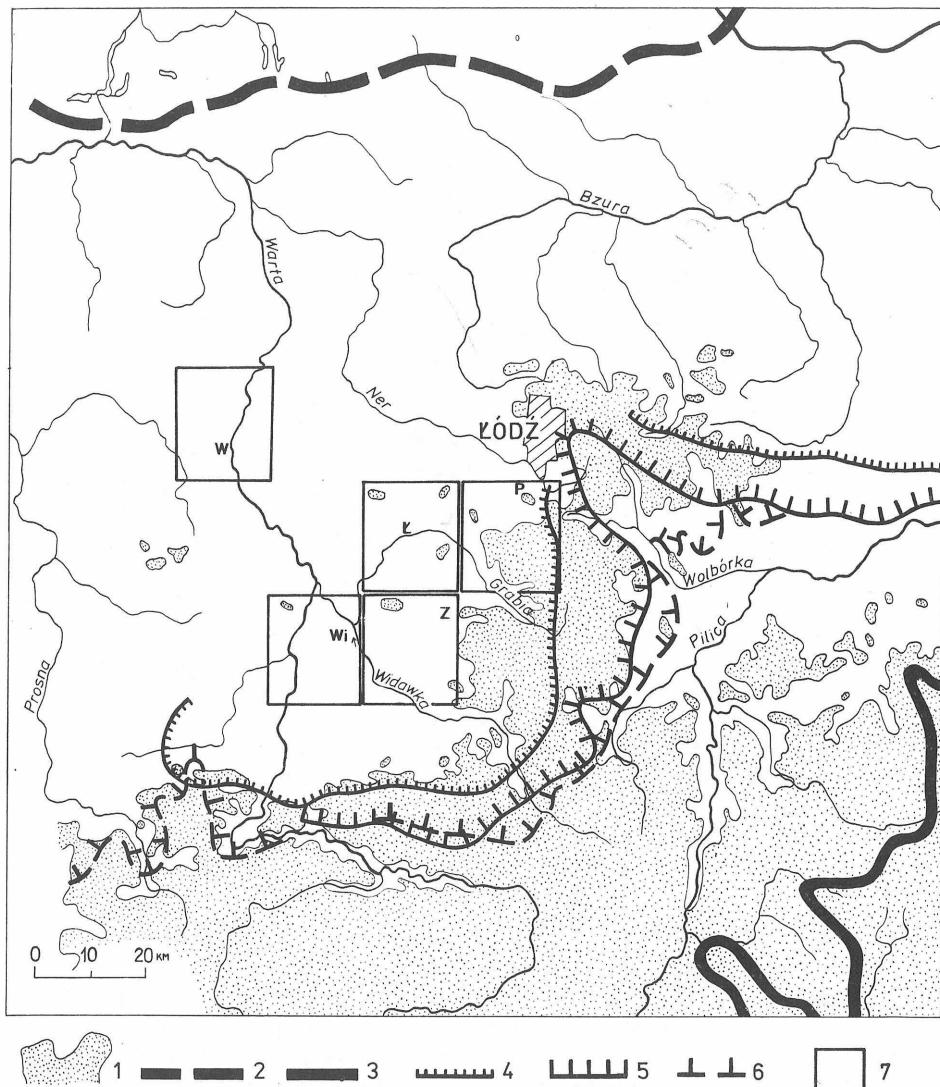


Fig. 1. Lignes de l'extension maximum des glaciations aux environs de Łódź

1. péninsule du Plateau de Łódź: terrain à l'altitude absolue au-dessus de 200 m; 2. extension maximum de la glaciation du Vistulien (Würm), d'après GALON, ROSZKÓWNA (1967); 3. extension maximum de la glaciation du Saalien (Riss), d'après RÓZYCKI (1967); 4. extension du stade de la Warta, d'après GALON, ROSZKÓWNA (1967); 5. extension du stade de la Warta, d'après RÓZYCKI (1967); 6. extension du stade de la Warta, d'après BARANIECKA, SARNACKA, SKOMPSKI (1969); 7. terrains présentés sur les cartes (fig. 9)

s'éteignait progressivement, tandis que l'avancée du lobe NE, plus dynamique, fut freinée par les seuils du substratum. Le conséquences de cette différenciation avaient une influence remarquable à la fois sur la structure géologique et le modèle d'origine glaciaire et sur la différenciation des processus postérieurs, y compris le processus périglaciaires du Vistulien (fig. 2). En effet, le modèle formé dans le lobe SW était peu varié, pour la plupart superposé sur la structure géologique presque horizontale et gardant beaucoup de traits du paysage

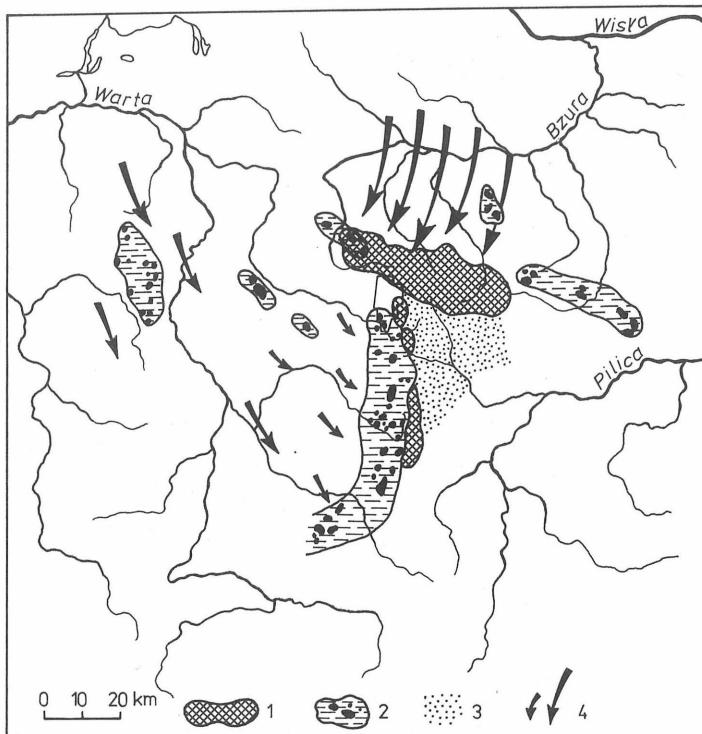


Fig. 2. Direction de l'avancée du glacier de la Warta et types de sa zone marginale aux environs de Łódź

1. zone formée en principe par le glacier en voie de transgression — terrains de la glacitectonique; 2. zone formée en principe par le glacier en voie de la retraite aréale — ensembles plus importants des formes de kame; 3. zone formée par les eaux glaciifluviales — champs des sables de sandr; 4. les flèches montrent la direction de l'avancée du glaciaire; leurs dimensions différenciées correspondent aux différences de l'activité du glacier

glaciaire dû à la glace morte (collines de kame, moraines de la glace morte). Le modélisé du lobe est se développé sur les dépôts dérangés par la glacitectonique, présentant des plissements et des structures monoclinales à l'orientation presque W-E; c'est un modélisé dû à la structure et aux processus de dénudation. C'est une zone de l'escarpement du Plateau de Łódź ne possédant pas de traits typiques de la morphologie glaciaire; les formes de premier ordre sont représentées par quelques escaliers aux altitudes de plus en plus basses, descendant vers le nord, c'est-à-dire vers la pradoline Varsovie-Berlin. La variété des formes y est remarquable; les pentes atteignant 10° accompagnent les front des niveaux respectifs et des versants des vallées.

A côté de deux types principaux des complexes de structure-morphologie, correspondant à deux lobes et surtout à leurs zones marginales, se trouve la troisième zone, celle d'accumulation glaciifluviale, du type des sandres. Elle est bien développée à l'avant-pays du lobe NE, surtout dans la „baie” interlobale, tandis que dans la zone marginale du lobe SW elle n'apparaît que par fragments. Les sables homogènes et par endroits les graviers, ont une stratification parallèle horizontale ou légèrement inclinée vers S ou SE; leur épaisseur atteint quelques dizaines de mètres (fig. 2).

Les pseudomorphoses des fentes de glace, observées dans les sandres, présentent des traits des structures syngénétiques ce qui est attesté par leur profondeur atteignant parfois plus de 10 m, par leur largeur variable et par une vaste zone des déformations latérales; celles-ci se manifestent surtout par des failles de gravitation mais parfois aussi par des structures coudées, témoignant de l'orientation horizontale de l'axe principal de la tension. Ces structures ont été présentées dans un article séparé (KLATKOWA, 1990a); Le caractère syngénétique des fentes et leur remplissage antérieur de glace amènent à la conclusion que, pendant la déglaciation du stade de la Warta, il y existaient de conditions favorisant une aggradation accélérée du pergélisol. Ces structures, qui ne sont pas d'ailleurs très fréquentes, paraissent correspondre aux conditions périglaciaires précédant le stade de la Warta.

Le glacier du stade de la Warta a laissé un paysage différencié: peu varié et possédant de traits glaciaires dans le lobe SW, monotone sur les surfaces plates des sandres, et très varié dans la zone de l'activité de la glacitectonique. L'adoucissement du climat à l'interglaciaire se manifestait par l'évolution de la végétation qui, à son tour, provoquait l'extinction des processus morphogénétiques. L'analyse paléobotanique des dépôts organiques éemien démontre une dense couverture de forêts et sa longue durée dans la plaine polonaise (ŚRODOŃ, 1967). Dans la phase Eb (E2), alors au tardiglaciaire c'étaient encore des forêts de pin et de bouleaux qui y dominaient. La phase terminale – Ei (E7), considérée par des paléobotaniciens danois et hollandais comme vistulienne, à cause d'une baisse bien marquée de température, accompagnée de l'évolution des bruyères, enregistrée dans les diagrammes polliniques de l'Europe de l'Ouest, en Pologne reste encore nettement forestière. On peut donc traiter l'interglaciaire éemien comme une période de la stagnation morphogénétique, pourtant avec deux exceptions. La première concerne l'existence de nombreux petits lacs formant un type spécifique du paysage lacustre éemien (KLATKOWA, 1990b). Les lacs favorisaient l'accumulation des dépôts organiques qui nivelaient des inégalités du terrain. L'autre exception, c'étaient des vallées fluviales, dont l'écoulement s'organisait vers la fin du stade de la Warta et au début de l'Eemien, après la retraite du glacier et au cours de la dégradation du pergélisol. Ce n'est qu'après sa disparition, que les conditions sont devenues favorables à l'évolution du régime hydrologique interglaciaire. En Pologne Centrale il y a peu de traces des processus sédimentaires dans les vallées; on peut considérer certains pavages d'érosion et des séries fluviales aux traits de l'écoulement à méandres, comme les traces les plus vraisemblables. Les pavages apparaissent en aval de certaines vallées sèches, sous le complexe sédimentaire vistulien. Leur genèse d'érosion est attestée par une nette imbrication et les traces de l'altération chimique dans les conditions chaudes – par un moindre contenu des roches peu résistantes par rapport au matériel d'alimentation (KLATKOWA, 1967, 1981). De plus, le pavage trouvé en aval des vallées, correspond à la position stratigraphique des dépôts organiques d'Eemien en amont, bien documentés par le paléobotanistes (KLATKOWA, 1981, 1989a). Les séries fluviales des méandres, observées par TURKOWSKA (1988) dans les fragments de deux vallées, apparaissent sous les dépôts bien connus du Vistulien et servent d'indice de l'évolution des méandres.

Les pavages d'érosion, autant bien que les dépôts des rivières à méandres, n'ont pas été observés que sporadiquement. Pour cette raison l'opinion de TURKOWSKA paraît justifiée: „Les dépôts fluviaux d'Eemien ne se sont conservés qu'en restes et leurs fragments sont ensevelis sous les dépôts vistuliens. Le rôle primaire de l'interglaciaire éemien dans l'évolution des vallées est dans cette situation difficile à évaluer. Il paraît pourtant, qu'il a été moindre par rapport au rôle du tardiglaciaire de Saalien et du Vistulien. On n'a rencontré nulle part dans les vallées d'horizon éemien distinctif" (TURKOWSKA, 1988, p. 122).

LES CHANGEMENTS PÉRIGLACIAIRES AU VISTULIEN

Les processus périglaciaires du Vistulien, se superposant sur la surface glaciaire de la Warta et interglaciaire d'Eemien, seront considérés dans deux aspects — géologique et géomorphologique.

La difficulté fondamentale de la classification des dépôts minéraux de la Pologne Centrale consiste dans leur ressemblance; tous ces dépôts proviennent de la même source scandinave et les différences entre le dépôt glaciaire ou glaci fluviatil et le dépôt périglaciaire sont dues souvent uniquement à leur redéposition, d'habitude pendant une courte période. Cela peut mener à une variété de qualifications faites par des auteurs divers et dans un temps différent. Il est donc souhaitable, afin d'éviter d'erreurs, d'employer plusieurs critères — ceux de chronologie absolue, paléobotaniques, sédimentologiques, morphologiques, et ceux qui sont utilisés dans l'étude du pergélisol, suivant des possibilités et des besoins. Parmi les méthodes, il faut mentionner celles qui ont été élaborées à Łódź, comme p. ex. l'interprétation des analyses morphoscopiques, l'étude des structures, surtout celles de fentes ou la reconnaissance de l'horizon de graviers et de cailloux comme l'horizon stratigraphique principal, attestant des conditions extrêmement froides et sèches du Plénivistulien supérieur.

Afin de présenter le rôle du milieu sédimentaire périglaciaire au Vistulien, on a choisi, vu les difficultés mentionnées ci-dessus, des fragments le mieux étudiés au cours des recherches géologiques et géomorphologiques du terrain. Les dépôts vistuliens englobent: des sables des dunes et ceux de couvertures éoliennes, des séries fluviales de terrasses, des déluvions remplissant les dépressions fermées, ainsi que le complexe, le plus hétérogène, des dépôts de vallées de dénudation et de versants. Certains de ces types des dépôts ont été déjà présentés dans d'autres travaux ou seront analysés dans d'autres articles de ce volume. Il paraît cependant indispensable d'y ajouter quelques explications.

Les travaux menés à Łódź et portant sur les dunes ont apporté la distinction des phases principales de leur formation (DYLIKOWA, 1958, 1964, 1969), la différentiation de l'âge des dunes formées sur de différents niveaux de la pradoline Varsovie-Berlin (KRAJEWSKI, 1977) et la documentation des étapes de la formation des sols sur les sables des dunes (MANIKOWSKA, 1966, 1969 a, b, 1977, 1985). Les résultats de ces recherches servent de base de réflexions qui suivent. Les sables des dunes ayant des formes de remparts ou de paraboles et dont l'altitude dépasse 2 m, sont considérés en qualité de sables de couvertures éoliennes. Cette catégorie n'est pas uniforme, car s'y peuvent trouver à la fois

de couvertures sablo-pulvérulantes des phases initiales des dunes et de dunes soumises postérieurement à la déflation, formant des champs sableux. La seconde remarque concerne une hétérogénéité possible de l'âge des dépôts éoliens. L'opinion que les phases principales de la formation des dunes ont eu lieu au Vistulien tardif — Dryas inférieur, moyen et supérieur, est généralement acceptée (DYLIKOWA, 1958, 1964, 1969). Il est pourtant sûr qu'il y avait à l'Holocène une nouvelle reprise des activités éoliennes, se manifestant par les processus de destruction et de migration des dunes. Il en a de preuves dans les localités où, sous des dunes peu développées, il y avait des tourbes dont l'âge holocène fut attesté à l'aide des méthodes paléobotaniques et de la datation par ^{14}C (KRAJEWSKI, 1977; KAMIŃSKI, 1985, 1989). Il paraît cependant, que les généralisations introduites dans cet article, n'effacent pas l'idée principale. Le matériel d'une partie des couvertures éoliennes, soumis à la redéposition, provenait de la destruction des dunes plus anciennes; il a été donc à l'origine un dépôt dû à l'activité éolienne du Vistulien.

Tous les dépôts fluviaux de terrasses, visibles à la surface dans cette partie de la Pologne Centrale qui s'est trouvée à la portée du stade de la Warta, correspondent à l'accumulation dans les conditions périglaciaires (KLATKOWA, 1965; KRZEMIŃSKI, 1965, 1974; TURKOWSKA, 1975, 1988). Cela ne signifie pas que les auteurs intéressés aux processus fluviaux, ne trouvent pas sur ce terrain des horizons prévistuliens ou leur restes; ce sont, d'ailleurs des traces de l'écoulement de sandres (KRZEMIŃSKI, 1965, 1974) ou des fragments des dépôts correspondant à la déglaciation de la Warta et à l'Eemien (KRZEMIŃSKI, 1974; TURKOWSKA, 1975, 1988). Les séries plus récentes, holocènes, recouvrent parfois des fonds de plus grandes vallées fluviales. Ce qui attire l'attention, ce sont des fonds de petites vallées latérales; leurs dépôts ont été dans bien des cas, considérés comme vistuliens avec de fragments des alluvions holocènes en aval. Cette interprétation est souvent suggérée par l'existence des fonds des vallées suspendues et leur coïncidence avec la terrasse moyenne du Vistulien, dans les vallées plus grandes. Dans de petites vallées on observe aussi des barrages de dunes.

Les dépôts de terrasses sont inséparablement liés aux séries déposées dans des élargissements dues aux eaux de déversement ou aux lacs. Les dépressions dans le plafond du pergélisol, larges, peu profondes et faiblement drainées, favorisaient la formation des cônes et de petits deltas aux embouchures de vallées latérales, ou l'accumulation des dépôts dûs aux eaux stagnantes. Par conséquent, les dépôts ont un caractère variable; ils se composent en principe de sables à calibre différent et de limons, accumulés dans les conditions soit subaquatiques, soit subaériques. Ces séries, dont l'âge correspond à celui des dépôts de terrasses, représentent leur variété faciale; elle n'ont pas été, jusqu'à présent, étudiées d'une façon détaillée et on les a distinguées pour la première fois sur la carte géologique (KLATKOWA, 1980, 1985 a; KLATKOWA, PIWOCKI, 1981).

Le complexe sédimentaire des vallées périglaciaires, dues à la dénudation, est reconnu depuis longtemps (KLATKOWA, 1965, 1967, 1981). Il se compose de quelques séries qui se succèdent dans l'ordre suivant: série sablo-limoneuse, horizon supérieur de cailloux, sables à lamination fine et sable pulvérulant sans structure. La série sablo-limoneuse, correspondant au ruissellement sur la sur-

face du pergélisol, a été d'abord attribuée au Pleniwürm (KLATKOWA, 1965). Les données postérieures, surtout l'analyse pollinique des dépôts organiques sous-jacents et la datation TL (en ayant en vue toutes les objections concernant cette méthode), ont permis de préciser leur âge comme plénivistulien (Fig. 3). L'horizon supérieur de cailloux, considéré comme résultat des conditions extrêmement sèches et froides, garde toujours son importance stratigraphique (DYLIK, 1964, 1967; KLATKOWA, 1965, 1967, 1981; GOŁDZIK, 1973); il marque la surface fossile, sur laquelle se développait la génération principale des fentes de glace. Quelques preuves locales de sa bipartition n'empêchent pas de lui attribuer une importance stratigraphique particulière. Au-dessus de cet horizon, dans des vallées sèches, reposent des sables à lamination fine (KLATKOWA, 1965, 1967); les dépôts, manifestant de nombreuses déformations discontinues, accumulés sur les couvertures de neige, en représentent une variété faciale (KLATKOWA, 1985 b). Le dernier horizon, touchant à la surface, contient des dépôts pulvérulants ou sablo-pulvérulants portant de nettes traces de l'éolisation de grains; il sont parfois difficiles à distinguer de dépôts à lamination fine sous-jacents à cause de leur épaisseur peu importante. Dans un aperçu superficiel tous les dépôts ci-mentionnés, malgré de nettes différences sédimentologiques et chronologiques, doivent être considérés comme un seul complexe, vu la croissance de leur extension horizontale au fur et à la mesure de l'aggradation verticale.

Le groupe de dépôts de versants ressemble au complexe sédimentaire de vallées de dénudation. Les dépôts de versants à stratification rythmique, distingués pour la première fois par DYLIK (1955, 1960), furent comparés par l'auteur aux grèzes litées et traités comme leur équivalent développé dans le matériel mobile d'origine glaciaire. Plus tard (DYLIK, 1969), ont a classifié ces dépôts selon les processus morphogénétiques. Les études aux environs de Łódź, ayant en vue aussi des aspects stratigraphiques, y on ajouté une caractéristique détaillée (WIECZORKOWSKA, 1975; TURKOWSKA, WIECZORKOWSKA, 1985, 1986).

L'accumulation vistulienne se concentrerait aussi dans les dépressions fermées qui se trouvent sur des interfluves, souvent au-dessus des sections supérieures des vallées de dénudation. Leur origine est interprétée de façon différente mais pour la plupart on les attribue à la déglaciation du glacier de la Warta, le dernier sur ce terrain (DYLIK, 1961, 1965; KLATKOWA, 1972, 1989 a, b, 1990b; WIECZORKOWSKA, 1975, 1976). Leur évolution postérieure peut être différente. De nombreuses dépressions ont subsisté jusqu'à nos jours, sous la forme de petits bassins fermés, légèrement marqués à la surface; les autres furent incluses au Vistulien dans les systèmes ouverts des vallées de dénudation ou même des vallées fluviales. Ces dernières ne se manifestent que par de séries des dépôts organiques, accompagnés parfois du matériel minéral (KLATKOWA, 1989 a, b). Les dépôts du remplissage des dépressions qui nous intéressent particulièrement, correspondent à la période Éemien-Holocène. Au-dessus de la partie éemienne de ces remplissages, généralement organiques, reposent des séries vistuliennes qui sont aussi, surtout dans la partie inférieure, organiques ou minérales (DYLIK, 1965; KLATKOWA, 1989 a, b). La séquence des dépôts minéraux des dépressions fermées suggère une ressemblance au complexe des vallées de dénudation; en bas, on trouve souvent une série sablo-limoneuse ou limoneuse, vers le haut — une série sableuse ou sablo-graveleuse et au sommet — parfois des sables éoliens. Cette séquence n'est pas complète dans

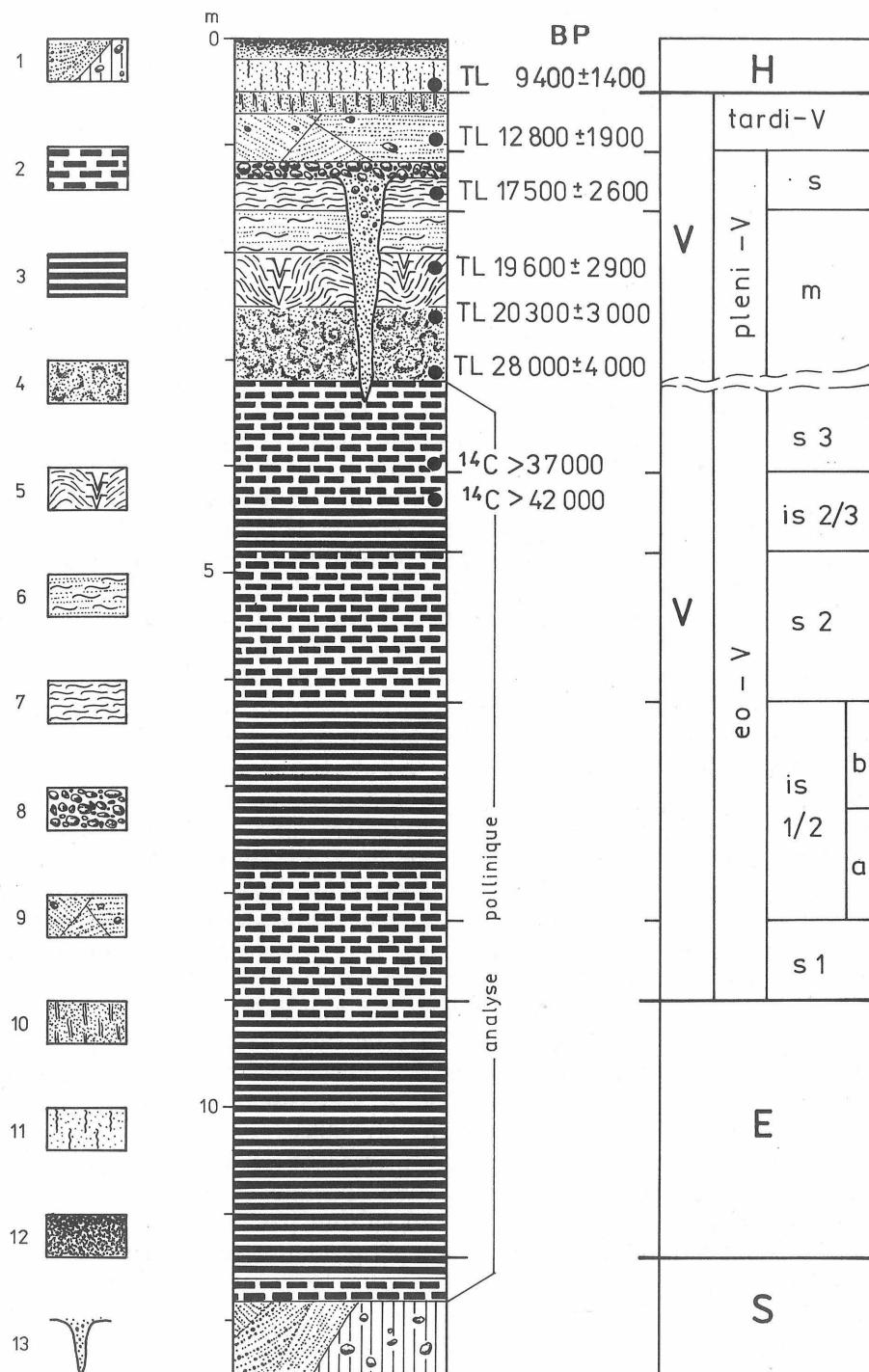


Fig. 3. Profil synthétique — géologique et stratigraphique des dépôts de la vallée de dénudation

1. argile morainique et dépôts glaci-fluviiaux, déformés par la glaciotectonique; 2. limons organiques; 3. tourbe; série sablo-limoneuse: 4. sables limoneux avec des traces de processus pédologiques, 5. limon avec les déformations syngénétiques dues au gel, 6. sables limoneux, 7. limons; 8. horizon de cailloux; 9. sables à lamination fine avec des traits de la déposition sur la neige; 10. horizon de la concentration des combinaisons de fer; 11. sable pulvérulents, éoliens; 12. horizon d'accumulation du sol actuel; 13. pseudomorphose après une fente de contraction thermique

chaque cas; le plus souvent surtout dans de petites dépressions, c'est la série de graviers et de cailloux qui manque. Pourtant, malgré la différenciation verticale des dépôts, dans un aperçu superficiel il faut traiter en qualité d'un complexe, comme dans le cas des vallées sèches.

REPARTITION DES TYPES GÉNÉTIQUES PRINCIPAUX DES NAPPES PÉRIGLACIAIRES

La répartition des types de dépôts périglaciaires vistuliens distingués ci-dessus, est présentée sur la carte (fig. 4). La documentation de cette carte fut rassemblée au cours de études systématiques de terrain à l'occasion du levé géologique. On a tâché d'y présenter à la fois des endroits où on a trouvé des nappes périglaciaires englobant tous les types de ces dépôts, et — là où c'était possible — leur épaisseur réelle (avec l'exactitude de 0,1 m) ou possible (avec l'exactitude de 1 m). L'analyse de la carte permet d'y trouver une régularité de la répartition des types respectifs de ces nappes. La diffusion, marquée le mieux se manifeste dans la catégorie des sables de dunes et des sables éoliens de couverture. Ils existent sur des dépôts plus anciens, autant sur les interfluves que sur les versants, sur les terrasses fluviales et dans les dépressions fermées. Les observations détaillées prouvent que les formes glaciaires du type de kames ou pareilles y présentent l'exception. Ce fait fut remarqué par WIECZORKOWSKA (1975) et par GOŁDZIK (1964), surtout en ce qui concerne des structures périglaciaires. Les autres nappes, correspondent d'une façon plus nette aux éléments morphologiques définis: les sables de terrasses — aux vallées fluviales, les dépôts de versants et ceux des vallées de dénudation — aux zones des versants bien marqués et le dépôts des eaux stagnantes aux dépressions fermées. On y peut donc distinguer, selon leur répartition, deux catégories suivantes: les nappes azonales — éoliennes, et les nappes zonales — correspondant uniquement aux versants et aux formes concaves.

L'épaisseur des nappes dans de différentes situations morphologiques, est présentée sur les coupes géologiques. On y retrouve de différences bien marquées, entre des nappes éoliennes sur des interfluves, généralement minces (à l'exception de grandes dunes) d'un côté, et d'épaisses séries observées dans toutes les formes concaves, surtout dans les vallées, de l'autre. Les coupes (fig. 5 a, b) illustrant le terrain de dunes et marécages à SW de Łódź paraissent bien représenter des terrains d'accumulation éolienne. Le profil 6 a révèle la situation dans des dépressions fermées qui ne sont pas incluses au réseau des vallées, et le profil 6 c présente des dépôts périglaciaires de versants. La répartition et l'épaisseur des dépôts vistuliens dans les vallées de dénudation se manifestent sur des coupes 6 b, d. Les figures 7 a, b illustrent le remplissage vistulien de l'amont des petites vallées fluviales; les vallées moyennes comme p. ex. celle de la Grabia, et des vallées plus grandes — comme celle de Warta, sont présentées sur la figure 8.

Les données présentées sur des coupes correspondent aux observations d'autres auteurs. L'épaisseur des dépôts vistuliens dans la moyenne section de la Warta atteint 18 m (KRZEMIŃSKI, 1974; KRZEMIŃSKI, BEZKOWSKA, 1987). Dans des vallées moindres, s'écoulant du Plateau de Łódź, TURKOWSKA (1975,

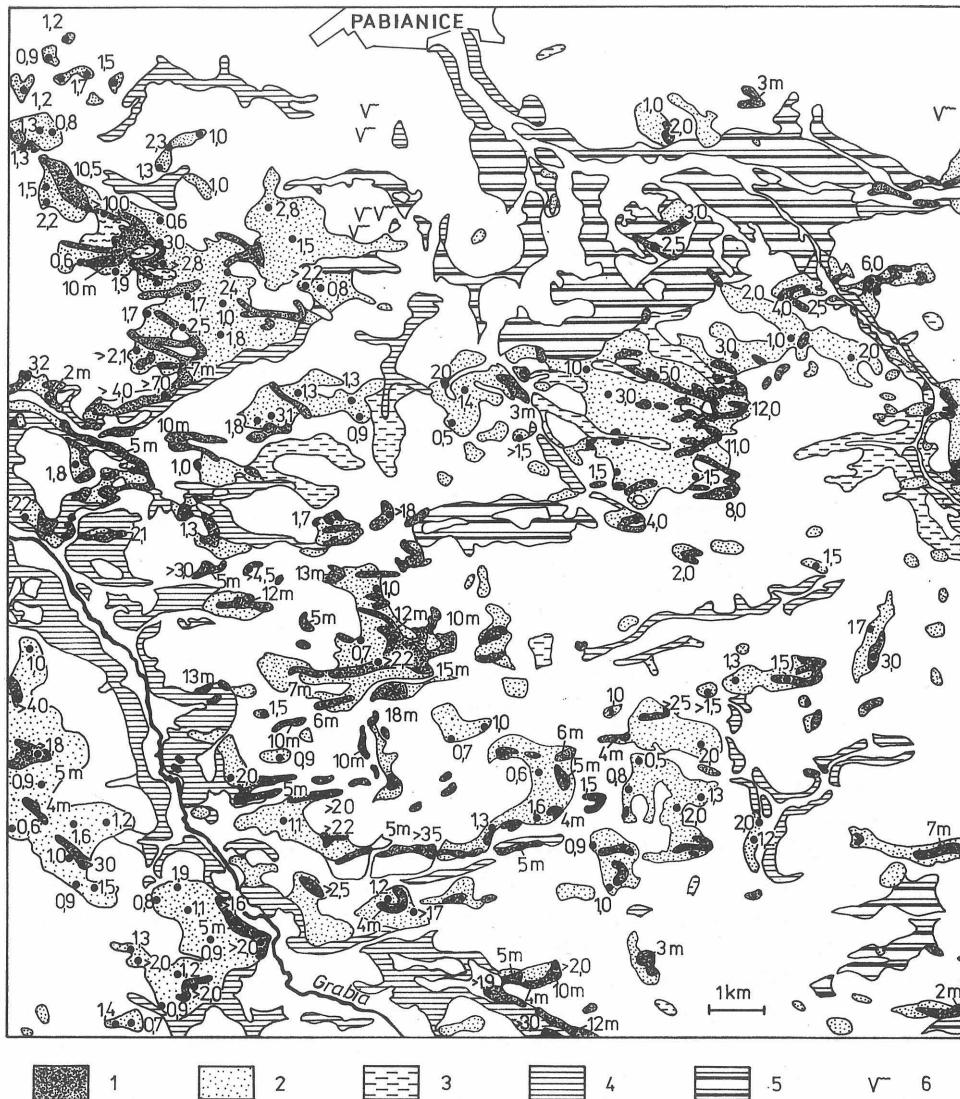


Fig. 4. Nappes vistuliennes sur l'interfluve glaciaire peu diversifié, avec de petites vallées des rivières et de bassins peu profonds

1. sables éoliens; 2. sables et sables pulvérulents des couvertures éoliennes; 3. complexe de dépôts sableux et limoneux des vallées de dénudation et de certains versants; 4. sables et limons des terrasses fluviales; 5. sables et limons des eaux stagnantes; 6. fentes de contraction thermique; 7. localités avec la flore fossile; 8. localités avec la malacofaune; 9. dépôts datés par ^{14}C ; 10. épaisseur des dépôts vistuléens mesurée directement (1,5 ou 1,5), et évaluée indirectement (10 m)

1988, 1989) documente leur épaisseur de 15 à 20 m et même 24 m dans les cas extrêmes. L'auteur a trouvé dans des surcreusements à l'amont d'une petite vallée de séries atteignant 10 m; leur âge fut attesté par ^{14}C (KLATKOWA, 1989 a, b). Les dépôts de versants possèdent dans de certaines situations des épaisseurs jusqu'à 4 m (WIECZORKOWSKA 1975) mais leur extension est limitée aux zones étroites accompagnant les inflexions ou les fragments concaves des versants. L'épaisseur la plus fréquente des couvertures de sables

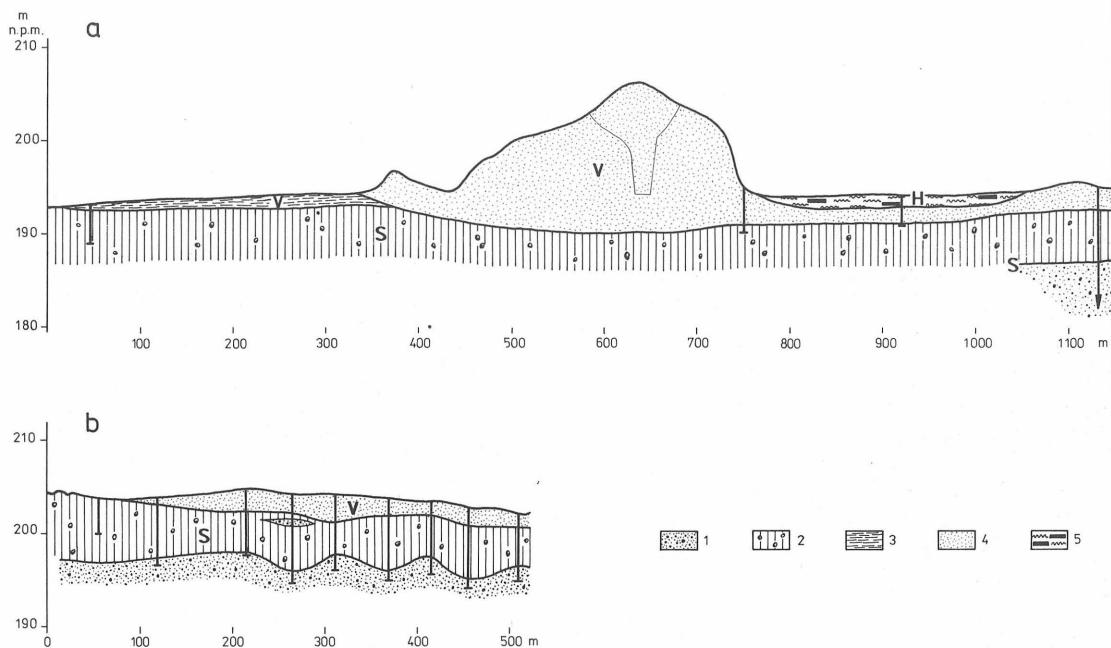


Fig. 5. Coupe à travers l'interfluve morainique recouvert de dépôts éoliens:

a. sous la forme d'une dune de dimension moyenne; b. sous la forme d'une couverture mince de sables; 1. dépôts glacifluviaux; 2. argile morainique; 3. limons; 4. sables éoliens; 5. alluvions organo-minérales; S — Saalien; V — Vistulien; H — Holocène

éoliens atteint plus ou moins 4 m (KLATKOWA, 1985 a, 1987; KRZEMIŃSKI, BEZKOWSKA, 1987).

Les sables fluviaux d'Holocène sont d'habitude emboités dans les séries vistuliennes. Leur extension superficielle, ainsi que leur épaisseur sont donc moindres de celles des dépôts vistuliens (fig. 5, 6, 7, 8). L'épaisseur la plus puissante des alluvions holocènes, atteignant 10,5 m, a été observée dans la vallée de la Warta moyenne (KRZEMIŃSKI, BEZKOWSKA, 1987). Dans de petites vallées ces valeurs oscillent de 0 à 4,5 m (KAMIŃSKI, 1985, 1989; TURKOWSKA, 1988). Au dehors des vallées ni l'épaisseur ni l'extension des dépôts holocènes n'ont pratiquement d'importance.

La répartition des nappes périglaciaires et leur épaisseur, différenciées en fonction de la morphologie, permettent de formuler quelques remarques sur les zones de différences de susceptibilité des formes du relief ou de leurs ensembles aux influences des processus morphogénétiques pendant le Vistulien. Les collines singulières d'interfluvies sont dépourvues de traces des processus périglaciaires; on n'y trouve ni de formes de destruction, comme p. ex. vallées en berceau, ni de couvertures éoliennes ou de dunes. Les interfluvies plats ou légèrement ondulés sont, avant tout, de terrains d'accumulation éolienne; elle se manifeste par les remparts de dunes ou par les champs de sables éoliens. Les grandes dunes sont accompagnées de formes de déflation; les couvertures sableuses ensevelissent parfois de fragments des pavages de déflation contenant de nombreux cailloux façonnés par le vent. Malgré ces preuves d'érosion du vent on peut considérer l'efficacité des processus destructifs sur les plaines d'interfluvies comme peu importante.

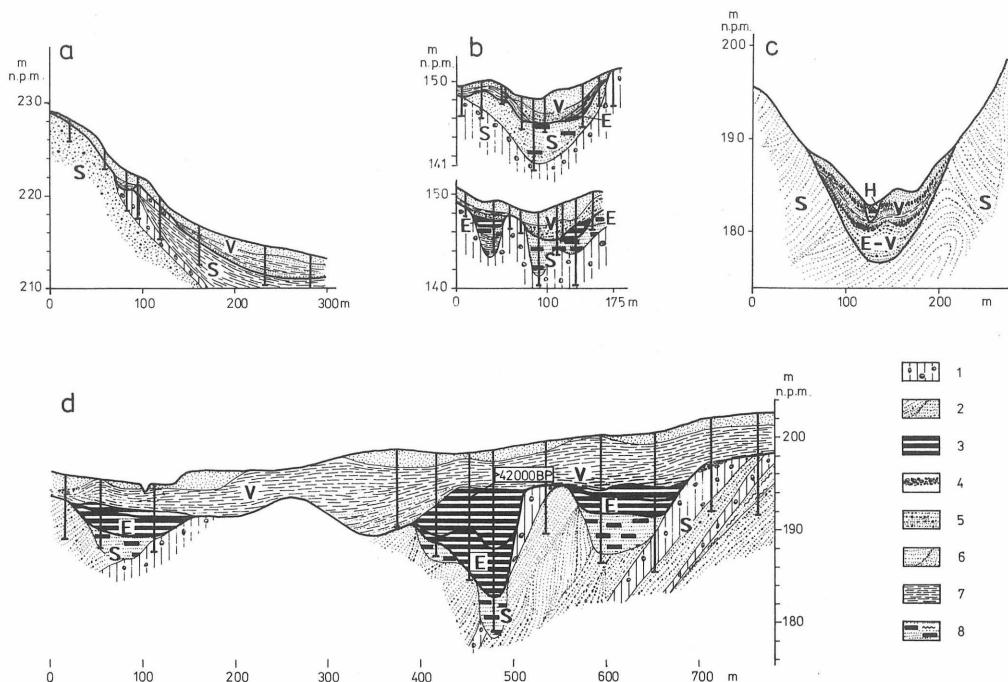


Fig. 6. Coupes à travers les dépressions fermées, les vallées de dénudation et des fragments des versants

a. fragment de la section inférieure du versant (d'après WIECZORKOWSKA 1975); b. dépression fermée; c. vallée de dénudation — coupe transversale; d. vallée de dénudation — coupe longitudinale — avec des dépressions fermées, incluses dans le système ouvert; 1. argile morainique; 2. dépôts glaciifluviaux par endroits déformés par la glactectonique; 3. tourbe et limons organiques; 4. horizons de cailloux, pavages d'érosion; 5. sables et graviers; 6. sables; 7. limons; 8. alluvions organo-minérales

L'activité des processus périglaciaires, se concentrant dans les formes concaves de l'origine différente et sur des versants aux pentes plus marquées, a eu un caractère plus universel. C'étaient des zones où, grâce aux conditions morphologiques favorables, l'activité omniprésente du vent fut accompagnée à la fois de processus destructifs, particulièrement efficaces sur les versants aux inclinaisons plus fortes, et de l'accumulation des dépôts corrélatifs. Ces dépôts, fournis par le ruissellement ou par les mouvements de masses, s'accumulaient en voie du transport relativement court sur les versants des vallées et des dépressions fermées, ainsi que le long des axes des vallées sèches et des vallées en berceau. Le transport aux distances plus grandes s'effectuait par l'intermédiaire des eaux de rivières; le matériel accumulé sur les fonds d'anciennes vallées se manifeste actuellement sous la forme des terrasses vistuliennes. En général, les interfluves glaciaires peu diversifiés, n'ont pas été atteints que très faiblement par les processus destructifs, tandis que toutes les formes concaves et les versants nettement marqués ont été soumis à l'activité importante de la dénudation, dont l'efficacité dépendait de la valeur d'inclinaison des pentes (KLATKOWA, 1965). La sous-estimation de ces différences au début des recherches menait à l'attribution de l'origine périglaciaire non seulement aux versants mais aussi aux plaines accompagnant des pieds des versants; ces plaines ont été comparées aux surfaces d'aplanissement ce qu'on considère aujourd'hui comme une conclusion allant trop loin (DYLIKOWA, KLATKOWA, 1956).

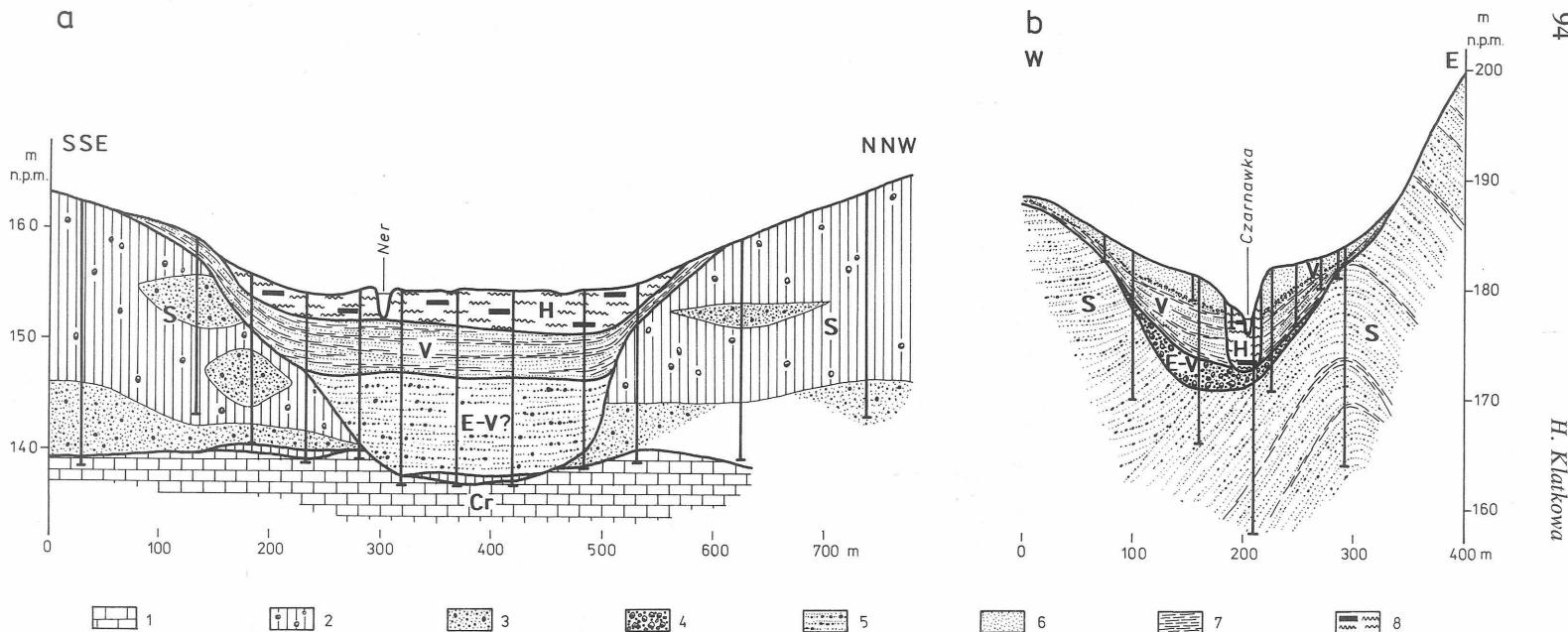


Fig. 7. Coupes à travers des sections initiales de petites vallées fluviales:

a. vallée du Ner, en amont (d'après TURKOWSKA, 1988); b. vallée de la Czarnawka; 1. marne crétacé; 2. argile morainique; 3. dépôts glaciogéniques par endroits déformé par la glaciectonique; 4. horizons de cailloux, pavages d'érosion; 5. sables et graviers; 6. sables; 7. limons; 8. alluvions organo-minérales

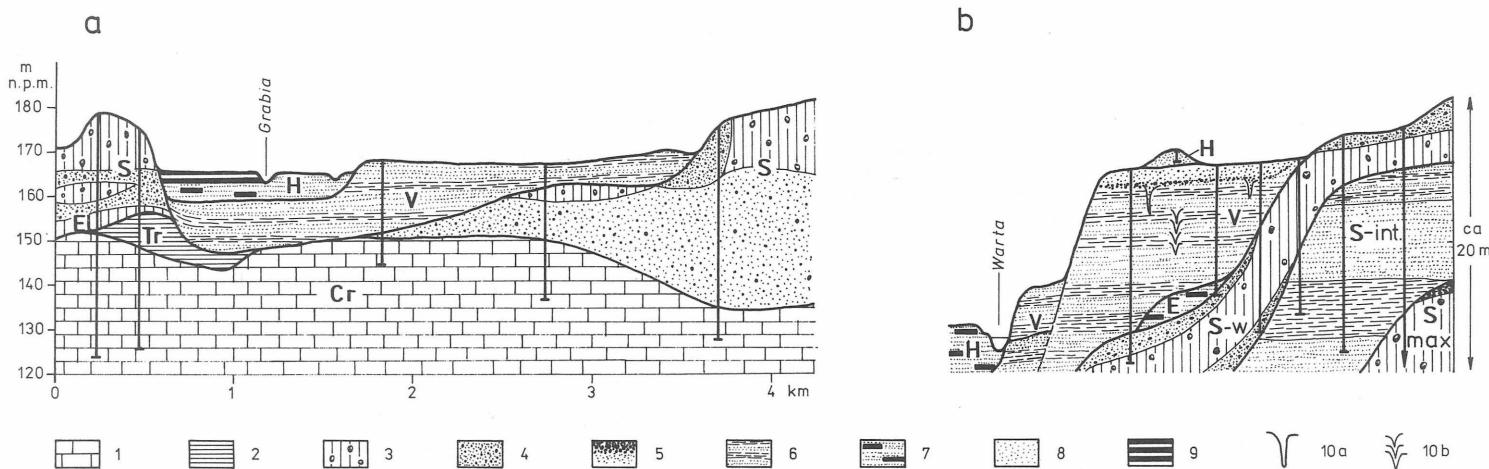


Fig. 8. Coupes à travers les vallées moyennes:

a. vallée de la Grabia; b. vallée de la Warta (d'après KRZEMIŃSKI, 1974 — généralisée); 1. marne crétacé; 2. sables et argiles tertiaires; 3. argiles morainiques; 4. sables et graviers glaciifluviaux; 5. horizons de cailloux, pavages d'érosion; 6. sables et limons fluviaux; 7. sables de rivière avec intercalations organiques; 8. sables éoliens; 9. tourbe; 10. pseudomorphoses après des fentes: a. épigénétiques, b. syngénétiques; Cr — Crétacé; Tr — Tertiaire; El — Elsterien; S — Saalien: Smax — stade maximum, Sw — stade de la Warta, Sint — interstade; E — Éemien; V — Vistulien; H — Holocène

EFFICACITÉ DE LA MORPHOGENÈSE PÉRIGLACIAIRE

L'évaluation de l'efficacité géologique et géomorphologique de la morphogénèse périglaciaire ne peut être accomplie qu'au fond de l'étude des dépôts corrélatifs. Il est évident que cette méthode peut apporter des effets relativement précis exclusivement dans les cas de l'analyse des systèmes fermés; ceux-ci, d'ailleurs ne représentent qu'une partie restreinte des terrains étudiés. La caractéristique ci-présentée de l'extension et de l'épaisseur des dépôts corrélatifs doit donc être considérée comme approximative; elle peut quand même servir d'exemple à la comparaison d'efficacité des processus en question avec celle de l'Holocène. La proportion des dépôts périglaciaires du Vistulin dans la structure géologique superficielle est présentée sur les cartes (fig. 9) et les coupes géologiques (fig. 5, 6, 7, 8) ci-jointes, fondées sur les études détaillées du terrain. Les localités examinées sont situées en Pologne Centrale, à la portée de la glaciation de la Warta, et présentent de terrains suivants: 1. à la prédominance des interfluves parsemés de bassins peu profonds (fig. 9 a), 2. à la prédominance des interfluves glaciaires, avec la vallée d'une petite rivière dans la partie centrale (fig. 9 b), 3. une vallée moyenne, avec ses anciennes voies d'écoulement au niveau de la terrasse vistulienne et avec un ensemble des collines morainiques (fig. 9 c), 4. la zone de confluence de deux vallées (fig. 9 d), 5. un bassin d'origine glaciaire, entourée d'interfluves morainiques (fig. 9 e). Les cartes présentent trois groupes principaux de l'âge des dépôts superficiels: 1. dépôts prévistuliens, pour la plupart glaciaires et glacifluviaux du stade de la Warta, 2. séries sédimentaires du Vistulien, 3. dépôts holocènes. C'est un essai d'une présentation des rapports réciproques des surfaces occupées par les complexes de dépôts à l'âge différent. Il paraît que ces cartes donnent l'idée, relativement objective de la répartition des complexes mentionnés. Les fragments des terrains y présentés correspondent à de différents ensembles morphologiques — d'interfluves, de vallées, et de ceux qui ont une position intermédiaire; on y a distingué aussi de différents types du substratum glaciaire. Les rapports superficiels des complexes de même âge y paraissent quand même assez proches. Le tableau 1 présente ces relations d'une façon plus précise. Le fait que les dépôts du glacier de la Warta occupent 45—69% de la surface, n'est pas étonnant et n'exige pas de commentaire; de même, leur épaisseur est évidente. Ce qui mérite l'attention, c'est le pourcentage des nappes vistuliennes (19,8—32,1%) qui occupent 1/5—1/3 de la surface. Cette surface serait plus grande, si on n'aurait pas pris en considération des dépôts holocènes recouvrant généralement d'une mince couche les séries vistuliennes dans les fonds des vallées; leur surface atteint plusieurs pour cent.

Les faits présentés prouvent que les dépôts des périodes chaudes de l'ordre d'interglaciaires, ne sont pas qu'un component peu important dans la structure géologique de la Pologne Centrale. Les séries éemienne ne se manifestent pas à la surface; elles sont toujours ensevelies sous les dépôts vistulien, autant sur des interfluves que dans les vallées (KLATKOWA, 1989a, 1990b). Les séries holocènes, comme les plus récentes, se révèlent à la surface mais leurs extensions verticales et horizontales sont à peine marquées.

L'évaluation de la morphologie atteste les observations géologiques. La base du macrorelief est glaciaire. Les formes interglaciaires pratiquement

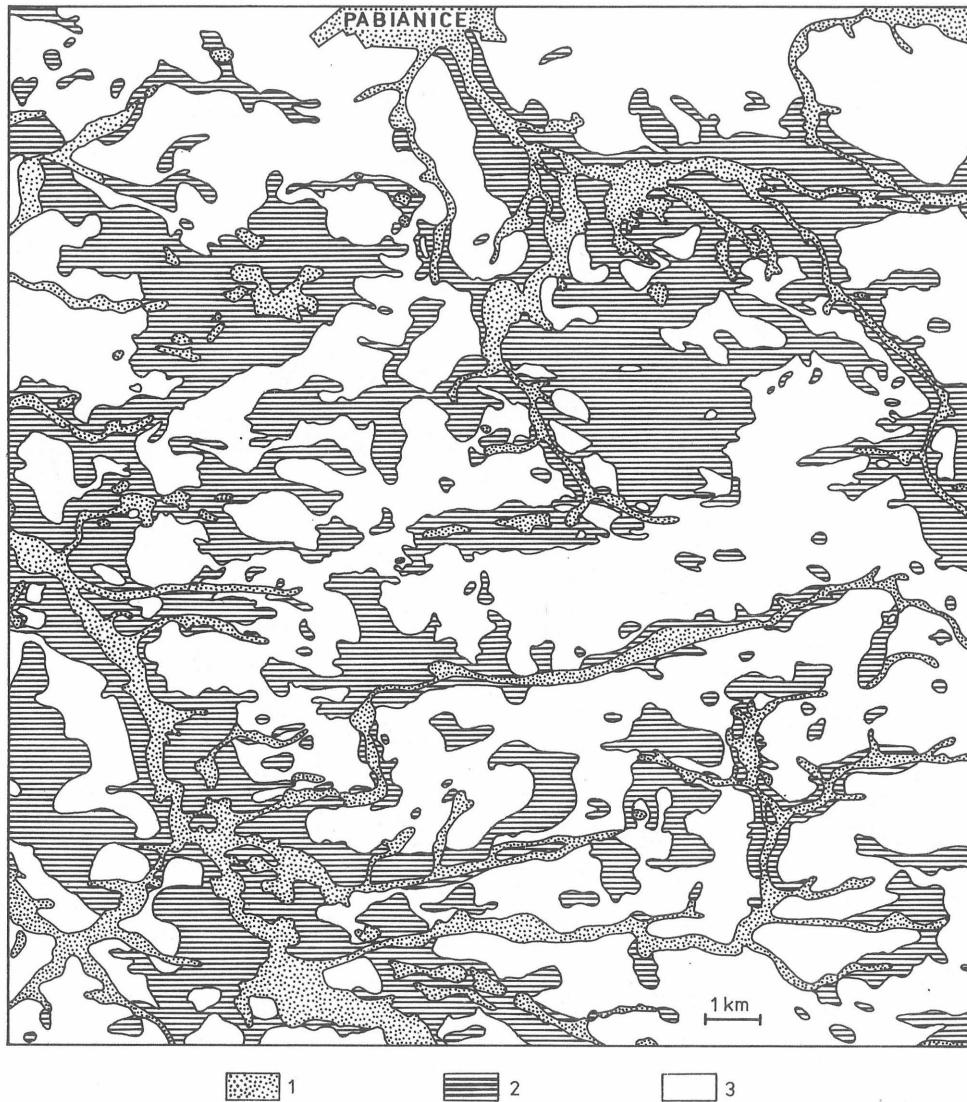
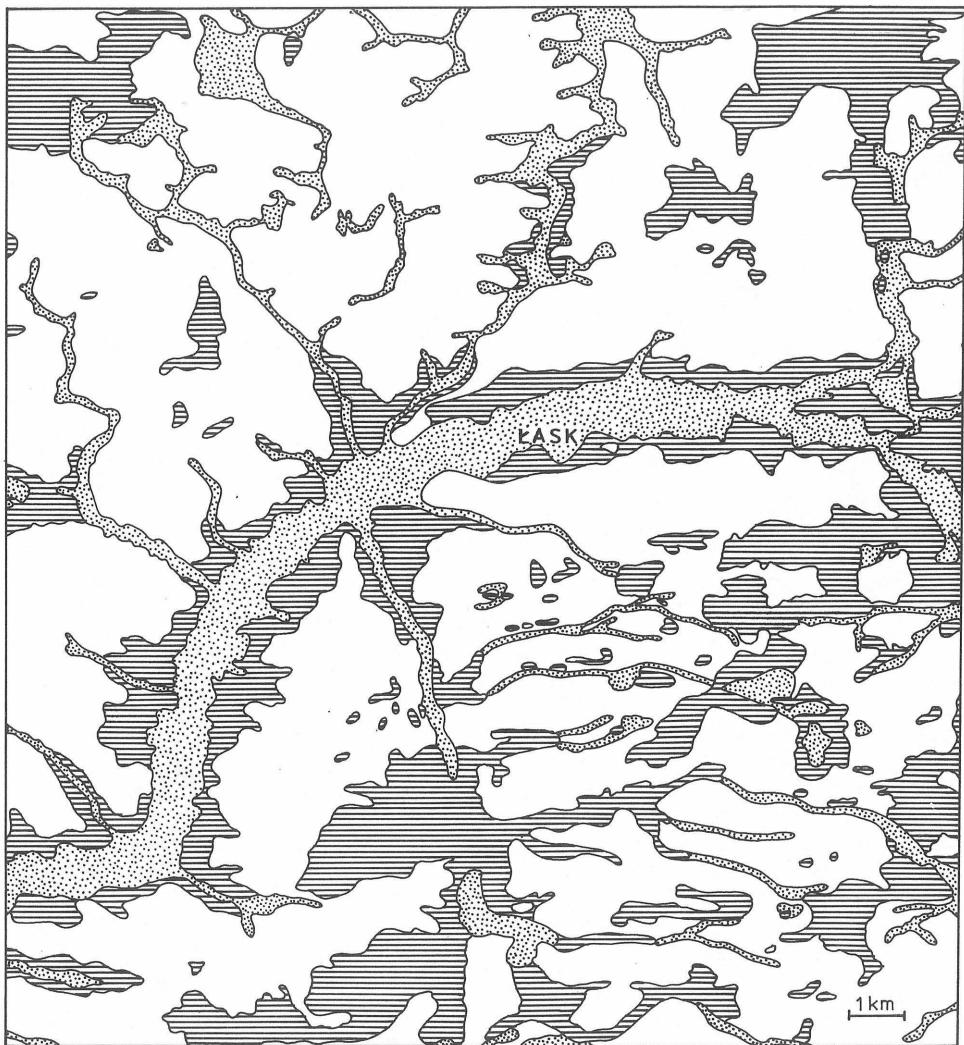


Fig. 9. Dépôts périglaciaires du Vistulien en proportion de la structure géologique superficielle en Pologne Centrale

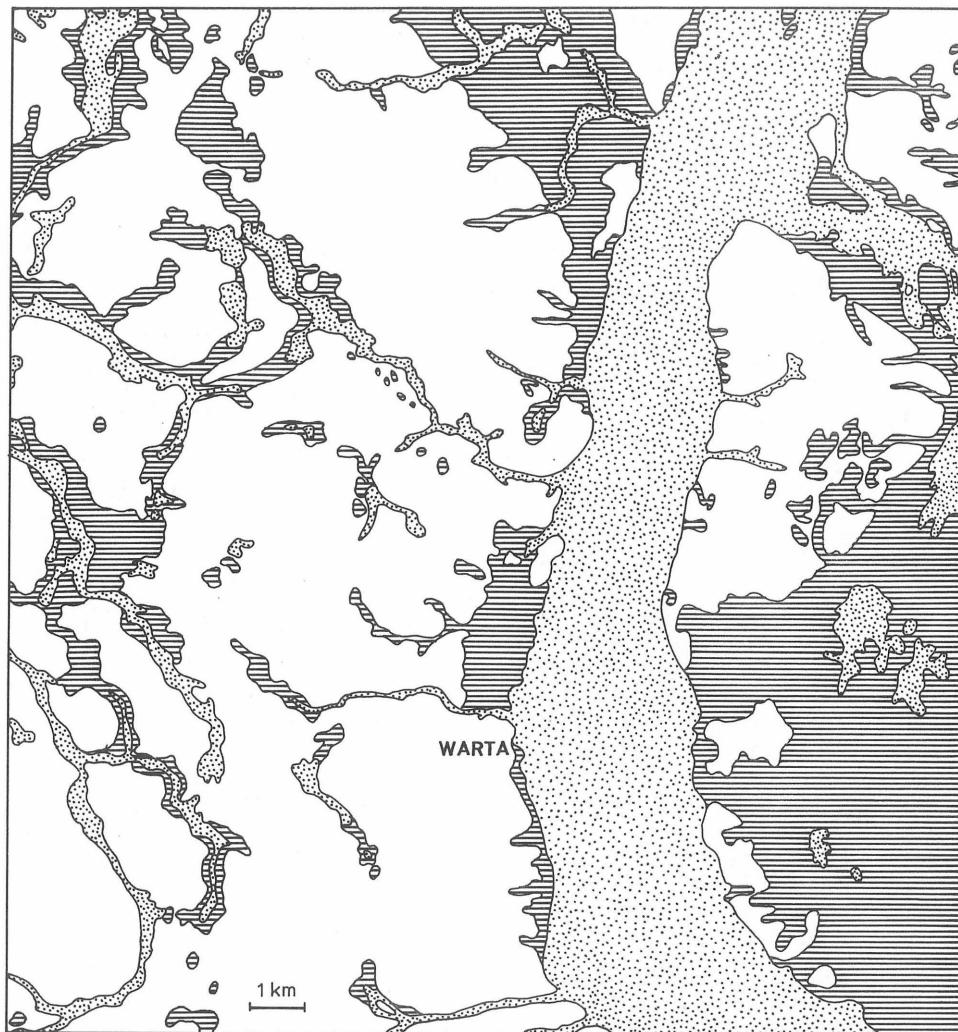
1. nappes holocènes; 2. nappes périglaciaires du Vistulien; 3. dépôts prévistuliens — en principe glaciaires, du Saalien; 9 a. terrain à la prédominance des interfluves plats, avec de dépressions peu profondes; (terrain P de la fig. 1, et 1 du tableau I)

n'ont aucune importance. De petits lacs éemiens, par endroits bien nombreux ont été postérieurement complètement remplis ou considérablement nivelés, ou inclus dans le système vistulien des vallées (KLATKOWA, 1989 a, b, 1990b). De même, les dissections holocènes des vallées sont moindres par rapport à celles du vistulien. Le développement de certaines formes d'érosion, p. ex. des ravins, peut devenir même très vif dans les conditions extrêmes mais, vu leur fréquence limitée, les effets morphologiques de ces processus sont à peine visibles. Si — en acceptant des principes théoriques — on aurait enlevé de la surface



9 b. terrain à la prédominance des interfluves glaciaires, avec la vallée fluviale dans la partie centrale (terrain Ł de la fig. 1, et 2 du tableau I)

du terrain des traces de la morphogenèse holocène, le modelé ne serait pas très différent du modelé actuel. Si on aurait éliminé des traces du Vistulien, ces différences seraient remarquables (l'absence de dunes, des vallées en berceau et des vallées de dénudation et les différences des formes des vallées fluviales). Ces observations concernent exclusivement de terrains de la plaine. Par contre l'activité des processus holocènes p. ex. dans les Carpates (STARKEL, 1960) ou dans les régions du loess de la Montagne de St^e Croix (KŁATKA, 1958; JERSAK, 1965), est évaluée comme très efficace; la lithologie, d'autant que la diversité morphologique y favorisent des mouvements des masses, souvent rapides et à grande échelle (STARKEL, 1977). Dans la plaine le bilan négatif des versants à l'Holocène correspond à la stagnation morphogénétique, ne dérangée que



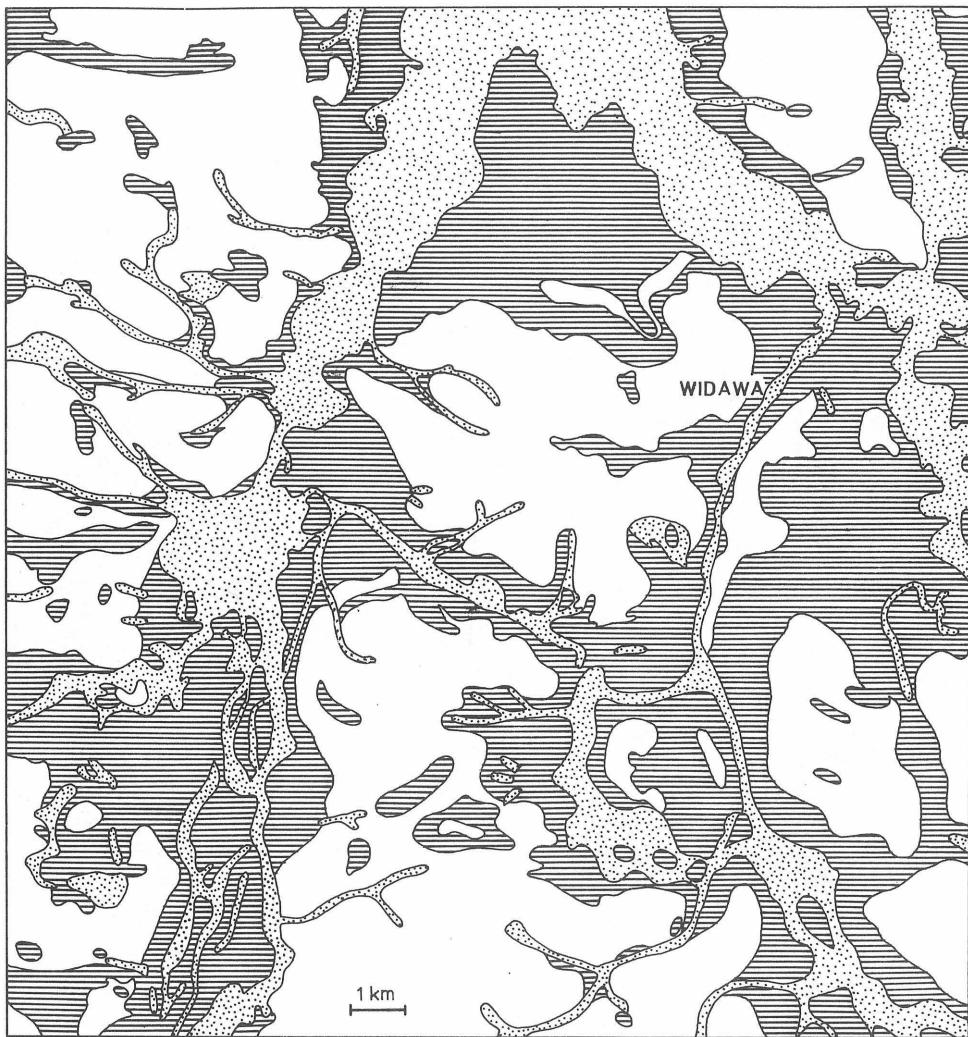
9 c. terrain à la prédominance des interfluves glaciaires, avec la vallée d'une rivière moyenne, les voies de son écoulement ancien et l'ensemble des collines morainiques (terrain W de la fig. 1, et 3 du tableau I)

sporadiquement par d'extrêmes phénomènes naturels ou par l'intervention de l'homme. Au Vistulien, par contre, la zone périglaciaire de la Pologne Centrale, pour la plupart de cette période sans forêts, favorisait une vive activité des processus morphogénétiques; par conséquent, les remaniements géologiques et morphologiques y sont plus importants.

CONCLUSIONS

Les effets de la morphogenèse périglaciaire du Vistulien doivent être évalués en comparaison avec d'autres périodes du Quaternaire de même importance.

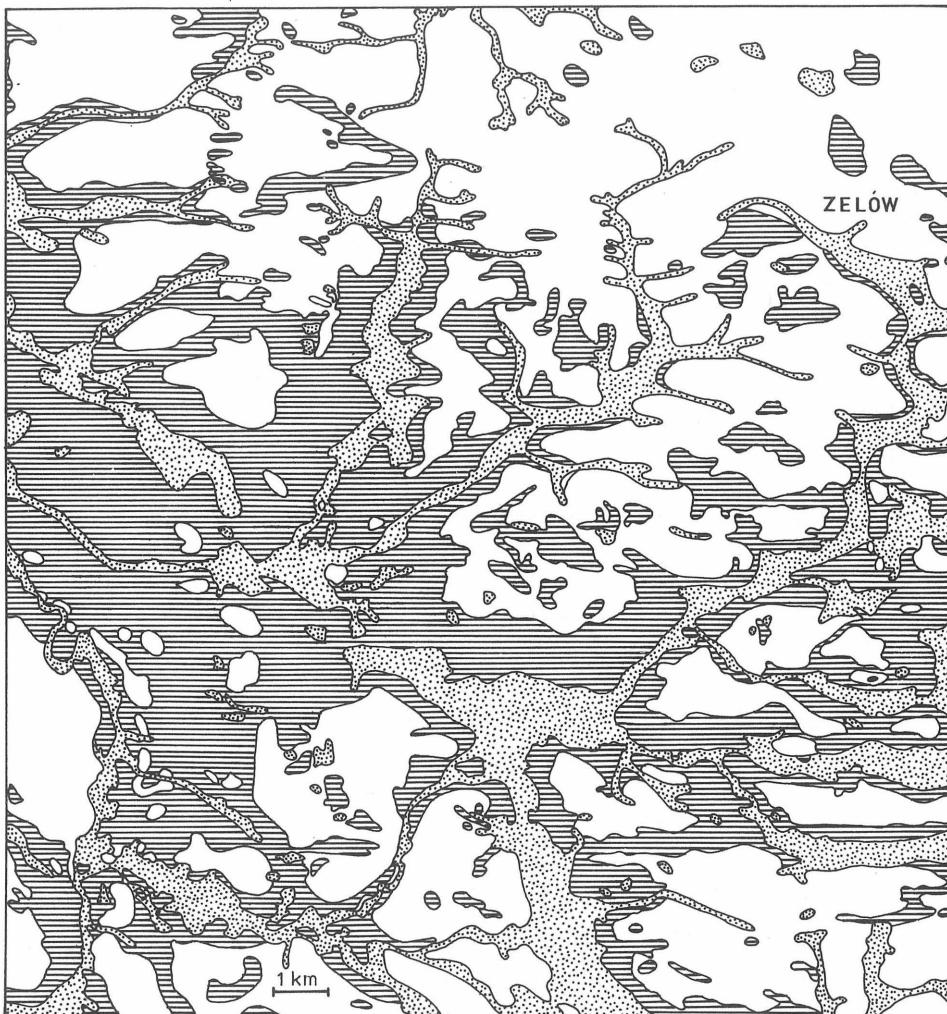
1. L'origine de la structure géologique et la formation du modelé ont eu lieu pendant des étages froids du Quaternaire qui y jouaient le rôle principal;



9 d. terrain de la confluence de deux vallées fluviales (terrain Wi de la fig. 1, et 4 du tableau I; d'après KRZEMIŃSKI, BEZKOWSKA, 1986)

il s'agit surtout de l'influence de la glaciation continentale de la Warta et du pergélisol (= glaciation souterraine) vistulien. L'efficacité des morphogenèses interglaciaires — éemienne et holocène était remarquablement plus modeste.

2. Le glacier de la Warta fut le plus important pour l'accumulation des séries puissantes de dépôts et pour la formation des formes de premier ordre. Les dépôts de cet âge atteignent de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres et affleurent sur 45–65% de la surface. Les modèles de la bordure du lobe nord-est, aux environs NE de Łódź, possède p. ex. de traits de l'influence de la structure et des processus de dénudation; par suite des processus de la tectonique glaciaire, les directions prédominantes de la structure s'expriment dans des traits principaux de la morphologie, c'est-à-dire dans des escaliers du Plateau de Łódź, descendant vers le nord. L'origine de ces escaliers est



9 e. dépression d'origine glaciaire, entourée d'interfluves morainiques (terrain Z de la fig. 1, et 5 du tableau I; d'après BALIŃSKI, GAWLIK, 1985)

attribuée aux processus glaciaires, malgré de nombreuses traces des remaniements postérieurs, dûs aux processus d'érosion et de dénudation. Vu les données actuelles, il n'est plus possible de soutenir l'ancienne interprétation de ces escaliers comme surfaces d'applanissement périglaciaire qui se développaient au fur et à la mesure du recul des versants. Cela ne signifie pourtant que ces formes ont conservé leur caractère glaciaire original et n'ont pas subi de remaniement périglaciaire; il est même possible qu'il y a de surfaces d'applanissement mais uniquement locales et étroites.

3. La morphogenèse périglaciaire du Vistulien occupe la seconde place au point de vue de dimensions des remaniements du modèle. Les affleurements des dépôts de cette période, reposant sur tous les éléments géologiques et morphologiques plus anciens, se manifestent sur 20—33% de la surface. Leurs épaisseurs varient de quelques centimètres sur les couvertures éoliennes jusqu'à

Tableau 1

Proportions des surfaces occupées par les dépôts holocènes, vistuliens et plus anciens aux terrains choisis de la Pologne Centrale

	Localité principale du terrain (source de données)	Traits morphologiques principaux du terrain	Dépôts affleurant à la surface actuelle, selon l'âge							
			saaliens et plus anciens, surface en: km ²		vistuliens, surface en: km ²		holocènes, surface en: km ²		au total surface en: km ²	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
1	Pabianice 664 (KLATKOWA, 1985a, 1987a)	Interfluve glaciaire avec des dépressions et de petites vallées	184,3	56,6	104,5	32,1	36,6	11,3	325,4	100,0
2	Łask 663 (KLATKOWA, 1987b)	Interfluve avec une vallée au centre du terrain	210,1	64,6	74,9	32,0	40,4	12,4	325,4	100,0
3	Warta 624 (KLATKOWA, ZAŁOBA, 1992)	Interfluve glaciaire avec une grande vallée et avec les voies de l'écoulement vistulien	184,8	56,8	64,5	19,8	76,1	23,4	325,4	100,0
4	Widawa 698 (KRZEMIŃSKI, BEZKOWSKA, 1986)	Terrain de confluence de deux vallées moyennes, entouré de l'interfluve glaciaire	149,0	45,8	107,2	32,9	69,2	21,3	325,4	100,0
5	Zelów (BALIŃSKI, GAWLIK, 1985) 699	Bassin fermé entouré de l'inter- fluve morainique	151,9	46,7	117,4	36,1	56,1	17,2	325,4	100,0

plus ou moins 20 m dans les vallées. Ce qui mérite une attention particulière, c'est l'échelle des remaniements, nettement la plus importante dans les vallées fluviales et sèches; dans tout un nombre de cas, ces formes ont été entièrement façonnées pendant cette morphogenèse et ne répètent pas des prédispositions plus anciennes. Les vallées de dénudation, moyennes ou petites, ne jouent pas de rôle morphologique plus important là, où elles apparaissent séparément; leur influence sur le caractère du modelé se manifeste surtout dans les endroits où elles sont plus fréquentes (sur les fronts des escaliers d'escarpement et sur les versants des vallées). La même remarque concerne des formes éoliennes; les dunes apparaissant séparément ne présentant qu'une retouche, tandis que leur grands ensembles décident d'un paysage nouveau.

4. La morphogenèse tempérée de l'Holocène occupe la troisième place. L'extension, relativement bien marquée des formes et des dépôts de cette période (11–23%) est justifiée de leur âge le plus récent et du fait que les effets de cette morphogenèse recouvrent les surfaces plus anciennes. Les traces des processus holocènes se concentrent dans les fonds des vallées et éventuellement dans les dépressions où elles sont pourtant moins fréquentes. L'épaisseur des dépôts holocènes atteint quelques dm jusqu'à quelques m.

5. La morphogenèse éémienne ne joue aucun rôle dans la morphologie actuelle. Les dépôts de cette période sont entièrement recouverts de séries postérieures et les formes correspondantes n'apparaissent qu'exceptionnellement.

6. Les faits présentés prouvent que les traits principaux de la structure géologique superficielle et du modelé de la Pologne Centrale, au dehors de la portée du glacier vistulien, se sont formés sous l'influence du glacier de la Warta et de ses eaux. Le remaniement du modelé glaciaire a eu lieu sous l'influence du climat froid au Vistulien, donc dans les conditions périglaciaires. La morphogenèse tempérée de l'Holocène n'y s'exprime que dans une retouche. On peut donc accepter l'opinion de STARKEL (1986) sur l'origine glaciaire du macro- et mézorelief et de l'origine périglaciaire du mézo- et microrelief; cette opinion trouve à grands traits, une affirmation dans la Pologne Centrale.

Traduction de A. Dylikowa

Bibliographie

- ANKETELL, J. M., CEGŁA, J., DŻUŁYŃSKI, S., 1970 — On the deformational structures in system with reversed density gradients. *Roczn. Pol. Tow. Geol.*, 40.
- BALIŃSKI, W., GAWLIK, H., 1985 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Zelów (699). (Detailed geological map of Poland 1:50 000, sheet Zelów). Instytut Geologiczny, Wyd. Geol., Warszawa.
- BUTRYM, J., CEGŁA, J., DŻUŁYŃSKI, S., NAKONIECZNY, S., 1964 — New interpretation of „periglacial structures”. *Folia Quater.*, 17.
- DYLIK, J., 1951 — Some periglacial structures in Pleistocene deposits of Middle Poland. *Bull. Soc. Sci. Lettr. de Łódź*, 2.
- DYLIK, J., 1952a — Pierwsza wiadomość o utworach pokrywowych w środkowej Polsce (summary: First report on covering deposits in Middle Poland). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 68.
- DYLIK, J., 1952b — The loess-like formations and wind worn stones in Middle Poland. *Bull. Soc. Sci. Lettr. de Łódź*, 3.

- DYLIK, J., 1952c — The concept of the periglacial cycle in Middle Poland. *Bull. Soc. Sci. Lettr. de Łódź*, 5.
- DYLIK, J., 1953a — O peryglacialnym charakterze rzeźby środkowej Polski (résumé: Du caractère périglaciaire de la Pologne Centrale). *Acta Geogr. Univ. Lodz.*, 4.
- DYLIK, J., 1953b — Zagadnienie poligenezy rzeźby w pracach nad geomorfologiczną mapą Polski (résumé: Problème de la polygénèse du relief dans les travaux sur la carte géomorphologique de la Pologne). *Przegl. Geogr.*, 25.
- DYLIK, J., 1955 — Peryglacialne osady stokowe rytmiczne warstwowane (summary: Rhythmically stratified periglacial slope deposits). *Biul. Peryglacialny*, 2.
- DYLIK, J., 1956 — Coup d'oeil la Pologne périglaciaire. *Biul. Peryglacialny*, 4.
- DYLIK, J., 1960 — Rhythmically stratified slope waste deposits. *Biul. Peryglacialny*, 8.
- DYLIK, J., 1961 — Analyse sédimentologique des formations de versant remplissant les dépressions fermées aux environs de Łódź. *Biul. Peryglacialny*, 10.
- DYLIK, J., 1963 — Nowe problemy wiecznej zmarzliny plejstoceńskiej (résumé: Nouveaux problèmes du pergélisol pléistocène). *Acta Geogr. Lodz.*, 17.
- DYLIK, J., 1964 — Sur les changements climatiques pendant la dernière période froide. Report of the VIth INQUA Congress, Warsaw 1961, vol. IV.
- DYLIK, J., 1965 — L'étude de la dynamique d'évolution des dépressions fermées à Józefów aux environs de Łódź. *Revue Géom. Dynam.*, XV, 10—11—12.
- DYLIK, J., 1966a — Problems of ice-wedges structures and frost-fissure polygons. *Biul. Peryglacialny*, 15.
- DYLIK, J., 1966b — Traces fossiles de l'évolution descendante des polygones des fentes de gel. *Tijsch. Konink. Nederl. Aarsdriks. Genoot.*, 83, 3.
- DYLIK, J., 1967 — Główne elementy paleogeografii młodszego plejstocenu Polski środkowej (Eléments essentiels de la paléogeographie du Pléistocène supérieur en Pologne), in: Czwartorzęd Polski, PWN, Warszawa.
- DYLIK, J., 1969 — Slope development under periglacial conditions in Łódź region. *Biul. Peryglacialny*, 18.
- DYLIK, J., 1975 — The glacial complex in the notion of the late Cenozoic cold age. *Biul. Peryglacialny*, 24.
- DYLIK, J., KŁATKA, T., 1952 — Recherches microscopiques sur la désintégration périglaciaire. *Bull. Soc. Sci. Lettr. de Łódź*, 4.
- DYLIKOWA, A., 1956 — Kliny zmarzlinowe w Sławęcinie (summary: The ice-wedges at Sławęcin). *Biul. Peryglacialny*, 3.
- DYLIKOWA, A., 1958 — Próba wyróżnienia rozwoju wydm w okolicach Łodzi (résumé: Phases du développement des dunes aux environs de Łódź). *Acta Geogr. Univ. Lodz.*, 8.
- DYLIKOWA, A., 1964 — Les dunes de la Pologne Centrale et leur importance pour la stratigraphie du pléistocène tardif. Report VIth INQUA Congress, Warsaw 1961, vol. IV.
- DYLIKOWA, A., 1969 — Le problème des dunes intérieures en Pologne à la lumière des études de structure. *Biul. Peryglacialny*, 20.
- DYLIKOWA, A., KŁATKOWA, H., 1956 — Exemple du modèle périglaciaire du Plateau de Łódź. *Biul. Peryglacialny*, 4.
- GOŁDZIK, J., 1964 — L'étude de la répartition topographique des structures périglaciaires. *Biul. Peryglacialny*, 14.
- GOŁDZIK, J., 1973 — Geneza i pozycja stratygraficzna struktur peryglacialnych w środkowej Polsce (summary: Origin and stratigraphical position of periglacial structures in Middle Poland). *Acta Geogr. Lodz.*, 31.
- JERSAK, J., 1965 — Stratygrafia i geneza lessów okolic Kunowa (résumé: Stratigraphie et genèse des loess aux environs de Kunów). *Acta Geogr. Lodz.*, 20.
- KAMIŃSKI, J., 1985 — Próba rekonstrukcji zdarzeń holocenowych w wybranym odcinku doliny Moszczenicy na podstawie analizy osadów powierzchniowych i śladów odpływu (summary: The attempt at the reconstruction of the Holocene events in the selected section of the Moszczenica river valley on the basis of the analysis of the sediments and the surface traces of the flow). *Acta Geogr. Lodz.*, 50.
- KAMIŃSKI, J., 1989 — Wpływ holocenowych procesów eolicznych na kształtowanie dna doliny Moszczenicy (summary: The effect of the Holocene eolian processes on the Moszczenica river valley floor development). *Acta Geogr. Lodz.*, 59.
- KŁATKA, T., 1958 — Muły antropogeniczne doliny Świśliny i ich dynamiczna interpretacja (résumé: Limons anthropogènes de la vallée de la Świślina et leur interprétation dynamique). *Acta Geogr. Univ. Lodz.*, 8.

- KLATKA, T., 1962 — Geneza i wiek góloborzy łyśogórskich (résumé: Champs de pierres de Łyso-góry. Origine et âge). *Acta Geogr. Lodz.*, 12.
- KLATKOWA, H., 1965 — Niecki i doliny denudacyjne w okolicach Łodzi (résumé: Vallons en berceau et vallées sèches aux environs de Łódź). *Acta Geogr. Lodz.*, 19.
- KLATKOWA, H., 1967 — L'origine et les étapes d'évolution des vallées sèches et des vallons en berceau. Exemples des environs de Łódź. Symp. inter. géomorphol., Liège — Louvain 1966. Congrès et coll. de l'Univ. de Liège, vol. 40.
- KLATKOWA, H., 1972 — Paleogeografia Wyżyny Łódzkiej i obszarów sąsiednich podczas zlodowacenia warciańskiego (résumé: Paleogeographie du Plateau de Łódź et de terrain avoisinant pendant la glaciation de Warta). *Acta Geogr. Lodz.*, 28.
- KLATKOWA, H., 1980 — Mapa geologiczna Polski 1:200 000, arkusz Łódź, wydanie A — Mapa utworów powierzchniowych. (Geological map of Poland 1:200 000, sheet Łódź). Instytut Geologiczny, Wyd. Geol., Warszawa.
- KLATKOWA, H., 1981 — Dépôts des vallées périglaciaires en Pologne Centrale. *Recherches Géogr. Strasbourg*, 16—17.
- KLATKOWA, H., 1985a — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Pabianice (664). (Detailed geological map of Poland 1:50 000, sheet Pabianice). Instytut Geologiczny, Wyd. Geol., Warszawa.
- KLATKOWA, H., 1985b — Osady depozycji naśnieżnej późnego vistulianu (summary: Over-snow deposition of the Late Vistulian sediments). *Acta Geogr. Lodz.*, 50.
- KLATKOWA, H., 1987a — Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Pabianice. (Explanation to detailed geological map of Poland 1:50 000, sheet Pabianice. The text). Instytut Geologiczny, Wyd. Geol., Warszawa.
- KLATKOWA, H., 1987b — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Łask (663). (Detailed geological map of Poland 1:50 000, sheet Łask). Instytut Geologiczny, Wyd. Geol., Warszawa.
- KLATKOWA, H., 1989a — Postwarciańskie kształtowanie górnych odcinków dolin. Przykłady z Wyżyny Łódzkiej (résumé: Formation des secteurs amont des vallées pendant la période de la post-Warta. Exemples du Plateau de Łódź). *Acta Geogr. Lodz.*, 59.
- KLATKOWA, H., 1989b — The incorporation of closed depression into the open erosional system as one of the models of head valley stretch fashioning in the Vistulian. *Quaest. Geogr., Special Issue*, 2.
- KLATKOWA, H., 1990a — Synsedimentary frost cracks of the Warta Cold sub-Stage and their paleogeographical significance. *Quat. Stud. in Poland*.
- KLATKOWA, H., 1990b — Występowanie eemskich osadów organicznych i uwagi o paleomorfologii środkowej Polski u schyłku Warty i podczas eemu (summary: The occurrence of the Eemian organic deposits and remarks on the paleomorphology of central Poland at the Warthian decline and during the Eemian period). *Acta Geogr. Lodz.*, 61.
- KLATKOWA, H., PIWOCKI, M., 1981 — Objaśnienia do mapy geologicznej Polski. (Explanation to geological map of Poland. The text). Instytut Geologiczny, Wyd. Geol., Warszawa.
- KLATKOWA, H., ZAŁOBA, M., 1992 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Warta (624). Detailed geological map of Poland 1:50 000, sheet Warta. Instytut Geologiczny, P.A.E. Warszawa.
- KRAJEWSKI, K., 1977 — Północno-plejstoceńskie i holocene procesy wydmotwórcze w pradolinie warszawsko-berlińskiej w widłach Warty i Neru (summary: Late-Pleistocene and Holocene dune-forming processes in Warsaw-Berlin Pradolina). *Acta Geogr. Lodz.*, 39.
- KRZEMIŃSKI, T., 1965 — Przełom doliny Warty przez Wyżynę Wieluńską (résumé: La percée de la Warta par le Plateau de Wieluń). *Acta Geogr. Lodz.*, 21.
- KRZEMIŃSKI, T., 1974 — Geneza młodoplejstoceńskiej rzeźby glacjalnej w dorzeczu środkowej Warty (résumé: La genèse du relief glaciaire du Pléistocène Supérieur dans le bassin de la Warta moyenne). *Acta Geogr. Lodz.*, 33.
- KRZEMIŃSKI, T., BEZKOWSKA, G., 1986 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Widawa (698). (Detailed geological map of Poland 1:50 000, sheet Widawa). Instytut Geologiczny, Wyd. Geol., Warszawa.
- KRZEMIŃSKI, T., BEZKOWSKA, G., 1987 — Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Widawa (698). (Explanation to detailed geological map of Poland 1:50 000, sheet Widawa. The text). Instytut Geologiczny, Wyd. Geol., Warszawa.
- MANIKOWSKA, B., 1966 — Gleby młodszego plejstocenu w okolicach Łodzi (résumé: Les sols du Pléistocène supérieur aux environs de Łódź). *Acta Geogr. Lodz.*, 22.

- MANIKOWSKA, B., 1969a — Les sols fossiles des périodes interstadiaires du Würm Supérieur (Paudorf?, Alleröd) aux environs de Łódź. *Biul. Peryglacialny*, 18.
- MANIKOWSKA, B., 1969b — Gleba z interstadiału Alleröd na tle układu stratygraficznego utworów fazy zchodzącej Würmu w okolicach Łodzi (summary: Fossil soil from Alleröd Interstadial on background of deposits of waning phase of the Würm im Łódź region). *Prace Geogr. Inst. Geogr. PAN*, 75.
- MANIKOWSKA, B., 1977 — The development of the soil cover in the Late Pleistocene and Holocene in the light of fossil soils from dunes in Central Poland. *Quaestiones Geogr.*, 4.
- MANIKOWSKA, B., 1985 — O glebach kopalnych, stratygraffii i litologii wydm Polski środkowej (summary: On the fossil soils, stratigraphy and lithology of the dunes in Central Poland). *Acta Geogr. Lodz.*, 52.
- OLCHOWIK-KOLASIŃSKA, J., 1955 — Struktury kongeliflukcyjne w okolicach Łodzi (summary: Congeliflual structures in the region of Łódź). *Biul. Peryglacialny*, 2.
- OLCHOWIK-KOLASIŃSKA, J., 1962 — Genetyczne typy struktur czynnej strefy zmarzliny (résumé: Classification génétique des structures de mollisol). *Acta Geogr. Univ. Lodz.*, 10.
- STARKEŁ, L., 1960 — Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie (summary: The development of the flysch Carpathians relief during the Holocene). *Prace Geogr. Inst. Geogr. PAN*, 22.
- STARKEŁ, L., 1977 — Paleogeografia holocenu. (Paleogeography of Holocene). PWN, Warszawa.
- STARKEŁ, L., 1986 — The role of the Vistulian and Holocene in the transformation of the relief of Poland. *Biul. Peryglacialny*, 31.
- ŚRODOŃ, A., 1967 — Stratygrafia późnego plejstocenu Polski niżowej na podstawie paleobotanicznej. (Stratigraphy of Late Pleistocene of Polish Lowland based on paleobotanic data), in: Czwartorzęd Polski, PWN, Warszawa.
- [TURKOWSKA] KUYDOWICZ-TURKOWSKA, K., 1975 — Rzeczne procesy peryglacialne na tle morfogenezy doliny Mrogi (résumé: Processus fluviaux périglaciaires sur le fond de la morphogénèse de la vallée de la Mroga). *Acta Geogr. Lodz.*, 36.
- TURKOWSKA, K., 1988 — Rozwój dolin rzecznych na Wyżynie Łódzkiej w późnym czwartorzędzie (résumé: Evolution des vallées fluviatiles sur le Plateau de Łódź au cours du Quaternaire tardif). *Acta Geogr. Lodz.*, 57.
- TURKOWSKA, K., 1989 — Ślady sieci dolinnej z interglacjalu mazowieckiego w okolicach Wolborza (résumé: Traces d'un réseau fluviatile de l'Interglaciaire Mazovien (Mindel/Riss) aux environs de Wolbórz). *Acta Geogr. Lodz.*, 59.
- TURKOWSKA, K., WIECZORKOWSKA, J., 1985 — Przykłady stratygraficznego zróżnicowania peryglacialnych osadów stokowych w okolicach Łodzi (The stratigraphic differentiation of periglacial slope deposits with the Łódź surrounding as a examples). Wyd. Univ. Łódz., Łódź.
- TURKOWSKA, K., WIECZORKOWSKA, J., 1986 — L'influence du relief sur le caractère des dépôts de versant périglaciaire dans la region de Łódź. *Biul. Peryglacialny*, 31.
- WIECZORKOWSKA, J., 1975 — Rozwój stoków Pagórków Romanowskich na tle paleogeografi obszaru (résumé: L'évolution des versant des collines de Romanów à la lumière de la paleogéographie de la région). *Acta Geogr. Lodz.*, 35.
- WIECZORKOWSKA, J., 1976 — Rola zagłębień bezodpływowych w rozwoju rzeźby okolic Łodzi (résumé: Le rôle des dépressions fermées dans l'évolution du relief des environs de Łódź). *Acta Geogr. Lodz.*, 37.