

Barbara Manikowska
Łódź

LES SOLS FOSSILES DES PÉRIODES INTERSTADIAIRES DU WÜRM SUPÉRIEUR (PAUDORF? ALLERÖD) AUX ENVIRONS DE ŁÓDŹ

Dans la région de Łódź on a constaté la présence de 4 sols fossiles d'âge divers dans les formations postrissiennes. Le plus ancien d'eux est d'âge éémien; ceux plus jeunes correspondent aux trois interstades würmiens. Les deux premiers sols interstadias se sont formés au cours du Würm accroissant (inférieur), avant le maximum du froid de la glaciation würmienne et correspondent probablement aux interstades Brörup et Paudorf. Le dernier sol fossile est observé à l'intérieur des dépôts éoliens du Würm tardif et appartient à l'interstade Alleröd. Zielona Góra est la première coupe connue dans la région de Łódź qui comprend le second sol fossile würmien, d'âge Paudorf probablement.

La coupe est située sur la territoire occupé par le glacier du Stade de la Warta, tout près de sa limite, dans la vallée de la petite rivière Miazga. La rivière commence au point culminant du Plateau de Łódź et se dirige vers le SE, où elle se jette dans la Wolbórka et avec celle-ci, ensuite, dans la Pilica. L'origine de la vallée de la Miazga remonte aux temps glaciaires. Au-dessus du lit majeur il y a une terrasse würmienne, de quelques mètres de haut, passant, d'ordinaire sans une rupture de pente, à un niveau formé aux temps de la déglaciation du glacier du Stade de la Warta (fig. 1). À Zielona Góra une fosse continue a traversé toute une dépression fermée — le phénomène fréquent sur ce niveau.

La dépression, formée dans une surface constituée d'argile morainique, est remplie par des formations plus jeunes, à l'intérieur desquelles il y a deux séries organiques surmontées par deux sols fossiles (fig. 2). La série organique inférieure possède son équivalent en forme d'un sol fossile développé sur un versant fossile argileux.

La série inférieure, composée par de la tourbe et de la gyttja,

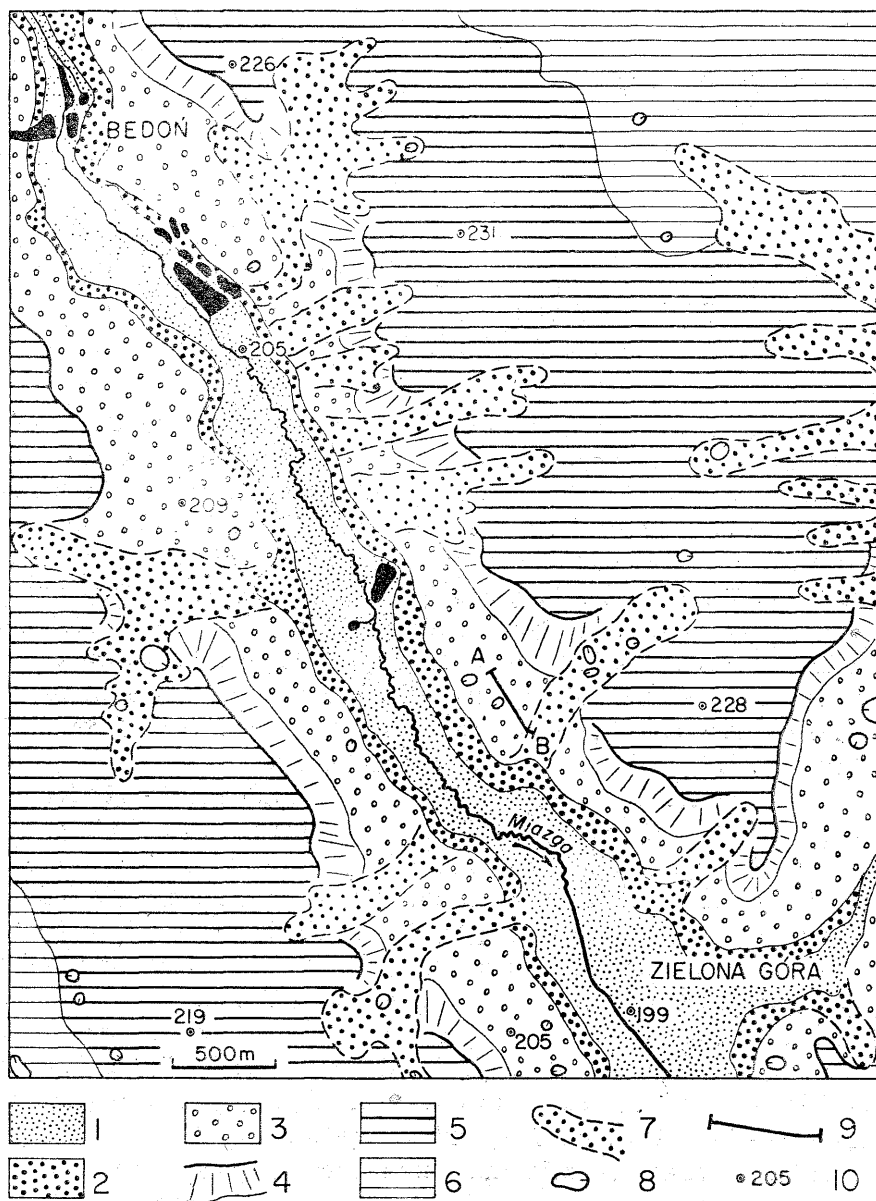


Fig. 1. Zielona Góra. Situation géomorphologique de la coupe

1. lit majeur; 2. terrasse würmienne; 3. niveau glaciaire de vallée; 4. versant de la vallée; 5. surface interfluviale accidentée ou plane, composée par des graviers, sables et limons d'origine glaciaire; 6. surface interfluviale plane composée par de l'argile à blocs; 7. vallée sèche à forme en berceau; 8. dépression fermée; 9. ligne de la coupe présentée sur la fig. 2; 10. coté

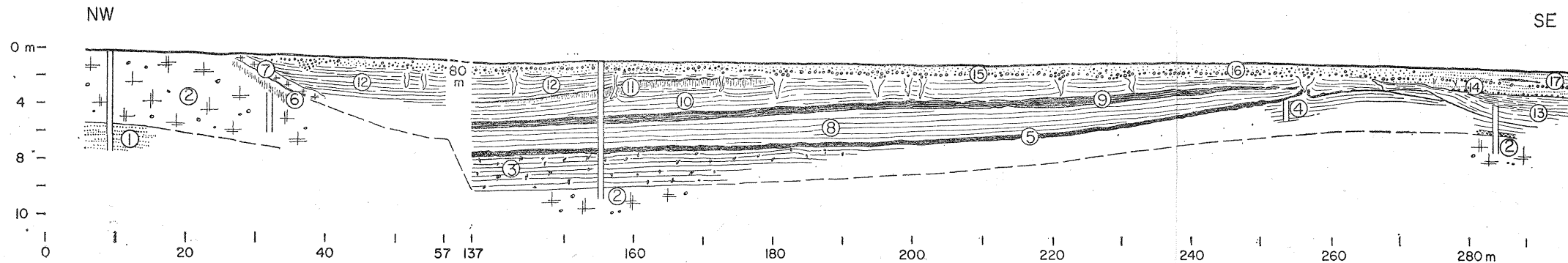


Fig. 2. Zielona Góra. Coupe géologique schématique de la dépression fermée

Riss: 1. sable stratifié; 2. argile à blocs. Éemien: 3. sable et limon argileux, stratifiés, avec des débris de plantes et des cailloux isolés; 4. sable et limon argileux, stratifiés, avec des intercalations de gravier; 5. tourbe; 6. sol fossile. Würm: 7. argile à blocs remaniée; 8. sable et limon sableux, stratifiés; des intercalations de gravier fin; 9. tourbe et gyttja (Brörup?); 10. sable et limon sableux, stratifiés; 11. sol fossile (Paudorf?); 12. sable et limon sableux, stratifiés; 13. limon et sables, stratifiés, avec une lentille de limon humifère; 14. sable avec des intercalations de gravier fin; 15. couche caillouteuse, réduite par endroits à un pavage, garnissant une surface près de laquelle les fentes de gel se sont développées; 16. sable sans structure; 17. sable stratifié séparé par le sol fossile d'Alleröd

d'une épaisseur de 2 m tout au plus, a été l'objet d'une étude palynologique préliminaire, faite par Dr. W. Koperowa à Cracovie. L'analyse montre que la tourbe s'est déposée à l'Éemien. Son sommet représente des phases terminales de cet interglaciaire. Ce fait-ci, ainsi que la présence d'une série minérale renfermée entre les deux séries organiques, nous autorisent à considérer la série supérieure de gyttja et de tourbe comme une formation interstadière würmienne — l'équivalent du Brörup probablement. Les dépôts sablo-limoneux reposant au-dessus, dont la puissance dépasse 4 m, sont séparés par un sol fossile correspondant à l'interstade würmien plus jeune. C'est au sommet de ces dépôts-ci que les fentes de gel se sont développées. Elles partent de la surface garnie de cailloux ou de pavage et s'assemblent en un imposant réseau polygonal, où les diamètres polygonaux sont de 15 m en moyenne (Goździk, 1964). Le développement des fentes de gel est lié à la phase du froid maximal du pléni-Würm (Dylik, 1967). La position stratigraphique du sol fossile suggère donc qu'il représente l'interstade Paudorf, connu des régions de loess, ou bien l'interstade biparti Hengelo et Denekamp des Pays-Bas (Van der Hammen *et al.*, 1967). Ceci constitue donc une interprétation nouvelle par rapport à nos anciennes idées (Manikowska, 1966, 1967) et basée sur des données nouvelles, stratigraphiques surtout. La question de l'âge des périodes interstadières représentées dans la coupe ne peut pourtant être résolue d'une façon définitive qu'après une étude complète de la coupe, basant sur l'analyse palynologique.

Le sol fossile de l'interstade plus jeune, conservé au versant fossile SE de la dépression, a été observé en coupe sur la distance de 30 m environ. La partie supérieure du versant, le paléosol y compris, avait été tronquée. Le profil du sol (photo 1) se compose d'un horizon A gris-foncé à teinte brunâtre, de 5 à 12 cm d'épaisseur, contenant de l'humus amorphe et d'un horizon (B) gris-brunâtre, de 30 à 35 cm d'épaisseur, renfermant de nombreuses concrétions ferro-manganeuses. Au-dessous de ces horizons il y a un horizon intermédiaire (B)/C avec des traces de stratification primitive partiellement préservées et avec de nombreuses précipitations du fer en forme de concrétions, bandes et taches. Le sol s'est développé sur un matériel stratifié, hétérogène quant à la granulométrie. Le processus pédologique a effacé la stratification de la partie supérieure du profil et l'a enrichi en de fines particules minérales (fig. 3). L'enrichissement de l'horizon (B) en

fer par rapport à la roche-mère atteint 0,8‰. L'horizon A contient moins de fer que l'horizon (B), ce qui trahit une légère dégradation du sol. Le contenu en humus est minime et décroît uniformément vers le bas du profil (0,13‰ de carbone organique dans l'horizon A). L'humus est présent aussi dans l'horizon (B). C'est à lui qu'est due la teinte grisâtre. Un nombre élevé de fines concrétions et de bandes ferrugineuses dans le profil entier, à l'exception de l'horizon A, indique que le terrain était marécageux et que les processus de gley y agissaient au temps de la formation du sol. Tous les traits caractéristiques énumérés qualifient le sol comme un sol brun gleyifié, légèrement dégradé. Il est possible que nous sommes ici en présence d'un sol dit brun arctique (*arctic brown soil* — Tedrow, Cantlon, 1958) — comme l'indiquent la puissance faible du profil (40 à 60 cm) et sa position stratigraphique.

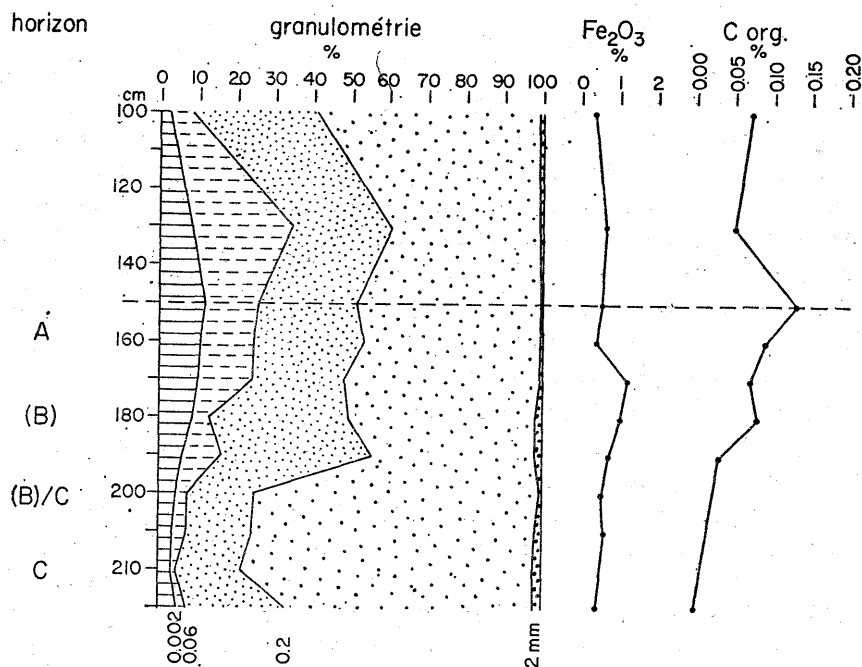


Fig. 3. Zielona Góra. Composition granulométrique, contenu en fer (soluble en HCl à 25‰) et en carbone organique dans le profil du deuxième sol interstadiaire würmien (Paudorf?)

Le sol a subi une transformation au cours de la période froide qui avait succédé à l'interstade. Sa partie supérieure est tronquée. L'horizon d'accumulation ne s'est conservé qu'en lambeaux.

Même l'horizon (B) a été touché par destruction en plusieurs endroits. De nombreuses fines lentilles et lits de matériel clair, un peu plus grossier que l'entourage y ont apparu (photo 1, 2). Il semble qu'ils sont l'effet des processus de gel (relâchement pendant la congélation, ségrégation cryogène) avec une participation du processus de gley. Pendant l'étape suivante du développement le sol a été recouvert par une couche limoneuse de plusieurs cm d'épaisseur, comprise en entier par le processus de gley. Cette gleyification a pénétré jusqu'au sommet du sol déjà enseveli et a pu causer son certain appauvrissement en fer. Ensuite, le sol a été déformé par des structures du type de *load-casts* liées à la surface de la couche limoneuse (photo 2) et recouvert par une série de sables et de limons de 2 m d'épaisseur environ.

Le sol fossile le plus jeune dans la coupe de Zielona Góra est situé à l'intérieur des sables éoliens de couverture reposant sur la surface à fentes de gel garnie de cailloux. Les deux niveaux stratigraphiques que l'on connaît dans d'autres coupes manquent ici. Il s'agit des sables à la stratification fine, reposant d'habitude directement sur le cailloutis, et de la couverture mince sablo-poudreuse dont la déposition a précédé l'accumulation des sables éoliens de couverture. Ces sables-ci avaient été mis en place au Würm tardif, car ils constituent l'équivalent stratigraphique des sables dunaires dont l'âge a été bien déterminé en Pologne Centrale. Aussi bien donc la position stratigraphique que l'aspect indiquent l'âge Alleröd du sol fossile le plus jeune à Zielona Góra.

Le sol d'Alleröd est connu dans plusieurs localités dans la région de Łódź. Son âge est déterminé grâce aux études menées à Witów (Chmielewska, Chmielewski, 1960; Chmielewska, Wasylińska, 1961; Wasylińska, 1964). Les données paléobotaniques, archéologiques et les datations au ^{14}C ont montré que la tourbe et la gyttja sableuse, situées au-dessous de la dune de Witów correspondent au Dryas inférieur et à l'interstade Bölling. La zone de sable blanchâtre avec des charbons de bois et à un caractère pédologique, qui sépare les deux séries de sable constituant la dune, représente l'interstade Alleröd. D'où la conclusion qu'il y a eu deux étapes de développement de la dune. La première a eu lieu au Dryas moyen et la seconde au Dryas supérieur. Le gisement culturel au sommet du sol d'Alleröd a donné l'âge de 8.855 ± 160 ans avant J.C., tandis que la base des dépôts du Dryas moyen — 9.950 ± 180 ans avant J.C. Le Dryas moyen et l'Alleröd ont donc duré conjointement 1.100 ans environ. L'analyse paléo-

botanique montre qu'à l'interstade Bölling la dune de Witów était couverte d'une lâche forêt à bouleaux, à l'aspect d'un parc. La forêt a disparu au Dryas moyen, laissant place à une tundra-parc à de petits bosquets de bouleaux. À l'Alleröd la dune a été envahie par la forêt, à bouleaux d'abord et à bouleaux et pins ensuite — pendant la phase optimale. Au Dryas supérieur le paysage regagne l'aspect d'une tundra-parc.

L'existence de plusieurs phases de développement des dunes en Pologne Centrale a été déduite aussi de leur structure (Dylikowa, 1958, 1964). On a distingué une phase initiale, précédant l'interstade Bölling, au cours de laquelle se formaient des couvertures ne produisant pas des formes dunaires. La phase dunaire proprement dite qui a produit aussi bien des cordons que des dunes paraboliques, a eu lieu au Dryas moyen. Ensuite, au Dryas supérieur, est venue une phase de transformation pendant laquelle les dunes ont subi un certain remodelage ne changeant pourtant pas ses anciens traits essentiels. La période actuelle constitue une phase de destruction. Les couvertures éoliennes du Dryas supérieur reposent aux versants d'anciennes dunes et sont plusieurs fois plus minces que celles-ci. L'étude de la structure et de la morphologie dunaire a permis de constater qu'au Dryas moyen prédominaient des vents venant du W et NW, tandis qu'au Dryas supérieur — ceux du W et SW.

Le sol de l'interstade Alleröd, observé assez fréquemment à la surface qui sépare les séries éoliennes du Dryas moyen de celles du Dryas supérieur possède certains traits caractéristiques qui l'opposent à d'autres sols fossiles. Il diffère bien nettement des sols holocènes ensevelis le plus souvent sous l'influence de l'activité humaine.

Les coupes de Nowy Świat et de Wierzchy sont situées à l'intérieur de l'unité morphologique dite Bassin de Szczerców, formé aux temps de la déglaciation du glacier de la Warta. La dune de Nowy Świat est située au versant du Bassin et de la surface interfluviale adjacente, constitué par des formations glacifluviales sablo-graveleuses (fig. 4). La dune est un cordon, lié, par son bout NW, à une grande dune parabolique. La hauteur de la dune atteint 10 m. Dans la coupe on peut observer les couches de la série éolienne ancienne dont les pendages sont dirigés vers le SW. Une mince couverture éolienne du Dryas supérieur repose au versant NW de la dune. Les deux séries sont séparées par le sol fossile de l'interstade Alleröd, présent ici sous son aspect typique (photo 3, 4).

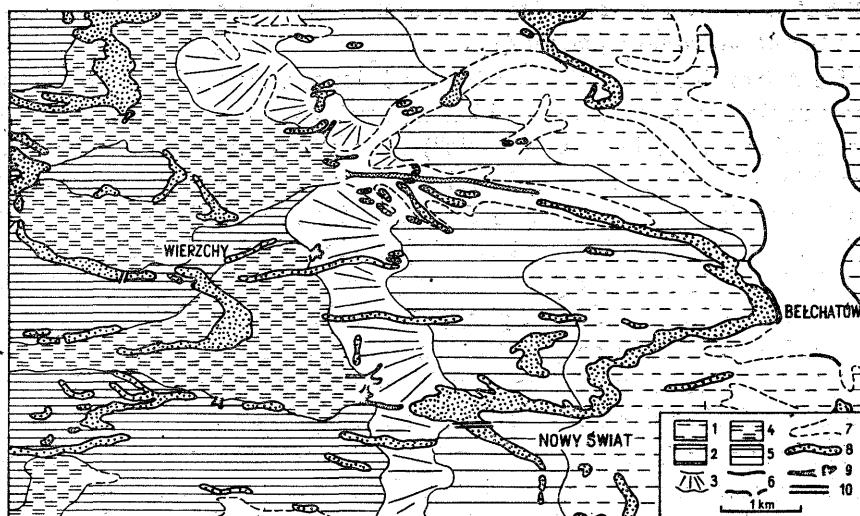


Fig. 4. Nowy Świat, Wierzychy. Position des dunes par rapport à la situation géomorphologique

1. plaine argileuse de la moraine de fond; 2. surface sablo-argileuse, plane ou accidenté à un caractère de moraine frontale accumulative ou d'un sandre court;
3. versant du Bassin de Szczerców constitué par des sables et graviers; 4. fond du Bassin de Szczerców — surfaces basses, planes, tourbeuses; 5. fond du Bassin de Szczerców — surfaces planes ou onduleuses constituées par des sables et graviers;
6. vallée marginale; 7. vallées en berceau; 8. dunes; 9. rigoles érosives fraîches et têtes de vallées; 10. coupes avec du sol d'Alleröd

Le sol se compose d'un horizon éluvio-accumulatif, de 10 cm d'épaisseur, sous lequel il y a, par endroits, un mince mais distinct horizon blanchi. Il n'y a pas d'horizon illuvial — au-dessus de l'horizon A_e le sable éolien a préservé son ancienne structure stratifiée et n'est que faiblement enrichi en composés de fer (dixièmes d'un pour cent). Ses couches sont un peu discontinues. L'appauvrissement de l'horizon blanchi en fer est aussi très faible, bien qu'il soit, par endroits, très distinct morphologiquement. L'horizon d'accumulation contient 0,25% de carbone organique à peu près. La matière organique est présente en forme d'humus amorphe et de charbons de bois assez nombreux.

Les propriétés énumérées du sol, le caractère de la roche-mère et la position en dehors de l'influence de l'eau du sol nous incitent à penser que le sol se développait sous influence du processus de podzolisation. La continuité et une puissance considérable de l'horizon d'accumulation, le processus de podzolisation marqué par endroits en forme d'un horizon distinct et l'absence de l'horizon

illuvial ce sont les caractères qui nous autorisent à considérer ce sol comme un *ranker podzolique*.

Le sol entier présente des taches intenses. Aussi bien l'horizon d'accumulation que l'horizon blanchi sont parsemés de taches rondes, ovales ou en batons ("doigts") de couleur noire, grise, brune, blanchâtre ou jaune. Dans l'horizon d'accumulation prédominant des taches foncées, tandis que dans l'horizon blanchi — des taches claires. Les taches pénètrent aussi dans le sable éolien recouvrant le sol. Le phénomène est dû à des processus secondaires agissant après la fossilisation du sol par le sable de la série éolienne supérieure. La genèse de ce phénomène n'est pas claire, de même que l'origine de la couleur brune, apparaissant, souvent avec une intensité considérable dans horizon A du sol d'Alleröd.

La coupe de Wierzchy présente un autre type du sol d'Alleröd. La dune, située, au fond du Bassin de Szczerców, s'est formée sur un substrat glacifluvial et constitue un fragment d'une grande dune parabolique dont la hauteur maximale dépasse 15 m (fig. 4). Du côté extérieur de la dune il y a des terrains marécageux, tourbeux. Dans la coupe on peut observer la série éolienne inférieure, composée par des couches soit horizontales, soit inclinées vers le N, et la série supérieure de 3 m d'épaisseur, les couches de laquelle sont inclinées sous l'angle de 20 à 23° vers le N, c'est-à-dire dans la même direction que les versants, fossile et actuel, de la dune. La série supérieure constitue une couverture en forme de lentille reposant au versant N de la dune.

Au sommet de la série éolienne inférieure il y a un sol fossile dont le profil se compose de trois horizons génétiques. L'horizon éluvio-accumulatif à une épaisseur de 5 à 10 cm contient 0,09% de carbone organique. En dessous il y a un horizon blanchi et un horizon illuvial d'une épaisseur variable. L'horizon illuvial s'amincit vers le haut du versant et disparaît presque complètement au sommet. Il ne constitue pas une zone continue mais est composé par des bandes ferrugineuses parallèles, soulignant la stratification du sable éolien. L'enrichissement de cet horizon en fer, atteignant 0,5%, est l'effet de la précipitation du fer provenant de l'eau de sol ascendant périodiquement. Dans la partie supérieure du versant le sol rappelle celui de Nowy Świat et possède le caractère d'un *ranker podzolique*. Ici aussi on peut observer le phénomène caractéristique de taches intenses.

Dans toutes les localités connues dans la région de Łódź le sol d'Alleröd, développé sur des sables éoliens, présente l'aspect pareil

à celui de Nowy Świat ou de Wierzchy. Un podzol faiblement développé, dépourvu de l'horizon illuvial, du type de ranker, peut être considéré comme typique pour l'interstade Alleröd. L'horizon illuvial, en forme de bandes ferrugineuses n'apparaît que dans des situations topographiques plus basses où il est, en partie au moins, de l'origine de gley. Ce sont un sous-développement et le phénomène de taches très intenses, liées à des processus de diagenèse, qui constituent les traits les plus caractéristiques de ce sol. Une intensité pareille du phénomène de taches ne s'observe dans aucun autre sol fossile.

Nos observations révèlent qu'il y a des formations semblables, peu développées, à taches, sur d'autres roches-mères aussi — sur des sables de terrasses et sur des sables fluvioglaciaires — ensevelies sous des couvertures jeunes, aqueuses ou éoliennes.

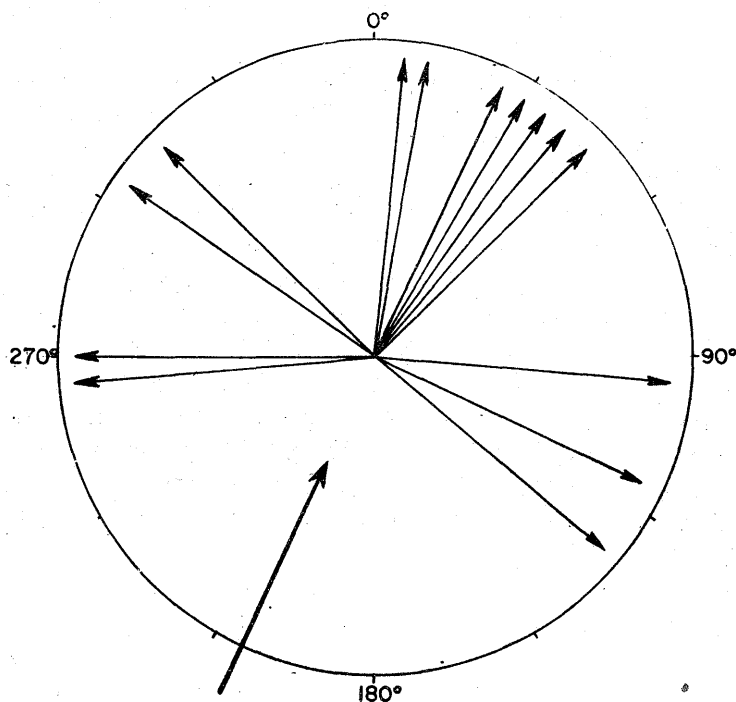


Fig. 5. Expositions des versants avec du sol d'Alleröd dans la région de Łódź
Flèche épaisse montre la direction des vents dominants au Dryas supérieur

Au cours de l'interstade Alleröd toute la surface des dunes était couverte d'un manteau végétal serré. Comme il résulte des observations faites sur le tapis de sol tous les versants, même les plus

raides, ont été stabilisés. Le climat était tempéré à la température moyenne du juillet s'élevant jusqu'à 16° au moins, plus humide qu'au Dryas moyen mais tout de même à des traits continentaux (Wasylkowa, 1964). Malgré les conditions floro-climatiques favorables le profil du sol d'Alleröd ne s'est pas développé pleinement. La cause en a été la durée trop courte de ces conditions — voilà la conclusion qui s'impose. Étant donné que le développement complet d'un podzol exige 1000 ans au moins, on peut supposer que l'interstade Alleröd a été considérablement plus court que cela. Le même résulte aussi des datations au ^{14}C faites à Witów, où on a constaté que la durée jointe d'Alleröd et du Dryas moyen n'était que de 1100 ans à peu près.

Dans la région de Łódź le sol d'Alleröd se rencontre d'habitude dans une situation topographique déterminée. De nombreuses observations démontrent son absence aux versants sud des dunes. On le rencontre le plus fréquemment aux versants exposés vers le NE ou vers les directions rapprochées (fig. 5). Le sol n'est pas préservé à ces versants qui subissaient une destruction au Dryas supérieur. Il s'agit des versants exposés vers les directions dont venaient les vents prédominants. D'où la conclusion qu'au Dryas supérieur prédominaient des vents sud-ouest. Cette conclusion concorde d'ailleurs avec les résultats tirés de la structure des dunes.

Des formations pédologiques fossiles provenant de l'interstade Alleröd sont connues aux Pays-Bas, en Belgique et en Allemagne du Nord sous le nom de *couche Usselo*. Elles sont situées dans ces pays dans des sables de couverture du Würm tardif. Sous le point de vue pédologique la *couche Usselo* présente de fortes ressemblances aux sols d'Alleröd connus en Pologne Centrale. Il est possible que des études ultérieures permettraient de reconnaître cette formation comme l'horizon-repère pour la stratigraphie de toute l'Europe du Nord.

Traduction de T. Kubiak

Bibliographie

- Chmielewska, M., W. Chmielewski, 1960 — Stratigraphie et chronologie de la dune de Witów, distr. de Łęczyca. *Biuletyn Peryglacjalny*, no. 8; p. 133—141.
- Chmielewska, M., K. Wasylińska, 1961 — Witów, en: Guide-book of Excursion C, The Łódź Region. *VIth Congress INQUA*; p. 75—84.
- Dylik, J., 1967 — The main elements of Upper Pleistocene paleogeography in Central Poland. *Biuletyn Peryglacjalny*, no. 16; p. 84—115.
- Dylińska, A., 1958 — Próba wyróżnienia faz rozwoju wydmy w okolicach Łodzi (résumé: Phases du développement des dunes aux environs de Łódź). *Acta Geogr. Univ. Lodz.*, 8; p. 233—268.
- Dylińska, A., 1964 — Les dunes de la Pologne Centrale et leur importance pour la stratigraphie du Pléistocène tardif. *INQUA, Report VIth Intern. Congress on Quaternary, Warsaw, 1961*; p. 67—80.
- Goździk, J. S., 1964 — L'étude de la répartition topographique des structures périglaciaires. *Biuletyn Peryglacjalny*, no. 14; p. 217—250.
- Hammen, T. van der, G. C. Maarleveld, J. C. Vogel, W. H. Zagwijn, 1967 — Stratigraphy, climatic succession and radiocarbon dating of the Last Glacial in the Netherlands. *Geol. en Mijnbouw*, 46; p. 79—95.
- Manikowska, B., 1965 — Gleby młodszego plejstocenu w okolicach Łodzi (résumé: les sols du Pléistocène Supérieur aux environs de Łódź). *Acta Geogr. Lodz.*, 22; 1—166.
- Manikowska, B., 1967 — Zielona Góra, en: Guide de l'excursion jointe du Symposium de la Commission pour l'Etude de l'Evolution des Versants et de la Commission de Géomorphologie Périglaciaire de l'Union Géographique Internationale. Pologne; p. 79—81.
- Tedrow, J. C. F., J. E. Cantlon, 1958 — Concepts of soil formation and classification in arctic regions. *Arctic*, vol. 11, Nr 3; p. 166—179.
- Wasylińska, K., 1964 — Roślinność i klimat późnego glacjału w Środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie koło Łęczycy. (summary: Vegetation and climate of the Late Glacial in Central Poland based on investigations made at Witów near Łęczyca). *Biuletyn Peryglacjalny*, no. 13; p. 261—417.



Photo 1. Zielona Góra. Coupe du deuxième sol interstadaire würmien (Paudorf?)



Photo 2. Zielona Góra. Structures du type de *load casts* déformant l'horizon du sol fossile



Photo 3. Nowy Świat. Sol de l'interstade Alleröd avec l'horizon blanchi distinct



Photo 4. Nowy Świat. Sol d'Alleröd sans un horizon blanchi