

BARBARA MANIKOWSKA \*

Łódź

## SOL FOSSILE DE LA PHASE DE TRANSITION PLEISTOCENE-HOLOCENE DANS LES DUNES CONTINENTALES DE LA POLOGNE CENTRALE

### Abstract

Within the dunes in the area of Central Poland there has been found well formed rusty soil which was developed during the oldest phase of the Holocene. Its Preboreal age was determined by radiocarbon dating of plant remnants and on the basis of its stratigraphical position in relation to the other dated fossil soils in dunes.

The author describes pedological features of Preboreal soil and the conditions under which it developed. The origin of the soil has been connected with specific, grassland and grassy-forest vegetation which encroached the dunes after the phase of active eolian processes during the Younger Dryas period.

The development of rusty soil was interrupted in many places by sand accumulation induced probably by mesolithic man's activity or it was completed during the Boreal time when on dunes there appeared a coniferous forest which caused podsolization.

### CHRONOSTRATIGRAPHIE DES DUNES

La formation des dunes continentales de la Pologne Centrale continuait pendant le pléistocène tardif et l'holocène. Le début de l'accumulation éolienne d'une large portée a au lieu 14.000 ans BP environ. L'âge du sommet des dépôts fluviatiles, précédant directement des séries éoliennes les plus anciennes est défini à l'aide de  $^{14}\text{C}$  pour  $14.590 \pm 270$  BP (MANIKOWSKA, 1982) et  $14.350 \pm 570$  BP (GOŁDZIK, 1980).

La première phase de l'accumulation éolienne s'est manifestée par la formation des couvertures sablo-limoneuses suivies de dépôts sableux auxquels correspondaient des formes convexes atteignant localement quelques mètres d'altitude. Pendant le Bølling les dépôts sableux furent recouverts de minces couches des limons dans lesquels, par endroits, on rencontre un sol initial dont l'âge est défini par les dates  $12.235 \pm 260$  et  $11.980 \pm 70$  BP (MANIKOWSKA, 1977, 1982).

La seconde phase de l'accumulation éolienne fut la plus efficace; c'était la période de la formation des grandes dunes paraboliques et des ramparts qui ont défini des traits principaux du relief actuel des dunes continentales. L'accumulation du sable fut interrompue pendant l'Allerød quand toute la surface fut recouverte de la végétation favorisant des processus pédologiques. L'évolution du sol progressait successivement en partant des pieds des dunes où la formation

\* Institut de Géographie Physique et de la Formation du Milieu, Université de Łódź, 90-418 Łódź,  
Al. Kościuszki 21, Pologne.

du sol a commencé dans la phase tardive du dryas plus ancien, vers les sommets qui pendant 11.200–10.800 BP furent stabilisés entièrement par la couverture continue du sol. Ce sol, existant encore par endroits tout près de la surface au début du dryas récent, fut détruit ou enseveli par suite de la nouvelle reprise des processus éoliens (CHMIELEWSKA, CHMIELEWSKI, 1960; KRAJEWSKI, 1977; KONECKA-BETLEY, 1981; MANIKOWSKA, 1977; SCHILD, 1969, 1975).

Les sol d'Allerød sur les dunes appartient au type des sols podzoliques peu développés. Dans les endroits situés plus bas il est représenté par les complexes des horizons d'humus intercalés de couches du sable, dits pédolith (MANIKOWSKA, 1966, 1969, 1977).

Pendant la troisième phase d'accumulation, au cours du dryas récent, le sol d'Allerød fut recouvert d'une série sableuse relativement mince dont l'origine correspond à la destruction des sommets des dunes.

Le dryas le plus ancien représentait la phase initiale et le dryas ancien la phase principale de la formation des dunes, tandis que le dryas récent s'est exprimé dans le remaniement du relief dunaire de la Pologne Centrale (DYLKOWA, 1964, 1968).

La surface des dunes formées pendant le dryas récent fut stabilisée par un sol rouillé qui est considéré comme un horizon stratigraphique particulièrement important, séparant les dépôts éoliens pléistocènes de ceux qui appartiennent à l'holocène. Ce sol sera considéré ci-dessous.

Pendant l'holocène ancien, dès la phase préboréale jusqu'à 5.500–4.500 ans BP environ, l'activité du vent fut arrêtée. Sur les versants des dunes ne se sont formées que de minces couvertures de sable soumises ensuite successivement aux processus pédologiques. Au cours de l'holocène plus récent, en partant de la phase tardive de l'atlantique ou du début du subboréal, l'activité de plus en plus intense de l'homme provoquait localement le déclenchement des processus éoliens. Les séries nouvelles du sable, parfois d'une épaisseur importante, ont recouvert des sols plus anciens.

L'âge du sol rouillé fut défini à l'aide du  $^{14}\text{C}$  des macrorestes végétaux de son horizon d'humus et à la base de sa position par rapport aux autres sols datés. Cette position est établie dans les complexes des sols et des dépôts sur les versants des dunes du dryas ancien au-dessus du sol d'Allerød et au-dessous du sol boréal et atlantique.

À Bełchatów, au sud de Łódź (fig. 1) on a reconnu le sol d'Allerød composé de deux horizons humiques dont l'inférieur est daté pour  $11.030 \pm 60$  BP. L'ensemble est recouvert du dépôt correspondant au dryas récent dans lequel s'est développé le sol rouillé. Son évolution fut terminée pendant la seconde moitié du préboréal, ce qui est attesté par l'âge  $9380 \pm 50$  ans BP des macrorestes végétaux conservés dans l'horizon d'humus (MANIKOWSKA, 1977). Au-dessus du sol rouillé on a trouvé encore deux sols plus récents du type des sols podzoliques, formés dans de minces couches des dépôts holocènes.

À Szynkielów au sud de Sieradz (photo 1), sur le sable du dryas récent

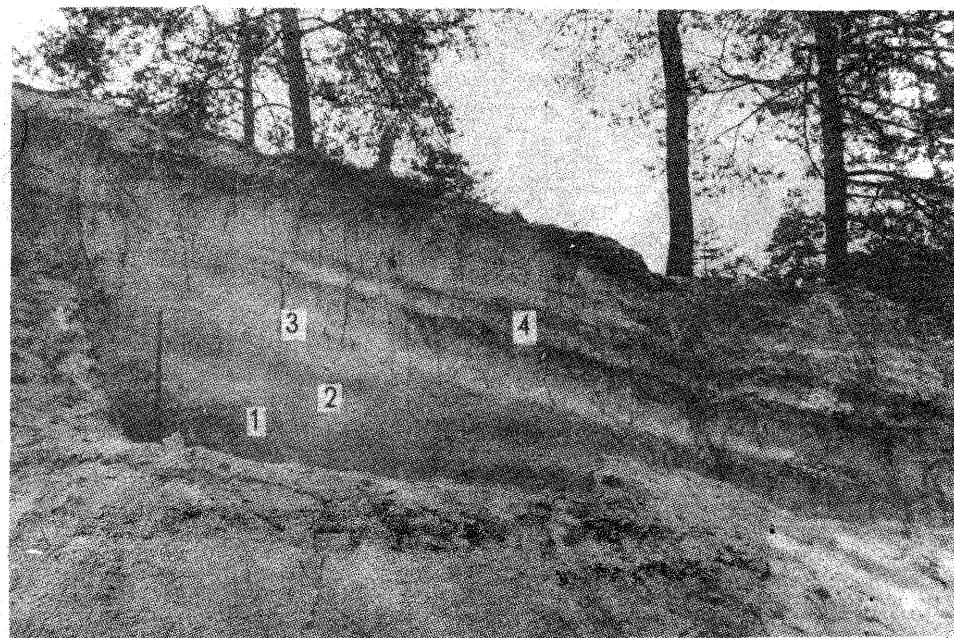


Photo 1. Complexe des sols fossiles sur le versant de la dune à Szynkielów

1. sol d'Allerød; 2. sol du préboréal; 3. sol de la première partie du boréal; 4. sol de l'atlantique

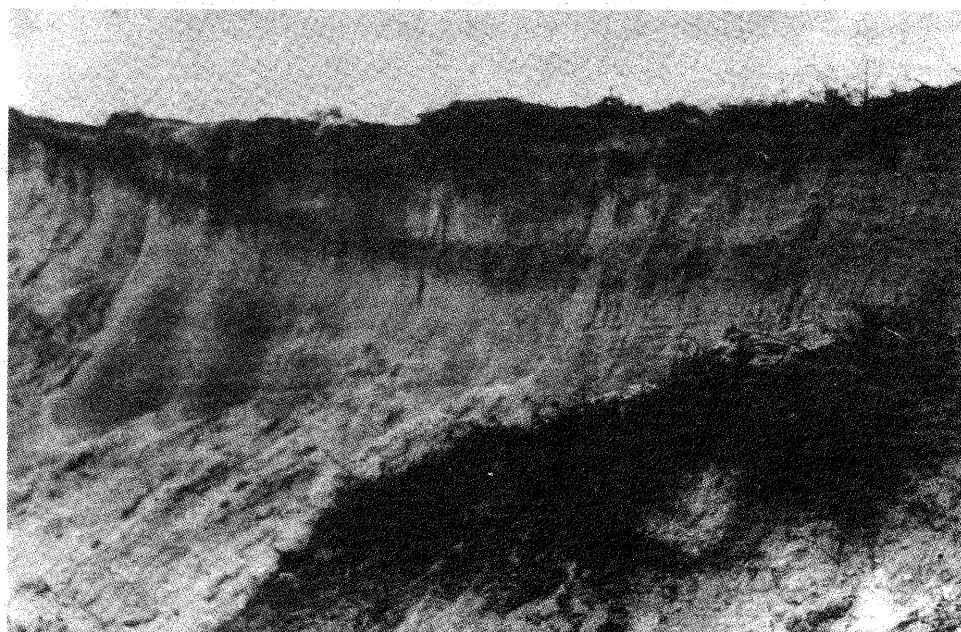


Photo 2. Horizon B<sub>t</sub> du sol préboréal enterré sur le versant de la dune à Słupia

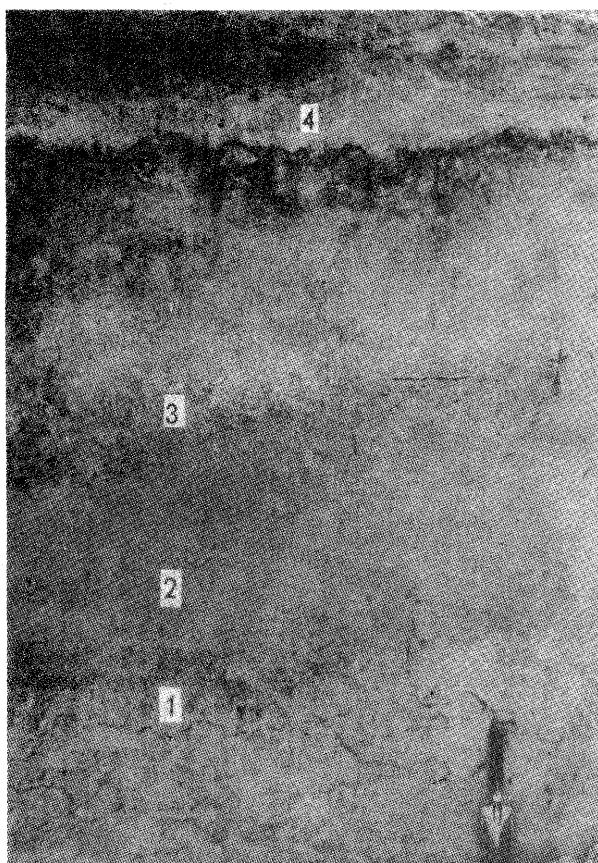


Photo 3. Aleksandrówek. Fragment du complexe des sols sur le versant de la dune

1. restes du sol d'Allerød; 2. horizon  $B_t$  du sol préboréal; 3. sol podzolique boréal partiellement superposé sur l'horizon  $B_t$ ; 4. podzol humo-ferrugineux superficiel



Photo 4. Aleksandrówek. Sol rouillé préboréal podzolisé au cours du boréal, au-dessous d'un podzol humo-ferrugineux sur le versant de la dune

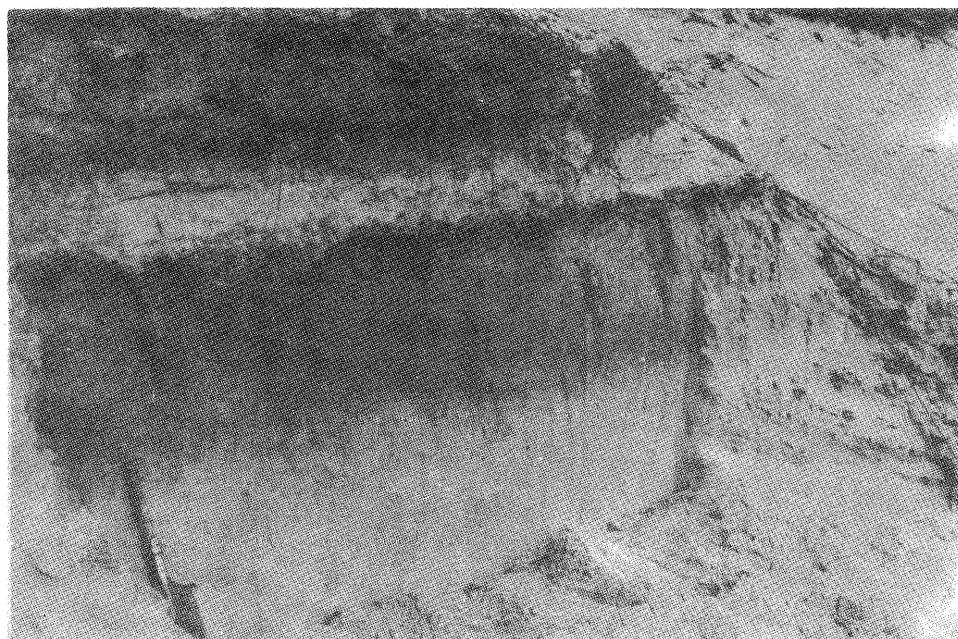


Photo 5. Grocholice. Horizon  $B_r$  du sol préboréal incorporé dans un podzol humo-ferrugineux

recouvrant le sol typique d'Allerød se trouve un sol rouillé sans horizon d'humus, suivi d'une couche mince du sable avec un sol podzolique peu développé, recouvert à son tour d'une couche du sable avec un podzol humo-ferrugineux très bien développé au sommet. Le podzol est recouvert d'un dépôt éolien assez épais, partagé en deux par l'horizon humique. L'âge des macrorestes des plantes du sol podzolique directement plus récent par rapport au sol rouillé, est défini pour  $8790 \pm 190$  BP ce qui permet d'établir l'évolution du sol dans la phase initiale du boréal; cela témoigne que le sol rouillé s'est développé dans la phase préboréale. L'évolution du podzol humo-ferrugineux correspond en principe à l'atlantique parce que les restes des plantes conservés dans son horizon humique sont datés pour  $4725 \pm 140$  BP et l'humus de l'horizon illuvial pour  $5315 \pm 150$  BP (MANIKOWSKA, 1982).

Les données présentées témoignent en faveur de l'évolution du sol rouillé pendant la phase de transition entre le pléistocène tardif et l'holocène. Il est évident que le sol se développait pendant le préboréal mais il est cependant probable que dans quelques endroits la formation du sol débutait déjà durant le dryas récent, bien qu'en général cette phase fût la période de l'activité éolienne qui rendait impossibles des processus pédologiques sur les dunes.

La formation du sol en question durait 800–1000 ans environ. Il fut interrompu par suite de la déposition d'une mince couverture sableuse, localement même avant la fin du préboréal, ou en résultat du changement du milieu végétal provoquant des processus de podzolisation. Les premières traces de la podzolisation se sont manifestées déjà durant la première moitié du boréal et dès cette période ce processus s'est répandu sur les dunes.

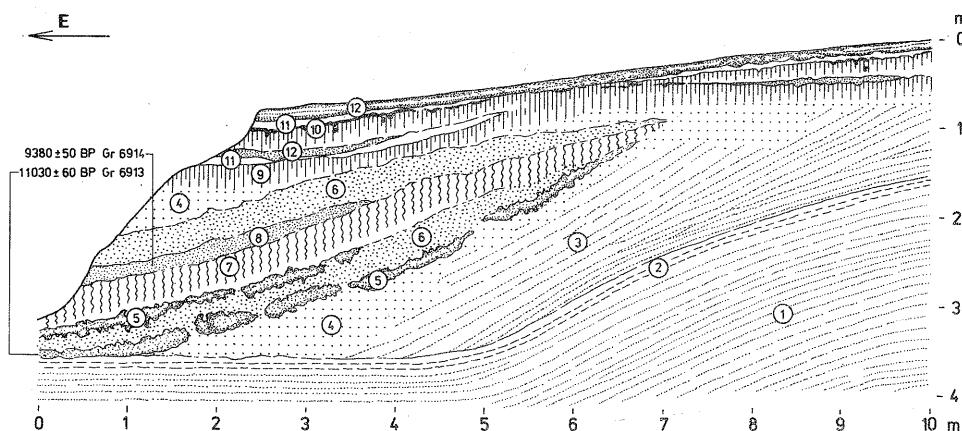


Fig. 1. Complexe des dépôts et des sols sur le versant de la dune à Belchatów

1. sable stratifié du dryas les plus ancien; 2. couches minces du limon et du sable de Bølling; 3.sable stratifié du dryas ancien; 4. sable sans stratification; 5. horizon à l'humus du sol d'Allerød; 6. sable mêlé à l'humus; 7. horizon rouillé B<sub>1</sub> du sol préboréal; 8. horizon à l'humus A<sub>1</sub> du sol préboréal; 9. horizon illuvial ferrugineux B<sub>2</sub>; 10. horizon illuvial humo-ferrugineux B<sub>3</sub>; 11. horizon podzolisé A<sub>2</sub>; 12. horizon à l'humus A<sub>1</sub>

## CARACTERISTIQUE DU SOL PREBOREAL

Le profil complet du sol préboréal se compose de l'horizon A<sub>1</sub> épais de 10–15 cm, gris-brun et de l'horizon B<sub>r</sub> épais de 30–50 cm et de la couleur d'intense brun uniforme (7,5 YR 4/4, 5/6). Le contact avec l'horizon C est assez net.

L'horizon A<sub>1</sub> contient très peu d'humus amorphe dispersé parmi les grains minéraux et de macrorestes végétaux relativement nombreux. L'horizon B<sub>r</sub> est enrichi en fer et en fraction d'argile collöïdale (fig. 1) qui forment des pellicules entourant des grains minéraux. Le profil du sol ne manifeste aucunes traces de l'action elluvio-illuviale. On y observe des changements nettement marqués de la composition minéralogique de la fraction sableuse, qui témoignent en faveur d'un degré important de l'altération de la masse du sol. Le contenu des minéraux indices choisis et des coëfficients d'altération changeant progressivement d'en bas vers le sommet du profil (fig. 1) en présentent la preuve indiscutable.

Les propriétés actuelles physico-chimiques de l'horizon B<sub>r</sub> et C du sol sont représentées dans la table I par les données de la localité Cięcwa aux environs de Varsovie (KONECKA-BETLEY, 1982). Il faut se rendre compte pourtant qu'elles sont deformées dans un certain degré par rapport aux propriétés primitives du sol.

Les traits du profil du sol en question permettent de le subordonner, selon la „Systématique des sols de la Pologne” (1974), au type des sols rouillés. Ces sols appartiennent à la classe des sols podzolisés vu leurs propriétés physico-chimiques, bien qu'il ne révèlent pas des traces morphologiques de la podzolisation.

Selon l'analyse anatomique, les restes végétaux dans l'horizon A<sub>1</sub> du sol rouillé à Belchatów et à Teodory aux environs de Łask, représentent en majorité les fragments du pin. On y a trouvé pourtant quelques fragments indéfinis des arbres à feuilles et une écorce de la noisette (*Corylus*).

Le sol préboréal présenté ci-dessus s'est formé sur toute la surface des dunes; ses fragments conservés dans les parties sommitales des dunes en sont la preuve. Sur les parties plus basses des versants on trouve par endroits le profil complet du sol mais le plus souvent on observe uniquement l'horizon B<sub>r</sub> (photo 1, 2). Dans beaucoup d'endroits ce sol a disparu complètement.

Là, où les processus de podzolisation se superposaient directement sur l'horizon B<sub>r</sub> ou tout-de-suite après la déposition d'une couverture très mince de sable et où ils étaient interrompus à cause d'une nouvelle reprise de l'accumulation, il y avait de conditions favorisant l'évolution du sol rouillé podzolisé (photo 3, 4). Dans ce genre du sol on peut distinguer, grâce à sa couleur rougeâtre, l'horizon B<sub>r</sub>, plus ancien, de l'horizon illuvial, plus récent, de couleur plutôt jaunâtre.

Parfois l'horizon B<sub>r</sub> est situé directement au-dessous d'un podzol humo-ferrugineux bien développé, ce qui fait l'impression que son horizon illuvial est très profond (photo 5).

Le sol rouillé développé sur les sables du dryas récent, au-dessus du sol d'Allerød, aux traits pédologiques nets et à l'âge bien défini, fut reconnu en Pologne Centrale déjà dans plusieurs localités. Dans les pédoséquences dunaires on le trouve toujours en position du premier, le plus ancien sol de l'holocène. Les sols fossiles et actuels postérieurs, présentant le stade assez avancé de l'évolution, portent d'après la règle des traits de podzolisation.

#### MILIEU DE LA PEDOGENESE

Les données paléobotaniques des plaines polonaises prouvent que la période d'évolution du sol en question, après la phase de la toundra de parc pendant le dryas récent, se caractérisait par l'expansion rapide des forêts de bouleau dans les endroits plus humides et de forêts de pin dans les endroits plus secs. Les herbes et les buissons ont pourtant occupé de terrains assez vastes et les forêts ont été peu denses. Successivement, les forêts cédaient la place aux herbacées ce qui fut suivi d'une nouvelle réduction des espaces ouverts et de l'expansion des forêts plus denses mais toujours claires (LATAŁOWA, 1982; PAWLIKOWSKI, *et al.*, 1982). La fin de cette succession est datée pour 9100 ans BP environ. Le début du boréal s'est manifesté par l'expansion plus marquée des forêts de pin, tandis que durant tout le préboréal il y avait la prédominance des forêts de bouleau.

La phase du climat plus frais vers la moitié du préboréal ne c'est pas inscrite dans les diagrammes polliniques que d'une façon peu marquée. La durée de cette phase fut évaluée pour à peine 240 ans (LATAŁOWA, 1982) et les conditions climatiques n'y ont pas été si rudes qu'au dryas récent. Selon opinion des paléobotanistes polonais, cette phase peut correspondre à l'oscillation plus froide reconnue dans de différentes régions de l'Europe et distinguée par BEHRE (1967, 1978) comme dryas le plus récent. D'après cet auteur les dates  $^{14}\text{C}$  de cette oscillation se placent entre 10.050 et 9470 BP.

La date obtenue jusqu'à présent indique que le sol rouillé fossilisé dans les dunes continentales de la Pologne Centrale s'est développé durant la première et la seconde oscillation climatique du préboréal et que son évolution fut terminée avant la fin de cette période. Il est pourtant probable qu'aux endroits se trouvant en dehors de l'intervention des processus destructifs l'évolution du sol, due au même processus pédologique, continuait jusqu'au début du boréal.

La végétation des dunes de la Pologne Centrale au préboréal se composait vraisemblablement des ensembles herbeux xérophiles pendant les refroidissements et des forêts claires de pin avec la couverture dense d'herbes au fond pendant les phases plus chaudes. La présence du pin, au moins vers la fin de

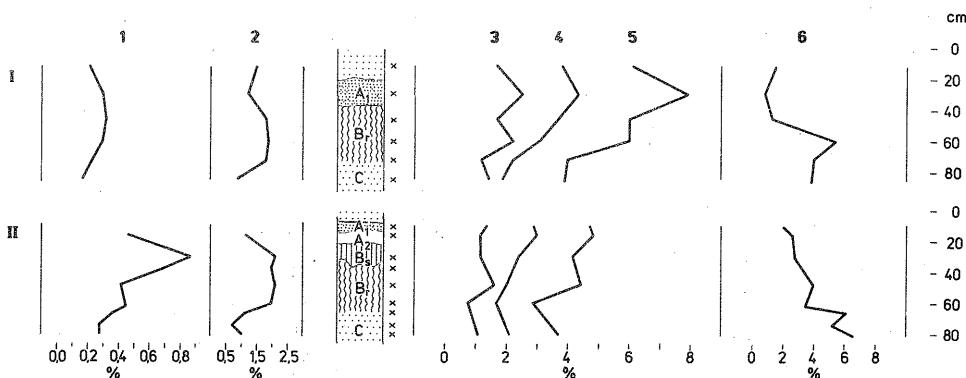


Fig. 2. Teneur en fer et en argile colloïdale et certains traits minéralogiques du sol préboréal  
 I – sol rouillé à Belchatów; II – sol rouillé podzolisé à Szynkielów: 1. teneur en fer soluble en 20% HCl; 2. teneur en colloïdes < 0,002 mm. Indices d'altération calculés du pourcentage des minéraux lourds du groupe des transparents, en fraction 0,25–0,10 mm: 3. C + T/A + P; 4. G/A + P; 5. > 300/A + P, (C – zircon, T – tourmaline, G – grenats, A – amphiboles, P – pyroxènes, > 300 – somme de minéraux à la résistance à l'altération chimique au-dessus de 300 d'après CAILLEUX et TRICART, 1959); 6. teneur en feldspaths en pourcents de la somme des grains de quartz et de feldspath

l'évolution du sol, fut attestée grâce à de nombreux restes conservés dans l'horizon A<sub>1</sub>. On n'y a pas trouvé de fragments du bouleau, bien qu'il soit possible qu'il est représenté par de restes indéfinis des arbres à feuilles. La participation importante d'herbacées s'est exprimée dans la nature du processus formant le sol en question.

Les sables du dryas récent ou les dépôts sableux plus anciens représentant la roche-mère du sol démontrent la composition minérale nettement appauvrie; on n'y trouve pas de carbonates, leur teneur en feldspaths — par rapport aux dépôts glaciaires et aux autres dépôts périglaciaires — est minime (4,8% en moyenne dans la fraction 0,50–0,75 mm), de même que la teneur en minéraux lourds (0,34% en moyenne dans la fraction 0,10–0,25 mm). Ces traits minéralogiques résultent de l'altération chimique et de l'abrasion éolienne du matériel, actives d'autant avant que pendant le cycle de la formation de dunes (MANIKOWSKA, 1985). En résultat les dépôts dunaires furent pour la plupart dépourvus de minéraux qui pourraient servir de source d'alimentation aux plantes. La composition minéralogique extrêmement appauvrie, la teneur minime en colloïdes, ainsi qu'une forte perméabilité des sables dunaires en Pologne Centrale, présentent des conditions particulièrement favorables à la podzolisation.

#### L'ORIGINE DU SOL ET LES CAUSES DU TERME DE SON EVOLUTION

La formation du sol rouillé pendant une période de 800–1000 ans, donc relativement longue, dans les conditions lithologiques et géomorphologiques

Tableau I

Traits physico-chimiques du sol rouillé à Cięciwa (selon Konecka-Betley 1982)

Profondeur m	Horizon	pH		H <sub>h</sub>	S	T	V %	Pourcentage des cations échangeable en complexe absorbant du sol				
		H <sub>2</sub> O	KCl	me/100 g du sol				Ca	Mg	K	Na	H
2,0-2,1	B <sub>r</sub>	4,7	4,4	1,35	0,101	1,45	6,96	3,45	0,14	0,89	2,46	93,04
2,5-2,6	C	5,0	4,6	0,90	0,042	0,94	4,46	2,12	0,22	0,53	1,59	95,54

mentionnées ci-dessus, correspondait à un milieu climatique et végétal particulier. Il paraît évident que l'absence de la podzolisation restait en fonction de la couverture d'herbacées sur de terrains ouverts ou au fond des forêts claires de pin. Cette couverture favorisait l'accumulation dans le sol de l'humus ressemblant au mull qui n'entraînait pas de forte acidification du milieu. Cela freinait la migration des sesquioxides qui présentaient des produits de l'altération et de la minéralisation des matières organiques. Ils se précipitaient sur place et formaient des pellicules entourant des grains dans les horizons A<sub>1</sub> et B<sub>r</sub>.

La migration des oxydes de fer et des alumines a commencé au moment où la forêt est devenue plus dense, ce qui éliminait la couverture d'herbacées et favorisait l'accumulation de l'humus brut activisant l'acidification intense du sol. Cela correspondait déjà au début du boréal.

Pendant la phase de transition pléistocène-holocène, grâce à l'invasion rapide de la végétation les surfaces des dunes en furent entièrement envahies. Le sol rouillé formait une couverture continue et les oscillations climatiques du préboréal n'ont pas causé de pauses dans son évolution. Cependant vers la fin de cette période le sol fut soumis à la destruction et recouvert dans beaucoup d'endroits de la couche mince du sable.

Il est difficile de préciser les causes de ces processus destructifs peu intenses mais de l'extension assez large. Elles ne trouvent pas de justification dans de changements du milieu enregistrés dans les diagrammes polliniques parce que le refroidissement inter-préboréal a eu lieu plus tôt. Il paraît possible que la destruction des dunes en ce temps s'est réalisée par la suite de l'influence de l'homme méolithique qui menait la vie nomade sur les dunes.

Le nombre de la population s'est nettement élevé au méolithique par rapport au paléolithique tardif. Sur de vastes terrains de la Pologne Centrale il y avait à cette période un réseau très dense de l'habitat (WIĘCKOWSKA, 1975). Il est probable que le début de l'habitat méolithique correspond à un déplacement important des zones écologiques qui a causé la disparition du renne existant sur de terrains ouverts ou semi-ouverts. En même temps, on note des traces d'une nouvelle culture (culture de Komorniki) dont les traits témoignent en faveur de l'adaptation aux conditions forestières et de la transition à la vie semi-stabilisée consistant en retours saisonniers aux mêmes camps.

L'horizon inférieur des trouvailles méolithiques à Całowanie aux environs de Varsovie, fut daté à l'aide de <sup>14</sup>C pour 9250 ± 55 et 9200 ± 75 BP (SCHILD, 1975) ce qui correspond à la phase de transition préboréal-boréal, bien que selon Schild le début de l'habitat méolithique puisse exister déjà plus tôt.

L'homme méolithique au cours de différentes activités économiques a sans doute provoqué dans beaucoup d'endroits la destruction de la surface et le déplacement du sable des dunes; il est donc probable que par suite de cette activité le sol rouillé, formé plus tôt, a pu être enseveli sous de minces couches de sable. On peut de même attribuer à l'activité humaine la présence du fragment de la noisette

à la surface du sol rouillé à Teodory, parce que les noisettes faisaient généralement la partie de l'alimentation de l'homme méolithique (WIECKOWSKA, 1975). D'autre part, la présence des noisetiers dans la couverture végétale des dunes au préboréal est peu probable.

L'hypothèse présentée, admettant des causes anthropogènes de la destruction et de l'ensevelissement du sol rouillé sur les dunes de la Pologne Centrale vers la fin du préboréal, paraît justifiée par de données concernant de traits généraux du développement de l'habitat et de la succession des cultures. Elle exige pourtant d'être vérifiée à l'aide des faits archéologiques concrets, dans de localités avec du sol rouillé.

#### DISCUSSION

Dans la „Systématique des sols de la Pologne” (1974) on présente la thèse concernant la connexion entre les sols rouillés sableux et le milieu périglaciaire. Le développement de l'horizon B<sub>r</sub> de ces sols pourrait résulter de l'altération „géologique” qui a eu lieu dans le milieu climatique froid du pléistocène sans une participation plus marquée des microorganismes. Cette opinion est fondée sur les travaux des pédologues allemands portant sur l'évolution des sols au pléistocène tardif et à l'holocène en Europe Centrale (JÄGER, 1973; JÄGER, KOPP, 1969; KOPP, 1970).

En accord avec cette thèse, on a présenté l'interprétation du sol rouillé sur la dune à Pomorsko, situé dans la partie ouest de la pradoline Varsovie – Berlin (KOWALKOWSKI, 1977a; NOWACZYK, 1976). L'interprétation chronologique fut fondée sur l'estimation de l'âge de la série de sable au sommet de laquelle se trouvait le sol et sur de trouvailles archéologiques y conservées. La formation de la grande dune fut attribuée à la première et le développement du sol à la seconde moitié du dryas récent.

L'âge mentionné du sol n'y a pas été prouvé d'une façon incontestable. Il n'est pas exclu que l'inventaire de la culture de Świdler, trouvée dans l'horizon B du sol n'y fut pas accumulé au sommet de la dune, soit avant soit au début de la formation du sol et que la phase principale de la rouillure est postérieure. Les trouvailles du type de Świdler (cycle masovien) sont représentées pendant tout le dryas récent mais il est bien possible qu'elles ont existé encore pendant le préboréal (SCHILD, 1975). En admettant qu'elles ont pénétré dans le sol rouillé à Pomorsko au cours de son évolution, on peut les attribuer non seulement au dryas récent mais autant bien à la phase ancienne du préboréal. L'opinion catégorique que la formation de l'horizon rouillé correspond à la seconde moitié du dryas récent n'a pas donc de justification, d'autant plus que dans le même horizon on a trouvé de traces des cultures plus récentes, lusatien y compris, mêlées à l'inventaire świdérien.

Sur la dune de Cięciwa, au sud de Varsovie, on a trouvé le sol rouillé (BARANIECKA, KONECKA-BETLEY, 1980; KONECKA-BETLEY, 1981, 1982) dans la position stratigraphique pareille à celles qui ont été observées par l'auteur dans beaucoup d'autres localités de la Pologne Centrale. Au-dessus du sol d'Allerød daté pour  $11.150 \pm 1300$  ans BP, sur le sable du dryas récent, on trouve à Cięciwa l'horizon B<sub>r</sub> d'environ 0,5 m d'épaisseur, recouvert du sable manifestant dans sa partie supérieure un podzol humo-ferrugineux. L'humus conservé dans l'horizon illuvial de ce podzol est daté pour  $7150 \pm 350$  BP, tandis que la partie inférieure de l'horizon A<sub>0</sub> pour  $6155 \pm 270$  BP ce qui prouve que le sol s'est formé pendant l'atlantique. La période de la formation du sol rouillé fut attribuée par KONECKA-BETLEY (1981, 1982) à la transition préboréal-boréal avec une annotation què le sol fut fossilisé à cause d'une nouvelle reprise de l'activité du vent vers la fin du boréal. On en peut conclure que KONECKA-BETLEY attribue la formation du sol rouillé au préboréal tardif-boréal ce qui demande une correction selon des faits présentés ci-dessus.

Les recherches paléopédologiques sur les terrains des dunes de la Pologne Centrale n'ont pas justifié l'opinion concernant la connexion du processus de la rouillure et du milieu „abiotique” périglaciaire du pléistocène tardif. Ils ont prouvé, par contre, que le sol rouillé se formait durant le préboréal sous la couverture végétale continue. Il n'est pas cependant sûr si on peut considérer le préboréal comme la phase unique de l'holocène favorisant la formation de sol de ce type sur les sables d'origine éolienne.

Dans les séquences des sols observés sur les versants des grandes dunes de la Pologne Centrale il n'y a que le sol préboréal qui représente des sols rouillés. Tous les autres sols, le sol peu développé d'Allerød y compris, démontrent de traits plus ou moins nets de la podzolisation. L'auteur connaît pourtant des exemples des sols rouillés actuels se trouvant près de la surface des sables éoliens. Il paraît qu'ils correspondent aux endroits situés plus bas, recouverts de forêts clairsemées avec une couche des herbacées au fond. On a aussi observé le sol rouillé sur le sable éolien déposé sur la surface du sandre de la Wda après  $2430 \pm 100$  ans BP (PRUSINKIEWICZ, BEDNAREK, 1983).

En se fondant sur les données présentées on en peut conclure que la formation du sol rouillé sur les sables dunaires ne peut pas être attribuée uniquement au début de l'holocène. Dans les phases plus récentes de l'holocène, la végétation herbo-forestière, pareille à celle qui favorisait le développement du sol rouillé au préboréal, pourrait apparaître sur les dunes en résultat des changements de la couverture végétale provoqués par l'homme. Sur les terrains de la dernière glaciation (le sandre de la Wda) la composition minéralogique plus riche des sables éoliens, qui bien souvent ne sont même pas décalcifiés, peut aussi jouer le rôle supplémentaire freinant la podzolisation.

## CONCLUSIONS

Sur les terrains de dunes de la Pologne Centrale, entre les dépôts du pléistocène tardif et de l'holocène il y a un sol dont la formation correspond à la phase préboréale. Cela fut prouvé à l'aide des datations par  $^{14}\text{C}$  autant du sol en question que des sols fossiles plus anciens et plus récents.

Le sol préboréal représente le type du sol rouillé, bien développé, ayant le profil A<sub>1</sub> – B<sub>r</sub> – C. Il s'est formé dans le milieu de la végétation herbeuse continue et des forêts claires de pin avec une dense couverture d'herbe au fond. Ce type de la végétation dominait sur les dunes pendant la période de 800–1000 ans sans provoquer des processus de podzolisation des sables dunaires extrêmement pauvres en éléments minéraux alimentaires. La podzolisation a commencé en boréal, quand la végétation précédente fut remplacée par la forêt dense de pin provoquant l'accumulation de l'humus brut.

Le sol rouillé formait une couverture continue sur les dunes et fut ensuite soit podzolisé, soit détruit ou recouvert de dépôts postérieurs. La première phase de sa destruction correspond au préboréal tardif, probablement par suite du développement de l'habitat méolithique.

Les recherches sur les dunes de la Pologne Centrale ne permettent de soutenir l'opinion que l'origine des sols rouillés sableux correspond au milieu périglaciaire, dépourvu de la couverture végétale et que la formation des horizons rouillés résulte de l'altération „géologique” (abiotique).

La rouillure préboréale sur les dunes continentales a cédé la place à la podzolisation. Les sols podzoliques se développaient pendant le boréal et en atlantique s'est formé un podzol humo-ferrugineux très bien développé. Pourtant, par suite des influences anthropogènes qui provoquaient le remaniement de la couverture végétale naturelle et l'ont rendue par endroits pareille à la végétation préaboréale, il y avait localement de conditions favorisant une nouvelle reprise du processus de la rouillure.

*Traduction de A. Dylikowa*

## B i b l i o g r a p h i e

- BARANIECKA, M. D., KONECKA-BETLEY, K., 1980 — Stanowisko 1 — Cięcwa (Gisement 1 — Cięcwa). in: Przewodnik Konferencji Terenowej „Gleby kopalne wydm okolic Warszawy i ich znaczenie stratygraficzne”, Komitet Badań Czwartorzędu, Pol. Tow. Glebozn., Warszawa.
- CHMIELEWSKA, M., CHMIELEWSKI, W., 1960 — Stratigraphie et chronologie de la dune de Witów, distr. Łęczyca. *Biul. Peryglacjalny*, 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., 1968 – Fazy rozwoju wydm w środkowej Polsce w schyłkowym plejstocenie (résumé: Les phases du développement des dunes pendant le Pléistocène tardif). *Folia Quaternaria*, 29.
- GOŁDZIK, J., 1980 – Zastosowanie morfokopii i graniformametrii do badań osadów kopalni węgla brunatnego „Bełchatów” (L’application de la morphoscopie et de la graniformamétrie pour les études des dépôts dans la mine de lignite de „Bełchatów”). *Studia Regionalne*, 4, PWN, Warszawa.
- JÄGER, K. D., 1973 – Zum Aussagevermögen begrabener Böden für bodenogenetische Untersuchungen zur aktuellen Bodendecke in Mitteleuropa. *Pol. Tow. Glebozn.*, 25.
- JÄGER, K. D., KOPP, D., 1969 – Zur archäologischen Aussage von Profilschlüssen norddeutscher Sandböden. *Ausgrabung u. Funde*, 14.
- KONECKA-BETLEY, 1981 – Development of soil-forming processes of Late Pleistocene and Holocene in dunes of the environs of Warsaw. *Roczn. Glebozn.*, 32.
- KONECKA-BETLEY, K., 1982 – Gleby kopalne i relictowe wydm okolic Warszawy (summary: Fossil and relict soils in dunes of the Warsaw environs). *Roczn. Glebozn.*, 33.
- KOPP, D., 1970 – Beiträge zur Bodensystematik unter besonderer Berücksichtigung relictischer und rezenter Merkmale. *Tagungsbericht d. Deutschen Akad. d. Landwirtschaftswissenschaften z. Berlin*, 102.
- KOWALKOWSKI, A., 1977a – Dynamika rozwoju późnoplejstoceńskich i holocenejskich gleb z piasków wydmowych w Pomorsku (summary: Development dynamics of Late Pleistocene and Holocene soils from dune sands at Pomorsko). *Roczn. Glebozn.*, 28.
- KOWALKOWSKI, A., 1977b – A paleopedological investigation of dunes at Pomorsko (West Poland). *Quaestiones Geogr.*, 4.
- KRAJEWSKI, K., 1977 – Północno-północno-wschodnie i holocenejskie procesy wydmotwórcze w Pradolinie Warszawsko-Berlińskiej w widłach Warty i Neru (summary: Late-Pleistocene and Holocene dune-forming processes in the Warsaw–Berlin Pradolina). *Acta Geogr. Lodziensia*, 39.
- LATAŁOWA, M., 1982 – Major aspects of the vegetational history in the eastern Baltic coastal zone of Poland. *Acta Paleobot.*, 22.
- MANIKOWSKA, B., 1966 – Gleby młodszego plejstocenu w okolicach Łodzi (résumé: Les sols du Pléistocène Supérieur aux environs de Łódź). *Acta Geogr. Lodziensia*, 22.
- MANIKOWSKA, B., 1969 – Gleba z interstadialu 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 in Łódź region). *Prace Geogr. Inst. Geogr. PAN*, 75.
- MANIKOWSKA, B., 1977 – The development of the soil cover in the Late Pleistocene and the Holocene in the light of fossil soils from dunes in Central Poland. *Quaestiones Geogr.*, 4.
- MANIKOWSKA, B., 1982 – Gleby kopalne w wydmach Polski środkowej (summary: Fossil soils in dunes of central Poland). *Roczn. Glebozn.*, 33.
- MANIKOWSKA, B., 1985 – O glebach kopalnych, stratygrafii i litologii wydm Polski środkowej (summary: On the fossil soils, stratigraphy and lithology of the dunes in central Poland). *Acta Geogr. Lodziensia*, 52.
- NOWACZYK, B., 1976 – Geneza i rozwój wydm śródlądowych w zachodniej części Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej w świetle badań struktury, uziarnienia i stratygrafii budujących je osadów (summary: The genesis and development of inland dunes in the western part of the Warsaw–Berlin Pradolina in the light of examinations of the structure, granulation and stratigraphy of the deposits which built them). *Prace Kom. Geogr.-Geol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk*, 16.
- PAWLICKOWSKI, M., RALSKA-JASIEWICZOWA, M., SCHÖNBORN, W., STUPNICKA, E., SZEROCZYŃSKA, K., 1982 – Woryty near Gietrzwałd, Olsztyn Lake District, NE Poland – vegetational history and lake development during the last 12,000 years. *Acta Paleobot.*, 22.
- PRUSINKIEWICZ, Z., BEDNAREK, R., 1983 – Geneza gleb rdzawych w świetle badań paleopedologicznych (L’origine des sols rouillés à la base des études paléopédologiques). *Komit. Budan. Czwartorzędzu PAN, Sprawozdania z badań naukowych*, 5, Warszawa.

- SCHILD, R., 1969 — Uwagi o stratygrafii archeologicznej wydm śródlądowych (summary: On the archaeological stratigraphy of the inland dunes). *Prace Geogr. Inst. Geogr. PAN*, 75.
- SCHILD, 1975 — Późny paleolit (Paléolithique tardif). *in:* Prehistoria ziem polskich, t. I: Paleolit i mezolit. Wrocław.
- Systematyka gleb Polski, 1974 — (summary: The classification system of Polish soils). *Roczn. Glebozn.*, 25.
- WIĘCKOWSKA, H., 1975 — Społeczności łowiecko-rybackie wczesnego holocenu (Les sociétés des chasseurs et des pêcheurs du début de l'holocène). *in:* Prehistoria ziem polskich, t. I: Paleolit i mezolit. Wrocław.