

*Henryk Maruszczak
Lublin*

UNE ANALYSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE DE LA RÉPARTITION DU LOESS POLONAIS ET DE SES CARACTÈRES LITHOLOGIQUES DIRECTIFS

Résumé de l'auteur

Le sujet de nos considérations constituent les loess de la dernière période glaciaire. Les lois de sa distribution en Pologne du Sud indiquent que leur accumulation avait été limitée principalement par l'humidité du climat et le dynamisme des couches atmosphériques inférieures. La répartition du loess par rapport aux escarpements morphologiques, sa granulométrie et composition minérale indiquent que le transport de la poussière avait été court. Pendant les phases principales d'accumulation il a été dû aux vents dominants Est, tandis qu'en phases terminales — les vents ouest ont l'emporté. Ce changement de la direction des vents est le trait caractéristique de la section polonaise de la zone d'accumulation du loess périglaciaire.

Le loess polonais se distingue par une usure considérable des grains et une prédominance générale des espèces minérales les plus résistantes. Sous cet égard il rappelle beaucoup d'autres dépôts périglaciaires situés dans son voisinage. Ce sont les caractères de l'autochtonisme du matériel loessique. Ces caractères-ci et les lois de sa distribution indiquent que notre loess possède tous les traits de phénomène zono-géographique. Cette thèse est confirmée par les comparaisons avec les loess des autres régions européennes. Les loess déposés dans la zone tempérée de l'Europe du Sud-Est, surtout, montrent des caractères du matériel et des lois de distribution spatiale nettement différents.

Les dépôts poudreux avec une participation du composant éolien nettement marquée, possédant donc des caractères du loess proprement dit, ne s'observent chez nous en surface qu'en Pologne du Sud. Ils y constituent des couvertures plus ou moins nettement différenciées, composées par des séries d'âge divers. Parmi ces séries-ci prédominent surtout celles dues à la dernière glaciation, que l'on signale souvent par le nom de loess supérieur. Les loess plus anciens sont en général dissimulés au-dessous de celui-là. Leur puissance est plus faible et ils n'affleurent qu'exceptionnellement aux surfaces très restreintes. C'est pourquoi l'aire général du loess, non pas subdivisé en étages stratigraphiques particuliers — montré sur les cartes actuelles (Rühle, Sokolowska, 1955) correspond en principe à la répartition des séries de loess représentant la dernière glaciation.

Une analyse des couvertures de loess en Pologne Centrale indique que les limites de leur extension actuelle varient essentiellement de celles formées au cours de la dernière glaciation. Ceci est démontré par les résultats des recherches géologiques et géomorphologiques (J a h n, 1956; M a r u s z c z a k, 1961, 1963). On peut souligner ici le fait de l'absence de produits indubitables de la dégradation du loess en dehors de ses limites actuelles.

Il résulte des faits cités que l'extension actuelle du loess en Pologne (fig. 1) correspond en traits généraux à la répartition de l'accumulation de ce dépôt pendant la dernière glaciation. C'est cela qui constitue le fond sur lequel une analyse paléogéographique de cette extension peut être effectuée.

L'INTERPRÉTATION DE L'EXTENSION DE L'ACCUMULATION DU LOESS PENDANT LA DERNIÈRE GLACIATION

La répartition du loess en Pologne permet de remarquer certaines régularités. Voici les plus principales parmi elles:

1. Les couvertures de loess sont discontinues. Il n'y en a qu'en Pologne du Sud, en forme de nappes séparées, souvent nettement isolées, liées en général avec des plateaux plus accidentés et les avant-pays des Karpates et des Sudètes (fig. 1).

2. L'extension générale de la zone de loess se rétrécit et recouvre de moins en moins de surface si l'on va de l'est à l'ouest. La limite nord de son extension parcourt à une distance de 60 à 220 km plus au sud que la limite de l'inlandsis pendant la dernière glaciation.

3. La puissance et le volume général de la couverture de loess diminuent de l'est en ouest et, à un degré moindre, du nord au sud. A l'est, la puissance moyenne des loess supérieurs est en général de l'ordre de 10 à 15 m, tandis qu'à l'ouest elle ne dépasse d'ordinaire pas quelques mètres. La diminution de la puissance vers le sud peut être constatée dans la partie est de la zone de loess surtout.

4. La limite de l'extension verticale du loess monte progressivement du nord (300 m environ) au sud (450 m). La masse principale du loess est liée à l'étage hypsométrique de 200 à 350 m d'altitude absolue.

Toutes ces lois semblent témoigner que le loess est un dépôt lié à un étage et à une zone géographique déterminés. Il faut pourtant souligner que les limites de cette zone sont assez difficiles à définir. Elles ne correspondent notamment à aucune sub-zone périglaciaire,

déterminée du point de vue climatique ou géobotanique. Ceci est indiqué par: (a) un éloignement très variable de la limite du glacier et (b) le parcours de la limite nord du loess, très capricieux. Si cette

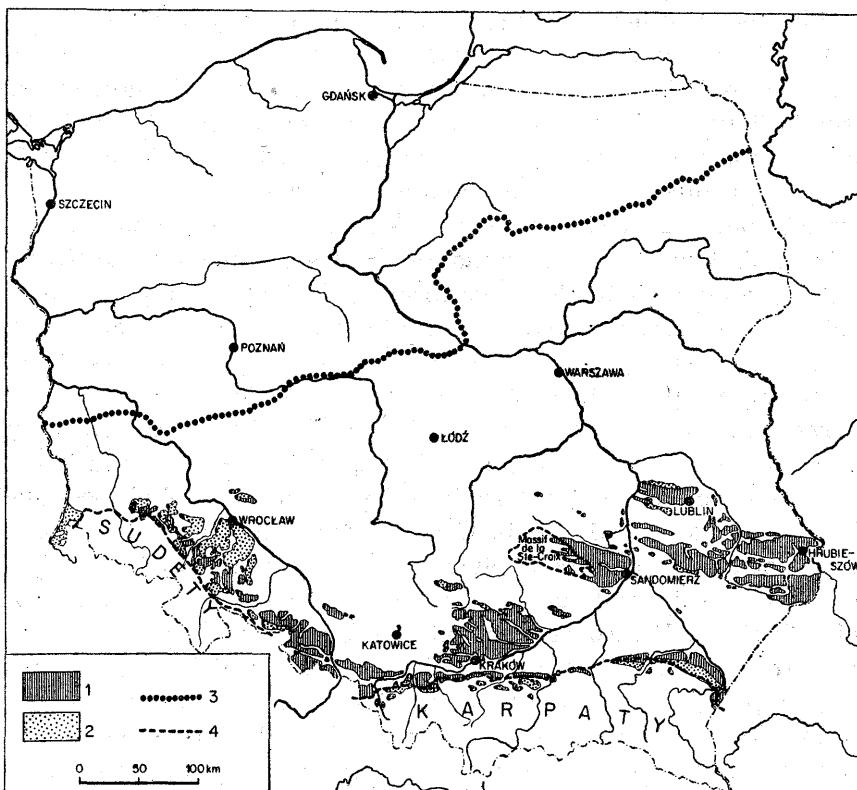


Fig. 1. Répartition du loess en Pologne

Carte élaborée par H. Maruszczak et J. E. Mojski en 1968 par une correction de la carte de l'extension du loess selon E. Rühle et M. Sokołowska (1955)

1. loess éolian constituant des nappes nettement distinctes à puissance dépassant 2 à 3 m. Par endroits — une participation considérable des faciès alluviaux et delluvio-solifluctifs s'enchaînant d'ailleurs strictement avec les faciès éoliens. La partie supérieure des couvertures représente presque exclusivement les loess provenant de la dernière période glaciaire. Les couvertures plus anciennes sont en règle dissimulées par celles-là; 2. dépôts loessoides, en général en forme des couvertures périglaciaires poudro-argileuses — des dérivées éventuelles du loess. Par endroits elles s'enchaînent avec de fines et peu distinctes nappes de loess éolian. Par rapport au loess proprement dit (1) elles diffèrent soit par l'absence de carbonates, soit par une addition plus importante des grains de fractions argileuses, sableuses, voire graveleuses. Elles proviennent en règle de la dernière période glaciaire; 3. limite des régions de montagne; 4. limite de l'inlandsis pendant la dernière période glaciaire

limite-ci avait été conditionnée par l'extension du domaine de la toundra proprement dite (Büdell, 1951), son parcours aurait été plus régulier. En plus, les nappes de loess se seraient enchaînées avec les dépôts caractéristiques pour la toundra de pierres et n'auraient pas été tellement distinctes comme nous l'observons aujourd'hui.

Au même temps pourtant il faut constater que la différenciation du caractère de la couverture de loess en direction est—ouest et nord—sud indique que l'intensité d'accumulation de la poussière de loess a été en rapport avec les conditions climatiques. Elle faiblissait au fur et à mesure que l'océanisme climatique augmentait, c'est-à-dire au sens est—ouest et nord—sud — vers les terrains de montagne¹.

La où l'intensité de l'accumulation avait été plus forte, c'est-à-dire en Pologne du Sud-Est, les loess forment des nappes plus puissantes et plus vastes. Grâce à cela ils se distinguent nettement parmi d'autres dépôts périglaciaires, aussi bien par leur lithologie que le caractère géomorphologique. Il faut remarquer ici que ce sont les escarpements d'accumulation, soulignant la différence entre les nappes particulières de ces dépôts (fig. 2) qui jouent un rôle important dans le complexe caractéristique des formes de „relief loessique” (Maruszczak, 1961, 1965). C'est pourquoi les loess de la partie SE de notre pays possèdent plusieurs traits communs avec les loess de l'Europe Occidentale dont les nappes sont aussi plus restreintes et moins épaisses. Par conséquent elles se distinguent moins par leurs caractères géomorphologiques et lithologiques parmi les autres dépôts argileux périglaciaires. C'est pourquoi ceux-ci avaient été souvent classés à tort parmi les loess (Baraniacki, 1965). Une délimitation distincte des uns des autres, au cours des levés cartographiques, est donc assez difficile (voir les explications à la fig. 1).

L'émettement de la couverture de loess en des lambeaux isolés et leur rapport avec les terrains plus accidentés témoignent que: (a) le transport de la partie prépondérante de la poussière n'a pas été lointain. Il a eu lieu donc sous l'action des vents locaux en couches atmosphériques inférieures, (b) l'accumulation a été due principalement à la diminution de la vitesse des vents en places où il y a eu des obstacles orographiques (Maruszczak, 1963, 1967). On peut admettre que ces caractères des conditions dynamiques de l'accumu-

¹ La différenciation spatiale de l'océanisme climatique pendant la période d'accumulation de la poussière loessique était vraisemblablement pareille à l'actuelle. Les précipitations moyennes annuelles, actuelles, en partie Est du territoire de loess en Pologne sont de 500 à 650 mm, augmentant à l'ouest (600 à 750 mm) et au sud du pays (700 à 800 mm).

lation du loess ont été spécifiques à la zone polonaise du domaine périglaciaire. En tout cas, l'ensemble de ces conditions a été différent dans la zone tempérée de l'Europe du Sud-Est. On peut en juger d'après les caractères nettement différents de la répartition du loess dans le bassin du Bas Danube (Maruszczak, 1964a, 1967).

Il semble que le parcours de la limite méridionale, situé dans la zone sub-montagneuse, et représentant à vrai dire la limite supérieure du loess, pourrait être mis en rapport avec l'humidité climati-

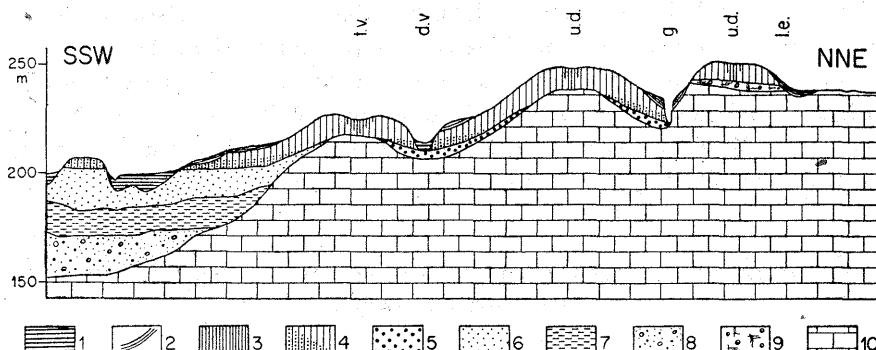


Fig. 2. Coupe schématique d'une nappe de loess en partie ouest du Plateau de Lublin — Pologne du Sud-Est (selon H. Maruszczak, 1965)

1. vases alluviales des lits majeurs (Holocène);
2. dépôts de versant (Holocène et Tardiglaciaire);
3. loess décalcifié et enrichi en argiles (décalcification d'âge holocène et tardiglaciaire);
4. loess pur et loess avec des intercalations sableuses (dernière période glaciaire);
5. dépôts de versant et de solifluxion (dernière période glaciaire);
6. sables fluviatiles (dernière période glaciaire et dernier interglaciaire);
7. limons sableux (Pléistocène moyen);
8. alluvions gravelo-sableuses, éventuellement fluvioglaciaires (Pléistocène moyen et inférieur);
9. argile morainique (Pléistocène moyen et inférieur);
10. roches calcaires du substratum (Crétacé supérieur); u.d. — cuvettes fermées plates; t.v. — vallons en berceau, de dénudation; d.v. — vallons secs d'érosion-dénudation; g. — ravins; l.e. — escarpements loessiques

que principalement. Là où cette limite parcourt, notamment, les obstacles orographiques ne manquaient pas. Plus haut pourtant, le climat était trop humide afin que les couvertures distinctes de poussière tombant de l'atmosphère auraient pu se former. La poussière était trop vite incorporée par les couvertures de versant hétérogènes granulométriquement, façonnées par de vives actions de solifluxion et de ruissellement.

Le parcours de la limite nord, par contre, a été déterminé essentiellement par les conditions dynamiques de l'accumulation. En dehors de cette limite le climat n'a pas été plus humide du tout qu'à

l'intérieur de la zone de loess. Le régime thermique n'a été non plus un agent limitant. Ceci est indiqué entre autres par le fait qu'il y a en Europe de l'Est des loess beaucoup plus au nord, déposés donc sous des conditions thermiques plus rudes. Au nord de la zone de loess, en Pologne, il y a eu, devant le glacier, des plaines dépourvues d'obstacles orographiques plus importants qui puissent freiner les vents forts. Il n'y a pas eu donc là-bas des conditions pour une accumulation de poussière localement accrue. La poussière s'éparpillait de la façon plus uniforme et était soit attrapée et incorporée par des couvertures de solifluxion qui se développaient vivement, soit créait de minces couvertures de dépôts loessoïdes (D y l i k, 1952, 1967)².

Les thèses esquissées de la différenciation et du caractère géographique zonal des conditions de l'accumulation du loess polonais peuvent être développées et confirmées de la façon plus précise par les résultats des études lithologiques.

L'INTERPRÉTATION DES CARACTÈRES LITHOLOGIQUES DIRECTIFS DU LOESS POLONAIS

LES PROPRIÉTÉS GRANULAIRES

La granulométrie

Les loess typiques en Pologne se caractérisent le plus souvent par la granulométrie suivante: (a) les grains de sable au-dessus de 0,1 mm constituent 0 à 10% du dépôt, (b) les sablons (0,1 à 0,05 mm) — 10 à 20%, (c) fraction de poudres grossières (0,05 à 0,01 mm) constituant la fraction fondamentale — 40 à 70%, (d) poudres fines (0,01 à 0,005 mm) — 5 à 15%, (e) argile (au-dessous de 0,005 mm) 10 à 20%. On remarque un triage relativement élevé et une participation assez faible des fractions argileuses. S'il s'agit de celles-ci, il y en a d'habitude moins par rapport aux loess de l'Europe Occidentale (G o u d a, B r o n g e r, 1966), ceux de la Bulgarie (M i n k o v, 1968) ou de l'Ukraine du Sud (K r a e v, 1966).

² Le rapport entre le parcours de la limite nord du loess et les conditions dynamiques de l'accumulation de la poussière que nous venons de présenter diffère assez essentiellement de la conception de Poser (1951). Cet auteur, notamment, expliquait cette limite à l'aide d'un schéma idéalisé de circulation atmosphérique générale en Europe qu'il avait reconstitué d'après une analyse des directions des dunes éoliennes. Il y admettait à tort le synchronisme de l'accumulation loessique et dunaire.

Les données granulométriques citées concernent essentiellement les faciès éoliens typiques. Les faciès façonnés avec une collaboration des processus delluviaux ou alluviaux, par contre, sortent souvent en dehors de ces normes-là. La différenciation de ces faciès est pourtant assez grande pour qu'on puisse leur établir aisément des indices granulométriques typiques. Ils se distinguent d'ordinaire par une proportion augmentée de grains plus gros que la fraction fondamentale.

Le faciès éolien se caractérise par un grain moyen de l'ordre de 20 à 40μ . Cet indice témoigne que la partie essentielle du matériel des loess polonais provient d'un transport local. Il y a longtemps déjà, ceci a été remarqué par Malicki (1950). Les grains provenant d'un transport lointain — de l'ordre de centaines de km — possèdent en général la taille de 3 à 5μ . Ceci est démontré par les études sur la poussière atmosphérique apportée sur le territoire de la Pologne de loin de l'Ukraine (Tokarski, 1936; Wojtanowicz, Zinkiewicz, 1966). Le poids d'un grain provenant du transport lointain est donc de 100 à 1000 fois moindre que le poids du grain moyen du loess polonais. Ces chiffres-ci sont très éloquents. Les auteurs qui s'obstinent à maintenir la conception du rôle essentiel du transport lointain interprètent mal les résultats des analyses granulométriques des grains qui se déposent lors des tempêtes de poussière (Moldva, 1959, 1963 par exemple).

Le rôle dominant du transport local est démontré aussi par une nette différenciation de la taille du grain éolien, observée à l'échelle topographique. Dans les dépressions de relief, sur les terrasses des plus grandes vallées surtout, ce grain est d'habitude plus grossier que sur les surfaces plus élevées. À titre d'illustration on peut citer qu'à Lublin la taille moyenne des grains du faciès éolien du loess est de 35μ pour les terrasses, 30μ pour les versants de vallées et 25μ seulement pour le territoire voisin de la ligne de partage des eaux. En ce cas concret les poids des grains moyens provenant des situations extrêmes sont en rapport de 1 à 0,36. Ceci constitue une preuve assez convaincante du rapport de l'accumulation de la poussière à la force portative des vents bas et à la position des sources locales de poussière. Si l'on avait admis un transport lointain dominant, une telle différenciation aurait été impossible sur un si petit territoire que la ville de Lublin.

La taille moyenne des grains du loess polonais dépendait donc de la vitesse des vents locaux. On s'en rend compte également si l'on fait des comparaisons avec des loess des autres régions. Elles ne sont

pas faciles, car les mesures granulométriques effectuées à l'aide de différentes méthodes ne devraient pas être comparées d'une manière directe. Afin d'exclure toute possibilité d'erreur on n'a comparé que les résultats des analyses granulométriques effectuées à l'aide de la même méthode, représentant les loess de la Pologne du Sud et du bassin du Bas Danube. La taille moyenne est de 28μ environ pour ceux-là et de 22μ environ pour ceux-ci. Il ne résulte donc que le grain polonais est 2 fois plus lourd à peu près que le grain danubien. Les résultats de cette comparaison concordent avec les résultats d'une reconstruction des vitesses moyennes des vents qui déposaient les loess des deux régions. S'appuyant sur d'autres critères on a obtenu notamment que la vitesse moyenne annuelle des vents en Pologne était probablement un peu au-dessous de 3,0 m/sec., tandis que sur le Bas Danube elle était égale à 2,0 m/sec. environ (Maruszczak, 1964a, 1967).

Etant donné une différenciation considérable de la granulométrie du loess à l'échelle topographique il est difficile de constater s'il y a eu des règles quelconques, en Pologne, à l'échelle géographique. La comparaison des résultats des recherches menées dans les parties diverses de notre zone de loess le conteste (Raczkowski, 1960; Grabowska-Olszewska, 1963; Kolasz, 1963; Malinowski, 1964; Jersak, 1965; Mojski, 1965). L'absence d'une telle différenciation témoigne contre la thèse admise généralement par les travaux polonais plus anciens qui admettaient l'existence d'une division distincte à l'aire d'alimentation et celui d'accumulation du loess (Jahn, 1950). On peut en tirer donc un argument indirect en faveur de la thèse de l'enchaînement de ces aires en espace (Mlicki, 1950, 1961; Jahn, 1956). Par conséquent, il faudrait admettre que les sources de poussière loessique avaient été dispersées. Cela constitue un des caractères plus spécifiques des conditions de l'accumulation du loess en zone périglaciaire de la partie Est de l'Europe Centrale. Au cas des loess déposés dans la zone tempérée de cette partie de notre continent notamment, les sources de poussière ont été plutôt localisées en espace (Maruszczak, 1964a).

Il est assez difficile de déterminer la différenciation granulométrique verticale du loess, parce que la variabilité, sous cet égard, est trop grande. Ce n'est qu'en Pologne du Sud-Est qu'on a noté certaines régularités d'après les études des intercalations de loess avec une addition augmentée de fractions sableuses. Du côté est des nappes de loess particulières de cette région l'addition sableuse n'est représentée en quantité plus importante qu'en parties inférieure et moyenne des

séries de loess de la dernière période glaciaire. Du côté ouest des mêmes nappes, par contre, sa proportion augmente plutôt en séries supérieures. M a r u s z c z a k (1963) en a déduit que pendant le commencement et durant les phases principales du cycle de déposition du loess les vents dominants venaient des secteurs orientaux. Ce système des vents se formait donc certainement sous l'influence d'anticyclone glaciaire. Ce n'est que vers la fin du cycle de déposition du loess que les vents ouest l'emportent, caractéristiques pour une circulation du type interglaciaire. En bilan général du cycle le rôle majeur a été joué par les vents Est. La distribution des nappes de loess et leur rapport aux seuils orographiques semblent indiquer la même chose (M a r u s z c z a k, 1963). Le changement du type de circulation durant le cycle loessique constitue probablement le caractère particulier de la zone polonaise du domaine périglaciaire. L'influence de l'anticyclone glaciaire avait été notamment limitée aussi bien du côté ouest que sud. Le fait qu'en Europe de l'Ouest et du Sud-Est les loess ont été déposés par les vents dominants venant des directions rapprochées aux actuelles en témoigne aussi (M a r u s z c z a k, 1964a, 1967).

Les résultats des analyses granulométriques du loess polonais témoignent donc que: (a) le transport éolien de la poussière était court, c'est-à-dire à l'intermédiaire des vents locaux et dans les couches atmosphériques inférieures, (b) les sources de la poussière étaient dispersées en espace et réparties à l'intérieur de la zone-même dans laquelle l'accumulation du loess a eu lieu.

La morphoscopie

Beaucoup plus modestes sont nos connaissances de la morphoscopie des grains du loess. Les données peu nombreuses, publiées jusqu'ici nous permettent quand même de constater que dans la fraction de 0,1 à 0,05 mm il y a de 24 à 65% non-usés, 20 à 65% émous-sés et 4 à 27% grains ronds, roulés. Les études comparatives ont montré que ces grains grossiers révèlent une usure pareille que les sables dunaires de la Pologne du Sud (M a r u s z c z a k, 1964b). Il faut souligner d'ailleurs que les grains des mêmes fractions dans les dépôts de versant et dans les alluvions de la même région ne possèdent que les indices d'émoussé légèrement inférieurs. Étant donné que ceux-ci avaient constitué la source de matériel pour la poussière loessique l'effet de ce cycle d'éolisation a été relativement petit. S'appuyant sur une comparaison de diverses données M a r u s z c z a k

(1964b) admet qu'il ne s'est exprimé que par une augmentation de quelques pour cents de la catégorie de grains ronds mats dans les fractions sableuses. Un indice d'émoussé relativement élevé des grains de quartz dans les loess devrait être interprété comme un héritage d'un passé géologique complexe. Le remaniement des grains avait dû être fréquent, par des agents divers avant qu'ils ne se retrouvent dans le gisement d'alimentation du matériel loessique.

Un essai d'étude comparative à l'échelle de la partie Est de l'Europe Centrale a montré que les loess polonais se distinguent par une usure relativement élevée. À titre d'illustration on peut citer que dans les loess roumains, dans la fraction de 0,25 à 0,1 mm il y a 40 à 95% non usés, 5 à 55% émoussés et 0 à 5% ronds (Maruszczak, 1964b).

Nous admettons donc qu'un passé géologique complexe et une usure élevée y liée constituent le trait caractéristique suivant, distinguant le loess „périglaciaire” polonais du loess „tempéré” du bassin du Danube par exemple.

LES CARACTÈRES CHIMIQUO-MINÉRALOGIQUES

La composition chimique

La composition chimique du loess polonais est relativement peu différenciée aussi bien en espace qu'en coupes verticales particulières. La silice (SiO_2) y domine nettement (67-82%). En plus, il y a des oxydes d'alumunium (Al_2O_3), de calcium (CaO), de fer (Fe_2O_3) en quantités considérables mais ne dépassant pas 10% (Tokarski, et al., 1961; Grabowska-Olszewska, 1963; Kolasz, 1963; Malinowski, 1964; Mojski, 1965).

Comme Tokarski le soulignait il y a longtemps déjà (1936) ce qui est remarquable c'est un contenu élevé en SiO_2 . Il est nettement plus grand que dans les loess de l'Europe Occidentale (Gouda, 1962; Bronger, 1966; Rohdenburg, Meyer, 1966), ceux de la Bulgarie (Minkov, 1968) ou bien de l'Ukraine du Sud (Kraev, 1966). Les valeurs pareilles de ce composant essentiel ont été, par contre, trouvées dans les loess de Volhynie et Podolie (Tokarski, 1936; Kraev, 1966) et de la Biélorussie du Sud (Bykova, 1966; Dobrovolskaya, 1966). On peut donc constater que le matériel des loess polonais se distingue par un haut degré d'altération chimique et transformation par rapport aux roches-mères.

Ce sont les carbonates qui attirent d'habitude une attention par-

ticulière parmi les composants chimiques caractéristiques pour les loess. Leur contenu dans les loess non-altérés, provenant de la dernière période froide, oscille le plus souvent entre 4 et 18%. Les indices moyens pour les coupes entières sont en général de 7 à 10%. Les études comparatives démontrent que nos loess contiennent nettement moins de carbonates que ceux de l'Europe Occidentale et avant tout de l'Europe du Sud-Est.

Les études régionales indiquent que sur le territoire de la Pologne il y a une tendance à la diminution du contenu en carbonates, dans les loess, au sens est-ouest. A l'est il varie de 5 à 20% aux environs de Hrubieszów (M o j s k i, R z e c h o w s k i, 1967), tandis que la moyenne calculée pour toute cette région-là est de 10,6%. Dans la partie centrale de la zone de loess, aux environs de Sandomierz et Cracovie, il y a de 4 à 18% de carbonates, la moyenne étant égale à 8,5%. Dans la section ouest, dans les loess de la Basse Silésie, il n'y a que de 3 à 12% de carbonates, la moyenne étant égale à 6,5% environ (R o k i c k i, 1951; C z e p p e, et al., 1963). Les indices pareils que les loess de la Basse Silésie possèdent les loess du Pogórze Karpackie (avant-pays des Karpates — données non-publiées). On peut donc supposer qu'il y a aussi une tendance à la diminution du contenu en carbonates vers la périphérie sud — c'est-à-dire vers la limite supérieure du loess en Pologne. Les études du contenu en carbonates confirment donc la thèse tirée déjà de l'analyse de la distribution du loess — que le degré de l'océanisme, c'est-à-dire de l'humidité du climat, avait constitué le facteur limitant l'accumulation de la poussière.

Une nette différenciation du contenu en carbonates s'observe également en coupes verticales des couvertures de loess. Les indices les plus bas, notamment, s'observent toujours dans les séries inférieures, les séries supérieures en étant les plus riches. Il en résulte que le cycle loessique de la dernière période glaciaire se caractérisait d'une tendance au changement du milieu sédimentaire, du humide au plus sec.

En général, ils constituent une poussière de calcite assez égale-

Les carbonates en partie seulement constituent des grains détritiquement dispersée en toute la masse du dépôt. De pair avec l'argile colloïdale, cette poussière-là constitue une matrice qui recouvre les grains de quartz et les lie dans le gisement (K o l a s a, 1963). Ces traits caractéristiques de la substance carbonatée indiquent qu'au cours de l'accumulation et tout de suite après sa fin il y a eu de distinctes transformations épigénétiques à l'intérieur des couvertures

de loess. Grâce à elles, plusieurs caractères typiques du loess ont apparu, tels surtout que sa porosité, mais au même temps une certaine cohésion. Un contenu relativement faible en carbonates — en fraction argileuse aussi — décident de ce que la cohésion des loess polonais est quand même plus faible que celle des loess de l'Europe de l'Ouest et du Sud-Est. Ceci constitue un des caractères qui causent que les loess polonais succombent assez facilement à l'érosion, ce qui s'exprime par un vif ravinement, dont le rôle dans le complexe morphologique des loess polonais est considérablement plus important qu'en Europe du Sud-Est (Maruszczak, 1961, 1965).

La fraction légère de minéraux

Ce fraction est relativement peu connue, surtout du point de vue quantitatif. On peut néanmoins constater que c'est le quartz qui domine toujours dans ce groupe de minéraux, atteignant 60 à 77%. Dans les fractions granulométriques les plus grossières son contenu s'accroît nettement et peut dépasser même la valeur de 90 à 95%. A la seconde place viennent les feldspaths, plus loin ensuite — la muscovite et la biotite (Kolasa, 1963; Grabowska-Olszewska, 1963).

Du point de vue de la composition de la fraction légère nos loess montrent beaucoup de traits communs avec d'autres dépôts périglaciaires meubles qui les accompagnent. Les différences notées résultent principalement des classes granulométriques diverses de groupes génétiques particuliers de ces dépôts-ci. Une ressemblance n'apparaît nettement que quand on compare, par exemple, les fractions de sable de nos loess à des sables dunaires ou fluviatiles (Maruszczak, 1964a, 1964b).

La fraction lourde

Le contenu total de ce groupe de minéraux est très faible. Son étude permet néanmoins de tirer des conclusions intéressantes. Dans leur cortège dominant nettement les espèces les plus résistantes (zircon, tourmaline, rutile, disthène, staurolite) sur les minéraux à résistance moyenne et faible (grenat, épидote, amphibole, pyroxène, biotite). C'est le zircon qui occupe le plus souvent la première place (15 à 60% du contenu en minéraux lourds transparents), le grenat (10 à 45%) et autres minéraux sont considérablement plus rares (Raczkowski, 1960; Grabowska, 1961; Tokarski, et al., 1961; Grabowska-Olszewska, 1963; Malinowski, 1964;

Gwóźdż, Racinowski, 1968; Maruszczak, Racinowski, 1968). Le cortège de minéraux lourds dans les loess est le mieux connu en Pologne du Sud-Est. C'est de cette région-ci que provient la série la plus importante de 47 échantillons étudiés par la même méthode. Tout le groupe se caractérise par la succession suivante de quatre espèces principales parmi les minéraux transparents: 1. zircon — 38%; 2. grenat — 20%; 3. rutile — 14%; 4. tourmaline — 10% (Maruszczak, Racinowski, 1968). Le rapport des minéraux les plus résistants aux espèces moins résistantes de cette série d'échantillons est de 1 à 0,47. Dans d'autres régions de la zone de loess la succession des espèces minérales principales est soit pareille (Tokarski, et al., 1961), soit différente, car c'est l'amphibole qui monte à la troisième et même parfois à la seconde place (Czeppe, et al., 1963; Grabowska, 1961). En ce second cas le rapport entre les espèces résistantes et fragiles change évidemment au profit de celles-ci.

Du point de vue de la composition de la fraction lourde les loess polonais révèlent souvent des caractères intermédiaires par rapport aux roches du substratum ou bien dépôts glaciaires voisins. Au cas où au voisinage prédominent les roches du substratum local le cortège minéral lourd des loess est en général dominé par les espèces plus résistantes. On peut observer ceci de la façon la plus évidente au cas des loess de Lublin (Gwóźdż, Racinowski, 1968). Quand au voisinage prédominent les lambeaux de dépôts glaciaires la proportion de minéraux fragiles, de grenat et d'amphibole surtout, s'accroît. L'exemple concret en constitue la périphérie NE des loess de Sandomierz (Grabowska, 1961). Tous ces faits témoignent plutôt du caractère autochtone du matériel du loess polonais.

Des associations pareilles de minéraux lourds s'observent dans les loess de la Biélorussie du Sud (Dobrovolskaya, 1961) et de Volhynie et Podolie (Tokarski, 1936; Tokarski, et al., 1961). Dans les loess de l'Europe du Sud-Est par contre, elles sont tout à fait différentes. Les cortèges se caractérisent notamment par une prédominance des espèces fragiles. À titre d'exemple on peut rappeler qu'au bassin du Bas Danube le rapport des minéraux résistants aux espèces fragiles est de 1 à 1,5 en Roumanie et de 1 à 2,4 en Bulgarie (Maruszczak, Racinowski, 1968). Par rapport avec ceux-ci le loess polonais apparaît très pauvre en espèces fragiles.

Les résultats des analyses chimiquo-minéralogiques témoignent donc que les loess polonais se caractérisent par: (a) un autochtonisme du matériel initial et (b) un haut indice d'altération ou bien d'ap-

pauvrissement en espèces fragiles. Les comparaisons avec les régions voisines permettent de supposer que ces traits-ci constituent pour ainsi dire la marque caractéristique des conditions zonales du façonnement du matériel loessique initial. Cette conclusion résulte de la différence entre nos loess d'une part et ceux de l'Europe de l'Ouest et ceux de la Bulgarie et de l'Ukraine du Sud de l'autre et de leur affinités avec les loess de la Biélorussie du Sud et de Volhynie et Podolie.

Sur le territoire de la Pologne du Sud et des régions voisines de la Biélorussie du Sud et de l'Ukraine du Nord-Ouest le matériel initial des loess a été façonné sous de pareilles conditions géographiques. Ces régions-ci, au Pléistocène, passaient plusieurs fois de la zone tempérée au domaine périglaciaire et glaciaire. Ceci favorisait une altération des formations superficielles et leur déplacement fréquent. Ces processus-ci agissaient avec une coopération importante du lessivage, caractéristique pour le type de sol pareil aux podzols. C'est pourquoi le loess polonais est plus „pauvre” du point de vue de la minéralogie que le loess de l'Europe de l'Ouest dont le matériel initial avait été élaboré par des processus typiques pour les sols bruns. Le matériel initial des „riches” loess de l'Europe du Sud-Est par contre, avait été façonné sous des conditions du type prédominant d'altération pédogénétique des tchernozioms.

La pauvreté chimiquo-minéralogique du matériel du loess polonais est trop grande pour qu'on puisse l'expliquer par la seule action des forces destructives au cours du seul cycle de formation du loess. Elle constitue probablement l'effet de transformations complexes et divergentes que ce matériel avait subies au cours des périodes précédant le dépôt. L'interprétation des résultats des études chimiquo-minéralogiques nous mène donc aux pareilles conclusions qu'au cas de l'étude du façonnement du grain de loess.

CERTAINS CARACTÈRES PHYSIQUES

Parmi les caractères physiques étudiés du point de vue des questions qui nous intéressent c'est la porosité et la capacité au tassement supplémentaire qui méritent un intérêt particulier.

La porosité

L'indice de porosité d'un loess, non-altéré, provenant du plén-Würm, oscille entre 40 et 50%, les valeurs moyennes étant de 42

à 45% (Malinowski, 1964; Grabowska - Olszewska, 1963; Kolasz, 1963; Jersak, 1965). Une porosité pareille possèdent les loess de la Biélorussie (Bykova, 1966; Lysenko, 1966) et ceux de Volhynie et Podolie (Kraev, 1966). Les loess de l'Ukraine du Sud, par contre, se caractérisent par une porosité plus élevée, oscillant en général entre 45 et 48%, les valeurs maximales atteignant 56 à 63% (Kraev, 1966; Lysenko, 1966). La porosité des loess bulgariens typiques est également considérablement plus forte que celle des loess polonais — de 45 à 50% en moyenne (Minkov, 1968).

L'indice de porosité faible du loess polonais est strictement lié aux particularités de sa composition granulométrique et chimiquominéralogique. Il est déterminé surtout par un contenu relativement bas en argile colloïdale et en carbonates constituant la matrice du dépôt.

Le tassemement supplémentaire

On appelle ainsi le phénomène de condensation des particules du matériel du loess par la suite de sa saturation en eau. L'indice de capacité d'un tel tassemement — sous l'effet de la charge de 3 kg/cm² — du loess polonais le plus jeune, non-altéré, provenant du pléni-Würm, est en général de 2 à 3%, s'élevant plutôt exceptionnellement à 6% environ (Malinowski, 1959, 1964; Grabowska - Olszewska, 1963; Kolasz, 1963). Les valeurs pareilles de cet indice possèdent les loess de Volhynie et Podolie. Tandis que les loess de l'Ukraine du Sud et de la Bulgarie révèlent un indice de tassemement considérablement plus élevé — de 5 à 10% en moyenne (Kraev, 1966; Minkov, 1968).

La structure du loess polonais est donc relativement stable, ce qui est en rapport assez étroit avec sa porosité faible. Grâce à cela il n'est pas trop sensible au développement de ces variétés du processus de suffosion qui participent au façonnement des dépressions fermées du genre des *stepnye bludca* (cuvettes steppiques). Il y a de telles dépressions parmi les formes de relief loessique en Pologne, mais elles jouent ici un rôle moindre par rapport à la Bulgarie ou Ukraine (Maruszczak, 1965).

LES CONCLUSIONS

L'analyse de répartition du loess polonais et de ses caractères lithologiques essentiels permet de tirer les conclusions suivantes, plus importantes:

1. Les loess typiques provenant de la dernière période glaciaire ne s'observent qu'en Pologne du Sud, à l'étage hypsométrique de 180 à 450 m. Leur puissance diminue assez nettement vers l'ouest et, d'une façon moins distincte, vers le sud — en direction des terrains de montagne plus élevés. Il en résulte qu'un des facteurs qui limitaient l'accumulation du loess au cours de la dernière période glaciaire était l'humidité, c'est-à-dire l'océanisme climatique.

2. A l'étage hypsométrique déterminé les loess ne forment pas une couverture continue mais des nappes isolées, liées essentiellement avec les terrains plus accidentés. Ceci constitue la base de la conclusion que le transport de la poussière loessique est dû principalement aux vents bas. L'accumulation de la poussière a été la plus abondante là où les obstacles orographiques provoquaient la diminution de la force portative des vents.

3. La limite méridionale du loess polonais est liée principalement aux régions des Pogórze et constitue à vrai dire sa limite supérieure. Son parcours avait été certainement conditionné avant tout par l'océanisme climatique. Au-dessus de cette limite, c'est-à-dire dans les régions montagneuses plus humides, la poussière atmosphérique était incorporée en d'épaisses couvertures de dépôts hétérogènes de versant, façonnés par une vive solifluxion et le ruissellement. La limite nord par contre, est à lier principalement avec les conditions dynamiques de l'accumulation. Sur les basses plaines de la Pologne Centrale, situées en dehors de cette limite, les vents forts — typiques pour l'avant-pays de l'inlandsis — ne rencontraient aucun obstacle orographique sérieux qui pourrait provoquer une accumulation considérablement augmentée. Par conséquent, tout qui s'y est déposé n'avaient été que de lambeaux minces et peu extensifs de dépôts loessoïdes.

4. La taille du grain de loess et sa différenciation considérable à l'échelle topographique témoignent en faveur de la thèse d'un rôle dominant du transport court de la poussière, donc à l'intermédiaire des vents locaux. La différenciation de la granulométrie en coupes verticales et la position des nappes de loess par rapport aux nets seuils orographiques indiquent qu'au début et au cours des phases principales de l'accumulation prédominaient des vents Est. Ce n'est que pendant les phases terminales de la déposition que ce type de circulation atmosphérique, caractéristique pour le pleni-Würm, a changé, remplacé par des vents venant surtout de secteur ouest.

5. Le matériel loessique polonais porte de nombreuses traces de l'autochtonisme. Ceci est témoigné par: (a) les caractères morpholo-

giques des grains pareils à ceux des dépôts voisins, dunaires, fluviaux et ceux de versant; (b) les caractères minéralogiques apparentés aussi bien aux dépôts susmentionnés qu'aux roches du substratum local et aux formations glaciaires de la Pologne du Sud.

6. Le matériel loessique polonais est fortement appauvri par rapport aux produits initiaux, sortis de diverses roches-mères. Il en témoigne une nette prédominance des espèces minérales les plus résistantes sur les minéraux fragiles, visible aussi bien dans la fraction légère que lourde. Le degré de cet appauvrissement est en outre trop élevé pour qu'on puisse l'expliquer par l'action des processus travaillant au cours du seul cycle de formation du loess. Il en résulte indirectement que la matière loessique possède un passé géologique riche et complexe. Ceci est indiqué également par une usure importante des grains que l'on ne peut expliquer qu'en admettant qu'ils avaient subi un remaniement plusieurs fois répété.

7. Le loess polonais montre une forte ressemblance aux loess de la Biélorussie et de Volhynie et Podolie, occupant pour ainsi dire la position intermédiaire entre eux. Par contre, il diffère assez nettement des loess de l'Europe de l'Ouest et du Sud-Est par les indices de destruction du matériel beaucoup plus élevés. Ceci constitue la base à la constatation que le loess polonais possède les caractères d'un type géographique zonal. Les traits caractéristiques de son matériel ont été élaborés au Quaternaire sous des conditions des successions de climats divers — tempérés, périglaciaires et glaciaires. Tout cela favorisait le remaniement fréquent des grains et leur exposition à de divers facteurs destructifs.

Traduction de T. Kubiak

Bibliographie

- Baraniecki, L., 1965 — Zagadnienie pokryw gliniastych w środowisku peryglacialnym... (summary: Problems of clay covers in the periglacial environment...). *Inst. Geol., Biul.* 187; p. 349-414.
- Broniger, A., 1966 — Löss, ihre Verbraunungszonen und fossile Böden. *Schr. Geogr. Inst. Univ. Kiel*, Bd. 24, H. 2.
- Büdel, J., 1951 — Die Klimazonen des Eiszeitalters. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 1; p. 16-26.
- Butrym, J., 1961 — A study on the morphology of quartz grains in the consistence of loess. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska*, Sectio B, vol. 15; p. 23-37.

- Bykova, V. S., 1966 — Bielorusskaya SSR. Loessovye porody SSSR (République Socialiste Soviétique Biélorussienne. Les formations de loess en URSS). Moscou; p. 8-13.
- Cegla, J., 1965 — Porównanie utworów pyłowych kotlin karpackich z lesami Polski (summary: On the origin of the Quaternary silts in Carpathian Mountains). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sectio B*, vol. 18; p. 69-116.
- Czeppe, Z., et al., 1963 — Le gisement paléolithique de loess de Racibórz—Ocice en Haute Silesie. *Folia Quaternaria*, no. 15.
- Dobrovolskaya, I. A., 1966 — Loessovye otlozheniya. Geokhimicheskaya kharakteristika... Bielorusskogo Polesya (Dépôts de loess. Caractéristique géochimique... de Polésie Biélorussien). Minsk; p. 121-138.
- Dylik, J., 1952 — Głyzy rzeźbione przez wiatr i utwory podobne do lessu w środkowej Polsce (summary: Wind worn stones and loess-like formations in Middle Poland). *Państw. Inst. Geol., Biul.* 67; p. 231-332.
- Dylik, J., 1967 — Główne elementy paleogeografii młodszego plejstocenu Polski środkowej. Czwartorzęd Polski (Les éléments principaux de la paléogéographie du Pléistocène supérieur. Dans: Le Quaternaire de la Pologne). Varsovie; p. 311-352.
- Gouda, H. G., 1962 — Untersuchungen an Lössen der Nordschweiz. *Geogr. Helvetica*, Jhg. 17; p. 137-221.
- Grabowska, B., 1961 — Analiza minerałów ciężkich na tle stratygrafii lessów okolic Ćmielowa (summary: Heavy mineral analysis in the light of stratigraphy of loess from the Ćmielów region). *Biul. Geol. Univ. Warszawskiego*, t. 1; p. 50-67, 176-177.
- Grabowska-Olszewska, B., 1963 — Właściwości fizyczno-mechaniczne utworów lessowych północnej i północno-wschodniej części świętokrzyskiej strefy lessowej... (summary: Physico-mechanical properties of loess deposits... of the Holy Cross Mts. loess-zone). *Biul. Geol. Univ. Warszawskiego*, t. 3; p. 68-183.
- Gwóźdż, R., Racinowski, R., 1968 — Analiza porównawcza minerałów ciężkich z drobnoziarnistych utworów czwartorzędowych i górnokredowych Wyżyny Lubelskiej (summary: Comparative analysis of heavy minerals from Quaternary and Upper Cretaceous formations of Lublin Upland area). *Kwartalnik Geol.*, t. 12; p. 388-402.
- Jahn, A., 1950 — Less, jego pochodzenie i związek z klimatem epoki lodoowej (summary: Loess, its origin and connection with the climate of the glacial epoch). *Acta Geol. Polonica*, vol. 1; p. 257-310.
- Jahn, A., 1956 — Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd (summary: Geomorphology and Quaternary history of Lublin Plateau). *Prace Geogr. Inst. Geogr. PAN*, no. 7.
- Jersak, J., 1965 — Stratygrafia i geneza lessów okolic Kunowa (résumé: Stratigraphie et genèse des loess des environs de Kunów). *Acta Geogr. Lodzienia*, no. 20.
- Kolasa, M., 1963 — Geotechniczne właściwości lessów okolicy Krakowa (summary: Geotechnical properties of loess from the vicinity of Cracow). *Prace Geol. Kom. Nauk Geol. PAN*, no. 18.

- Kraev, V. F., 1966 — Ukrainskaya SSR. Loessovye porody SSSR (Ukraine. Formations loessiques de l'URSS). Moscou; p. 22-64.
- Ly senko, M. P., 1966 — O zonalnosti loessovykh porod Russkoy ravniny. Inzhenerno-geologicheskoe svoystva loessovykh porod (Sur la zonalité des formations loessiques de la Plaine Russe. Propriétés ingénierogeologiques des formations de loess). Moscou; p. 9-16.
- Malicki, A., 1950 — Geneza i rozmieszczenie loessów w środkowej i wschodniej Polsce (summary: The origin and distribution of loess in Central and Eastern Poland). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska*, sectio B, vol. 4; p. 195-228.
- Malicki, A., 1961 — The loess of the Lublin Upland. Dans: *Guide-Book of Excursion E; The Lublin Upland, INQUA VIth Congress, Poland*.
- Malinowski, J., 1964 — Budowa geologiczna i własności geotechniczne lessów Roztocza i Kotliny Zamojskiej... (summary: Geological structure and geotechnical properties of loess in Roztocze and the Zamość Basin). *Prace Inst. Geol.*, t. 41.
- Maruszczak, H., 1961 — Le relief des terrains de loess sur le Plateau de Lublin. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska*, sectio B, vol. 15; p. 93-122.
- Maruszczak, H., 1963 — Wind direction during the sedimentation period of the upper loess in the Vistula Basin. *Bull. Acad. Pol. Sci., sér. sci. géol., géogr.*, vol. 11; p. 23-28.
- Maruszczak, H., 1964a — Conditions d'accumulation du loess dans la partie orientale de l'Europe Centrale. *Geogr. Polonica*, no. 2; p. 39-47.
- Maruszczak, H., 1964b — Problème de l'action éolienne dans la zone périglaciaire pléistocène à la lumière des indices granulométriques. *Biuletyn Peryglacjalny*, no. 14; p. 257-273.
- Maruszczak, H., 1965 — Development conditions of the relief of loess areas in East-Middle Europe. *Geogr. Polonica*, no. 6; p. 93-104.
- Maruszczak, H., 1967 — Kierunki wiatrów w okresie akumulacji lessu młodszego we wschodniej części Europy środkowej (summary: Wind directions during the accumulation of the younger loess in East-Central Europe). *Rocznik Pol. Tow. Geol.*, t. 37; p. 177-188.
- Maruszczak, H., Racinowski, R., 1968 — Peculiarities of the conditions of loess accumulation in Central Europe in the light of results of heavy minerals analysis. *Geogr. Polonica*, no. 14; p. 35-46.
- Minkov, M., 1968 — Losat v severna Bulgaria (The loess in North Bulgaria). Sofia.
- Mojski, J. E., 1965 — Stratygrafia lessów w dorzeczu dolnej Huczwy na Wyżynie Lubelskiej (summary: Loess stratigraphy in the drainage basin of the lower Huczwa River in the Lublin Upland). *Inst. Geol., Biul.* 187; p. 145-216.
- Mojski, J. E., Rzechowski, J., 1967 — Dostizheniya v litologicheskikh issledovaniyakh tchetvertitchnykh porod vostotchnoy Polchi (Les résultats des études lithologiques des formations quaternaires de la Pologne de l'Est). *Vesti Akad. Nauk BSSR*, no. 2; p. 80-96.

- Moldvay, L., 1963 — Az eolikus üledékképződés törvényeszerűségei (Zsfs.: Gesetzmässigkeiten der Bildung von Sedimenten, die aus schwebenden Stoff abgelagert wurden). *Dunántúli Tudom. Int. Ertekezések*, no. 1961-62; p. 37-76. Budapest.
- Raczkowski, W., 1960 — Less w okolicach Henrykowa na Dolnym Śląsku (summary: Loess in the region of Henryków in Lower Silesia). *Biuletyn Peryglacialny*, no. 7; p. 95-111.
- Rohdenburg, H., Meyer, B., 1966 — Zur Feinstratigraphie und Paläopedologie des Jungpleistozäns nach Untersuchungen an südniedersächsischen und nordhessischen Lössprofilen. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges.*, Bd. 5; p. 1-137.
- Rókicki, J., 1951 — Warunki występowania utworów pyłowych i lessów na Dolnym Śląsku (Zsfs.: Das Vorkommen von Staubbildungen und Loess in Niederschlesien). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska*, sectio B, vol. 5; p. 53-95.
- Rühle, E., Sokołowska, M., 1955 — Mapa utworów czwartorzędowych Polski 1:1 000 000 (Map of Quaternary deposits in Poland). Inst. Geol., Warsaw.
- Sobolewska, M., et. al., 1964 — Młodoplejstoceńskie osady z florą kopalną w Wadowicach (summary: Late-Pleistocene deposits with fossil flora at Wadowice — West Carpathians). *Folia Quaternaria*, no. 16.
- Tokarski, J., 1936 — Physiographie des podolischen Lüsses und das Problem seiner Stratigraphie. *Mém. Acad. Pol. Sci. Lettr., cl. sci. math.-nat.*, sér. A, t. 4, Cracovie; p. 1-61.
- Tokarski, J., et. al., 1961 — Remarks on the loess. *Rocznik Pol. Tow. Geol.*, t. 31; p. 247-272.
- Wojtanowicz, J., Zinkiewicz, A., 1966 — Występowanie zapylenia eolicznego i opadu pyłu w Polsce (summary: Eolic dustiness and dust-fall in Poland). *Folia Soc. Sci. Lublinensis*, sectio D, vol. 5-6; p. 39-44.