

*Roman Racinowski\**

Szczecin

## LE PROFIL DU LOESS À NIELEDEW SUR LE PLATEAU DE LUBLIN À LA LUMIÈRE DE L'ANALYSE DE MINÉRAUX LOURDS

### Résumé de l'auteur

On présente les résultats de l'analyse de minéraux lourds de trois séries de loess d'âge divers à Nieledew. Les séries se caractérisent par des proportions variées de minéraux particuliers et par leurs dimensions différentes. Les résultats obtenus et leur comparaison avec d'autres profils du loess sur le Plateau de Lublin semblent indiquer que c'est le faciès du loess dont l'influence sur cette différenciation minéralogique est décisive. Les effets de l'altération dans les sols fossiles et le sol récent dans le loess de Nieledew sont relativement faibles.

Dans la littérature consacrée aux formations quaternaires du Plateau de Lublin existe déjà un nombre considérable de travaux qui présentent les résultats de l'analyse de minéraux lourds séparés du loess (Dobrzański, Małicki, 1949; Jahn, Turnau-Morawska, 1952; Malinowski, Mojski, 1964; Cegla, 1965; Gwóźdż, Racinowski, 1968). Tous ces travaux permettent de tirer des conclusions générales quant au caractère des minéraux lourds dans les loess. Il nous font défaut pourtant des études dont les résultats auraient représenté directement les coupes particulières et suggéré des conclusions quant à l'âge du dépôt, quant aux processus d'accumulation, quant au genre de transformations subies par la suite de l'altération etc. La tentative d'une telle direction des recherches avait été entreprise grâce à l'initiative du Prof. H. Maruszczak en 1966 et une partie de ses résultats a été déjà publiée (Maruszczak, Racinowski, 1968). L'idée d'une étude des minéraux lourds à Nieledew est due à Dr. J. E. Mojski. Dans la coupe de Nieledew il y a 4 séries de loess, séparées, les unes des autres, par des sols fossiles (Mojski, 1956, 1965). Les échantillons ont été ra-

\* Institut Géologique, Département de Géologie Littorale, Szczecin,  
ul. Storrady 1, Pologne.

massés en avril 1968 à la proximité d'anciens puits 1 et 7. Dans les puits nouveaux la situation était un peu différente par rapport à celle décrite par Mojski (1965, p. 151 - 159). Non seulement les puissances des séries particulières de loess et des sols ont changé un peu. Un peu différente était aussi la succession des couches (étant donné aussi un faciès un peu autre du dépôt). L'état actuel des choses, présenté sur le profil sommaire (fig. 1), est comme il suit:

La partie sommitale du profil est représentée par les échantillons ramassés 10 m environ à gauche du puits 1.

#### Série IV de loess:

couche 16 — sol du type de tchernoziom (échantillon 1)

» 15 — loess en forme de faciès subaérien (échantillons 2 à 5),  
un peu gleyifié à la base (échantillon 6)

» 14 — loess en trainées; faciès de solifluxion (échantillon 7)

#### Série III de loess:

couche 13 — sol fossile, horizon d'humus (échantillons 8, 9) et horizon illuvial (échantillons 10 à 12)

» 12 — loess à faciès subaérien (échantillon 13)<sup>1</sup>

La continuation du profil constituent les dépôts de la paroi de la carrière à la place d'ancien puits 7:

#### Série III de loess:

couche 11 — loess à faciès de solifluxion (échantillon 14)

#### Série II de loess:

couche 10 — horizon d'accumulation du sol fossile; tchernoziom (échantillons 15 et 16) et l'horizon éluvial (échantillons 17 et 18)

» 9 — horizon illuvial du sol fossile en forme d'un loess argileux (échantillons 19 à 23)

La fin du profil constitue le dépôt situé à 25 m au sud de l'ancien puits 7<sup>2</sup>:

#### Série II de loess:

couche 8 — loess alluvial, stratifié (échantillon 24)

Le profil du loess à Nieledew que nous venons de présenter est particulièrement commode du point de vue de l'étude analytique, car les résultats en tirés rendent possible une tentative de réponse à trois problèmes:

<sup>1</sup> Nouveauté par rapport au puits ancien, dans lequel il y eu du loess en faciès de solifluxion.

<sup>2</sup> L'étude n'a pas embrassé la première, la plus ancienne série de loess.

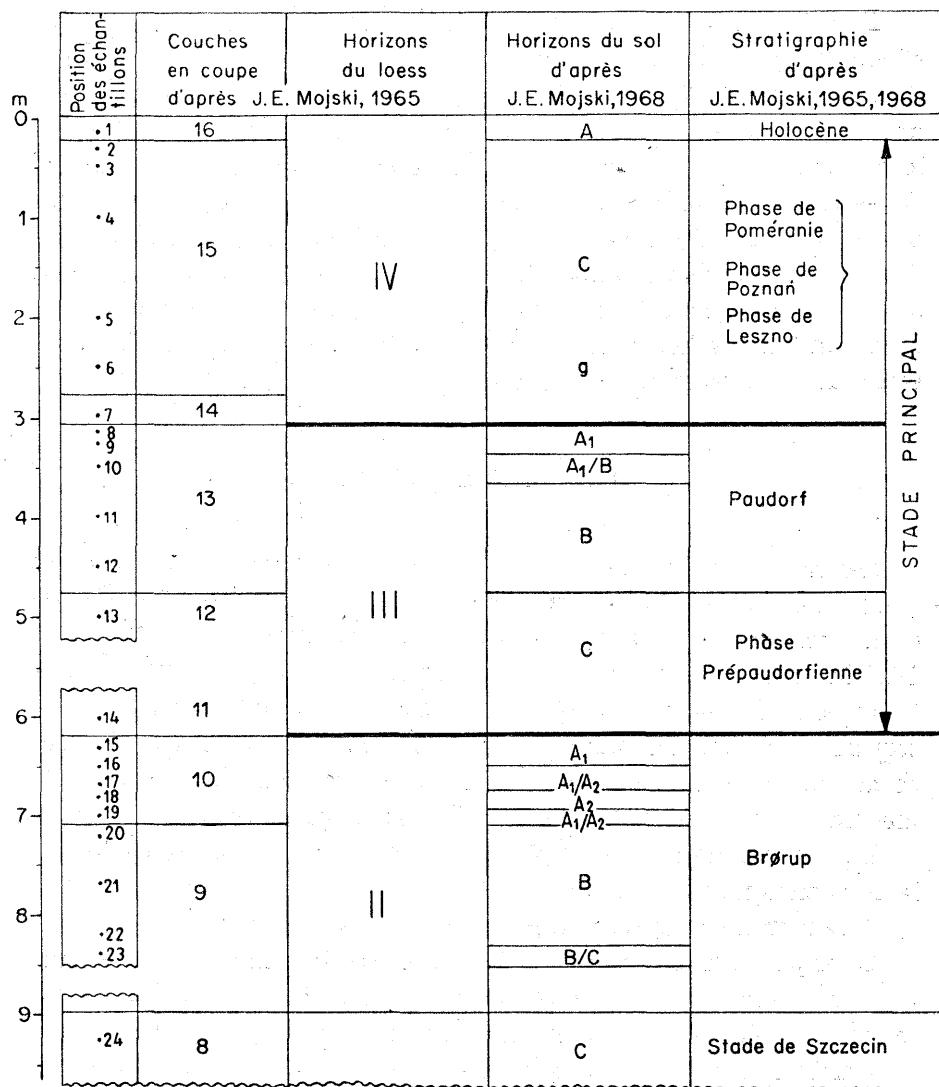


Fig. 1. Profil synthétique du loess de Nieledew

1. Est-ce que les résultats de l'analyse de minéraux lourds reflètent les processus pédogénétiques?
2. Les analyses reflètent-elles le processus d'accumulation du loess, exprimé entre autres par son caractère facial?
3. Est-ce que la différenciation de l'association de minéraux lourds est liée à l'âge du loess et peut constituer la base à une corrélation de ses séries particulières sur tout le territoire du Plateau de Lublin?

Dans la présente note le complexe de loess limité par des sols fossiles est appelé série. Le terme faciès est entendu selon la définition de Mojski (1965). Pour les séries particulières du profil du sol nous usons la notion d'horizon (couche). Nous employons également le schéma général suivant: A<sub>1</sub> — horizon d'accumulation humifère, A<sub>2</sub> — éluvium (horizon de lavage), B — horizon illuvial (où sont déposées les particules lavées de l'horizon précédent), C — roche-mère, g — taches de gleyification. Les horizons intermédiaires sont marqués par des symboles complexes. Pour simplifier la nomenclature on va traiter les horizons de sol particuliers comme des parties des séries au sens géologique du mot.

#### LA MÉTHODE D'ÉTUDE

Les minéraux lourds ont été séparés au bromoformé de la masse entière de l'échantillon. La fraction lourde ainsi obtenue contient des grains dont les dimensions varient considérablement par leur nature. D'où le nécessité d'une méthode qui permettrait d'apprécier les pourcentages réels. Si l'on compte simplement les grains on arrive à des erreurs au profit des minéraux à grains petits. Par contre, les méthodes basées sur le calcul de la surface des grains ou bien sur la mesure de leurs sections favorisent les grains plus gros<sup>3</sup>.

Dans notre note on a employé trois méthodes de présentation de la composition minéralogique:

1. le nombre de grains en pour cents ( $n\%$ );
2. les pourcentages calculés d'après les sections maximales du contour du grain, c'est-à-dire caractérisant leur élongation (au cas de certains minéraux, du zircon ou du rutile par exemple cette section maximale correspond à l'axe Z). Les résultats obtenus par cette méthode sont marqués comme les pourcentages linéaires ( $L\%$ );
3. les pourcentages calculés à l'aide de la formule proposée par P. V. Pokrovskij, et al., (1966) dans laquelle le nombre et la longueur des grains permettent de calculer les volumes en pour cents<sup>4</sup>:

<sup>3</sup> Une revision critique des méthodes employées jusqu'ici a été publiée récemment par D. Van Harten (1965).

<sup>4</sup> Étant donné l'admission de L comme la plus longue section inscrite dans le contour du minéral donné, la notion „pourcentages volumiques” n'est pas adéquate dans ce cas-ci.

$$V_1 : V_2 : V_3 : \dots : V_n = \sum L_1 \sqrt{\frac{\sum L_1}{n_1}} : \sum L_2 \sqrt{\frac{\sum L_2}{n_2}} : \sum L_3 \sqrt{\frac{\sum L_3}{n_3}} : \dots : \sum L_n \sqrt{\frac{\sum L_n}{n_n}}$$

où: V — le volume du minéral donné en pour cents, L — la somme des mesures de la longueur des sections et n — le nombre de grains du minéral donné.

Entre les trois manières de présenter la composition minéralogique il y a une relation distincte (possédant le caractère d'une fonction linéaire). Cette relation est illustrée par les fig. 2 et 3 qui présentent le changement du quotient  $\frac{n\%}{L\%}$  et  $\frac{n\%}{V\%}$  par rapport à l'écart entre la dimension du grain donné et la dimension moyenne pour l'échantillon.

Il résulte de tout cela que s'il s'agit du loess il nous est égal en quelles valeurs les pourcentages sont présentés. Étant donné que dans les travaux récents les résultats des analyses de minéraux lourds des loess du Plateau de Lublin ont été exprimés en pourcents des grains (Gwóźdż, Racirowski, 1968; Maruszczak, Racirowski, 1968) on a gardé en général cette manière de présentation des résultats afin de faciliter les comparaisons. Comme le critère de comparaison supplémentaire pour un matériel donné on a introduit l'analyse de la taille des minéraux lourds, de leur taille moyenne et de la répartition des espèces particulières par rapport aux classes de dimensions.

Afin de faciliter la présentation des changements de la composition minéralogique on a introduit des indices calculés d'après le contenu en minéraux à résistance variable par rapport à l'altération chimique et désintégration mécanique<sup>5</sup>:  $\frac{N}{O}$ ,  $\frac{S}{O}$ ,  $\frac{N}{S}$  et  $\frac{O}{N+S}$  où: N — minéraux fragiles (amphibole, biotite, pyroxène), S — minéraux à résistance moyenne (apatite, epidote, grenat, sillimanite) et O — minéraux résistants (zircon, disthène, rutile, staurotide, tourmaline).

L'appréciation des changements de la composition minéralogique est basée sur les calculs selon la formule de J. C. Frye, et al. (1960):  $\frac{X_1}{X_2} \cdot \frac{Y_1}{Y_2} = Z$  où  $X_1$  est le minéral-repère dans la zone-repère,  $X_2$  —

<sup>5</sup> La division des minéraux a été admise après L. B. Rukhin (1961).

minéral-repère dans la zone analysée,  $Y_1$  — minéral dont le changement est tracé dans la zone-repère,  $Y_2$  — minéral dont le changement est observé dans la zone analysée, 100 — Z donne la perte en pour cents.

Dans notre note comme l'élément de repère nous avons admis la somme de minéraux résistants, tandis que le facteur Y constituaient

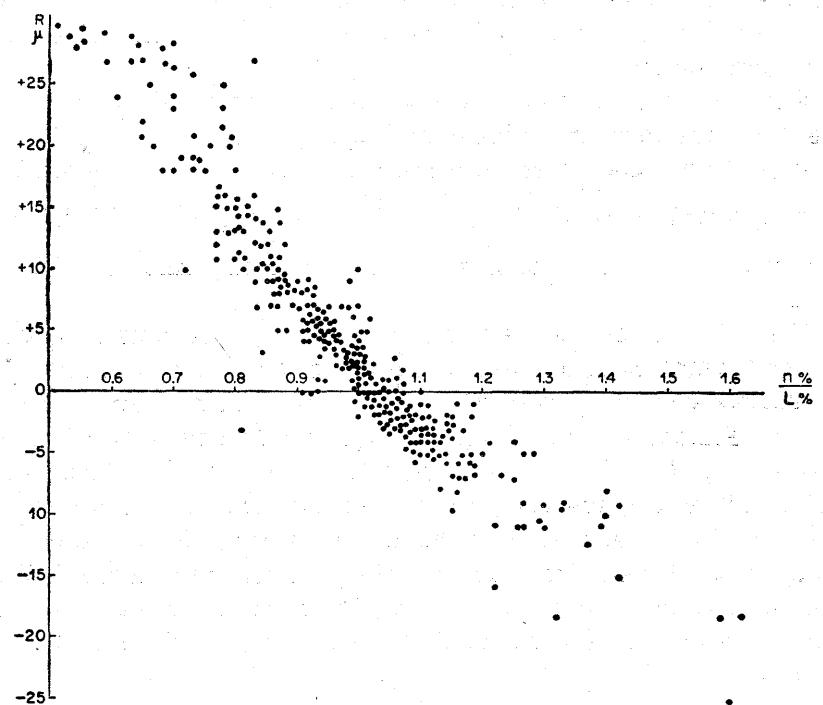


Fig. 2. Changement de la valeur de  $\frac{n\%}{L\%}$  par rapport à celle de R

R — différence entre les dimensions moyennes de minéraux particuliers et la dimension moyenne de tous les minéraux lourds ensemble, dans l'échantillon

les sommes de minéraux fragiles et à résistance moyenne substituées séparément. Nous avons constaté aussi qu'il suffit de se servir des seules valeurs d'indice Z sans avoir calculé la perte en pour cents. Afin de les différencier, on a marqué supplémentairement les indices et ainsi l'indice  $Z_1N$  présente les changements des minéraux fragiles par rapport aux résistants où la zone de repère est représentée par l'échantillon provenant de la partie basale de toute série de loess.

$Z_1S$  présente le changement des minéraux à résistance moyenne par rapport aux résistants,  $Z_2N$  exprime le changement des minéraux fragiles par rapport aux résistants, la zone de repère étant représentée par l'échantillon provenant de la partie basale du profil entier

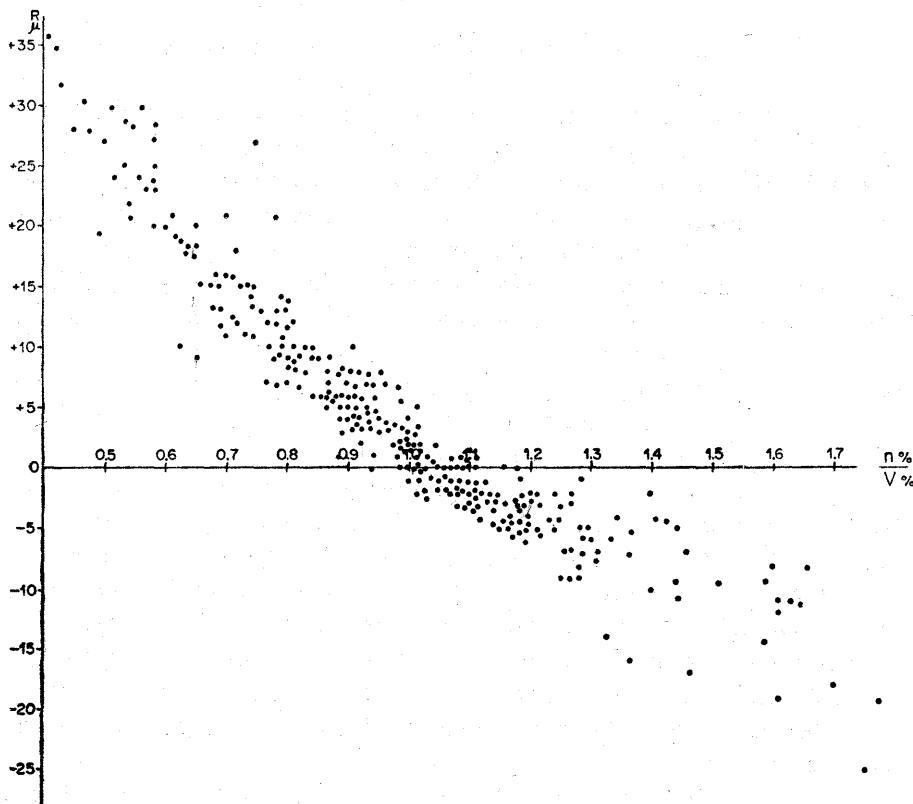


Fig. 3. Changement de la valeur  $\frac{n\%}{V\%}$  par rapport à celle de R

R — différence entre les dimensions moyennes de minéraux particuliers et la dimension moyenne de tous les minéraux lourds ensemble, dans l'échantillon

(échantillon 24),  $Z_2S$  — le changement des minéraux à résistance moyenne, la zone de repère étant la même qu'avant.

En une telle conception l'indice Z est traité d'une façon plus large que dans l'ouvrage de Frye, et al. (1960) et exprime la perte ou l'augmentation d'un groupe de minéraux dans une série donnée de loess (indice  $Z_1$ ) ou dans le profil entier du loess (indice  $Z_2$ ). Les va-

leurs supérieures à 1,0 expriment l'augmentation de l'élément analysé par rapport à sa présence dans la couche-repère, tandis que les valeurs au-dessous de 1,0 — sa perte dans le dépôt.

## LES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

### LES DIMENSIONS DES GRAINS DE MINÉRAUX LOURDS

Les minéraux lourds provenant du loess de Nieledew présentent des dimensions des grains comprises en principe à l'intérieur de la classe de  $10 \mu$  à  $110 \mu$ . Leur taille moyenne est de  $45 \mu$  environ, les minéraux transparents étant un peu plus gros ( $48 \mu$  en moyenne). Parmi ceux-ci les dimensions un peu moindres que la valeur moyenne possèdent le zircon et le rutile tandis que l'amphibole, la biotite, le disthène, le grenat, la pyroxène, la staurotide et la sillimanite ont des tailles un peu au-dessous de la moyenne. Les autres espèces transparentes sont variables par rapport à la valeur moyenne. Le plus grand nombre de grains est situé dans la classe de  $30$  à  $50 \mu$ . Dans les classes voisines, de  $10$  à  $30 \mu$  et de  $50$  à  $70 \mu$  il y en a un peu moins.

Si l'on considère la répartition des minéraux lourds dans les fractions granulométriques et leur taille moyenne par rapport au profil vertical (fig. 4) on peut distinguer 2 groupes. Le premier est constitué par l'amphibole, la biotite, le grenat et les minéraux opaques qui réagissent vivement au changement du facies sédimentaire. Au second — révélant une relation plus faible au caractère lithologique du loess — appartiennent le zircon et le rutile. Les autres minéraux, tenant compte de leur nombre faible, sont difficiles à classer dans ces groupes.

Selon la taille des grains des minéraux lourds la série II de loess peut être subdivisée en 3 parties. La partie inférieure (couche C) se caractérise par le meilleur triage des grains dont le maximum de fréquence se situe dans la classe de  $30$  à  $50 \mu$ . La partie moyenne (couche B) possède des minéraux répartis dans un intervalle plus large de dimensions, avec le maximum de fréquence dans la classe de  $30$  à  $70 \mu$  (le cortège minéral devient plus riche en grains au-dessus de  $70 \mu$ ). La partie supérieure de la série II (couche A<sub>2</sub>, A<sub>1</sub>) est rapprochée à la première, inférieure, étant donné pourtant un triage un peu plus faible. Il y augmente non seulement la proportion de minéraux plus gros, mais aussi le contenu de la fraction de  $10$  à  $30 \mu$ . On constate aussi qu'en intervalles verticaux étroits apparaissent des différences notables en contenu des fractions particulières.

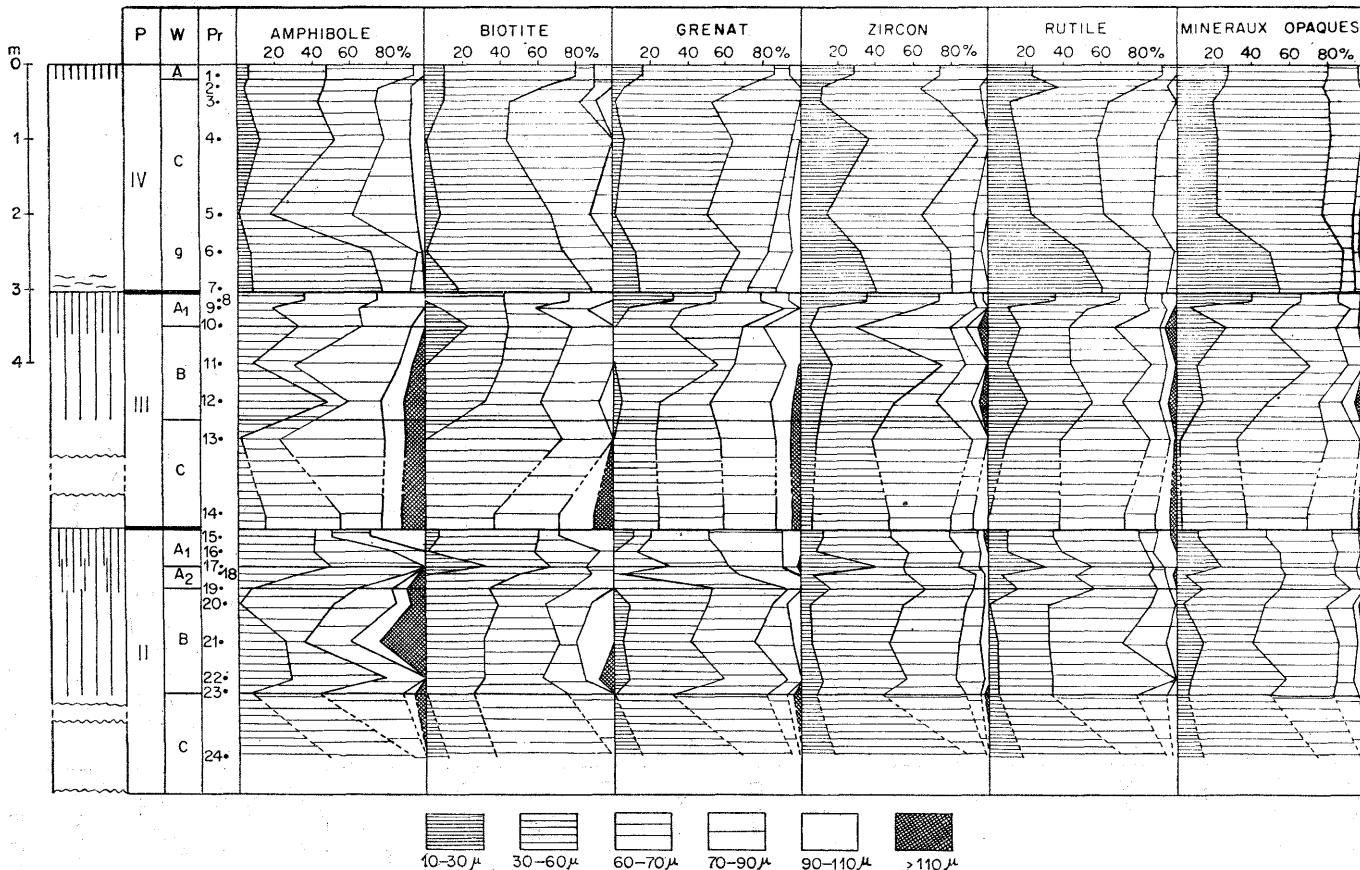


Fig. 4. Distribution des minéraux principaux dans le profil du loess de Nieledew

P — série de loess; W — horizon de sol; Pr — situation des échantillons

Tableau I

La dimension moyenne des grains de minéraux lourds dans le loess de Nieledew (en microns)

Echantillon No.	Série de loess		Horizon de sol	Minéraux lourds (le total)	Minéraux transparents	Amphibole	Apatite	Biotite	Chlorite	Zircon	Disthène	Epidote	Glaucophine	Grenat	Pyroxène	Rutile	Staurolite	Sillimanite	Tourmaline
1	IV	A <sub>1</sub>	40	39	41	48	40	40	60	34	35	41	—	38	40	42	50	—	20
2		C	40	37	41	53	42	47	37	38	44	42	—	41	—	33	—	—	47
3		C	42	35	46	51	46	58	70	41	57	43	55	49	—	41	57	—	42
4		C	43	39	45	53	46	52	53	34	80	50	—	53	—	47	—	—	70
5		C	42	37	44	60	40	42	47	40	33	40	—	48	—	41	40	—	50
6		C <sub>g</sub>	34	29	37	40	50	37	45	34	32	35	50	45	—	29	55	—	38
7		C	32	29	35	41	35	33	60	33	45	43	40	56	—	28	60	—	60
8	III	A <sub>1</sub>	41	38	44	53	39	50	62	37	80	47	—	49	—	41	73	—	36
9		A <sub>1</sub>	44	42	46	57	46	59	35	41	47	44	—	47	—	43	63	—	46
10		A <sub>1</sub> /B	49	44	54	56	38	44	56	56	66	54	30	58	110	51	—	70	63
11		B	50	45	53	77	45	58	50	44	—	57	—	64	—	52	80	—	60
12		B	55	52	57	61	53	56	70	51	73	60	—	68	95	48	—	—	58
13		C	55	52	56	73	53	60	80	47	70	52	30	63	70	49	—	—	50
14		C	62	59	63	73	65	83	76	55	70	55	—	67	—	61	—	—	74
15	II	A <sub>1</sub>	50	48	52	64	41	49	50	49	60	47	—	62	—	53	78	—	38
16		A <sub>1</sub>	47	45	49	52	44	44	52	45	50	51	30	65	70	47	77	70	43
17		A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	46	46	47	44	52	55	73	42	65	47	37	64	50	40	98	—	47
18		A <sub>2</sub>	52	52	52	56	60	53	40	49	60	54	—	67	—	55	—	—	60
19		A <sub>2</sub> /B	46	46	47	67	43	52	35	40	50	48	35	45	70	45	65	—	56
20		B	50	49	75	43	59	53	45	55	51	40	48	—	52	60	—	53	—
21		B	54	50	55	78	55	57	53	49	66	43	—	53	—	53	70	—	20
22		B	54	51	56	58	67	74	50	50	60	63	60	50	—	52	50	—	56
23		B/C	51	49	52	71	33	57	47	48	55	51	—	58	—	52	—	—	37
24		C	43	41	44	51	40	50	50	38	—	42	40	43	—	43	—	—	56

Cette différenciation est particulièrement remarquable parmi les minéraux opaques (fig. 4, tabl. I). La répartition de principaux minéraux transparents selon la taille souligne encore davantage les parties distinguées de la série II. Tous ces minéraux, au passage entre les couches C et B, montrent une augmentation du nombre de grains grossiers, ce qui s'observe sur l'exemple de l'amphibole (la plus grande taille des grains en toute la coupe étudiée), de la biotite, du rutile et, partiellement, du zircon. Le passage de la couche B à la couche A<sub>2</sub> se caractérise par une diminution de la taille des grains, étant donné qu'en partie centrale de cette couche il y a une addition de grains grossiers. De façon pareille est marquée la limite entre les couches A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub>. La proportion de grains minéraux les plus fins y augmente, le contenu des fractions grossières augmentant à la fois. Celles-ci, vers le sommet de la couche A<sub>1</sub> augmentent aux dépens de la proportion de grains appartenant à la classe la plus fine.

La série III de loess, s'il s'agit de la taille des grains de minéraux lourds, rappelle la majorité des échantillons provenant de la série II. Elle se caractérise à la fois par une dispersion granulométrique considérable des minéraux lourds dont le maximum de fréquence se situe dans les classes de 30 à 50  $\mu$  et de 50 à 70  $\mu$ . En partie inférieure (couche C) les grains des minéraux sont relativement le mieux triés (un nombre insignifiant de grains est situé dans les fractions de 10 à 30  $\mu$  et au-dessus de 70  $\mu$ ). La partie centrale (couche B) se caractérise par une plus grande proportion de grains les plus fins. En partie supérieure (couche A<sub>1</sub>) il y a un distinct déplacement des dimensions des grains vers les classes plus fines — 30 à 50  $\mu$  au début et 10 à 30  $\mu$  ensuite, au sommet. Les limites entre les parties particulières de la série III de loess sont également marquées par le changement des dimensions des minéraux transparents. La limite entre les séries II et III est soulignée par l'apparition des grains grossiers (au-dessus de 90  $\mu$ ). Les dimensions des minéraux particuliers dans la couche C ne changent pas. Les seules amphiboles montrent une augmentation des fractions de 70 à 90  $\mu$ , tandis que la biotite — de 50 à 70  $\mu$  — aux dépens des grains plus fins. La couche B se distingue de la couche C par une augmentation des fractions fines dans le cortège des minéraux lourds. Ceci est particulièrement distinct au cas de la biotite, de l'amphibole, dans lesquelles la proportion de grains au-dessous de 50  $\mu$  s'accroît et de rutile qui augmente le nombre de grains au-dessous de 30  $\mu$ . Au même temps il y a une certaine augmentation des composants plus grossiers. Le cortège minéral est moins bien trié. Vers le sommet de la couche B le triage

des minéraux augmente, les grains devenant au même temps de plus en plus fins. La limite entre la partie centrale et supérieure de la série III est bien marquée, mais les minéraux particuliers la marquent de manière variable. Parmi les amphiboles et les biotites on observe une augmentation de la proportion de grains fins aux dépens des fractions grossières. Le zircon et le rutile deviennent plus riches en grains grossiers. Dans la couche A<sub>1</sub>, le contenu des fractions fines augmente vers le sommet (amphibole, zircon et rutile principalement), étant donné qu'au sommet-même de la couche il y a une faible augmentation de la proportion de grains au-dessus de 90  $\mu$ .

La série IV de loess diffère des séries précédentes par sa répartition des dimensions des minéraux lourds. Le cortège est plus fin et mieux classé. Les minéraux sont groupés principalement dans la classe de 30 à 50  $\mu$  (il y en a moins dans les classes voisines). Il y a très peu de grains au-dessus de 90  $\mu$ . La série IV peut-être subdivisée essentiellement en deux parties. La partie inférieure (loess en traînées et un peu gleyifié — la partie inférieure de la couche C) se caractérise par les minéraux lourds les plus fins dans le profil entier de Nieledew. En partie supérieure (le reste de la couche C) les grains sont un peu plus grossiers, tandis que les changements de leurs dimensions sont très monotones. La couche A<sub>1</sub> est relativement peu différenciée. On y remarque un triage un peu meilleur et une proportion un peu plus forte de grains de la fraction de 10 à 30  $\mu$ . La répartition des dimensions des grains transparents dans la série IV diffère nettement de celle de la série III. On observe aussi des différences entre les parties inférieure et supérieure du loess à l'intérieur de la série IV. Parmi les minéraux transparents il y a une faible augmentation du contenu en grains grossiers au sommet de la couche C. Dans la couche A<sub>1</sub> le contenu en grains plus fins s'accroît nettement (amphibole et biotite sont dépourvues des grains des fractions plus grossières).

Les résultats présentés ci-haut permettent de constater des différences entre les séries particulières de loess de Nieledew, exprimées par le changement des dimensions des minéraux lourds. Dans le loess de la série III les éléments particuliers sont représentés dans des intervalles granulométriques plus larges, le cortège est moins classé. La série II en partie supérieure et moyenne se rapproche, s'il s'agit de la granulométrie de ses minéraux lourds, au matériel lui superposé, tandis que sa partie basale contient des minéraux plus fins et mieux classés. Dans les trois séries de loess étudiées, au sommet il y a des grains de minéraux plus fins par rapport à leurs parties centrales.

## LA COMPOSITION MINÉRALE

Les éléments principaux de la fraction lourde constituent les minéraux opaques suivis, en ordre de l'importance décroissante, par le zircon, le rutile, le grenat, l'amphibole, la biotite et l'épidote. Les autres minéraux sont moins nombreux et leur contenu ne dépasse en général pas 5%.

Etant donné que le caractère physiographique des minéraux transparents particuliers varie peu dans tout le profil étudié, aussi bien dans les séries de loess que dans les horizons de sols, la caractéristique du loess de Nieledew est basée sur les changements du contenu en minéraux particuliers en coupe verticale (tabl. II).

Le contenu en minéraux lourds particuliers permet de subdiviser les séries de loess de Nieledew en mêmes parties à peu près qu'au cas de la taille de ses éléments. La partie inférieure de la série III (couche C) se caractérise par le moindre contenu en minéraux opaques par rapport à la série entière. Parmi les minéraux transparents, à côté du zircon et du rutile, un rôle important est joué par l'amphibole et le grenat. En partie centrale de la série II (couche B) la proportion de minéraux résistants augmente nettement (du rutile principalement). Le changement de la proportion de minéraux résistants est parallèle au changement du contenu en minéraux à résistance moyenne, ce qui est nettement marqué par une variabilité faible de la valeur de l'indice S/O (fig. 5). Par contre, la proportion de minéraux fragiles varie considérablement. Ceci concerne avant tout l'amphibole. Son contenu augmente vers le haut de la couche B, atteignant la valeur maximale à son sommet. En partie supérieure (couches A<sub>2</sub> et A<sub>1</sub>) on observe une certaine direction des changements de la taille des grains minéraux. Vers le sommet augmente le contenu joint en minéraux fragiles, de 12 à 20% environ, de même que celui en minéraux à résistance moyenne, de 13 à 21% environ, le contenu en minéraux résistants diminuant conformément. Il est remarquable que dans le groupe de minéraux fragiles la biotite prend le dessus sur l'amphibole. En plus, dans la couche A<sub>1</sub> le contenu en chlorite est le plus bas par rapport au profil entier.

La série II passe à la série III sans une différence marquée en composition minérale<sup>6</sup>. Il y a une continuité non seulement s'il s'agit des indices minéraux mais aussi au domaine des proportions de

<sup>6</sup> J. E. Mojski (1965) constate à la base de la série III des fragments du sol fossile de la série II.

Tableau II

## La composition des minéraux lourds dans le loess de Nieledew (en pourcentages quantitatifs)

Echantillon No.	Série de loess	Horizon de sol	Minéraux lourds en % du poids total	Minéraux transparents ( $\Sigma = 100\%$ )														
				Minéraux opaques	Amphiboles	Apatite	Biotite	Chlorite	Zircon	Disthène	Epidote	Glauconite	Grenat	Pyroxène	Rutile	Staurolite		
1	IV	A <sub>1</sub>	0,16	35,4	11,3	3,3	13,3	2,0	22,7	2,7	9,3	—	16,3	0,4	17,0	1,3	—	0,4
2		C	0,14	36,0	15,0	4,0	12,6	2,0	20,5	2,0	8,6	—	13,1	—	17,3	—	—	4,0
3		C	0,16	31,7	19,8	3,3	7,3	0,7	25,2	2,0	7,3	1,3	12,5	—	14,6	2,0	—	4,0
4		C	0,16	42,5	14,9	4,6	4,6	1,9	32,0	0,7	5,2	—	14,5	—	20,3	—	—	1,3
5		C	0,12	37,1	15,1	4,0	15,8	2,0	28,2	2,0	4,0	—	10,4	—	17,1	0,7	—	0,7
6		C <sub>g</sub>	0,11	42,3	19,0	3,3	7,2	3,9	20,4	3,3	5,2	0,7	11,3	—	19,8	1,3	—	4,6
7		C	0,07	45,2	8,6	4,0	11,9	1,3	19,8	2,6	4,0	5,3	4,7	—	33,8	0,7	—	3,3
8	III	A <sub>1</sub>	0,15	50,3	7,2	4,6	7,9	3,9	27,6	1,3	7,9	—	11,9	—	22,4	2,0	—	3,3
9		A <sub>1</sub>	0,07	45,6	7,1	3,2	7,7	1,3	30,8	1,9	9,0	—	7,1	—	26,2	2,5	—	3,2
10		A <sub>1</sub> /B	0,04	45,7	7,9	4,6	5,9	3,3	32,2	3,3	6,6	1,3	8,5	0,7	23,0	—	0,7	2,0
11		B	0,15	40,5	8,6	2,6	6,6	2,6	39,4	—	5,3	—	7,3	—	23,0	0,7	—	3,9
12		B	0,12	37,2	11,1	4,6	8,6	3,9	26,3	2,0	4,6	—	16,6	1,3	18,4	—	—	2,6
13		C	0,18	37,8	5,9	3,9	4,6	0,7	25,6	1,3	3,3	0,7	24,4	0,7	25,6	—	—	3,3
14		C	0,05	38,7	7,8	4,2	10,3	3,0	30,7	1,2	4,8	—	13,3	—	22,3	—	—	2,4
15	II	A <sub>1</sub>	0,03	45,3	6,6	5,9	9,9	3,3	26,9	3,3	8,5	—	6,7	—	23,0	3,3	—	2,6
16		A <sub>1</sub>	0,02	46,2	3,3	5,9	7,9	3,3	34,2	2,0	6,6	0,7	5,7	0,7	25,0	2,0	0,7	2,0
17		A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	0,06	46,2	3,9	3,9	3,9	1,9	30,0	1,3	6,5	1,9	6,4	0,7	32,5	3,2	—	3,9
18		A <sub>2</sub>	0,05	47,8	5,8	3,9	5,3	0,7	49,5	2,0	7,2	—	1,9	—	23,0	—	—	0,7
19		A <sub>2</sub> /B	0,11	42,8	10,4	3,9	5,9	1,3	28,2	1,9	5,9	1,3	9,8	1,3	25,5	1,3	—	3,3
20		B	0,14	39,8	3,9	5,2	5,2	2,6	37,5	1,3	8,6	0,7	8,0	—	20,4	2,0	—	4,6
21		B	0,14	43,1	7,9	2,6	6,6	3,9	28,3	3,3	3,9	—	13,2	—	28,5	1,3	—	0,7
22		B	0,10	43,5	9,2	2,0	8,5	1,3	38,5	1,3	7,8	—	17,0	1,3	17,0	1,3	—	3,3
23		B/C	0,18	45,6	10,3	1,9	2,6	1,9	36,5	2,6	7,7	—	10,2	—	24,4	—	—	1,9
24		C	0,19	33,9	15,8	1,3	5,2	2,6	31,5	—	5,9	0,7	15,9	—	17,8	—	—	3,3

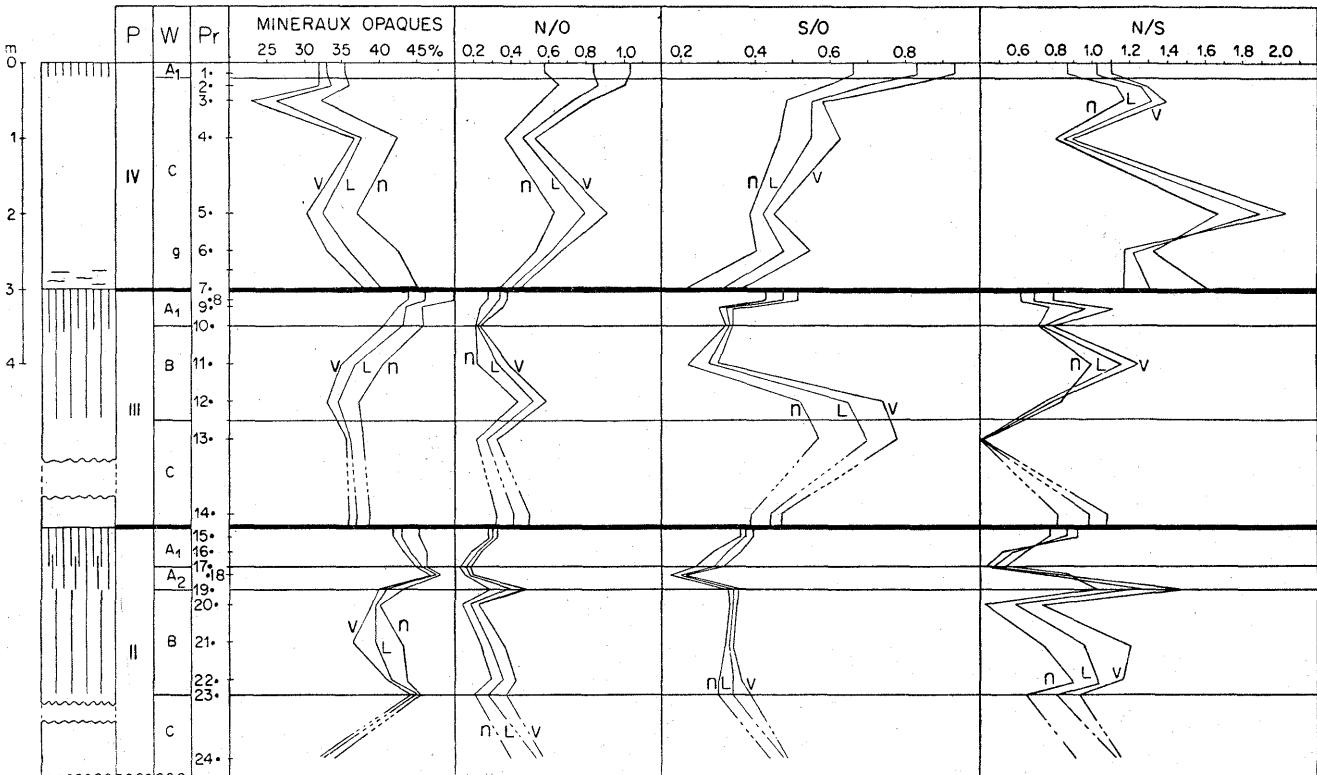


Fig. 5. Contenu en minéraux opaques en pour cents et valeurs des indices N/O, S/O et N/S dans le profil du loess de Niededew, exprimés en relation quantitative (n), linéaire (L) et en volume (V)

P — série de loess; W — horizon de sol; Pr. — position des échantillons

minéraux particuliers. Le seul contenu en minéraux opaques diminue. En partie inférieure de la série III (couche C) le contenu en minéraux à résistance moyenne, du grenat principalement, augmente progressivement vers le sommet aux dépens des minéraux fragiles et partiellement même résistants. En partie centrale de la série III (couche B) la proportion d'amphibole, de biotite et partiellement de grenat diminue vers le haut. Par contre, le contenu en minéraux résistants augmente. La partie supérieure de la série III révèle de certaines analogies à la couche correspondante de la série III, exprimées par une proportion accrue de minéraux opaques et par une augmentation des indices N/O et S/O. Les valeurs de l'indice N/S se comportent différemment et ressemblent aux changements observés dans la couche A<sub>2</sub> de la série II. Le fait caractéristique constitue également le contenu maximum en chlorite au sommet de cette partie de la série III.

La limite entre la série III et la série IV de loess est marquée par une augmentation de la proportion de rutile, d'amphibole et de biotite, tandis que le nombre de grenats diminue. Ce caractère du cortège minéral ne concerne que la partie inférieure de la couche C. Le reste de cette couche montre de fortes différences par rapport au reste du profil. Elles consistent en ce qu'à côté du zircon et du rutile (celui-ci un peu moins nombreux) le rôle important est joué par l'amphibole et la biotite et, ensuite, par le grenat et l'épidote. En partie supérieure de la série IV (partie sommitale de la couche C et la couche A<sub>1</sub>) le sens des changements de l'indice S/O et, en partie, des indices N/S et N/O est rapproché à celui constaté dans la partie sommitale des loess des séries II et III. Parmi les éléments minéraux on observe ici aussi une certaine augmentation du contenu en biotite et en chlorite (aux dépens des amphiboles) et de la proportion de grenat et d'épidote (aux dépens des minéraux résistants).

Comme on voit bien d'après les données citées ci-haut, la composition minérale souligne les différences entre les trois séries de loess. Dans la série IV il y a des proportions maximales d'amphibole et de biotite à côté d'un contenu considérable en grenat (le premier rôle étant joué bien sûr par le zircon et le rutile). La série III contient moins de minéraux fragiles parmi lesquels la biotite égale ou même prend le dessus sur l'amphibole. Par rapport à ces deux minéraux il y a beaucoup de grenat. Parmi les minéraux résistants on observe une nette augmentation de la quantité de rutile. La série II possède le caractère pareil que la série III; étant donné pourtant une plus forte proportion d'amphibole à laquelle correspond la diminution du

contenu en biotite et en grenat. À l'opposé des autres séries dans presque tous les échantillons de la série II il y a de la glauconie.

La distribution des minéraux dans les profils de sols dans les séries particulières de loess est très complexe et on ne peut que signaler certaines tendances de changement. Les amphiboles possèdent d'habitude les plus faibles proportions dans l'horizon A<sub>1</sub>, qui augmentent ensuite peu à peu vers l'horizon C. Le phénomène pareil peut être observé, à degré moindre, sur l'exemple du grenat. Le sens opposé de changement montrent la biotite, la chlorite, l'épidote et la staurotide, qui sont plus nombreux dans les horizons A<sub>1</sub> et B que dans l'horizon C. À ces changements-là correspondent partiellement les proportions de zircon, de rutile et de minéraux opaques.

#### LA TENTATIVE D'UNE INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Étant donné que dans le profil entier du loess à Nieledew il y a des minéraux à des traits physiographiques pareils et à de faibles traces d'altération, et parce que les différences observées ne s'expriment que par le changement en proportions d'éléments résistants, ceux à résistance moyenne et fragiles, par rapport à l'altération chimique et la désintégration mécanique, une question se dégage: Les changements cités de la composition minéralogique sont-ils l'effet de l'altération et des processus pédogénétiques ou bien reflètent-ils le caractère facial et chronologique du loess. Il y a de sérieuses prémisses que les actions pédogénétiques dans le profil du sol aussi bien modifient les pourcentages de la composition minérale que déforment les grains minéraux particuliers, à résistance faible et moyenne par rapport à l'altération. Les données citées par les travaux de Ehrlich, Rice (1955), Frye, et al. (1960, 1962), Scheffer (1962), Bhattacharya (1963), Willman, et al. (1963, 1966), Meyer, Kalk (1964), Manikowska (1966) et Fieldes, Weatherhead (1966) peuvent en témoigner. D'autre part pourtant on doit tenir compte du fait que les loess polonais se caractérisent déjà par une sélection considérable des minéraux lourds par rapport à l'altération (Maruszczak, Racinowski, 1968). C'est pourquoi les effets des actions pédogénétiques doivent s'exprimer d'une manière plus faible dans la composition minérale des horizons particuliers de sol.

La différenciation des associations minéralogiques dans les séries particulières de loess de Nieledew est présentée dans le tabl. III, dans

Tableau III

Les indices de variabilité  $Z_1N$  et  $Z_1S$  dans les séries de loess particulières de Niededew, calculés d'après les pour cents quantitatifs (N), linéaires (L) et volumiques (V). La couche de repère constitue la base de chaque série

Echantillon no.	Série de loess	Horizon de sol	Z <sub>1</sub> N			Z <sub>1</sub> S		
			N	L	V	N	L	V
1	IV	A <sub>1</sub>	1,64	2,05	2,39	3,09	2,62	2,52
2		C	1,90	2,13	2,29	2,77	2,22	2,13
3		C	1,65	1,77	1,86	2,26	1,76	1,56
4		C	1,08	1,15	1,21	2,21	1,78	1,71
5		C	1,84	2,00	2,09	2,34	1,36	1,21
6		C <sub>g</sub>	1,54	1,52	1,52	1,39	1,63	1,51
7		C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	III	A <sub>1</sub>	0,83	0,77	0,74	1,09	1,12	1,09
9		A <sub>1</sub>	0,70	0,71	0,70	0,74	0,71	0,68
10		A <sub>1</sub> /B	0,74	0,53	0,45	0,81	0,72	0,63
11		B	0,70	0,74	0,75	0,57	0,62	0,65
12		B	1,32	1,18	1,14	1,31	1,48	1,57
13		C	0,66	0,64	0,63	1,42	1,59	1,66
14		C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	II	A <sub>1</sub>	0,69	0,54	0,54	0,73	0,70	0,68
16		A <sub>1</sub>	0,45	0,33	0,33	0,69	0,66	0,76
17		A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	0,29	0,24	0,24	0,60	0,61	0,66
18		A <sub>2</sub>	0,36	0,28	0,28	0,44	0,40	0,42
19		A <sub>2</sub> /B	0,72	0,76	0,92	0,73	0,71	0,71
20		B	0,34	0,34	0,39	0,65	0,67	0,62
21		B	0,58	0,55	0,64	0,63	0,65	0,60
22		B	0,71	0,66	0,76	0,63	0,71	0,76
23		B/C	0,49	0,50	0,65	0,76	0,70	0,82
24		C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

lequel on a mis les valeurs des indices  $Z_1N$  et  $Z_1S$ . Comme le point de départ on avait choisi l'échantillon ramassé à la base de la série en question (valeur de l'indice égale à 1,00). Le matériel présenté ne donne pas de fortes prémisses à la constatation que l'association de minéraux lourds est la résultante du processus pédogénétique avant tout. Dans les parties sommitales des niveaux de sols particuliers on n'observe pas une perte distincte des minéraux fragiles et de ceux à résistance moyenne au profit des résistants<sup>7</sup>. Le nombre d'échantil-

<sup>7</sup> B. Dobrzański et A. Malicki (1949) constatent dans l'horizon d'humus actuel du loess de Szczecin un contenu plus fort en biotite, amphibole et grenat par rapport à la roche-mère.

lons étudiés avait été trop petit pour que les proportions moyennes de minéraux opaques et de chlorites dans l'horizon A<sub>1</sub> auraient permis une nette distinction des horizons d'altération dans les parties supérieures des niveaux de sols particuliers<sup>8</sup>. Il semble que l'analyse de minéraux lourds reflète avant tout le caractère variable du processus de l'accumulation du loess. La variabilité observée de la taille des grains minéraux observée dans les horizons de sols particuliers est plutôt liée essentiellement avec les changements sédimentaires.

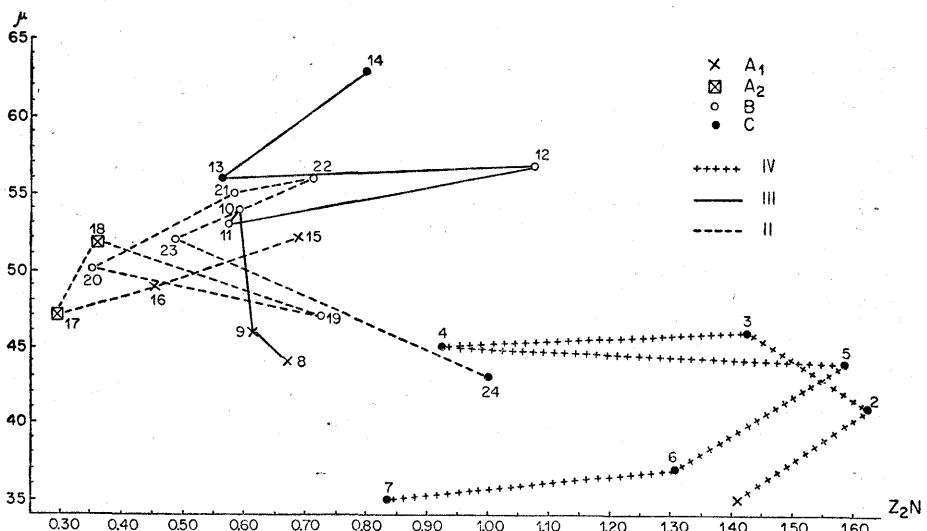


Fig. 6. Les changements de l'indice Z<sub>2</sub>N et de la dimension moyenne des minéraux transparents dans le loess de Nieledew (indice calculé d'après les pour cents quantitatifs)

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B, C — hirozons de sol; II, III, IV — séries de loess

Il est possible que l'effet de l'altération est marqué dans le sol de Paudorf. Dans son sommet il y a une diminution de la taille des grains d'amphibole et de biotite, au même temps que les dimensions des minéraux résistants augmentent nettement.

La récapitulation des résultats pour le profil entier du loess de Nieledew est basée sur les indices Z<sub>2</sub>N et Z<sub>2</sub>S, admettant comme le

<sup>8</sup> Ces remarques sont analogiques avec les données publiées dans l'ouvrage de J. Malinowski et J. E. Mojski (1960) et celles de J. Malinowski (1964) qui, dans les loess de Roztocze et du Bassin de Zamość ne constatent pas de différences plus importantes en composition de minéraux lourds entre les horizons d'altération et le loess-mère, non-altéré.

point de départ l'échantillon no. 24 ramassé à la base du profil. L'admission de cet échantillon comme un repère découle du fait que si l'on compare à lui tous les autres on peut obtenir une succession continue de changements. À côté des indices  $Z_2N$  et  $Z_2S$  on s'est servi aussi des valeurs de la taille moyenne des minéraux transparents (fig. 6 et 7). Tout en s'abstenant d'une interprétation détaillée du profil de loess à Nieledew, qui est l'oeuvre de Mojski (1965) déjà, on peut néanmoins ajouter quelques remarques supplémentaires découlant des analyses de minéraux lourds.

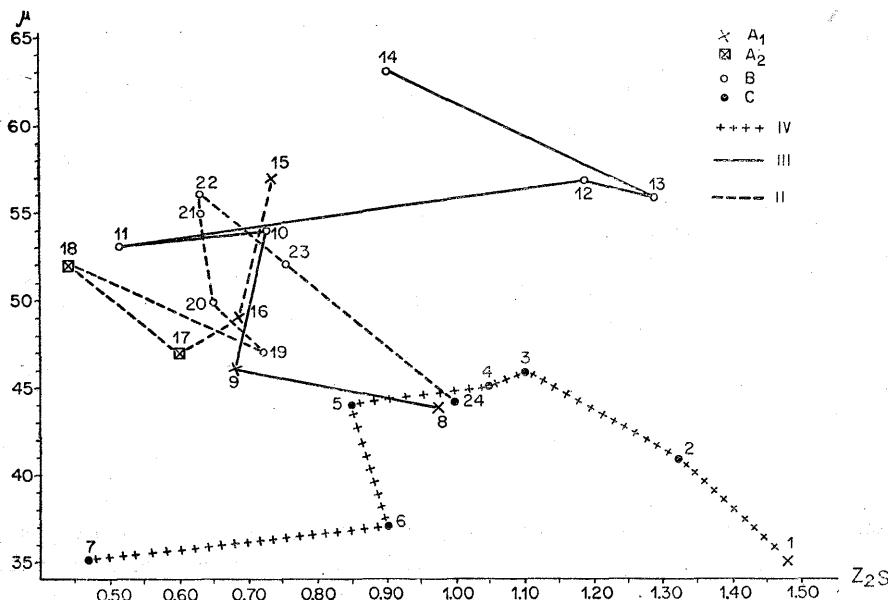


Fig. 7. Les changements de l'indice  $Z_2S$  et de la dimension moyenne des minéraux transparents dans le loess de Nieledew (indicé calculé d'après les pour cents quantitatifs)

$A_1, A_2, B, C$  — hirozons de sol; II, III, IV — séries de loess

L'association de minéraux lourds reflète un caractère très complexe et très variable de l'accumulation du loess de la série II. Il semble qu'au début l'accumulation du loess avait été tranquille (échantillon 24) et la source de matériel avaient constitué des formations d'origine glaciaire. Ceci est indiqué par un triage granulométrique avancé et une proportion considérable des éléments à résistance faible et moyenne à la destruction. Ce type d'accumulation a changé brusquement, les minéraux deviennent plus grossiers et

leur triage moins bon, ce qui pourrait témoigner de l'augmentation de la force du facteur de transport.

Le processus d'accumulation dans la partie centrale de la série II revèle une pulsation distincte, exprimée en changements brusques des indices  $Z_2N$  et  $Z_2S$  par rapport à la taille des minéraux. La source du matériel a changé. Dans la fraction lourde augmentent les proportions de zircon et de rutile aux dépens des minéraux fragiles avant tout. Dans la partie supérieure de la série II les changements trouvent une certaine direction continue. D'abord, il y a un faiblissement des facteurs de transport (ce qui s'exprime par la diminution des grains de minéraux) afin qu'ils s'accroissent de nouveau au sommet. Les minéraux deviennent plus grossiers et moins bien classés. En plus, la proportion de minéraux fragiles et de ceux à résistance moyenne augmente. La ressemblance de l'association minérale du loess provenant de la partie centrale et supérieure du loess aux limons pléistocènes (G w ó z d ó, Racinowski, 1968) peut indiquer que le matériel provenait des alluvions remaniées. L'accumulation du loess de la série III a eu lieu sous des conditions peu favorables à un bon triage granulométrique des minéraux lourds. Vers le sommet on peut remarquer une diminution progressive des grains, ce qui peut indiquer un lent faiblissement des actions de transport. L'association minérale suggère que la source de minéraux lourds avaient constitué des dépôts de vallée (formations glaciaires remaniées)<sup>9</sup>. Ceci est indiqué par l'appauvrissement du loess en amphibole et en biotite, pendant que la proportion de grenat et d'épidote augmente. La série IV de loess diffère complètement des autres. Les différences s'expriment par des minéraux plus fins et mieux triés. Dans le dépôt il y a beaucoup de grains fragiles et à résistance moyenne. La partie inférieure de la série IV a été accumulée par un facteur de transport faible. Dans le reste, la force du transport augmente — les minéraux sont un peu plus grossiers, mais ne montrent pas une différenciation décidée de ses dimensions en coupe verticale. Le cortège minéral devient plus riche en amphibole, biotite et grenat. Cette association suggère que ces minéraux proviennent des dépôts glaciaires. Au sommet de la série IV la force du transport faiblit. La taille moyenne des minéraux lourds est moindre, mais leur association ne montre pas de différence décidée par rapport au reste des échantillons de la même série.

<sup>9</sup> J. E. Mojski (1965) attire attention sur la ressemblance faciale de la couche 12 (loess de solifluxion = couche C de la série III de loess) aux limons loessiques de la première (au-dessus du lit majeur) terrasse de la Huczwa à Hrubieszów.

**LE PROFIL DU LOESS À NIELEDEW  
PAR RAPPORT À D'AUTRES PROFILS DU LOESS DU PLATEAU  
DE LUBLIN**

La variabilité des paramètres minéralogiques du loess de Nieledew que nous venons de présenter dépend nettement des séries particulières, par conséquent donc de leur âge et caractère facial. Etant donné un matériel relativement peu riche il est difficile de dire quel facteur — l'âge ou le caractère de faciès — décide de la différenciation.

Tableau IV

Valeurs moyennes de l'indice  $\frac{O}{N+S}$  dans certains profils du loess du Plateau de Lublin

Localité	Série de loess			
	IV	III	II	I
Nieledew	1,04	1,52	1,91	—
Nieledew <sup>1</sup>	1,00	1,77	1,72	—
Hulcza <sup>2</sup>	2,16	2,14	2,36	2,22
Sasiadka <sup>3</sup>	1,98	—	2,05	—
Sasiadka <sup>4</sup>	0,61	—	0,63	—
Kol. Sułów <sup>4</sup>	0,81	—	0,55	—
Zaporze <sup>4</sup>	1,27	2,39	4,09	3,57
Góry <sup>4</sup>	1,18	1,43	2,77	4,21
Lublin av. PKWN <sup>2</sup>	3,78	—	—	2,42
Kazimierz	1,39	2,03	—	—
Kazimierz	0,87	1,13	—	—
couvertures de loess non-subdivisées				
Hulcza		1,21		
Chochołów		3,12		
Gozdów		1,75		
Łopiennik		2,02		
Lublin-Rury		2,98		
Lublin-Rury		1,50		
Lublin-Helenów <sup>2</sup>		0,99		

<sup>1</sup> Analyses faites sur les échantillons du Dr. J. Pomiąan.

<sup>2</sup> D'après les matériaux du Prof. dr. H. Maruszczak.

<sup>3</sup> Selon l'analyse publiée dans l'ouvrage de J. Malinowski et J.E. Mojski (1960) les indices calculés d'après les pourcentages volumiques.

<sup>4</sup> Selon les analyses publiées dans l'ouvrage de J. Malinowski (1964), les indices calculés d'après les pourcentages volumiques.

tion minérale. C'est pourquoi les séries particulières de loess de Nieledew ont été comparées à d'autres profils du loess du Plateau de Lublin. La récapitulation des données (tabl. IV) indique que plus ancienne la série, plus elle contient de minéraux résistants à l'altération.

tion chimique et à la désintégration mécanique — ce phénomène est particulièrement distinct si l'on compare la série IV de loess, représentée par le faciès subaérien, aux loess inférieurs (III ou II) représentés par des faciès différents. Quand il y a de faibles différences faciales entre les séries particulières d'un profil du loess donné, l'association minérale est également peu différenciée (profil de Hulcza et de Lublin, av. PKWN par exemple, dont le matériel, selon M a r u s z c z a k, appartient avant tout au faciès delluvial). À côté de cette loi on peut remarquer une différenciation locale de l'association minérale, reflétée par l'indice  $\frac{O}{N+S}$  (coupes de Sasiadka et Kazimierz par exemple). La comparaison que nous venons de présenter permet de remarquer d'une manière distincte qu'il y a de sérieuses difficultés de corrélation de ces profils du loess dans lesquels même d'épaisses couvertures ne présentent pas une différenciation faciale du dépôt et ne sont pas subdivisées par des sols fossiles. Il semble donc que les associations de minéraux lourds caractérisent avant tout les conditions locales de la sédimentation du loess (faciès) et, en conséquence ultérieure seulement, son âge.

Dans les loess du Plateau de Lublin, étant donné le manque de données, on ne peut pas faire des comparaisons directes entre les profils divers sous le point de vue des dimensions des minéraux lourds. Il semble pourtant que les résultats de ces études s'accordent partiellement avec les analyses granulométriques du loess. Une telle constatation est basée sur le fait que dans le profil de Nieledew les dimensions des minéraux lourds correspondent strictement à la granulométrie du dépôt entier (les données concernant la granulométrie se trouvent dans l'ouvrage de Mojski, 1965). Une comparaison de la granulométrie des loess du Plateau de Lublin permet de remarquer que le loess de la série la plus jeune se caractérise par un grain plus fin que les loess des séries plus anciennes. Cette conclusion est analogique à ce qu'on a constaté à Nieledew s'il s'agit des dimensions des minéraux lourds. Le changement de la composition minérale et de la taille des minéraux entre les loess de la série IV et le matériel plus ancien est à lier probablement avec le caractère facial différent de ces dépôts. Le façonnement des séries plus anciennes de loess était en un rapport étroit avec l'accumulation aqueuse dans les vallées et avec les mouvements de masse sur les versants. Par conséquent, les grains des minéraux lourds dans le dépôt sont relativement gros et bien classés. Les minéraux résistants et ceux à résistance moyenne y dominent. L'accumulation de la série IV de

loess est à lier essentiellement à l'action des tempêtes de poussière<sup>10</sup> par la suite desquelles le matériel possède des grains de minéraux lourds bien triés et plus fins. Il semble que le matériel de cette série provenait de la déflation du terrain entier et non pas des seules vallées fluviales. C'est pourquoi dans la série la plus jeune de loess il y a davantage de minéraux caractéristiques pour les dépôts glaciaires (proportions considérables d'amphibole et de biotite). Il faut pourtant souligner que selon des conditions locales le processus d'accumulation a dû être plus complexe<sup>11</sup>. Ceci accentuait la différenciation de la composition des minéraux lourds dans les loess, produisant un tableau obscur et difficile à comprendre si on le considère indépendamment de la situation locale.

#### LES CONCLUSIONS

1. Les études comparatives des minéraux lourds peuvent être menées sur la fraction lourde séparée de l'échantillon entier (brut) du loess et non pas forcément sur des fractions granulométriques déterminées, avec la relation libre de la représentation des résultats en pour cents. Les résultats obtenus à l'aide de ces méthodes donnent des fondements pareils à l'interprétation, pendant que les valeurs numériques sont comparables dans un intervalle déterminé.
2. Dans les études comparatives des loess une aide précieuse apportent les mesures de la dimension de minéraux lourds. Elles permettent de constater les variétés faciales du loess et de déterminer le caractère du processus d'accumulation.
3. Les données quantitatives concernant aussi bien la composition que les dimensions des grains de minéraux lourds permettent de distinguer trois séries de loess à Nielelew à caractère facial et à âge divers. A la lumière des analyses c'est la série IV de loess qui est la plus distincte.
4. Les études des minéraux lourds nous apportent une aide à la reconstruction des conditions de l'accumulation du loess, car l'as-

<sup>10</sup> Le caractère d'actuelles tempêtes de poussière et leur influence sur la variabilité de granulométrie du dépôt sont décrits entre autres par W. S. Ch pipil (1957); A. Jahn (1961) décrit leur rapport avec l'accumulation des formations poudreuses en Alaska.

<sup>11</sup> Le problème total de genèse et de processus d'accumulation du loess, dans la littérature polonaise, discutent entre autres A. Malicki (1950, 1967), A. Jahn (1950, 1956) et H. Maruszczak (1963, 1964, 1967).

sociation minérale ne reflète que faiblement les processus pédogénétiques. C'est pourquoi elles peuvent jouer un rôle important dans l'étude des échantillons de loess provenant des forages, quand la texture est peu visible et, par conséquent, le caractère facial difficile à déterminer.

*Traduction de T. Kubiak*

### Bibliographie

- Bhattacharya, N., 1963 — Weathering of glacial tills in Indiana: II Heavy minerals. *Jour. Sed. Petrol.*, vol. 33; p. 789—794.
- Cegla, J., 1965 — Porównanie utworów pyłowych kotlin karpackich z lessami Polski (summary: On the origin of the Quaternary silts in the Carpathian Mountains). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska*, Sectio B, vol. 18; p. 69—111.
- Chepil, W. S., 1957 — Sedimentary characteristics of dust storms: 1. Sorting of wind-eroded soil material. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 255; p. 12—22.
- Dobrzański, B., Malicki, A., 1949 — Rzekome loessy i rzekome gleby loessowe okolic Leżajska (summary: Pseudo-loesses and pseudo-loess soils in the environment of Leżajsk). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska*, Sectio B, vol. 3; p. 415—424.
- Ehrlich, W. A., Rice, H. M., 1955 — Postglacial weathering of Mankato till in Manitoba. *Jour. Geol.*, vol. 63; p. 527—537.
- Fieldes, M., Weatherhead, A. V., 1966 — Mineralogy of sand fractions of New Zealand soils. *New Zealand Jour. Sci.*, vol. 9; p. 1006—1021.
- Frye, J. C., Willman, H. D., Glass, H. B., 1960 — Gumbotill, accretion-gley and the weathering profile. *Illinois State Geol. Survey, Circular* 295.
- Frye, J. C., Glass, H. B., Willman, H. D., 1962 — Stratigraphy and mineralogy of the Wisconsinan loesses of Illinois. *Illinois State Geol. Survey, Circular* 334.
- Grabowska, B., 1961 — Analiza minerałów ciężkich na tle stratygrafii lessów okolic Ćmielowa (summary: Heavy minerals analysis in the light of stratigraphy of loesses from the Ćmielów Region). *Biul. Gęol. Uniwersyteckiego Warszawskiego*, vol. 1; p. 50—67.
- Gwóźdź, R., Racinewski, 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 the Lublin Upland area). *Kwartalnik Geol.*, t. 12; p. 388—402.
- Jahn, A., 1950 — Less, jego pochodzenie i związek z klimatem epoki lo-

- dowej (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.
- Jahn, A., 1961 — Problemy geograficzne Alaski w świetle podróży naukowej odbytej w 1960 roku (summary: Geographical problems of Alaska in the light of a research journey made in 1960). *Czas. Geogr.*, t. 32; p. 115—181.
- Jahn, A., Turnau-Morawska, M., 1952 — Preglacjał i najstarsze utwory plejstoceńskie Wyżyny Lubelskiej (summary: Preglacial and the oldest Pleistocene deposits of the Lublin Upland). *Inst. Geol., Biul.* 65; p. 269—299.
- 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—223.
- Malicki, A., 1967 — Lessy na obszarze Polski i ich związek z czwartorzędem. Czwartorzęd Polski (Les loess sur le territoire de la Pologne et leur rapport au Quaternaire). Dans: *Le Quaternaire de la Pologne*. PWN. Warszawa; p. 372—396.
- Malinowski, J., Mojski, J. E., 1960 — Przekrój lessu w Sąsiadce koło Szczebrzeszyna na Roztoczu (summary: Geologic section of the loess at Sąsiadka near Szczebrzeszyn in the Roztocze Range). *Inst. Geol., Biul.* 150; p. 217—238.
- Malinowski, J., 1964 — Budowa geologiczna i własności geotechniczne lessów Roztocza i Kotliny Zamojskiej między Szczebrzeszynem a Turobinem (summary: Geological structure and geotechnical properties of loesses in Roztocze and in the Zamość Basin, between Szczebrzeszyn and Turobin). *Prace Inst. Geol.*, t. 41.
- Manikowska, B., 1966 — Gleby młodszego plejstocenu w okolicach Łodzi (résumé: Les sols du Pléistocène supérieur aux environs de Łódź). *Acta Geogr. Lodzienia*, 22.
- Maruszczak, H., 1963 — Wind direction during the sedimentation period of the upper loess in the Vistula basin. *Bull. Acad. Pol. Sci., sér. géol.-géogr.*, vol. 11; p. 23—28.
- Maruszczak, H., 1964 — Conditions d'accumulation du loess dans la partie orientale de l'Europe Centrale. *Geogr. Polonica*, vol. 2; p. 39—47.
- Maruszczak, H., 1967 — Kierunki wiatrów w okresie akumulacji lessu młodszego we wschodniej części Europy środkowej (summary: Wind directions during the accumulation of younger loess in East-Central Europe). *Rocznik Pol. Tow. Geol.*, t. 37; p. 177—188.
- Maruszczak, H., Racinowski, R., 1968 — Peculiarities of loess accumulation in Central Europe in the light of results of analyses of the heavy minerals. *Geogr. Polonica*, vol. 14; p. 35—46.
- Meyer, B., Kalk, E., 1964 — Verwitterungs-Mikromorphologie der Mineralspezies in mitteleuropäischen Holozän-Böden aus Pleistozänen und

Holozänen Lockersedimenten. Soil Micromorphology; p. 109—129. Elsevier P. C. Amsterdam.

Mojski, J. E., 1956 — Less i inne utwory geologiczne okolic Hrubieszowa (summary: Loess and other geological deposits in the vicinity of Hrubieszów). *Inst. Geol., Biul.* 100; p. 463—499.

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—199.

Pokrovskij, P. V., Grabezhev, A. I., Chashchukhina, V. A., Buchlyakov, I. N., 1966 — Opredelenie mineralnogo sostava gornykh porod v immersionnykh preparatakh (La détermination de la composition minérale des roches par la méthode d'immersion). *Soviet-skaya geologiya*, no. 8; p. 120—139.

Rukhin, L. B., 1961 — Osnovy litologii (Principes de la lithologie). Moscou.

Scheffer, F., 1962 — Holocene weathering intensities and weathering sequences of mineral species and clay formation in soils developing from loose sedimentary parent material in the temperate humid zone of Middle Europe. *Trans. Joint Meet. Comm. IV and V internat. Soc. Soil Sci.*; p. 55—59.

Van Harten, D., 1965 — On the estimation of relative grain frequencies in heavy mineral slides. *Geologie en Mijnbouw*, 44 Jg.; p. 357—363.

Willman, H. B., Glass, H. D., Frye, J. C., 1963 — Mineralogy of glacial tills and their weathering profiles in Illinois. Part I: Glacial tills. *Illinois State Geol. Survey, Circular* 347.

Willman, H. B., Glass, H. D., Frye, J. C., 1966 — Mineralogy of glacial till and their weathering profiles in Illinois. Part II: Weathering profiles. *Illinois State Geol. Survey, Circular* 400.