

INSTITUTUL GEOLOGIC AL ROMÂNIEI

STUDII TECHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA C

Știința solului

Nr. 3

ANALYSE MÉCANIQUE DES SOLS
BUTS ET PROCÉDES

PAR

MIRCEA POPOVĂȚ

MONITORUL OFICIAL ȘI IMPRIMERIILE STATULUI
IMPRIMERIA NAȚIONALĂ
BUCUREȘTI

1935



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României

INSTITUTUL GEOLOGIC AL ROMÂNIEI

STUDII TECHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA C

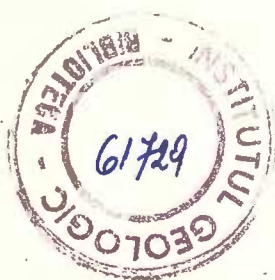
Știința solului

Nr. 3

ANALYSE MÉCANIQUE DES SOLS BUTS ET PROCÉDÉS

PAR

MIRCEA POPOVĂȚ



MONITORUL OFICIAL ȘI IMPRIMERIILE STATULUI
IMPRIMERIA NAȚIONALĂ
BUCUREȘTI

1935



Institutul Geologic al României

*Cette étude a fait l'objet d'une communication préliminaire
dans la séance du 7 juin 1933.*



INTRODUCTION

Jusqu'à ces dernières années, les nombreuses analyses mécaniques des sols se laissaient difficilement interpréter et comparer, tant était grande la variété des méthodes utilisées. Toutes ces méthodes peuvent être groupées suivant les deux grands courants qui régissent les idées sur la préparation du sol pour l'analyse mécanique. Certains chercheurs sont d'avis que l'analyse mécanique doit rendre fidèlement l'état naturel du sol et par conséquent préconisent une préparation qui la garde aussi intacte que possible. D'autres, par contre, pensent que l'analyse doit être poussée jusqu'aux éléments mécaniques indivisibles, en éliminant les causes qui ont contribué à la réunion de plusieurs particules fines dans une seule plus grande. Dans ce but ils recommandent une préparation chimique de la terre qui soit capable de produire une dispersion complète. De ces deux tendances a tenu compte la conférence de Rothamsted lorsqu'elle a recommandé deux méthodes internationales: la méthode *A* de dispersion complète à l'aide d'agents chimiques, et la méthode *B* de dispersion incomplète, obtenue par l'ébullition et le frottement de l'échantillon de terre (13).

Aussi peu énergiques que soient les méthodes de préparation du sol par des traitements physiques, tels que chauffage, frottement, agitation dans l'eau, toutefois par ces méthodes on détruit une partie des agrégats. Le nombre des agrégats détruits sera d'autant plus important, que l'action sera plus prolongée et plus intense. L'effet dépend de l'analyste plus que dans les méthodes de dispersion avancée. On obtient de la sorte un échantillon qui ne représente ni l'état naturel de la terre en place, ni la dispersion de la terre dans ses grains les



plus fins. Comme nous l'avons déjà montré (15), nous sommes convaincu de l'importance de l'étude de l'état naturel du sol, mais dans ce cas il s'agit de la microstructure du sol et non de sa texture, autrement dit on détermine la constitution du sol d'après des classes d'agrégats et non d'après des classes d'éléments mécaniques. C'est TIULIN qui a ouvert la voie des analyses des agrégats (22), suivi par BOUYOUCOS (1), DEMOLON et HÉNIN (3) et autres. La grande difficulté réside justement en ceci, qu'on n'a pas trouvé de méthode qui permette de maintenir les agrégats dits stables. Cette question a été l'objet de discussions à Versailles en 1934, où on a proposé son étude (7).

Donc, si les méthodes préparatoires physiques sont insuffisantes à rendre l'exacte répartition des éléments mécaniques, en revanche elles sont trop énergiques lorsqu'il s'agit de l'analyse des agrégats. Si nous faisons une nette distinction entre l'analyse mécanique (séparation des particules du sol en classes de grains de différentes grandeurs, dans chaque classe tous les grains étant indivisibles), et l'analyse des agrégats (dont le but est de séparer les particules en classes d'agglomérats tels qu'ils se trouvent en état naturel, chacun comprenant un ou plusieurs grains réunis), il faut, avant d'effectuer la première, obtenir une dispersion des particules de terre aussi complète que possible. Pour la réaliser il faut détruire les agents qui provoquent l'agglomération des particules en petits agrégats, à savoir : la matière organique par le traitement de l'échantillon de terre à l'eau oxygénée (16) et les carbonates par le traitement à l'acide chlorhydrique d'après la méthode anglaise (6) ou celle de HISSINK (8). Après ces traitements préliminaires, on agite l'échantillon de terre avec une solution dispersante et ensuite on procède à l'analyse mécanique proprement dite. Parmi les méthodes courantes, la plus convenable et généralement adoptée est la méthode qui consiste dans la sédimentation en cylindre dans un milieu dispersant et le prélèvement d'une portion de la suspension de terre au moyen d'une pipette. Comme milieu dispersant la méthode



internationale recommandait l'ammoniaque jusqu'à ce que ROBINSON démontrât les avantages de l'hydrate de sodium (19, p. 372), tandis que « Bureau of Soils » des États Unis utilise l'oxalate de sodium. L'utilisation de ce dernier, après traitement à eau oxygénée, mais sans acide chlorhydrique, conduit OLMSTEAD, LYLE ALEXANDER et MIDDLETON à la conclusion que l'emploi de l'acide chlorhydrique n'est pas nécessaire (14).

De la constitution mécanique du sol, déterminée par l'analyse obtenue à la suite d'une complète dispersion des particules, dépendent la plupart des propriétés physiques du sol. Cette dépendance sera montrée, pour des sols roumains, à une autre occasion. Dans le présent ouvrage nous nous proposons de démontrer l'importance de l'analyse mécanique pour l'étude de la formation des sols, à condition de l'étendre en profondeur, ce qui permet d'étudier la variation de la constitution mécanique du profil entier du sol. En même temps, en tenant compte des résultats obtenus par OLMSTEAD et ses collaborateurs (14), nous allons comparer les deux méthodes préparatoires, la méthode à acide chlorhydrique et celle sans acide. A la suite de cette comparaison nous pourrions être fixés sur la méthode à employer dans nos prochaines recherches.

RÉPARTITION DES GRAINS EN FRACTIONS

En 1927 l'Association Internationale de la Science du Sol adoptait la répartition des éléments mécaniques entre les quatre fractions suivantes (23):

	Diamètre des particules
Sable grossier	2—0,2 mm
» fin	0,2—0,02 »
Poussière	0,02—0,002 »
Argile	moins de 0,002 »



Une répartition entre de nombreuses fractions n'est pas à recommander pour le but que nous poursuivons, car en ce cas la comparaison des résultats est rendue plus difficile. Pourtant, dans le cours de ce travail, en vue d'une caractérisation plus intime des sols, nous avons intercalé, dans la classe des sables, une nouvelle sous-classe. Le choix des dimensions n'a été conduit que par des raisons d'ordre pratique, vu que le tamisage est encore assez facile à travers un tamis à mailles de 0,08 mm. Notre répartition est donc la suivante :

	Diamètre des particules	
Sable grossier	2—0,2	mm
» moyen	0,2—0,08	»
» fin	0,08—0,02	»
Poussière	0,02—0,002	»
Argile	moins de 0,002	»

La détermination des petites particules a été faite en appliquant la formule de STOKES. Comme celle-ci se rapporte aux particules de forme sphérique, ce qui n'est que rarement le cas pour les particules de terre, nous adoptons le point de vue de ROBINSON, qui montre que la répartition des grains d'après leur grandeur absolue n'est pas d'importance capitale et qu'on peut tout aussi bien en faire la répartition d'après leur vitesse de chute dans l'eau (18). Dans ce cas les dimensions des grains — que nous avons données plus haut parce que c'en est l'usage et pour fixer les idées — ne représentent pas rigoureusement les dimensions des particules du sol, mais les diamètres qu'elles posséderaient si elles étaient de forme sphérique. Pour le calcul du temps de chute on a tenu compte de la température (voir appendices).

Parmi toutes les fractions d'éléments mécaniques la plus importante est, sans conteste, la fraction de l'argile. Celle-ci est définie comme le groupe des particules qui emploient, pour tomber dans l'eau d'une hauteur de 10 cm, le temps de 8 heures et plus, à la température de 20°. L'importance de l'ar-



gile est due à ses propriétés colloïdales et nous verrons, dans les pages qui suivent, son importance au point de vue génétique, car à sa lévigation en profondeur est due en partie la formation des différents horizons du profil.

PROCÉDÉS D'ANALYSE

1. Comme les résultats sont rapportés au sol sec, on détermine toujours l'eau hygroscopique, qu'on rapporte à 100 gr de terre sèche. Pour l'analyse mécanique on pèse, dans un becher de forme haute, une quantité de terre passée à travers un tamis à mailles de 2 mm, quantité qui représente exactement 10 gr terre sèche (Si p. ex. l'eau hygroscopique est 5,58 % rapportée à la terre sèche, on pèse 10,56 gr de terre séchée à l'air). Sur la terre contenue dans le becher on verse 40 cmc d'une solution d'eau oxygénée à 6 % en agitant vigoureusement, après avoir couvert le becher d'un verre de montre. Si le sol contient du bioxyde de manganèse, qui décompose l'eau oxygénée, on traite au moyen de 50 mgr d'acide acétique glacial (14) ou bien l'on fait évaporer sur bain-marie avec du bisulfite de sodium (19, p. 372). On chauffe sur bain-marie et on continue le traitement à l'eau oxygénée jusqu'à ce que la mousse cesse de se former. Après avoir laissé refroidir on ajoute de l'acide chlorhydrique $n/1$ en un petit excès sur la quantité nécessaire pour dissoudre les carbonates ¹⁾). Ensuite on ajoute de l'eau en telle quantité pour obtenir une solution de ClH $n/5$. On agite fréquemment puis on laisse reposer, mieux durant la nuit, après quoi on filtre sur du papier filtre assez fort et on lave à l'eau distillée jusqu'à ce que l'eau de lavage ne donne plus la réaction du chlore. Si les premières portions filtrées sont troubles, on les verse de nouveau dans le filtre. Dans le liquide filtré on précipite, au moyen d'ammoniaque, les hydrates de fer et d'aluminium, qu'on calcine puis on pèse. Ce poids sera ajouté à la quantité d'argile qu'on

¹⁾ Il faut 2 cmc ClH $n/1$ pour dissoudre 1 % de CO_3Ca .



trouvera au moyen de la pipette. Lorsque le lavage est fini, on déplie le papier filtre sur les parois du becher et, au moyen du jet d'une pissette, on entraîne dans le becher la terre tombée sur le filtre pendant le lavage.

On transvase le contenu du becher dans un flacon de Stohmann d'une capacité de 500 cmc avec environ 300 cmc d'eau. On ajoute 10 cmc d'une solution d'oxalate de sodium à 2,5% (14) puis on agite pendant 6 à 8 heures dans un agitateur à rotation.

On décante, à travers un tamis de soie à 3600 mailles par cm^2 , dans un cylindre de sédimentation dont la capacité est de 1000 cmc. On ajoute les portions restées dans le flacon de Stohmann à l'aide d'un jet d'eau et l'on arrose le tamis jusqu'à ce que toute l'argile et la plus grande partie de la poussière soient passées dans le cylindre. Ces opérations doivent être effectuées avec autant d'eau pour qu'il y ait dans le cylindre un peu moins d'un litre de liquide. Ensuite on porte le tamis au-dessus d'un verre et on arrose avec l'eau de la pissette jusqu'à ce qu'il ne passe plus par le tamis aucun grain. Dans le cas des sols sablonneux et lorsque le tamisage est très laborieux, on peut sécher dans une étuve pendant quelques minutes le tamis à sable puis on continue l'opération qui devient maintenant plus facile (5). Bientôt tous les grains passés dans le verre et qui sont constitués seulement de sable et d'un peu de poussière (de la plus grossière), se trouvent déposés au fond. Avec un siphon on aspire l'eau claire du dessus, les grains sont passés dans le cylindre de sédimentation, puis l'on complète le volume à 1000 cmc.

Les grains du résidu resté sur le tamis sont passés à travers un autre tamis à mailles de 0,2 mm et les deux fractions obtenues sont finalement passées dans des fioles tarées : on évapore au bain-marie puis on tient pendant deux heures dans une étuve à 105° . De cette manière on a séparé les fractions de sable grossier et de sable moyen.

Nous n'aurons dans le cylindre que des particules d'un diamètre inférieur à 0,08 mm. On agite le cylindre à la main,



on le place sur la table et on aspire immédiatement, d'une profondeur quelconque (environ 10 cm), au moyen de la pipette de l'appareil de KÖHN (10), construit de façon à permettre de faire passer dans la fiole tarée exactement 10 cmc de la suspension. Cette opération nous permet de connaître la quantité totale de grains se trouvant dans le cylindre, attendu que le temps après lequel a lieu le prélèvement avec la pipette est inférieur au temps nécessaire pour le dépôt des plus grosses particules qui se trouvent dans le cylindre. La quantité ainsi trouvée additionnée à la quantité de grains séparés par les tamis donnera le poids total du matériel qui subsiste après le traitement chimique du sol. Le contenu de la fiole est évaporé au bain-marie et ensuite on le tient de 4 à 6 heures dans une étuve à 105°. Du poids du résidu obtenu au moyen de la pipette on soustrait toujours le poids de l'oxalate de sodium trouvé dans 10 cmc de suspension (si la solution est exactement à 2,5 %, le poids à soustraire est 0,0025 gr).

On agite de nouveau à la main le cylindre, puis on laisse s'écouler le temps nécessaire pour le dépôt des particules à diamètre équivalent de 0,02 mm et on prélève au moyen de la pipette. Le temps doit être calculé selon la formule de STOKES en tenant compte de la température. Le prélèvement à la pipette est répété pour les particules à diamètre équivalent égal et inférieur à 0,002 mm et, afin d'obtenir plusieurs points pour décrire les courbes de sommation de ROBINSON (voir plus loin p. 23), on a prélevé avec la pipette aussi les fractions inférieures à 0,005 mm et souvent inférieures à 0,001 mm. (Voir en appendice la formule de STOKES et les tables donnant le temps de prélèvement des particules). A la quantité d'argile trouvée au moyen de la pipette on ajoute le poids de $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ trouvé dans le liquide précédemment filtré.

2. Quand on ne traite pas le sol avec de l'acide chlorhydrique, après le traitement à l'eau oxygénée et le refroidissement, on filtre. On lave à l'eau comme au 1°; la quantité d'eau nécessaire



pour le lavage est de beaucoup moindre qu'au 1°, car très vite le liquide commence à passer trouble à travers le filtre. Ensuite on continue les opérations du 1°.

3. S'il suffit de déterminer seulement les groupes de sable, poussière et argile, sans séparer le sable en plusieurs fractions, on peut procéder beaucoup plus rapidement comme suit: L'échantillon préparé suivant l'un des procédés chimiques précédents, est d'abord lavé, puis on évapore dans le becher jusqu'à siccité et enfin on le tient pendant la nuit dans une étuve à 105°. On trouve, par la pesée, la quantité totale de matériel sable + poussière + argile. Au moyen de la pipette on détermine successivement les fractions poussière + argile et argile et par différence on obtient chaque fraction. Ce procédé est spécialement applicable aux sols formés sur loess qui, ainsi qu'on le verra plus loin, ne contiennent pratiquement pas de sable grossier et moyen. D'ailleurs si, après agitation, on passe le matériel à travers un tamis à mailles de 0,2 mm — opération très facile — on obtient les quatre fractions de la répartition internationale.

LES SOLS ÉTUDIÉS

On a analysé quelques uns des plus caractéristiques profils de sols, appartenant à tous les types de sols zonaux. Les sols choisis sont, pour la plupart, des sols déjà étudiés au point de vue chimique, ce qui facilite considérablement l'interprétation des résultats. En particulier nous nous sommes occupé des sols formés sur le loess de la Câmpia Română (Plaine Roumaine) et Dobrogea, qui présentent une transition ininterrompue du sol brun clair de steppe de Medgidia au sol brun de forêt de Băneasa, en passant par tous les stades intermédiaires. Le facteur le plus important qui a contribué à la formation de ces sols est le climat, qui devient d'autant plus humide qu'on s'éloigne de l'est à l'ouest, de Medgidia vers Băneasa. Aux types de sols qui s'y trouvent correspondent les données climatiques suivantes (2, p. 36):



	Précipitations annuelles mm	Températures moyennes an- nuelles C°	Indices d'aridité ¹⁾
Sol brun clair de steppe . . .	217—420	10,4—11,4	10—20
Sol châtain et tchernoziome chocolat	428—511	9,6—11,4	20—24
Tchernoziome dégradé . . .	460—580	9,1—11,4	23—29
Sol brun de forêt	539—705	7,8—11,9	28—36

En dehors de ces sols on a étudié encore un tchernoziome riche en humus (6,3%), le tchernoziome de Mileanca, de la Moldavie septentrionale, ainsi que trois podzols qui présentent différents stades de podzolisation, prélevés dans différentes contrées de la Roumanie.

LA LÉVIGATION DE L'ARGILE DANS LE PROFIL DU SOL

Examinons la distribution de l'argile dans les différents horizons des profils. Indifféremment quels résultats on considère, que ce soit ceux relatifs aux échantillons préparés sans acide chlorhydrique (tableau I) ou ceux relatifs aux échantillons préparés avec acide chlorhydrique (tableau II), on remarque que pour les trois premiers sols, qui représentent les sols de la steppe, la quantité d'argile est moindre en profondeur qu'à la surface des sols. Ce fait peut être dû à ce que le processus de formation du sol n'agit qu'à la surface, ayant comme résultat une assez faible production d'argile. Comme conséquence de l'humidité réduite il n'existe pas de courants descendants importants et par suite l'argile demeure à la surface.

Pour le tchernoziome dégradé de Fundulea, c'est-à-dire pour le sol de la steppe à forêt, on constate un faible excédent

¹⁾ M. DE MARTONNE nomme « indice d'aridité » le quotient $\frac{P}{T + 10}$

où P représente le total des précipitations en mm et T la température moyenne annuelle (11).



TABLEAU I

*Analyse mécanique des sols formés sur loess
Méthode sans acide chlorhydrique*

Profondeur cm	Sable grossier %	Sable moyen %	Sable fin %	Poussière %	Argile %
Sol brun clair de Medgidia (Distr. Constanța)					
0—15	—	1,5	34,9	35,9	21,2
75—100	0,1	3,1	36,7	37,1	21,6
130—150	—	4,6	41,2	37,5	16,2
200—225	0,1	6,0	39,7	36,9	16,6
Sol châtain de Mărculești (Distr. Ialomița)					
0—15	0,5	2,6	33,6	31,4	28,0
75—100	0,7	3,1	34,1	36,0	26,7
125—150	0,7	3,8	35,9	37,1	23,3
200—225	2,7	8,9	40,8	30,4	17,6
Tchernoziome chocolat de Ghimpați (Distr. Ialomița)					
0—15	7,8	4,6	30,6	31,5	26,0
60—70	6,3	3,5	26,7	34,6	28,1
130—150	4,1	7,3	25,9	38,2	25,4
253—261	5,7	11,9	26,5	31,0	25,1
Tchernoziome dégradé de Fundulea (Distr. Ilfov)					
0—20	0,1	1,0	29,3	33,0	33,7
60—70	0,1	1,3	30,4	30,6	37,5
110—125	0,1	1,6	32,1	33,9	33,1
210—225	1,8	3,1	32,4	33,5	28,4
Sol brun de forêt de Băneasa (Distr. Ilfov)					
0—25	0,6	1,2	27,6	33,2	35,9
40—70	0,3	1,5	25,5	32,0	40,9
145—175	0,5	2,6	27,6	30,9	38,3
215—235	1,7	1,6	27,9	35,6	33,9



TABLEAU II

Analyse mécanique des sols formés sur loess
Sols du tableau I traités à l'acide chlorhydrique

Profondeur cm	Sable grosier %	Sable moyen %	Sable fin %	Pous- sière %	Argile %	Total %	Hu- mus %	CO ₃ Ca %
Sol brun clair de Medgidia (Distr. Constanța)								
0—15	—	1,8	36,7	35,0	20,9	94,4	3,3	1,7
75—100	—	2,0	32,7	27,1	18,6	80,7	1,1	17,7
130—150	—	2,4	35,2	26,9	15,1	79,6	0,6	20,4
200—225	—	2,8	37,5	25,7	20,7	86,7	0,3	13,4
Sol châtain de Mărculești (Distr. Ialomița)								
0—15	0,4	1,9	34,0	36,3	22,3	94,9	4,4	0,1
75—100	0,6	2,9	31,3	29,2	23,1	87,1	1,2	12,4
125—150	0,2	2,8	32,6	28,8	19,8	84,6	0,6	16,4
200—225	2,2	7,2	38,4	24,6	16,1	88,5	0,1	12,2
Tchernoziome chocolat de Ghimpați (Distr. Ialomița)								
0—15	8,1	4,2	28,5	28,9	28,2	97,9		
60—70	6,2	3,3	28,2	29,0	26,6	93,3	non	non
130—150	4,5	2,6	27,7	27,6	22,5	84,9	dosé	dosé
253—261	5,3	5,8	31,5	24,1	24,2	90,9		
Tchernoziome dégradé de Fundulea (Distr. Ilfov)								
0—20	—	0,8	28,9	32,2	31,8	93,7		
60—70	—	0,9	26,6	32,1	37,1	96,7	non	non
110—125	0,1	1,2	27,9	32,5	33,7	95,4	dosé	dosé
210—225	0,2	1,7	33,7	29,6	28,9	94,1		
Sol brun de forêt de Băneasa (Distr. Ilfov)								
0—25	0,5	0,9	28,0	31,6	36,8	97,8	2,5	—
40—70	0,3	0,9	24,3	30,5	42,6	98,6	1,6	—
145—175	0,5	1,1	27,0	30,7	38,2	97,5	0,9	—
215—235	0,5	1,5	26,2	29,0	35,1	92,3	0,6	7,1



TABLEAU III

Analyse mécanique de certains sols formés sur diverses roches
Méthode sans acide chlorhydrique

Profondeur cm	Sable grossier %	Sable moyen %	Sable fin %	Poussière %	Argile %
Tchernoziome proprement dit sur marne de Mileanca (Distr. Dorohoi)					
0—20	0,7	1,1	17,7	31,0	44,0
60—70	0,3	3,8	23,0	34,1	37,5
110—130	0,6	2,9	20,3	39,5	35,1
225—240	0,2	0,2	2,9	51,9	45,6
Podzol sur grès de Sighișoara (Distr. Târnava Mare)					
0—15	16,1	22,1	23,6	18,0	15,5
45—55	13,9	19,5	28,6	22,6	15,9
160—180	16,6	22,9	13,3	15,7	30,5
240—260	27,0	21,7	9,7	13,2	27,6
300—320	52,4	14,6	5,4	8,9	18,5
Podzol sur sable de Gorovei (Distr. Dorohoi)					
3—15	5,1	5,0	30,0	41,7	16,8
20—35	2,2	4,6	26,7	38,0	29,8
150—170	1,2	3,6	8,3	42,3	44,4
180—200	0,1	54,6	26,0	7,9	7,8
Podzol sur grès des Bucegi (Distr. Prahova)					
4—18	36,1	25,0	11,8	15,2	10,8
18—22	33,1	18,3	9,1	15,4	8,7
22—36	46,7	19,2	7,4	10,4	8,6
36—66	62,0	21,4	7,6	6,3	2,8
70—80	34,9	17,4	15,3	23,9	7,7

de la quantité d'argile trouvée dans l'horizon 60—70 cm par rapport à l'horizon superficiel. C'est une légère accumulation de l'argile, lévigée par les courants aqueux descendants, qui



ici sont prédominants. La lévigation de l'argile ne se produit pas sur une grande profondeur, car on peut voir que dans l'horizon immédiatement au-dessous (110—125 cm) la quantité de l'argile décroît de nouveau. Une accumulation analogue on constate dans l'horizon *B* du sol de forêt de Bănăasa, mais on peut remarquer (tableau I ou tableau II) que l'argile a été entraînée plus profondément dans le profil, la diminution de la quantité d'argile accumulée dans l'horizon *B* étant plus lente que dans le profil précédent.

Dans le tableau III on trouve, outre l'analyse d'un tchernozème, les analyses mécaniques effectuées sur des échantillons préparés sans acide chlorhydrique, relatives à trois podzols. L'intensité du processus de podzolisation, manifestée autant par la morphologie des profils que par les propriétés chimiques, augmente dans l'ordre de l'arrangement des résultats. Pour le podzol de Sighişoara (dont l'analyse chimique a été effectuée par M. CERNESCU), on remarque une appréciable accumulation d'argile dans l'horizon *B*, accumulation qui s'étend sur une grande profondeur.

Il manque l'analyse chimique de la fraction argile dans ces sols. En son absence on peut considérer l'analyse de l'extrait en acide chlorhydrique concentré (20). Cette analyse montre une composition chimique constante dans tout le profil des sols en question. La constance est mise en évidence par les rapports moléculaires $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ et $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$.

Donc, la forte humidité a provoqué un entraînement mécanique vers les horizons inférieurs des particules d'argile, sans que celles-ci soient brisées dans ses composantes colloïdales SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , auquel cas Al_2O_3 et Fe_2O_3 , plus mobiles que SiO_2 , auraient été entraînées en profondeur où, en précipitant, auraient enrichi l'horizon en oxydes et, par conséquent, le rapport $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$ aurait été moindre que pour la surface. C'est ce qu'on constate



aussi pour le podzol de Gorovei où le processus de lévigation s'est produit à une plus forte intensité, car on constate une plus importante accumulation de l'argile. L'analyse mécanique révèle qu'on passe sans transition, de l'horizon B₂ (150—170 cm) à une couche de sable inaltéré, ce qui indique une autre roche que celle qui a donné naissance au profil du sol. Cette couche de sable contient aussi du carbonate de calcium, qui a provoqué la précipitation de l'argile entraînée. Ces faits, mis en évidence par l'analyse mécanique, sont confirmés par la morphologie du profil (communication verbale de M. E.M. PROTOPOPESCU-PAK). Enfin, les résultats de l'analyse mécanique du dernier podzol, le podzol des Bucegi, n'indiquent aucune accumulation de l'argile tout le long du profil. Ce sol appartient aux sols du type podzolique primaire, à horizon B d'accumulation d'humus et d'oxydes de fer (2, p. 61). Le complexe de dégradation étant ici détruit, c'est à l'analyse chimique de fournir les conclusions. L'analyse mécanique nous montre les états différents de désaggrégation de la roche mère. Ainsi à la profondeur de 36—66 cm il y a surtout du matériel grossier, peu désaggrégé.

Le sol		
Méthode sans CIH (tableaux I et III)	Méthode à CIH (tabl. II)	
+	0,4	Sol brun clair de steppe de Medgidia.
—	1,3	Sol châtain de Mărculești
+	2,1	Tchernozïome chocolat de Ghimpăți
+	3,8	Tchernozïome dégradé de Fundulea
+	5,0	Sol brun de forêt de Băneasa
+	15,0	Podzol de Sighișoara
+	27,6	Podzol de Gorovei
non dét.	—2,3	
+	0,8	
—	1,6	
+	5,3	
+	5,8	
non dét.		
non dét.		

Les chiffres ci-dessus donneront une illustration du mouvement de l'argile le long du profil. Ils sont obtenus en soustrayant de la quantité la plus grande d'argile trouvée dans

l'horizon d'accumulation ou, pour les sols de la steppe, dans l'horizon qui se trouve immédiatement sous la surface, la quantité d'argile contenue dans l'horizon de la surface.

Pour les trois premiers sols, les sols de steppe, les résultats des analyses donnent des différences alternativement + et —. Ce fait, à côté de la petitesse des chiffres, indique suffisamment qu'il ne peut être question d'une accumulation d'argile. Quant aux autres sols, l'accumulation de l'argile croît avec l'intensité du processus de dégradation des sols.

LE LOESS

Les analyses mécaniques nous fournissent quelques indications intéressantes relatives au loess sur lequel se sont formés les sols de Dobrogea et de la Câmpia Română (tableaux I et II). En premier lieu on constate, ce qui, d'ailleurs, était à prévoir, l'uniformité de la constitution mécanique du loess, qui est constitué surtout de particules fines. Il n'y a point de sable grossier, ou extrêmement peu, et très peu de sable moyen. Si, dans le tableau I, on trouve des quantités un peu élevées de ces fractions, le fait est dû aux grains durs de CO_3Ca , non au sable quartzeux. Il faut cependant excepter le loess sur lequel s'est formé le tchernoziome de Ghimpați, à fractions de grains grossiers appréciables, qui subsistent même après traitement à l'acide chlorhydrique (tableau II). Cela incite à douter que le matériel soit du loess pur. Or, les observations des chercheurs confirment qu'il est question d'un cas local de loess remanié par les eaux.

On remarque encore que la constitution du loess est de plus en plus fine lorsqu'on avance de l'est vers l'ouest, de Medgidia vers Băneasa. On peut en conclure que dans cette section le sens du dépôt serait de l'est vers l'ouest, ce qui confirmerait l'hypothèse que le loess de la Câmpia Română provient des steppes russes (12). Pour avoir une image plus intuitive sur la variation de la constitution des dépôts, nous pouvons recourir à l'opération qui consiste à trouver la valeur



moyenne de chacune des trois fractions principales, sable, poussière, argile, que contiennent les échantillons des différents horizons de chaque profil. Vu que la constitution des profils est assez uniforme, l'opération peut être justifiée. D'ailleurs c'est une simple image et nous ne prétendons pas que les valeurs moyennes trouvées représenteraient la vraie composition du loess primitif. Voici comment apparaîtrait la « constitution moyenne » des profils :

Le sol formé sur le loess	Méthode sans CIH			Méthode à CIH			
	Sable	Pous- sière	Argile	Sable	Pous- sière	Argile	Reste jusqu'à 100 (CO ₂ , Ca, humus, etc) %
	%	%	%	%	%	%	%
Sol brun clair de steppe (Medgidia) .	42,1	36,8	18,9	37,8	28,7	18,8	14,7
Sol châtain (Mărculești)	41,8	33,7	23,9	38,2	29,7	20,3	11,8
Tchernoziome chocolat (Ghimpați) .	40,2	33,8	26,1	38,7	27,4	25,4	8,5
Tchernoziome dégradé (Fundulea) .	33,3	32,8	34,2	30,5	31,6	32,9	5,0
Sol brun de forêt (Băneasa)	29,4	32,9	37,4	27,9	30,5	38,2	3,4

De ce tableau il ressort que les trois premiers sols de la série ont une composition semblable, à une quantité croissante d'argile. Dans tous les trois prédomine le sable, vient ensuite la poussière. Dans le tchernoziome dégradé le sable, la poussière et l'argile se trouvent en proportions égales, tandis que dans le sol brun de forêt prédomine l'argile, suivie par la poussière. Dans toute la série la quantité de poussière est pratiquement constante, l'augmentation en argile lorsqu'on avance vers l'ouest se faisant au détriment du sable. Le fait que le matériel devient de plus en plus fin vers l'ouest pourrait être dû aussi à l'action du climat, attendu que nous n'avons pas étudié les couches très profondes, protégées du processus

de formation des sols actuels. L'action du climat est manifestée dans la diminution progressive du CO_3Ca des sols à mesure qu'on avance vers l'ouest: c'est l'effet du lessivage toujours plus intense produit par l'augmentation de l'humidité (4).

L'EXTRAIT EN ACIDE CHLORHYDRIQUE ET LA QUANTITÉ D'ARGILE

Nous admettons que l'argile constitue ce qu'on appelle le complexe de dégradation. Comme l'analyse de l'extrait en acide chlorhydrique concentré est considérée représenter le même complexe, il serait intéressant de comparer, pour les échantillons ou l'on a de telles analyses, les quantités d'argile trouvées par l'analyse mécanique et la somme des substances solubles en acide chlorhydrique. L'analyse de l'extrait en acide chlorhydrique a été effectuée d'après la méthode internationale (21) et les données sont tirées de l'ouvrage fréquemment cité sur l'étude chimique des sols roumains (20). La quantité d'argile est celle trouvée par la méthode d'analyse mécanique à acide chlorhydrique. Pour une plus juste comparaison des résultats, on les a calculés pour 100 gr de terre sèche, sans humus ni carbonates (tableau IV). Quant au podzol de Sighişoara, dont le profil ne manifeste pas la présence des carbonates, les données sont celles du tableau II, d'après l'analyse sans ClH.

Si les valeurs ne sont pas très concordantes, hormis pour le tchernoziome de Ghimpaţi, en revanche, les différences entre les valeurs qui se rapportent aux différents horizons, obtenues pour les sommes des substances solubles en ClH, sont égales aux différences entre les valeurs correspondantes de l'argile du même profil. Cela signifie que si par l'extrait en acide chlorhydrique on n'analyse pas exactement la même matière que ce qu'on appelle argile, déterminée par l'analyse mécanique, pourtant on peut, au moyen de l'extrait en acide



TABLEAU IV

Analyse mécanique des sols formés sur loess
Comparaison des résultats des échantillons traités sans acide et ceux
traités avec acide. Les résultats sont donnés pour 100 gr de sol sans
humus ni carbonates

Profondeur cm	Méthode sans ClH			Méthode à ClH		
	Sable %	Poussière %	Argile %	Sable %	Poussière %	Argile %
Sol brun clair de Medgidia (Distr. Constanța)						
0—15	38,9	38,4	22,7	40,8	37,1	22,1
75—100	40,5	37,6	21,9	43,2	33,7	23,1
130—150	46,1	37,3	16,6	47,3	33,7	19,0
200—225	46,1	37,2	16,7	46,5	29,6	23,9
Sol châtain de Mărculești (Distr. Ialomița)						
0—15	38,7	32,7	29,1	38,2	38,3	23,5
75—100	37,7	35,8	26,5	40,0	33,5	26,5
125—150	40,0	36,9	23,1	42,6	34,0	23,4
200—225	52,2	30,3	17,5	54,0	27,8	18,2
Tchernoziome chocolat de Ghimpați (Distr. Ialomița)						
0—15	42,8	31,3	25,9	41,7	29,5	28,8
60—70	36,8	34,9	28,3	40,4	31,3	28,5
130—150	36,9	37,9	25,2	40,9	32,6	26,5
253—261	44,0	30,9	25,2	46,9	26,5	26,6
Tchernoziome dégradé de Fundulea (Distr. Ilfov)						
0—20	31,3	34,0	34,7	31,7	34,4	33,9
60—70	31,8	31,6	37,6	28,4	33,2	38,4
110—125	33,5	33,7	32,8	30,6	34,1	35,3
210—225	37,5	33,8	28,7	37,8	31,5	30,7
Sol brun de forêt de Băneasa (Distr. Ilfov)						
0—25	29,9	33,7	36,4	30,1	32,3	37,6
40—70	27,1	32,0	40,9	25,9	30,9	43,2
145—175	30,7	31,1	38,4	29,3	31,6	39,1
215—235	30,8	35,4	33,7	30,5	31,5	38,0



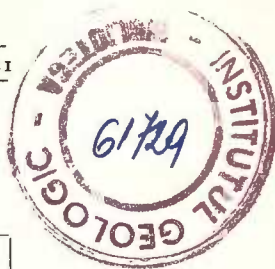
TABLEAU V

Comparaison entre la quantité d'argile et la somme des substances solubles dans l'acide chlorhydrique concentré pour divers profils de sols

Sol brun clair Medgidia			Sol châtain Mărculești			Tcherno- ziome chocolat Ghimpați			Sol brun de forêt Băneasa			Podzol Sighișoara		
Horizon	Extrait en ClH		Horizon	Extrait en ClH		Horizon	Extrait en ClH		Horizon	Extrait en ClH		Horizon	Extrait en ClH	
	%	Argile		%	Argile		%	Argile		%	Argile		%	Argile
A	29,0	22,1	A	25,5	23,5	A	28,9	28,8	A	30,3	37,6	A ₁	13,2	16,1
C	26,2	19,0	C ₁	24,5	26,5	C	28,9	28,5	B ₁	35,0	43,2	A ₂	12,9	16,5
D	29,2	23,9	C ₂	25,9	23,4	D	25,3	26,6	B ₂	32,9	39,1	B	27,8	30,8
			D	21,2	18,2				C	32,6	38,0	B/D	24,1	18,5

chlorhydrique, se rendre compte de la variation, le long du profil, de la valeur du complexe de dégradation.

On constate également que, pour les sols à climat sec, il se dissout en acide chlorhydrique une quantité de matière plus grande que la quantité d'argile. Cela provient de ce que dans les fractions plus grossières du sol il y a une portion soluble, dont font partie surtout les composés du fer. En effet, des données que nous possédons (20), on peut constater que, si Al_2O_3 est soluble en acide chlorhydrique concentré en quantités qui varient, d'après l'état de dégradation du sol, entre 30—70 % de la quantité totale, la solubilité du Fe_2O_3 varie entre des limites plus restreintes, mais en proportion beaucoup plus forte, à savoir entre 85—95 %. Pour les sols à climat humide il se dissout en acide chlorhydrique une portion moindre que ce qu'on considère comme argile. Autrement dit, la limite supérieure de 0,002 mm pour les particules qui constituent le complexe de dégradation de ces sols pourrait



être trop élevée (19, p. 74). D'ailleurs les différences ne sont pas fortes pour le sol de Sighișoara, un peu plus fortes pour celui de Băneasa.

LES DEUX MÉTHODES DE PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON DE TERRE

Comparons maintenant les résultats des analyses effectuées au moyen de la méthode préparatoire sans acide chlorhydrique (tableau I), aux résultats obtenus pour les mêmes sols analysés après traitement à acide chlorhydrique (tableau II). On peut constater qu'en général, pour les échantillons qui contiennent du carbonate de calcium on trouve, par la méthode sans acide, des quantités d'argile plus élevées que par la méthode à acide. Ce résultat, d'apparence paradoxale, pourrait être expliqué par une réaction chimique, dont l'effet serait la production d'oxalate de calcium qui, étant moins soluble que le carbonate de calcium, l'action coagulante des ions Ca^{++} ne peut plus se manifester. On se souvient que la dispersion est réalisée au moyen de l'oxalate de sodium.

Le surcroît d'« argile » qu'on trouve par la méthode préparatoire sans acide serait dû aux particules très fines de CO_3Ca , de l'ordre de grandeur des particules d'argile et qui, à l'analyse, interviennent comme telles. D'ailleurs les différences entre les valeurs obtenues par les deux méthodes ne sont pas trop élevées et, si nous augmentons tous les résultats pour que la somme pour un même échantillon soit 100 (tableau IV), on peut constater une assez bonne analogie entre les deux séries de résultats. Cela indiquerait que dans le loess de la Câmpia Română et Dobrogea le carbonate de calcium est uniformément réparti entre les groupes de grains de toutes dimensions.

Par conséquent, si l'on prend comme critérium la quantité d'argile trouvée, les résultats ne peuvent pas nous faire préférer une méthode à l'autre. Nous pensons que cela est valable seulement pour le cas étudié, celui des sols formés sur loess. Il est vrai qu'à la suite des recherches de OLMSTEAD,



LYLE ALEXANDER et MIDDLETON (14), de même que de nos propres résultats, exposés plus haut, il résulte que par l'emploi comme dispersant de l'oxalate de sodium on trouve la même quantité d'argile, ou même supérieure, dans les analyses effectuées sans acide, que dans celles effectuées avec acide, même pour des sols contenant jusqu'à 40% CO_3Ca . Mais cela ne pourrait pas constituer un argument en faveur de la méthode sans acide, si une partie de l'« argile » en quantité plus élevée trouvée par cette méthode est constituée par des particules fines de carbonate de calcium. D'ailleurs il est bien possible que dans certains autres cas l'action de cimentation du carbonate de calcium soit plus effective.

Enfin, la nécessité de comparer les résultats à ceux obtenus dans les autres pays, nécessité exprimée de manière si convaincante par KEEN (9) nous fait, elle aussi, préférer la méthode internationale à acide chlorhydrique.

Il faut remarquer qu'une certaine quantité d'oxydes de fer et d'aluminium est solubilisée par le seul traitement à l'eau oxygénée, même sans avoir employé d'acide. Ces oxydes, qui proviennent sans doute de l'oxydation de la matière organique, sont solubles en quantités appréciables dans les sols à climat humide. Ainsi, pour l'horizon *B* du podzol de Bucegi, où a lieu l'accumulation de l'humus, on a trouvé, dans la solution obtenue à la suite du simple traitement à l'eau oxygénée, 2,71% $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$. Comme ces oxydes ne peuvent être englobés dans l'humus — la substance colloïdale organique du sol, nous pensons qu'il est raisonnable de l'ajouter à l'argile — la substance colloïdale minérale du sol.

EXPLICATION DES FIGURES

Les figures que nous présentons vont mieux mettre en lumière les faits exposés dans le texte. La fig. 1 contient quelques courbes de sommation (17). Elles sont obtenues en portant en abscisse les logarithmes des vitesses de chute dans l'eau des particules à 20° C et en ordonnée la somme des



particules à vitesse égale et inférieure aux vitesses correspondantes de l'abscisse. L'allure se rapprochant de la verticale des deux courbes relatives aux sols formés sur loess (Medgidia et Băneasa) met en évidence l'uniformité de constitution du loess. L'allure presque en ligne droite de la plus grande partie des courbes relatives aux podzols de Sighișoara et de Gorovei dénote un émiettement surtout mécanique. Enfin, dans la courbe du podzol des Bucegi, la partie supérieure représente une forte proportion de matériel plutôt grossier à émiettement surtout mécanique, tandis que la partie inférieure correspond à l'action intense de la désagrégation.

La fig. 2 représente les courbes de sommation de quelques sous-sols caractéristiques. La courbe du sous-sol de Mileanca montre un matériel (marne) dont l'émiettement est très avancé. Le loess représenté par la courbe de Băneasa montre un matériel à constitution mécanique uniforme, et le sable de Gorovei un matériel dont la désagrégation est à peine indiquée par le faible développement de la branche inférieure de la courbe.

La fig. 3 et les suivantes font voir la variation de la constitution mécanique dans quelques profils. On a porté, comme dans les figures précédentes, les résultats des analyses calculées pour 100 gr de terre sèche sans humus ni carbonates. Les diagrammes sont construits en portant horizontalement les pourcentages d'argile, d'argile + poussière, etc. et verticalement les profondeurs. En unissant les points qui représentent les mêmes fractions à différentes profondeurs, on obtient une image intuitive de la constitution mécanique du profil.

Dans la fig. 3, qui représente le tchernoziome chocolat de Ghimpați, les lignes séparatrices des fractions, presque verticales, montrent l'uniformité de la constitution mécanique du profil entier. La fig. 4 montre que dans le profil du sol brun de forêt de Băneasa a lieu une légère accumulation de l'argile dès une faible profondeur et que l'argile a été entraînée assez profondément. En comparant les diagrammes 3 et 4 on voit qu'à Ghimpați il y a des quantités appréciables de sable



grossier et moyen, tandis que les raies correspondantes pour Băneasa sont à peine visibles. Ce dernier cas est le cas général pour le loess.

La fig. 5 montre que pour le podzol de Sighișoara il y a une grande accumulation de l'argile dans l'horizon *B* et que l'accumulation s'est produite sur une grande profondeur. Enfin, la fig. 6 indique pour le podzol de Gorovei une accumulation d'argile encore plus forte. Sur cette figure apparaît manifestement que la couche la plus profonde est étrangère au profil du sol, ce qui explique pourquoi les lignes changent de direction de façon aussi brusque.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

1. Dans l'exposé qui précède on a cherché à démontrer l'importance de l'analyse mécanique si elle est effectuée par des méthodes permettant une dispersion complète des particules et si on effectue l'analyse des différents horizons qui constituent le profil entier du sol. On fait une nette distinction entre l'analyse des agrégats et l'analyse mécanique, chacune devant comporter des procédés d'analyse distincts.

2. Nous montrons que l'argile s'accumule en profondeur d'autant plus et sur une longueur d'autant plus grande que le processus de dégradation du sol est plus intense.

3. La variation de la constitution mécanique des profils des sols formés sur loess confirme l'hypothèse que le loess de Dobrogea et de Câmpia Română a été déposé par des vents soufflant de l'E ou de N-E.

4. De la comparaison de la somme des substances solubles dans l'acide chlorhydrique concentré et la quantité d'argile trouvée par l'analyse mécanique on constate que si l'acide chlorhydrique ne dissout pas exactement la même matière que celle représentée par l'argile, pourtant l'analyse de l'extrait en CH peut indiquer la variation dans le profil du complexe de dégradation du sol. Nous pensons avec M. G. W. ROBINSON que la combinaison de l'analyse mécanique avec



l'analyse chimique de la fraction considérée comme argile dans l'analyse mécanique donnera des résultats plus concluants.

5. Enfin, la comparaison des méthodes de préparation du sol pour l'analyse mécanique, à savoir la méthode internationale *A* (avec la modification qu'on emploie comme dispersant de l'oxalate de sodium), et la méthode américaine donne, au moins pour les cas étudiés, la même quantité d'argile. Toutefois, vu la nécessité d'avoir des résultats comparables dans tous les pays, nous sommes catégoriquement pour l'emploi de la méthode préparatoire à acide chlorhydrique, même si, dans certains cas particuliers, nous emploierons, par surcroît, la méthode du Bureau of Soils.

OUVRAGES CITÉS

1. G. BOUYOUCOS, The ultimate natural Structure of Soils. *Soil Science*, 1929, XXVIII, p. 27.
2. N. CERNESCU, Facteurs de climat et zones de sol en Roumanie. *Institutul Geologic al României, Studii tehnice și economice, Seria C* (Știința Solului), No. 2, București 1934, 71 p.
3. A. DEMOLON et S. HÉNIN, Recherches sur la structure des limons et la synthèse des agrégats. *Soil Research*, 1932, III, p. 1.
4. P. ENCULESCU, Loessul din România și solurile zonale ce s'au format pe socoteala sa. *Buletinul Agriculturii*, 1929, VI, Nr. 11—12.
5. H. GESSNER, Die Schlämmanalyse. Leipzig, Akademischer Verlag, 1931.
6. A. D. HALL, The Soil. London, John Murray, 2-nd Edition, 1908.
7. S. HÉNIN, État actuel de la physique du sol. *Annales Agronomiques* (N-11e Série), 1934, IV, p. 611—625.
8. D. J. HISSINK, Les méthodes d'analyse mécanique du sol. *Comptes Rendus de l'Ass. Int. de la Science du Sol* (N-11e Série), 1925, I, p. 153—174.
9. B. A. KEEN, Mechanical Analysis: National and International. *Soil Research*, 1928, I, p. 43—47.
10. M. KÖHN, Beiträge zur Theorie und Praxis der mechanischen Bodenanalyse. *Landwirtschaftliche Jahrbücher*, 1928, LXVII, p. 485—546.



11. EMM. DE MARTONNE, Une nouvelle fonction climatologique: l'Indice d'aridité. *La Météorologie*, 1926, Nr. 19, p. 449—458.
12. L. MRAZEC, *Buletinul Societății de Științe*, București, 1899, VIII, p. 320.
13. V. NOVÁK, Conclusions de la Conférence de la Première Commission à Rothamsted-Harpenden 1926. Brno 1927.
14. L. B. OLMSTEAD, LYLE ALEXANDER and H. E. MIDDLETON, A Pipette Method of mechanical Analysis of Soils based on improved Dispersion Procedure. *U. S. Dept. of Agriculture*, 1930, *Technical Bull.* Nr. 170.
15. M. POPOVĂT, Textura și microstructura solurilor. Al VIII-lea Congres al Asociației Române pentru Învățarea Științelor. București 1934.
16. G. W. ROBINSON, Note on the mechanical Analysis of humus Soils. *Journal of Agricultural Science*, 1922, XII, p. 287—291.
17. — The form of mechanical Composition Curves of Soils and other granular Substances. *Journ. of Agric. Sci.*, 1924, XIV, p. 626—633.
18. — The Grouping of Fractions in mechanical Analysis. *Proc. of the First Intern. Congress of Soil Sci.*, Washington, 1928, I, p. 359—365.
19. — Soils, Their Origin, Constitution and Classification. London, Th. Murby, 1932.
20. T. SAIDEL, Étude chimique des principaux types de sols de Roumanie. *Comptes Rendus du XIV-e Congrès Internat. d'Agriculture*, Bucarest, 1929, IV.
21. A. A. J. VON 'SIGMOND, Actes de la IV-e Conf. Int. de Pédologie, Rome, 1924, II, p. 584.
22. A. TIULIN, Some Questions on Soil Structure. *The Cis-Uralian agric. Experim. Station in Perm, Results of Investig.* Nr. 2, 1928, p. 119.
23. The minutes of the I-st Comm. Meetings Int. Congr. of Soil Sci., Washington. *Proc. of the Int. Soc. of Soil Sci.*, 1929, IV, p. 220.



APPENDICE

1. Formule de STOKES:

$$v = Cr^2$$

où

$$C = \frac{2g(d_1 - d_2)}{9} \frac{1}{\eta}$$

où

v = vitesse des particules en cm/sec
 r = rayon des particules en cm
 g = accélération de la gravitation = 981 dynes
 d_1 = densité des particules
 d_2 = densité du liquide, pour l'eau = 1
 η = coefficient de viscosité du liquide.
 On prend comme densité des particules $d = 2,61$.

2. Logarithmes des vitesses de chute à 20° C

$2r = 0,001$ mm	$\log v = 5,939$	$2r = 0,02$ mm	$\log v = 2,541$
$2r = 0,002$ mm	$\log v = 4,541$	$2r = 0,08$ mm	$\log v = 1,746$
$2r = 0,005$ mm	$\log v = 3,337$	$2r = 0,2$ mm	$\log v = 0,541$
	$2r = 2$ mm	$\log v = 2,541$	

3. Table pour servir au prélèvement des particules à diamètre de 0,001 mm

Température C°	Vitesse v cm/sec	$\log v$	Temps de chute de 10 cm	Profondeur à laquelle on prélève après 24 h cm	Profondeur à laquelle on prélève après 30 h cm
15	0,00007663	5,88442	36 h 15 m	6,6	8,3
16	7863	89557	35 20	6,8	8,5
17	8065	90660	34 26	7,0	8,7
18	8278	91792	33 33	7,2	8,9
19	8486	92871	32 44	7,3	9,2
20	8696	93934	31 57	7,5	9,4
21	8917	95023	31 09	7,7	9,6
22	9131	96051	30 25	7,9	9,9
23	9355	97103	29 42	8,1	10,1
24	9579	98133	29 00	8,3	10,4
25	9804	99141	28 20	8,5	10,6



4. Table pour servir au prélèvement des particules à diamètre
de 0,002 mm

Tempé- rature C°	Vitesse v cm/sec	log v	Temps de chute de 10 cm	Profondeur à laquelle on prélève après 6 h cm	Profondeur à laquelle on prélève après 7 h cm
15	0,0003065	4,48648	9 h 13 m	6,6	7,7
16	3145	49763	8 50	6,8	7,9
17	3226	50866	8 36	7,0	8,1
18	3311	51998	8 23	7,2	8,3
19	3394	53077	8 11	7,3	8,6
20	3479	54140	8 00	7,5	8,8
21	3567	55229	7 47	7,7	9,0
22	3652	56257	7 36	7,9	9,2
23	3742	57309	7 25	8,1	9,4
24	3832	58339	7 15	8,3	9,7
25	3922	59347	7 05	8,5	9,9

5. Table pour servir au prélèvement des particules à diamètre de 0,005 mm

Température C°	Vitesse v cm/sec	log v	Temps de chute de 10 cm	Température C°	vitesse v cm/sec	log v	Temps de chute de 10 cm
15	0,001916	3,28236	1 h 27 m	21	0,002229	3,34817	1 h 15 m
16	1966	29351	1 25	22	2283	35845	1 13
17	2016	30454	1 23	23	2339	36897	1 11
18	2069	31586	1 21	24	2395	37927	1 10
19	2122	32665	1 19	25	2451	38935	1 08
20	2174	33728	1 17				



6. Table pour servir au prélèvement des particules à diamètre de 0,02 mm

Température C_0	vitesse v cm/sec	log v	Temps de chute de 10 cm	Température C_0	vitesse v cm/sec	log v	Temps de chute de 10 cm
15	0,03065	2,48648	5 m 26 s	21	0,03567	2,55229	4 m 41 s
16	3145	49763	5 18	22	3652	56257	4 34
17	3226	50866	5 10	23	3742	57309	4 27
18	3311	51998	5 02	24	3832	58339	4 21
19	3394	53077	4 55	25	3922	59347	4 15
20	3479	54140	4 48				



TABLE DES MATIÈRES

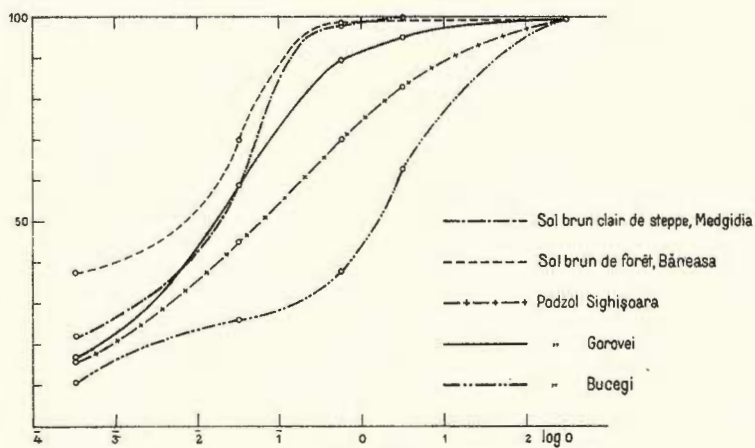
	<u>Page</u>
Introduction	3
Répartition des grains en fractions	5
Procédés d'analyse	7
Les sols étudiés	10
La lévigation de l'argile dans le profil du sol	11
Le loess	17
L'extrait en acide chlorhydrique et la quantité d'argile	19
Les deux méthodes de préparation de l'échantillon de terre	22
Explication des figures	23
Résumé et conclusions	25
Ouvrages cités	26
Appendice	28



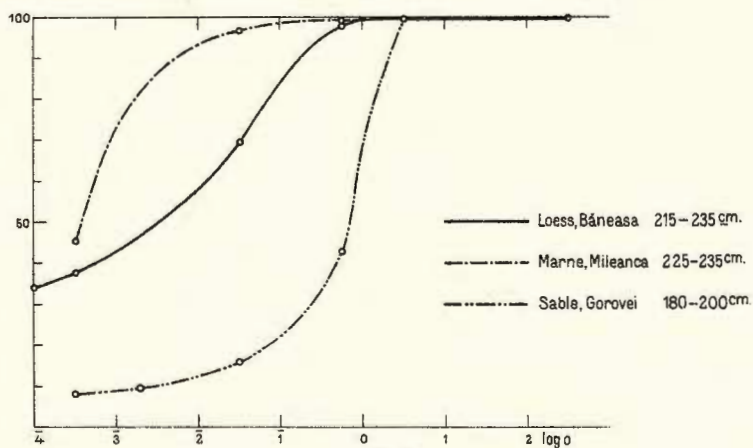


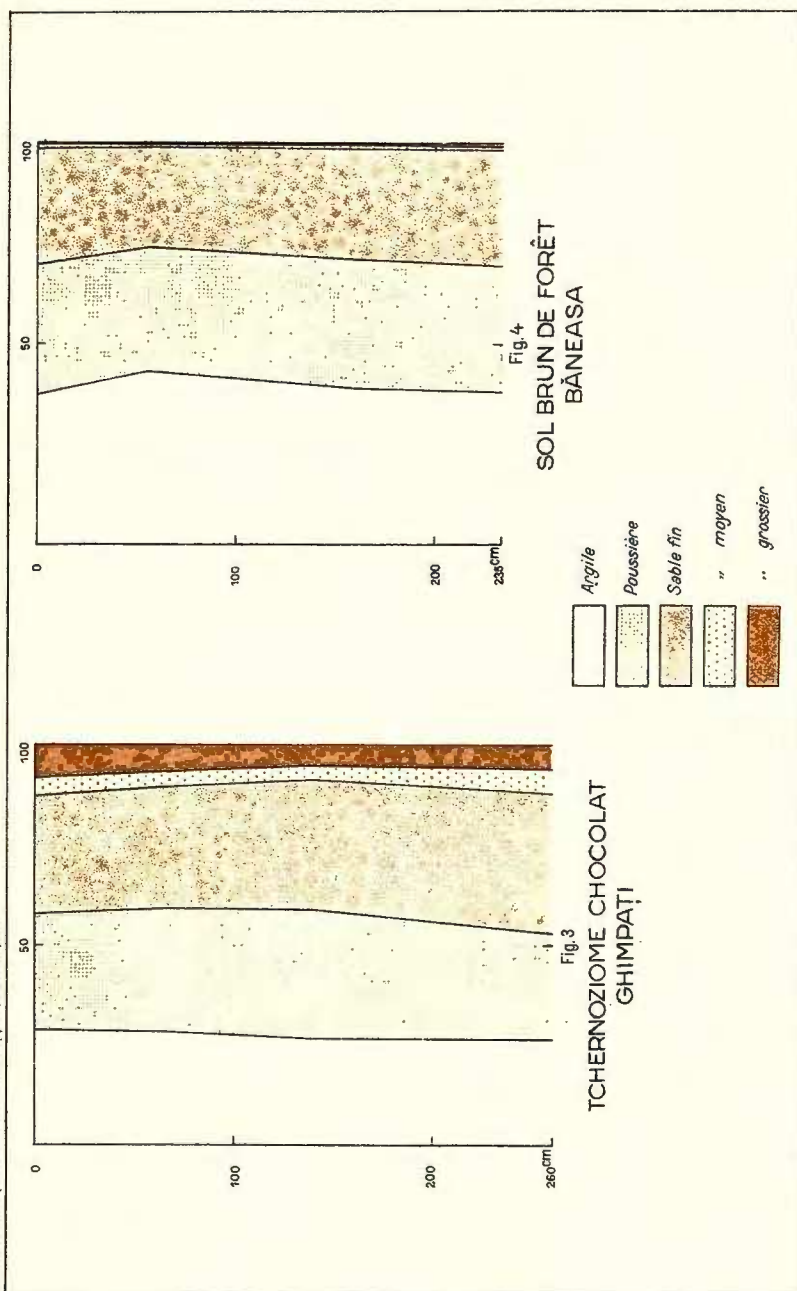
Institutul Geologic al României

COURBES DE SOMMATION DE QUELQUES SOLS (SURFACE)



COURBES DE SOMMATION DE QUELQUES SOUS-SOLS





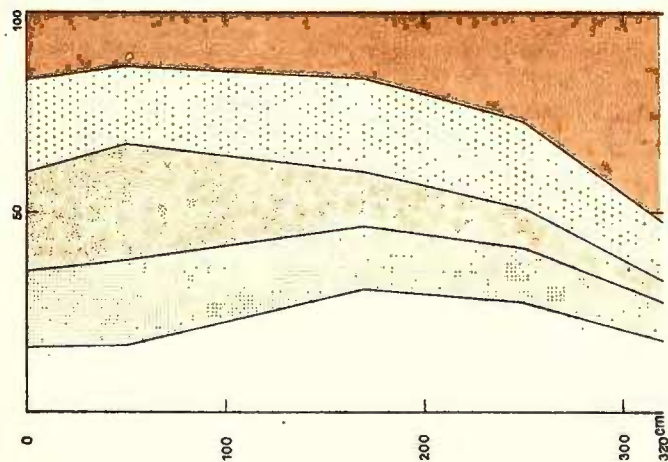


Fig. 5

PODZOL SIGHIȘOARA

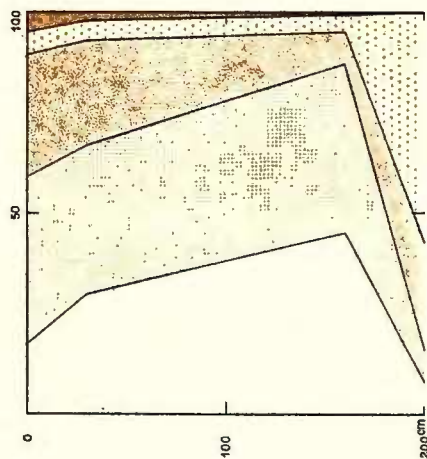
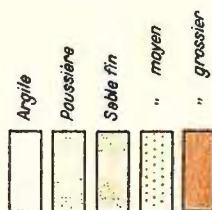


Fig. 6

PODZOL GOROVEI





Institutul Geologic al României

C. 38.771.



Institutul Geologic al României