

DEGRADATION DE LA STRUCTURE DES SOLS

SOUS CULTURE MECANISEE

DANS LA VALLEE DU NIARI

G. MARTIN

Pédologue O. R. S. T. O. M.

Le problème de la dégradation de la structure à la suite du travail mécanique du sol dans cette importante région agricole qu'est la Vallée du Niari, en République du Congo, a été évoqué par de nombreux chercheurs et techniciens sans qu'on puisse jusqu'à présent en donner des raisons très nettes.

C'est pourquoi on a entrepris de vérifier par des analyses systématiques l'importance des différents facteurs qui, classiquement, sont considérés comme régissant cette structure. On a abordé ceci de deux façons complémentaires, d'une part par une étude statistique portant sur un certain nombre d'échantillons soigneusement prélevés, d'autre part par des essais aux champs et en laboratoire.

Les résultats sont reproduits ici.

I — LA DEGRADATION DE LA STRUCTURE

Dès l'ouverture des terrains de savane, la structure passe de nuciforme à polyédrique en surface et nuciforme en profondeur, puis dès la fin de la deuxième année de culture, elle atteint un stade d'un type particulier et elle est dite "poudreuse". Il semble que quel que soit le type de mécanisation (façons lourdes avec retournement du sol, ou au contraire légères sans retournement avec des engins type ROME PLOW ou ROME MASTER) et quel que soit le type d'assolement utilisé (culture continue ou culture avec jachères à plantes fourragères) on atteigne plus ou moins rapidement ce stade. S'il est certain qu'en mettant tous les atouts dans son jeu, (façons légères, repos du sol par prairies temporaires) on réussisse à retarder le phénomène quelque peu, il semble néanmoins qu'il soit inéluctable à plus ou moins brève échéance.

A quoi est dû ce phénomène ? Quels sont les moyens pour y remédier ? Voilà les questions qui viennent immédiatement à l'esprit.

II — ETUDE STATISTIQUE DES RESULTATS ANALYTIQUES

Trente neuf échantillons ont été prélevés et analysés, suivant la technique mise au point par HENIN, technique de la mesure conjointe de l'indice d'instabilité structurale et de la perméabilité.

Comme on peut le constater sur les tableaux de résultats N° 1 et 2, les sols de Loudima (Station Agronomique - C.G.O.T.) et ceux de Madingou (I.R.C.T.) sont légèrement différents, bien qu'on doive les grouper dans le même type. Cela tient essentiellement, pour ceux de Madingou, à de moindres valeurs en tous facteurs de la structure (granulométrie, matière organique, fer libre). En outre, ils possèdent des teneurs en manganèse très fortes.

Tout ceci les rend encore plus fragiles, et plus difficiles à cultiver que ceux de Loudima.

On ne citera ici que les corrélations les plus intéressantes entre les différents tests analytiques et les valeurs trouvées pour les facteurs de la structure.

A - MATIERE ORGANIQUE

On distinguera bien entendu matière organique totale (MO %), et la partie humifiée de cette matière organique (C %).

1 - Matière Organique totale

Le tableau suivant donne les résultats de calculs de corrélations.

On remarque que :

a) La matière organique totale n'est donc pas en corrélation, ou tout du moins faiblement, avec l'argile et le fer libre, mais en corrélation très forte avec la fraction humifiée. On aura l'occasion de revenir sur ce point.

b) La matière organique totale est en corrélation forte avec tous les tests de la méthode. Cela montre que la matière organique totale varie dans le même sens que la structure du sol, chose bien connue, mais qu'il était bon de vérifier dans ce cas précis.

Corrélations	r	t	signification	droite de régression
MO % / Arg %	+ 0,22	1,411	p. s.	
MO % / Fer libre %	+ 0,39	2,61	s. à P = 0,02	Fe % = + 0,101 MO % - 0,98
MO % / C %	+ 0,79		t. h. s.	
Log 10 K / MO %	+ 0,66	5,29	t. h. s. à 0,001	MO % = 3,96 log 10 K - 3,68
Log 10 Is / MO %	- 0,75	6,90	t. h. s. à 0,001	MO % = - 7,17 log 10 Is + 12,77
AgB % / MO %	+ 0,69	6,18	t. h. s. à 0,001	MO % = 0,068 AgB % + 3,67
AgA % / MO %	+ 0,52	3,70	t. h. s. à 0,001	MO % = 0,224 AgA % - 13,90
AgE % / MO %	+ 0,59	4,43	t. h. s. à 0,001	MO % = 0,074 AgE % - 0,16
M. Ag % / MO %	+ 0,75	6,93	t. h. s. à 0,001	MO % = 0,131 M. Ag % - 2,55

2 - Fraction humifiée

Nous ferons tout de suite une distinction entre sols de savane ou très particuliers parce que très riches, comme les échantillons 14, 15 et 16, et les sols cultivés.

Nous avons marqué par C %, les corrélations obtenues en prenant la totalité des échantillons, et par C % r, les corrélations obtenues en réduisant les calculs aux seuls sols cultivés. Les résultats sont les suivants :

Corrélations	r	t	signification	droite de régression
C % o / A %	+ 0,32	2,045	p. s.	
Log 10 K / C %	+ 0,57	4,28	t. h. s. à P = 0,001	C % = 1,37 log 10 K + 0,18
Log 10 K / C % r	+ 0,66	4,55	t. h. s. à P = 0,001	C % r = 2,95 log 10 K - 3,07
Log 10 K / TH (1)	- 0,35	2,26	s à P = 0,05	TH = - 2,69 log 10 K + 77,82
Log 10 Is / C %	- 0,60	4,51	t. h. s. à P = 0,001	C % = - 2,26 log 10 Is + 5,63
Log 10 Is / C % r	- 0,55	3,45	h. s à P = 0,01	C % r = 4,0 log 10 Is + 7,67
Log 10 Is / TH	+ 0,49	3,47	h. s à P = 0,01	TH = 6,07 log 10 Is + 5,34
AgB % / C %	+ 0,56	4,17	t. h. s. à P = 0,001	C % = 0,022 AgB % + 2,75
AgB % / C % r	+ 0,46	2,67	s à P = 0,02	C % r = 0,040 AgB % + 2,54
AgB % / TH	- 0,45	3,05	h. s à P = 0,01	TH = - 0,056 AgB % + 13,01
AgA % / C %	+ 0,42	2,85	h. s à P = 0,01	C % = 0,072 AgA % - 2,89
AgE % / C %	+ 0,52	3,72	t. h. s. à P = 0,001	C % = 0,026 AgE % + 1,37
M. Ag % / C %	+ 0,63	4,94	t. h. s. à P = 0,001	C % = 0,044 M. Ag % + 0,65

(1) TH = taux d'humification.

Sauf pour le premier de ces calculs, c'est à dire le C % de l'humus et l'Argile (A %), où il n'y a pas de corrélation, on voit que l'humus est en corrélation avec les différents tests de la méthode, donc on peut penser que la structure est en corrélation avec le taux d'humus. Rien de particulier ne ressort de la distinction entre les sols de savane et les sols cultivés, sauf peut-être en ce qui concerne la perméabilité. Cette distinction, d'ailleurs, n'est intéressante, on le verra, que pour le fer libre % d'argile.

Cependant :

1. Les valeurs de corrélations sont inférieures à celles obtenues pour la matière organique.
2. Le taux d'humification est en corrélation inverse avec la perméabilité et l'indice d'instabilité structurale, c'est à dire que plus le taux d'humification est faible, et meilleure est la structure.

Ces deux dernières observations sont importantes, car elles paraissent montrer que la structure dépend plus de la matière organique totale que de la fraction humifiée. Pour vérifier ceci on a calculé la régression partielle, entre $\log_{10} I_s$ et la différence C % total, C % humifié d'une part, et le C % humifié d'autre part, soit :

$\log_{10} I_s = f(C \% T - C \% H), C \% H$
 l'équation qui lie $\log_{10} I_s = y$ à $C \% T - C \% H = x_1$ et $C \% H = x_2$ est la suivante :

$$y = 1,466 - 0,0144 x_1 - 0,00164 x_2$$

avec $t_1 = 4,413$ régression très hautement significative.

$t_2 = 0,037$ régression pas significative.

D'autre part, les coefficients de corrélations calculés en considérant un facteur isolé constant, sont les suivants :

- | | |
|---|--------------------------|
| 1 - $\log_{10} I_s / (C \% T - C \% H) - C \% \text{ constant}$ | $r_{12} = - 0,76$ t.h.s. |
| 2 - $\log_{10} I_s / (C \% T - C \% H) \text{ constant} - C \% H$ | $r_{13} = - 0,59$ t.h.s. |
| 3 - $\log_{10} I_s / \text{constant} (C \% T - C \% H) / C \% H$ | $r_{23} = + 0,79$ t.h.s. |

La corrélation 1 est largement supérieure à 2. D'autre part, elle est égale à la corrélation directe $\log_{10} I_s / MO \% : r = - 0,75$ (MO % obtenu à partir de C % total).

Tout ceci paraît donc enlever à la fraction humifiée beaucoup de son importance dans les questions d'agrégation.

Ainsi s'expliqueraient les mécomptes enregistrés lorsqu'on a cherché à utiliser des engrais verts pour essayer d'améliorer la structure de ces sols. Sous climat tropical, ces engrais verts enfouis sont certainement très vite minéralisés, sans donner de matière organique jeune, ou tout au moins pendant une durée très courte, ce qui, par conséquent, expliquerait le fait, que l'amélioration de la structure due à ces enfouissements, a toujours paru extrêmement fugace.

B - FER LIBRE ou Fe % (dans le cas du fer libre % d'argile : Fe % A)

Le deuxième facteur important dans ces sols est le fer libre. Il est reconnu que le fer peut jouer un rôle de pont entre les micelles argileuses et la matière organique et spécialement sa partie humifiée, d'où son action favorable sur la structure des sols.

Il a été également fait la distinction entre les calculs où figurent la totalité des résultats, et ceux où il n'a été pris en considération que les sols cultivés. Ces derniers sont indiqués dans le tableau de résultats suivant par Fe % Ar.

Corrélations	r	t	signification	droite de régression
A % / Fe %	+ 0,58	4,31	t.h.s à P = 0,001	Fe % = + 0,341 A % + 3,82
$\log_{10} K / Fe \% A$	+ 0,25	1,25	p.s.	
$\log_{10} K / Fe \% A_r$	+ 0,65	4,49	t.h.s à P = 0,001	Fe % A_r = 10,6 $\log_{10} K - 13,35$
$\log_{10} I_s / Fer \% A$	- 0,27	1,68	s à P = 0,2	
$\log_{10} I_s / Fer \% A_r$	- 0,56	3,54	h.s à P = 0,01	Fe % A_r = - 14,81 $\log_{10} I_s + 25,72$
AgB % / Fe % A	+ 0,20	1,24	p.s.	
AgB % / Fe % A_r	+ 0,47	2,80	h.s à P = 0,01	Fe % A_r = 0,15 AgB % + 6,73
AgA % / Fe % A	+ 0,42	2,82	h.s à P = 0,01	Fe % A = 0,209 AgA % - 9,02
AgE % / Fe % A	+ 0,38	2,45	s à P = 0,02	Fe % A = 0,054 AgE % + 4,83
AgE % / Fe % A_r	+ 0,46	2,70	s à P = 0,02	Fe % A_r = 0,075 AgE % + 3,60
M.Ag % / Fe % A	+ 0,35	2,27	s à P = 0,05	Fe % A = 0,071 M.Ag % + 4,49
M.Ag % / Fe % A_r	+ 0,58	3,66	s à P = 0,05	Fe % A_r = 0,189 M.Ag % - 1,63

On notera :

- a) que la corrélation argile % / fer libre % est bonne et hautement significative, si bien que nous avons par la suite exprimé tous les calculs en fer libre % d'argile.
- b) que dans tous les cas, les corrélations restreintes aux seuls sols cultivés, sont bien meilleures qu'en prenant la totalité des chiffres.
- c) que le fer libre % d'argile est en bonne corrélation avec la structure dans le cas des sols cultivés.

L'étude de la régression double, réduite aux sols cultivés, entre log 10 Is et la différence C % T, C % H d'une part, et fer libre % d'argile d'autre part, soit :

Log 10 Is = f (C % T - C % H), Fe % A) donne les résultats suivants :
en appelant y, log 10 Is, x1 C % T - C % H, x2 Fe % A, la relation qui lie ces trois valeurs est :

$$y = 1,334 - 0,00104 x_1 - 0,0174 x_2$$

avec t1 = 4,565 régression t.h.s à P = 0,001

et t2 = 2,838 régression h.s à P = 0,01

Ceci montre donc que log 10 Is, (C % T - C % H), Fe % A sont en corrélation. La signification de la régression étant cependant meilleure avec le premier facteur qu'avec le second.

On note également sur les graphiques une légère augmentation de la teneur en fer libre avec l'ouverture des parcelles en culture. Nous pouvons donc penser que nous nous trouvons en face d'une évolution très rapide au moment de la mise en culture de la savane. Du fait de l'abondance des germes minéralisant les sels organiques de fer, de l'aération consécutive aux façons culturales, on peut expliquer cette augmentation du fer libre, suivie d'une diminution rapide, par un lessivage de complexes humus-fer non saturés peu stables, migrant en profondeur. Tout ceci se traduisant par une dégradation rapide de la structure.

C — ARGILE ou A %

Le troisième facteur qui est considéré classiquement comme important dans les questions d'agréments, est la teneur en éléments fins et en particulier l'argile.

Or, il semble bien dans le cas des sols du Niari, qu'il n'y ait aucune corrélation entre l'augmentation de la teneur en argile et l'amélioration de la structure.

Les calculs de coefficient de corrélation donnent des valeurs nulles, sauf peut-être avec deux tests, l'un avec prétraitement à l'alcool qui donne $r = + 0,44$ significatif à $P = 0,01$, et l'autre sans prétraitement où $r = + 0,42$ significatif également à $P = 0,01$.

Il est évident que les variations du taux d'argile sont relativement faibles. Le facteur taux d'argile ne peut jouer d'ailleurs que dans le cas où l'on s'adresse à des sols de granulométries très différentes.

Deux facteurs donc sont importants, la matière organique et le fer libre. Dans la matière organique nous remarquons que la fraction jeune semble jouer un plus grand rôle que la fraction humifiée. D'autre part, la dégradation très rapide de cette structure pourrait s'expliquer par une évolution brutale de la teneur en fer libre.

Il faudrait donc pour agir sur la structure, apporter une matière organique susceptible de ne pas évoluer trop rapidement. D'autre part apporter des sels de fer qui, en se combinant avec l'argile et la matière organique pourraient assurer ce pont indispensable à la bonne structure de départ.

III — ESSAIS AUX CHAMPS ET EN LABORATOIRE

On a pu profiter de la présence à la Station Agronomique de Loudima et à la station IRCT de Madingou, de certains essais particulièrement intéressants.

Il s'agit en particulier d'essais d'apports d'amendements organiques et calcaires sous différentes formes.

On a simplifié pour cette étude les déterminations analytiques, ayant remarqué que les tests d'agréments stables avec et sans prétraitements de la méthode HENIN, donnaient des résultats très suffisamment intéressants.

A — ESSAIS AUX CHAMPS

Un premier essai IRCT concernait des apports de matériaux organiques à C/N variables à des doses d'environ 30 T/ha. Il s'agissait de copeaux et sciures, de Mimosa invisa sec, de Pueraria javanica (sec ou vert), son de Stylosanthes.

Les prélèvements faits un an après épandage n'ont montré aucune augmentation du taux d'agréments stables, même sur le test avec prétraitement au benzène, qui est pourtant celui qui réagit le plus aux différences dans le sol de teneur en matière organique.

— Essai (CGOT) de jachères à Stylosanthes gracilis : une légère augmentation du taux d'agréments stables est à noter. La moyenne des agrégats stables passe de 48 % sous sol nu, à 51 % sous Stylosanthes. Mais cette augmentation est faible eu égard à la teneur initiale sous savane qui était de 62 %.

Cette observation est d'ailleurs encore plus vraie si l'on considère les taux d'agréments stables après prétraitement au benzène, qui sont respectivement de 7,6 % (terre nue), 9,5 % (Stylosanthes) et 36,8 % (savane).

— Essais d'amendements calcaires.

Un essai (Station Agronomique) à doses croissantes de calcaire broyé de 3 T/ha à 7 T/ha, n'a pas montré d'amélioration sensible, la moyenne des agrégats stables oscille entre 40,9 et 42,1 % ce qui, compte tenu des erreurs dues aux analyses n'est pas significativement différent. On pourrait donc considérer comme négligeable l'action du calcaire broyé sur la structure.

Un autre essai (IRHO), combinant enfouissement d'engrais vert et chaulage n'a pas montré non plus d'amélioration de la structure. Ce traitement avait remonté le pH du sol de 4,0 à 5,2 - 5,3. Or, il est admis que les acides humiques formés en milieu acide, ce qui est le cas aussi bien dans cet essai que pour les sols de savane qui dépassent rarement pH 5,2, constituent un ciment moins efficace que ceux formés en milieu neutre, riche en calcium. Peut-être faudrait-il donc, pour obtenir une amélioration de la structure, combiner un enfouissement d'engrais verts avec un apport important d'amendement calcaire susceptible de ramener le pH à la neutralité (environ 10 T/ha).

D'autre part, ces engrais verts seront-ils minéralisés immédiatement ? ou bien ne donnent-ils, après un bref passage au stade " matière organique jeune ", qu'une très petite fraction d'humus, qui même en présence de calcium, mais dans un milieu à pH 5,2 encore acide, n'a qu'un effet très faible ou fugace sur la structure ?

B — ESSAI EN LABORATOIRE

L'amélioration de la structure du sol devait être essayée également avec le fer. Cette étude a été menée au laboratoire en mettant en contact du fer ou des sels de fer avec une terre à structure dégradée.

— Dans un premier essai, en utilisant du fer en poudre à la dose de 2 %, on a obtenu une augmentation de l'ordre de 20 % du taux d'agrégats stables.

Ce résultat a été repris par la suite, en utilisant différentes formes de fer, et en particulier des sels acidifiants et un sel organique neutre. On a apporté une dose de fer, égale à 1 % du poids de terre, terre qui était soumise à des cycles d'humectation rapide et de dessiccation progressive.

Les résultats les plus intéressants ont été obtenus après 5 mois de contact. Ils sont les suivants :

Traitements	Agrégats stables				% du témoin
	AgE %	AgA %	AgB %	M.Ag %	
Témoin au départ	57,5	69,7	11,1	46,2	
Témoin non traité	35,7	52,4	7,0	31,8	100
fer en poudre	39,7	53,8	7,6	33,8	106
gravillons pulvérisés	36,6	53,0	6,6	32,1	100,8
sulfate ferrique	29,0	46,0	5,5	26,9	84,5
citrate ferrique ammoniacal	57,7	66,8	15,1	46,6	146,3
sulfate ferrique ammoniacal	17,1	34,6	6,4	19,4	60,9

Cet essai analysé statistiquement montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre les blocs, mais des différences hautement significatives entre les traitements. $\sigma_m = + 2,75$, trois traitements sont significativement différents du témoin non traité.

Les analyses microbiologiques faites à l'I.R.S.C. par de BOISSEZON, ont montré une augmentation remarquable du nombre de germes minéralisant les sels organiques de fer, surtout dans le cas du traitement au citrate ferrique ammoniacal. Le nombre de ces germes est très grand à l'état naturel dans ces sols, et l'apport d'un sel organique de fer n'a fait que l'augmenter encore.

Cet essai confirme donc les résultats du 2ème paragraphe sur l'effet du fer sur l'agrégation. Le fer en poudre a amélioré la structure mais de façon à peine significative, le citrate ferrique ammoniacal l'a amélioré de façon très hautement significative, quant aux sels acidifiants, ils ont eu un effet nettement dépressif. Il est à noter en outre, que le citrate a ramené le taux d'agrégats stables au niveau initial et même, dans le cas du test au benzène, l'a dépassé.

Le témoin non traité a baissé considérablement par rapport aux analyses de départ. Les cycles humectation - déshydratation sont donc vraisemblablement en partie à l'origine du phénomène de dégradation de la structure, dégradation d'ailleurs fortement activée par le fait que la terre avait été passée au tamis de 2 mm

CONCLUSION

Dans ce milieu extrêmement complexe que constituent les sols de la Vallée du Niari, on espère avoir pu faire comprendre l'action de certains facteurs de la structure.

La matière organique a une action complexe et, actuellement, on semble être autorisé à ne pas donner à l'humus tout le rôle qu'on lui attribuait naguère, au profit de la partie non humifiée dite " jeune " de la matière organique.

Le fer libre a également une action en tant que pont entre les colloïdes organiques et minéraux. L'aération consécutive à l'ouverture des terres de savane, le nombre très grand des germes minéralisants les sels organiques de fer, expliqueraient l'augmentation légère du taux de fer libre après défriche. Par la suite, la désaturation du complexe, le milieu fortement acide, le lessivage sous forme de complexes plus ou moins solubles, seraient les moteurs de la diminution de ce taux avec la dégradation de la structure.

Les moyens habituels d'amélioration de la structure s'avérant impuissants, l'apport de sels organiques de fer étant impensable économiquement, la structure bien que dégradée restant encore à un niveau passable, on en arrive à penser que ce phénomène est irréversible. Pour pallier les effets parfois graves de cette dégradation, on devra donc s'adresser à des techniques anti-érosives, qui ont depuis longtemps fait leurs preuves et qui sont parfaitement connues.

Tableau N° 1

Echantil.	Arg. %	Argile et Limon %	Sg %	Fe ₂ O ₃ libre %	Fe ₂ O ₃ libre % d'argile	MO % totale	C % de l'humus	taux d'humification
1	67,0	82,0	1,7	6,8	10,00	4,7	3,22	12,4
2	67,0	82,0	2,2	6,2	9,25	4,8	3,02	11,2
3	70,5	85,0	2,3	6,2	8,70	4,6	3,24	12,5
4	71,5	85,0	2,1	5,6	7,90	4,6	2,79	11,2
5	69,0	84,0	2,2	5,9	8,55	4,6	3,02	11,6
6	72,0	86,0	1,7	5,9	8,20	4,4	3,02	12,1
7	68,5	83,0	2,2	5,9	8,62	6,8	3,89	10,6
8	70,5	86,0	1,7	5,5	7,75	6,7	4,00	10,8
9	69,0	84,0	2,2	6,9	10,00	4,8	3,73	13,8
10	71,0	84,0	1,7	7,1	9,90	4,7	3,34	12,8
11	72,0	85,0	1,7	7,8	10,80	4,8	3,45	13,3
12	71,5	83,0	1,8	7,5	10,50	4,6	3,47	13,9
13	68,5	83,0	1,8	7,3	10,60	5,7	3,85	12,4
14	64,5	79,0	2,4	5,8	9,00	10,2	4,03	7,2
15	61,5	76,0	3,0	5,5	8,95	6,7	3,64	9,8
16	59,5	75,0	2,7	5,7	9,60	7,9	4,36	9,9
17	66,0	80,0	2,1	6,4	9,70	6,3	3,08	9,1
18	68,5	80,0	2,1	6,6	9,65	6,4	3,45	9,9
19	68,0	82,0	2,1	6,6	9,70	4,6	2,75	11,0
20	66,5	83,0	1,6	6,8	10,20	6,6	4,37	11,8
21	66,5	80,0	1,8	5,9	8,90	5,7	3,70	11,9
22	71,0	86,0	1,8	6,8	9,60	4,8	2,80	10,4
23	70,5	86,0	1,8	6,7	9,65	4,6	3,00	11,9
24	68,5	85,0	1,2	3,9	6,00	2,8	1,70	10,4
25	70,5	86,0	1,7	5,4	7,65	5,2	3,30	11,4
26	50,5	70,0	3,6	5,4	10,70	5,2	3,20	11,2
27	52,0	71,0	3,7	3,0	5,80	2,5	2,00	14,3
28	61,0	76,0	3,3	4,6	7,50	3,8	2,40	11,6
29	59,5	75,0	3,3	4,4	7,80	4,6	2,70	10,3
30	68,0	85,0	1,7	4,6	6,75	4,2	2,90	12,6
31	70,0	81,0	1,8	4,5	4,45	3,7	3,00	15,0
32	62,0	76,0	3,0	5,0	8,05	3,8	3,10	14,8
33	58,0	75,0	3,6	3,9	6,75	4,6	2,90	11,2
34	62,0	77,0	2,9	3,4	5,50	3,8	3,00	14,3
35	62,0	76,0	2,2	3,6	5,80	3,3	2,80	15,5
36	63,5	75,0	3,4	3,4	5,35	3,7	3,00	15,0
37	50,5	68,0	4,9	5,2	10,30	3,3	2,80	15,5
38	46,0	62,0	5,5	4,3	9,35	3,7	2,30	11,3
39	47,0	62,0	5,7	4,5	9,60	4,2	2,80	11,2

Tableau N° 2

Echantil.	Indice d'Instabilité Structurale					Perméabilité				
	Agréats stables				(A+L)	log 10 I _s	Q cc	L cm	K cm/H	log 10 K
	E %	A %	B %	Moy. %	disp. %					
1	79,0	85,5	27,8	64,1	65,0	1,017	365	7,2	22,5	2,352
2	69,2	90,2	8,8	56,0	67,5	1,097	201	6,8	11,8	2,072
3	60,0	81,0	5,1	48,7	78,0	1,223	184	6,8	10,7	2,029
4	71,5	87,2	5,2	54,6	83,0	1,196	176	6,8	10,3	2,013
5	60,3	86,6	6,3	51,0	82,0	1,223	230	6,9	13,7	2,137
6	65,6	88,5	6,3	53,5	86,0	1,218	136	6,5	7,62	1,882
7	69,5	88,5	16,8	58,4	72,0	1,107	232	7,1	14,20	2,152
8	83,2	86,5	45,5	71,7	51,5	0,865	455	7,5	29,5	2,470
9	75,8	86,9	24,2	62,3	69,0	1,057	280	6,7	16,2	2,209
10	70,1	86,3	19,9	58,7	76,0	1,124	208	6,5	11,7	2,068
11	70,7	87,2	18,0	58,7	72,0	1,100	268	6,8	15,7	2,196
12	77,1	84,8	20,7	60,9	73,5	1,090	276	6,9	16,5	2,218
13	82,4	83,2	20,0	61,9	71,0	1,070	291	7,2	18,1	2,258
14	85,9	85,0	79,3	83,4	26,0	0,505	1476	8,0	10,4	3,017
15	86,2	86,3	24,8	65,8	51,0	0,908	620	6,7	35,8	2,554
16	79,0	85,4	29,0	64,5	51,0	0,911	318	7,0	19,2	2,283
17	71,2	88,1	16,5	58,6	63,0	1,045	199	6,8	11,7	2,068
18	75,1	82,1	16,1	57,8	70,0	1,097	190	6,7	11,0	2,041
19	66,3	87,6	8,7	54,2	80,0	1,185	180	6,7	10,4	2,017
20	75,4	87,0	48,3	70,3	47,5	0,839	412	6,8	24,1	2,382
21	88,0	88,9	29,1	67,7	62,0	0,972	733	7,1	45,0	2,653
22	78,2	83,4	7,5	56,4	80,0	1,164	193	6,7	11,1	2,045
23	77,2	84,1	6,9	56,1	76,0	1,145	176	6,5	9,9	1,995
24	78,8	84,6	7,7	57,0	76,0	1,133	156	6,1	8,2	1,914
25	67,6	84,1	10,5	54,1	79,0	1,177	150	6,1	7,9	1,897
26	53,1	85,2	7,9	48,8	70,0	1,187	241	6,9	14,3	2,155
27	54,8	85,2	12,9	50,0	71,0	1,186	148	6,7	8,5	1,929
28	51,3	77,3	9,2	45,9	76,0	1,248	170	6,8	10,0	2,000
29	72,9	82,7	36,8	64,2	53,0	0,937	423	7,0	29,0	2,462
30	49,1	76,3	6,6	44,0	85,0	1,303	146	7,0	8,8	1,944
31	51,7	76,8	8,1	45,6	81,0	1,265	170	6,6	9,65	1,984
32	77,7	83,2	14,1	58,3	73,0	1,118	303	7,1	18,6	2,269
33	57,8	80,9	12,0	50,0	64,0	1,136	200	7,0	12,0	2,079
34	48,9	81,6	7,4	46,0	77,0	1,248	146	6,8	8,5	1,929
35	54,1	82,3	6,7	47,8	76,0	1,220	152	6,5	8,5	1,929
36	75,0	84,1	29,8	62,9	57,0	0,979	560	7,0	33,8	2,529
37	48,7	79,0	9,2	45,7	67,0	1,210	219	6,5	12,3	2,090
38	52,3	80,8	19,5	50,9	58,0	1,220	246	6,4	13,5	2,130
39	67,2	78,9	29,0	58,4	49,0	0,963	324	6,8	20,8	2,318

BIBLIOGRAPHIE

- BROADBENT (F.E.) et OTT (J.B.) : 1957, Complexes métal-matière organique du sol. Soil Science Vol. 83., Juin 1957, N° 6.
- COMBEAU (A) : Quelques facteurs de la variation de l'indice d'instabilité structurale dans certains sols ferrallitiques. C.R Académ. Agric. France 1960, pp.109-115.
- d'HOORE (J.L.) : Etude statistique des teneurs en Fe₂O₃ libre sur limon et argile pour les sols de trois régions naturelles du Congo Belge. 2ème Conf. Intérafricaine des sols. 1954, Vol. I, Doc.14, pp.261-274.
- HENIN (S.) et MONNIER (G.) : 1956. Evaluation de la stabilité structurale du sol. C.R. Congrès International Science du Sol. Paris, Vol. B pp. 49-52.
- HENIN (S.), FEODOROFF (A.), GRAS (R.), et MONNIER (G.) : 1960, Le Profil Cultural. S.E.I.A. Ed. Paris.
- JOFFE (J.S.) : 1955, Green manuring viewed by a pedologist. Adv. in Agron. 1955, VII, pp.141-187.
- KAURICHEV (J.S.), KULAKOV (Ye. V.) et NOZDRUNOVA (Ye.M) : 1958, Formation and migration of organic iron compounds in soil. Soviet Soil Science, (12), pp.1307-1312. Cec. 1958.
- MERIAUX (Mme S.) : 1958, Stabilité structurale et composition des sols. C.R. Acad. Agric. France. T.45, pp.799-803.