

ÉTUDE DE QUELQUES FACTEURS DE LA STRUCTURE DES SOLS DE LA VALLÉE DU NIARI

par

G. MARTIN

Pédologue de l'ORSTOM

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
I. — ÉTUDE STATISTIQUE DES FACTEURS DE LA STRUCTURE	
A. Généralités.	10
B. Perméabilité.	11
C. Indice d'instabilité structurale	13
D. Taux d'agrégats stables avec et sans prétraitements.	16
1. <i>Agrégats stables au benzène.</i>	16
2. <i>Agrégats stables à l'alcool</i>	18
3. <i>Agrégats stables à l'eau</i>	18
4. <i>Moyenne des agrégats stables.</i>	18
E. Taux d'argile et limon dispersable maximum.	20
II. — ÉTUDE DES ESSAIS AU CHAMP ET EN LABORATOIRE	
A. Essais au champ d'apports de matières organiques	21
B. Essai sur l'influence d'une jachère à <i>Stylosanthes gracilis</i>	21
C. Essais d'apports d'amendements calcaires	22
1. <i>Essai IRHO, parc. A7 CGOT UCI Loudima</i>	22
2. <i>Essai Station Agronomique, parc. 110, Calcaire broyé.</i>	22
D. Essais d'application de sels de fer.	23
1. <i>Analyses au départ</i>	24
2. <i>Analyses après un mois de contact</i>	25
3. <i>Analyses après cinq mois de contact</i>	26
4. <i>Analyses microbiologiques après un mois de contact.</i>	27
CONCLUSIONS.	28

INTRODUCTION

On sait l'importance des conditions physiques du milieu sol sur la croissance des végétaux cultivés. Nous n'y reviendrons pas de façon particulière dans cette étude. Nous voudrions simplement étudier certains facteurs de la structure des sols de la Vallée du Niari, au moins les plus importants qui, classiquement, sont : matière organique, humus, éléments fins et fer libre.

Comme nous le verrons par la suite, il n'a été noté qu'une action assez faible des apports, même importants, de matière organique seule ou de fer seul, qui paraissent être cependant les deux facteurs primordiaux de la structure. L'essentiel est plus probablement l'action combinée de ces deux éléments, le fer, parmi d'autres cations, assurant la liaison entre les complexes humiques et les éléments fins, argile et limon.

Ce problème a été abordé de deux façons complémentaires :

— d'une part en considérant des échantillons isolés comme faisant partie d'une population normale à condition de prélever à la même époque de l'année, à une même profondeur, et surtout sur un même type de sol, et d'essayer de trouver les meilleures corrélations entre les valeurs analytiques trouvées.

Nous avons donc fait des prélèvements en 39 points aussi bien répartis que possible. Il ne s'agit pas de prélèvements agronomiques moyens, si bien que les valeurs analytiques ne sont pas ou difficilement utilisables pour pouvoir affirmer que tel ou tel traitement est meilleur qu'un autre. Par contre, et c'était en fait notre but dans cette première partie de notre étude, ces échantillons nous permettent de couvrir pratiquement toute la gamme des valeurs de structure observables dans les sols de la Vallée du Niari.

— d'autre part par des essais d'apports de matière organique au champ sous différentes formes, et de fer en laboratoire, également sous différentes formes. Il s'agira là de prélèvements agronomiques ou plus généralement de moyennes de valeur obtenues.

Nous rendrons compte de ces essais dans la deuxième partie de cette étude.

La méthode utilisée pour l'appréciation analytique de la structure est celle d'HÉNIN : mesure de l'indice d'instabilité structurale et mesure de la perméabilité.

Que se passe-t-il dans les sols de la Vallée du Niari ? Dès la mise en culture des sols de savane, nous assistons à deux séries de phénomènes qui évoluent corrélativement : une diminution de la fertilité chimique et une perte des qualités physiques d'autre part.

Nous ne nous étendons pas sur le premier phénomène : diminution du taux de bases échangeables, plus rapide que la diminution de la capacité d'échange (pertes en matières organiques humifiées), provoquant une acidification marquée et l'apparition d'une toxicité grave par le manganèse. Le remède est actuellement à peu près connu : apports d'amendements calcaires et utilisation d'une jachère à plantes fourragères susceptibles de reconstituer au moins partiellement le stock de matière organique. On a également utilisé à la Station de l'IRCT à Madingou, dans ce même but, du fumier de ferme.

Si du côté chimique l'espoir est donc bon de maintenir la fertilité initiale et peut-être même de l'améliorer, il semble qu'il n'en soit pas de même du côté physique et il était indispensable d'étudier le phénomène au moins dans ses grandes lignes, au début, pour pouvoir pallier les inconvénients graves et bien connus d'une dégradation de la structure.

Les sols du Niari sont relativement homogènes. Il s'agit de formations superficielles anciennes de texture argileuse et comprenant à leur base un niveau grossier composé de gravillons et de débris de cuirasse. Ce matériau argileux est caractérisé dans son épaisseur et sur toute la surface qu'il occupe par sa grande homogénéité et par sa forte évolution : réserve minérale faible, nature kaolinique de l'argile, richesse en hydroxydes métalliques.

Les sols de savane présentent toujours des valeurs analytiques, chimiques et physiques, supérieures à celles des sols cultivés. Ces derniers évoluent très vite, et dès la deuxième année, les symp-

tômes extérieurs de dégradation sont très nets et deviennent parfaitement visibles dès la troisième année.

Nous ne nous sommes, pour le moment, occupés que de la couche de terre travaillée, correspondant en général aux quinze premiers centimètres.

Sous savane, au départ, la structure est nuciforme assez grossière à tendance polyédrique, sauf l'horizon tout à fait superficiel (deux à trois premiers centimètres) riche en matière organique et en racines à structure grumeleuse fine. Sur défriche et au bout de quelques mois après l'ouverture du terrain, la terre est motteuse. Il faut d'ailleurs distinguer une structure de surface et une autre de profondeur. En surface les mottes présentent une couleur ocre-rouge, elles sont durcies et ont une nette tendance polyédrique. En profondeur la terre devient brune et la structure reste nuciforme (nombreuses mottes noyées dans une terre fine à tendance grumeleuse fine). Dès la deuxième année l'émiettement des mottes est déjà très prononcé; à la fin de cette deuxième année on trouve à la surface un épandage de petits agrégats très durs et très stables, de couleur ocre-rouge, polyédriques, sur une couche d'environ un à deux centimètres. En profondeur, la terre, de couleur brune, a une structure nuciforme fine. Enfin, à partir de la troisième année, on continue à trouver en surface cet épandage de petits agrégats très stables et en profondeur la structure prend un type particulier souvent dénommé « poudreuse ».

Ce schéma d'évolution est valable à peu près dans tous les cas. Si avec l'assolement deux ans de culture — deux ans de *Stylosanthes*, cette évolution semble retardée, il n'en est pas moins vrai que l'effet de la jachère paraît assez fugace et qu'à la fin du deuxième cycle de culture (par exemple sur certaines sous-parcelles de la parcelle 106 de la Station Agronomique) on retrouve sensiblement les mêmes phénomènes que ceux décrits plus haut, quoique un peu atténués.

Dans l'état actuel des techniques, la dégradation de la structure paraît donc un phénomène pratiquement inéluctable quoique retardé par l'utilisation des plantes fourragères et s'opérant par paliers dans ce cas.

Il sera vraisemblablement difficile de lutter contre ce phénomène car il paraît impossible de préconiser l'emploi de sels organiques de fer très coûteux, surtout aux doses qui seraient nécessaires. Nous serions amenés par contre à envisager des pratiques antiérosives et en particulier à conseiller, dès l'ouverture des terrains, l'établissement des cultures en courbes de niveau ou en bandes alternées.

I. — ÉTUDE STATISTIQUE DES FACTEURS DE LA STRUCTURE

Nous avons fait des prélèvements en différents points du Niari et en particulier à Loudima, à la Station Agronomique et à la CGOT, ainsi qu'à Madingou à la Station IRCT.

Bien que les sols de l'IRCT présentent une granulométrie légèrement différente de celle des sols prélevés à Loudima, leurs caractéristiques physiques sont identiques, en particulier pour les sols de savane. La différence essentielle est qu'ils évoluent encore plus vite que ceux de Loudima. Cela tient vraisemblablement à une moindre richesse en tous éléments essentiels constituant les facteurs de structure.

La détermination de l'indice d'instabilité structurale I_s établie par HÉNIN et MONNIER comporte différents tests : la mesure du taux d'agrégats stables à l'eau avec prétraitements (alcool et benzène) ou sans, la mesure du taux d'éléments fins facilement dispersables. La mesure de I_s s'accompagne de la mesure de la perméabilité.

L'étude statistique des chiffres obtenus permet de mettre en évidence un certain nombre de corrélations intéressantes.

Les tableaux ci-après donnent les résultats analytiques chimiques et physiques correspondant à ces échantillons, les observations de prélèvements et les valeurs statistiques obtenues.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, nous avons analysé, en tant que facteurs de la structure, le taux d'éléments fins et spécialement le taux d'argile, la matière organique (totale %, humifiée, par le dosage du C ‰ de l'humus, taux d'humification), la teneur en Fer libre (fer libre % et fer libre % d'argile).

OBSERVATIONS SUR LES ÉCHANTILLONS

Échantillons de Loudima :			
N°			
M 1	Station	savane proche de parc. 109	savane S
M 2	CGOT	parc. A 12. UCI. Terre nue	stru. très dégr.
M 3	CGOT	parc. A 7. UCI. Terre nue	stru. très dégr.
M 4	CGOT	parc. A 14. UCI. Terre nue, agrégats très stables	stru. très dégr.
M 5	CGOT	parc. A 14. UCI. Terre nue	stru. très dégr.
M 6	CGOT	parc. A 14. UCI. <i>Centrosema</i> d'un an	stru. très dégr.
M 7	CGOT	parc. A 14. UCI. <i>Stylosanthes</i> de trois ans	stru. moyenne
M 8	CGOT	savane proche de parc. A 14. UCI.	savane S
M 9	Station	parc. nouveau paysannat. Défriche de six mois	stru. bonne V
M 10	Station	parc. nouveau paysannat. Défriche de six mois	stru. bonne V
M 11	Station	parc. nouveau paysannat. Défriche de six mois	stru. bonne V
M 12	Station	parc. nouveau paysannat. Défriche de six mois	stru. bonne V
M 13	Station	parc. nouveau paysannat. Défriche de six mois	stru. bonne V
M 14	Station	savane proche de parc. 108. Terre bas-fond	stru. très bonne TB
M 15	Station	parc. 108. Sous Arachides	stru. très bonne TB
M 16	Station	parc. 108. Sous Maïs	stru. très bonne TB
M 17	Station	parc. 109. <i>Stylosanthes</i> et calc.	stru. moyenne
M 18	Station	parc. 109. <i>Stylosanthes</i> sans calc.	stru. moyenne
M 19	Station	parc. 106. Arachides après <i>Stylosanthes</i>	stru. dégr.
M 20	Station	parc. 109. Défriche d'un mois	stru. bonne SV
M 21	Station	savane proche de parc. 109	savane S
M 22	IRHO	parc. A 16. UCI. Essai. Arachides sans calc.	stru. dégr.
M 23	IRHO	parc. A 16. UCI. Essai. Arachides avec calc.	stru. dégr.
M 24	IRHO	parc. A 16. UCI. Essai. <i>Stylosanthes</i> avec calc.	stru. dégr.
M 25	IRHO	parc. A 16. UCI. Essai. <i>Stylosanthes</i> sans calc.	stru. dégr.
Échantillons de Madingou :			
M 26	IRCT	Ch. 21. <i>Hyparrhenia diplandra</i> et 8 T/ha chaux	stru. moyenne
M 27	IRCT	Ch. 27. Sissongo, trois ans	stru. dégr.
M 28	IRCT	Ch. 17. <i>Melinis</i> sans fum. ni calc., un an	stru. dégr.
M 29	IRCT	savane proche du Ch. 17	savane S
M 30	IRCT	Ch. 9. <i>Stylosanthes-Melinis</i> avec fum. et calc.	stru. très dégr.
M 31	IRCT	Ch. 9. <i>Stylosanthes-Melinis</i> avec fum. sans calc.	stru. très dégr.
M 32	IRCT	Ch. 10. <i>Paspalum</i> avec calc., deux ans	stru. dégr.
M 33	IRCT	Ch. 15. <i>Stylosanthes</i> sans fum. ni calc., deux ans	stru. moyenne
M 34	IRCT	Ch. 20. <i>Paspalum</i> avec calc., prélvt. ds. touffe	stru. dégr.
M 35	IRCT	Ch. 20. <i>Paspalum</i> avec calc., prélvt. côté touffe	stru. dégr.
M 36	IRCT	savane proche du Ch. 20	savane S
M 37	IRCT	Ch. 11. <i>Stylosanthes-Melinis</i> , sans fum. ni calc.	stru. moyenne
M 38	IRCT	Ch. 37. <i>Stylosanthes</i> enfoui, trois ans	stru. moyenne
M 39	IRCT	savane proche du Ch. 37	savane S

Abréviations : stru. = structure; dégr. = dégradée; parc. = parcelle; Ch. = champ; calc. = calcaire; fum. = fumier; prélvt. = prélèvement; ds. = dans.

Les lettres S, V, SV et TB indiquées sont reproduites sur les graphiques; elles signifient respectivement : savane, terres de défriche, savanes récemment défrichées et très bonnes structures.

Échantillons	Arg. %	Arg. + Lim. %	Sg %	Fe ₂ O ₃ libre %	Fe ₂ O ₃ libre % d'Arg.	Mo % total	C % de l'humus	Taux d'humifi- cation
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	10,80	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

Échantillons	Indice d'instabilité structurale						Perméabilité			
	Agréats stables				(A + L) disp. %	log 10 <i>I</i> _s	Q cc	L cm	K cm/H	log 10 K
	E %	A %	B %	Moy. %						
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	82,2	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

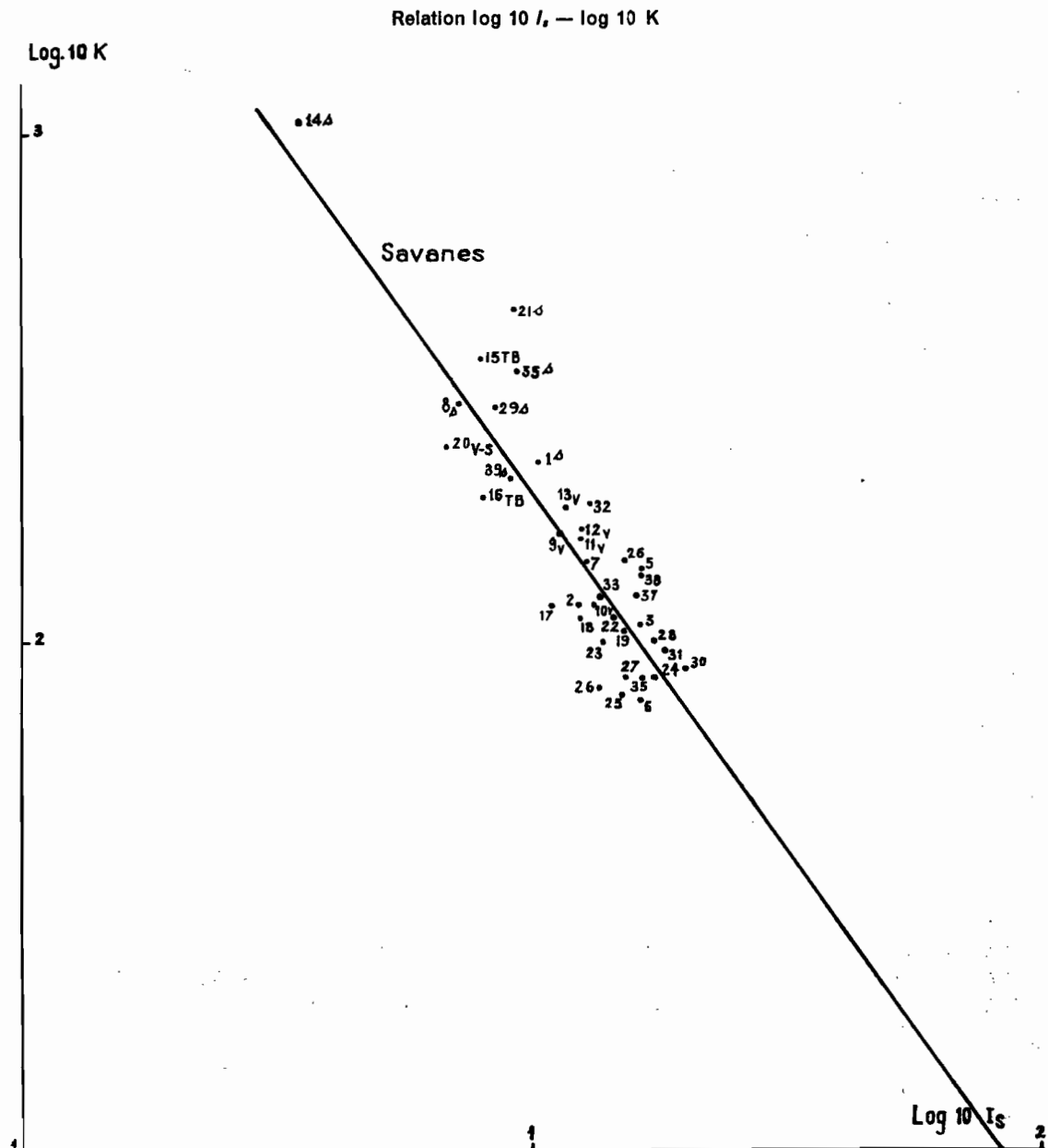
TABLEAU DES CORRÉLATIONS ET RÉGRESSIONS CALCULÉES

Corrélations	r	t	Signification	Droite de régression
C %/A %	+ 0,32	2,045	ps	
MO %/A %	+ 0,22	1,411	ps	
MO %/Fer libre %	+ 0,39	2,61	s à P = 0,02	Fe % = + 0,341 A % + 3,82
A %/Fer libre %	+ 0,58	4,31	s à P = 0,001	Fe % = + 0,101 MO % - 0,98
log 10 Is/log 10 K	- 0,89	12,0	hs à P = 0,001	log 10 K = - 1,416 log 10 Is + 3,722
log 10 K/MO %	+ 0,66	5,29	s à P = 0,001	MO % = 3,96 log 10 K - 3,68
log 10 K/C %	+ 0,57	4,28	s à P = 0,001	C % = 1,37 log 10 K + 0,18
log 10 K/C % r	+ 0,66	4,55	s à P = 0,001	C % r = 2,95 log 10 K - 3,07
log 10 K/TH	- 0,35	2,26	s à P = 0,05	TH = - 2,69 log 10 K + 77,82
log 10 K/Fe % A	+ 0,25	1,25	ps	Fe % A = 1,41 log 10 K + 5,48
log 10 K/Fe % A r	+ 0,65	4,49	s à P = 0,001	Fe % A r = 10,6 log 10 K - 13,35
log 10 K/A %	0	-	-	-
log 10 Is/MO %	- 0,75	6,90	hs à P = 0,001	MO % = - 7,17 log 10 Is + 12,77
log 10 Is/C %	- 0,60	4,51	s à P = 0,001	C % = - 2,26 log 10 Is + 5,63
log 10 Is/C % r	- 0,55	3,45	s à P = 0,01	C % r = - 4,0 log 10 Is + 7,67
log 10 Is/TH	+ 0,49	3,47	s à P = 0,01	TH = 6,07 log 10 Is + 5,34
log 10 Is/Fe % A	- 0,27	1,68	s à P = 0,2	Fe % A = - 2,95 log 10 Is + 11,77
log 10 Is/Fe % A r	- 0,56	3,54	s à P = 0,01	Fe % A r = - 14,81 log 10 Is + 25,72
log 10 Is/A %	0	-	-	-
Ag B %/MO %	+ 0,69	6,18	s à P = 0,001	MO % = 0,068 Ag B % + 3,67
Ag B %/C %	+ 0,56	4,17	s à P = 0,001	C % = 0,022 Ag B % + 2,75
Ag B %/C % r	+ 0,46	2,67	s à P = 0,02	C % r = 0,040 Ag B % + 2,54
Ag B %/TH	- 0,45	3,05	s à P = 0,01	TH = - 0,056 Ag B % + 13,01
Ag B %/Fe % A	+ 0,20	1,24	ps	-
Ag B %/Fe % A r	+ 0,47	2,80	s à P = 0,01	Fe % A = 0,15 Ag B % + 6,73
Ag B %/A %	0	-	-	-
Ag A %/MO %	+ 0,52	3,70	s à P = 0,001	MO % = 0,224 Ag A % - 13,90
Ag A %/C %	+ 0,42	2,85	s à P = 0,01	C % = 0,072 Ag A % - 2,89
Ag A %/Fe % A	+ 0,42	2,82	s à P = 0,01	Fe % A = 0,209 Ag A % - 9,02
Ag A %/A %	+ 0,44	2,97	s à P = 0,01	A % = 0,926 Ag A % - 13,16
Ag E %/MO %	+ 0,59	4,43	s à P = 0,001	MO % = 0,074 Ag E % = 0,16
Ag E %/C %	+ 0,52	3,72	s à P = 0,001	C % = 0,026 Ag E % + 1,37
Ag E %/Fe % A	+ 0,38	2,45	s à P = 0,02	Fe % A = 0,054 Ag E % + 4,83
Ag E %/Fe % A r	+ 0,46	2,70	s à P = 0,02	Fe % A r = 0,075 Ag E % + 3,60
Ag E %/A %	+ 0,42	2,83	s à P = 0,01	A % = 0,259 Ag E % + 46,87
M Ag %/MO %	+ 0,75	6,93	hs à P = 0,001	MO % = 0,131 M Ag % - 2,55
M Ag %/C %	+ 0,63	4,94	s à P = 0,001	C % = 0,044 M Ag % + 0,65
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 = 0,01	Fe % A r = 0,189 M Ag % - 1,63
M Ag %/A %	0	-	-	-

Liste des abréviations : TH = taux d'humification ; A % = taux d'argile % ; MO % = matière organique totale ; C % = carbone % de l'humus ; C % r = id. mais calculs restreints aux sols cultivés ; Fe % A = Fer libre % d'argile ; Fe % A r = Fer libre % d'argile mais calculs restreints aux sols cultivés.

A. GÉNÉRALITÉS

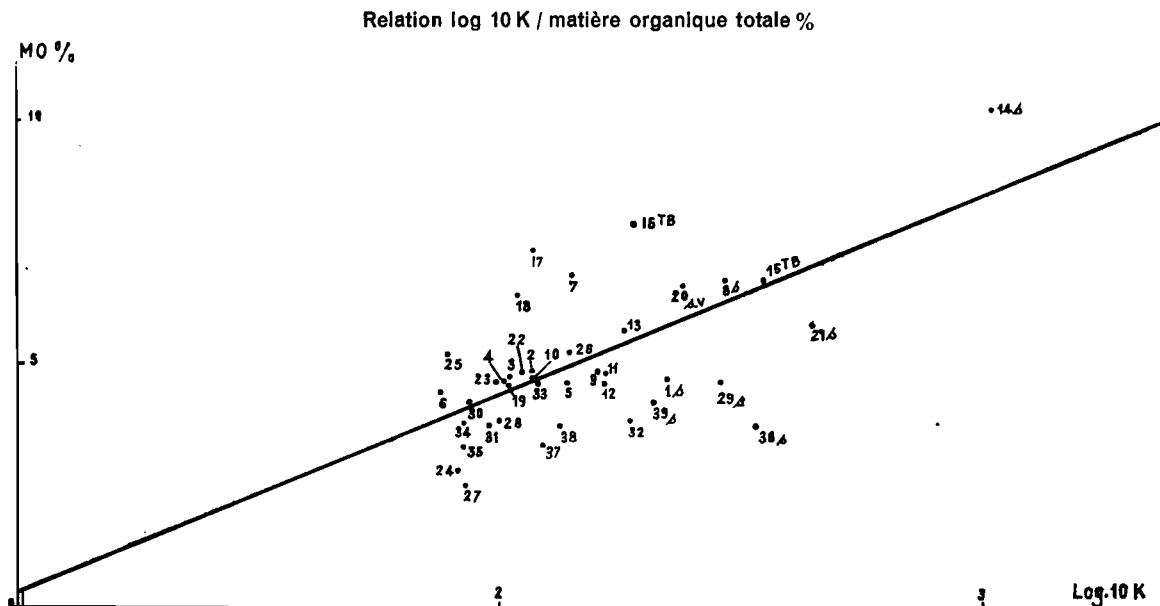
La relation la plus intéressante à vérifier était celle qui lie théoriquement $\log_{10} I_s$ et $\log_{10} K$, c'est-à-dire l'indice d'instabilité structurale et la perméabilité. Nous voyons que le coefficient de corrélation est bon $r = -0,89$, hautement significatif à $P = 0,001$. Nous remarquerons cependant que nous trouvons pour les bonnes à très bonnes structures des chiffres élevés, plus élevés que ceux que l'on trouve en général par cette méthode. La pente de la droite de régression est plus forte que celle, théorique, donnée dans les publications traitant de ce sujet.



On peut donc affirmer que la dégradation de la structure s'accompagne, pour les sols du Niari, d'une diminution rapide de la perméabilité avec tous les risques d'érosion que cela entraîne. Notons cependant que la couche superficielle est partiellement protégée par l'épandage de petits gravillons qui constituent une sorte de couche protectrice diminuant l'effet mécanique du choc des gouttes d'eau et l'entraînement des éléments fins. D'ailleurs si on n'élimine pas cette couche tout à fait superficielle lors du prélèvement on peut trouver des chiffres de perméabilité légèrement supérieurs à ceux d'un sol encore en bon état structural.

Remarquons en outre, chose que nous retrouverons la plupart du temps, que les sols de savane ou un peu particuliers, comme les échantillons 15 et 16 riches en matière organique et à très bonne structure, se trouvent bien groupés dans le haut de l'échelle des valeurs (sols de savane de Loudima et de Madingou), alors que les sols de culture de Madingou se trouvent tout à fait en bas et ceux de Loudima entre les deux groupes. Le phénomène de dégradation est donc pratiquement immédiat dès l'ouverture des terres et plus sensible pour les sols « Madingou » que pour les sols « Loudima ».

Il existe des corrélations intéressantes entre Matière Organique, Argile et Fer libre. La corrélation Argile/Fer libre % est particulièrement bonne et significative à $P = 0,001$. Par la suite nous avons donc calculé toutes les corrélations entre les différentes valeurs analytiques et le taux de Fer libre % d'argile, plus représentatif que le taux de Fer fibre % et également plus employé.

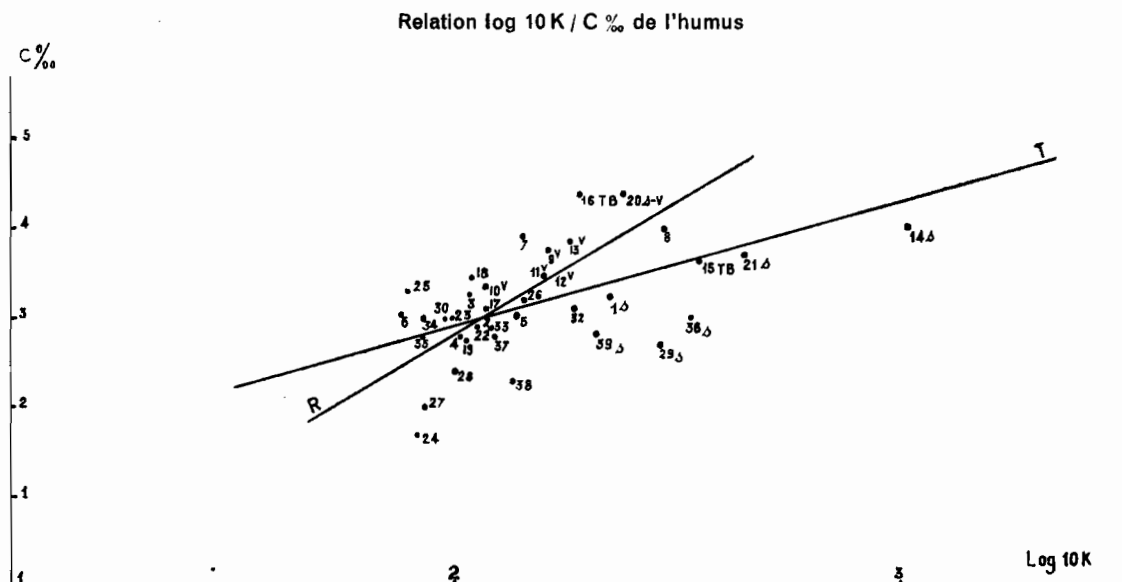


Il n'existe qu'une corrélation très faible entre taux d'éléments fins et matière organique totale, un peu supérieure entre taux d'éléments fins et $C\%$ de l'humus, mais non significative. Nous pensons d'ailleurs que des corrélations de ce type ne peuvent être trouvées qu'entre des sols très différents dans leur granulométrie mais non dans un même type de sol. Ceci d'ailleurs vérifie en partie l'hypothèse émise par certains auteurs selon laquelle la teneur en matière organique serait une valeur constante et caractéristique du type de sol, au moins sur terre vierge.

B. PERMÉABILITÉ : LOG 10 K

Des trois facteurs de la structure envisagés, deux seulement sont en corrélation avec la perméabilité, ce sont la matière organique totale et humifiée et le fer libre % d'argile. Il existe une différence essentielle entre ces deux facteurs. En effet si l'on reporte les valeurs analytiques sur graphique on s'aperçoit qu'il n'y a pas de différences sensibles entre la répartition des sols de savane et des

sols cultivés pour les valeurs matière organique, alors que pour le fer libre % d'argile nous pouvons considérer que dans les calculs de corrélation nous devons séparer les sols cultivés des sols de savane. Nous avons en effet deux nuages de points prouvant que nous nous trouvons en face de deux répartitions. Nous sommes amenés à envisager le calcul de corrélation d'une part sur les sols cultivés, d'autre part sur les sols de savane. Ces derniers présentent une très grande dispersion et de toute façon nous ne disposons que de trop peu de points. Pour ces raisons nous n'avons pas fait de calculs spéciaux les concernant. Par contre, en ce qui concerne les sols cultivés, bien groupés et avec des valeurs suffisamment nombreuses, les calculs sont intéressants à faire. Ils indiquent une régression rectilinéaire, la corrélation étant bonne et significative à $P = 0,001$. Nous verrons plus loin, dans la deuxième partie de cette étude, concernant un essai d'apports de sels de fer à forte dose, qu'une évolution très rapide due à l'abondance des germes minéralisant les sels organiques de fer pourrait



être en cause. Nous pouvons donc penser, ce que nous vérifierons par la suite sur les autres tests, qu'une évolution se manifeste dès l'ouverture de ces terres sur le fer libre. Il semblerait qu'il y ait dès défrichement (terres marquées V) une légère augmentation de la teneur en fer libre % d'argile, puis une diminution de cette teneur avec la diminution de la perméabilité en corrélation avec la dégradation de la structure et l'augmentation de l'indice d'instabilité structurale.

La perméabilité est en meilleure corrélation avec la matière organique totale qu'avec le taux d'humus mesuré par la teneur en C‰ de l'humus, au moins pour la totalité des échantillons (cf. tableau des corrélations calculées).

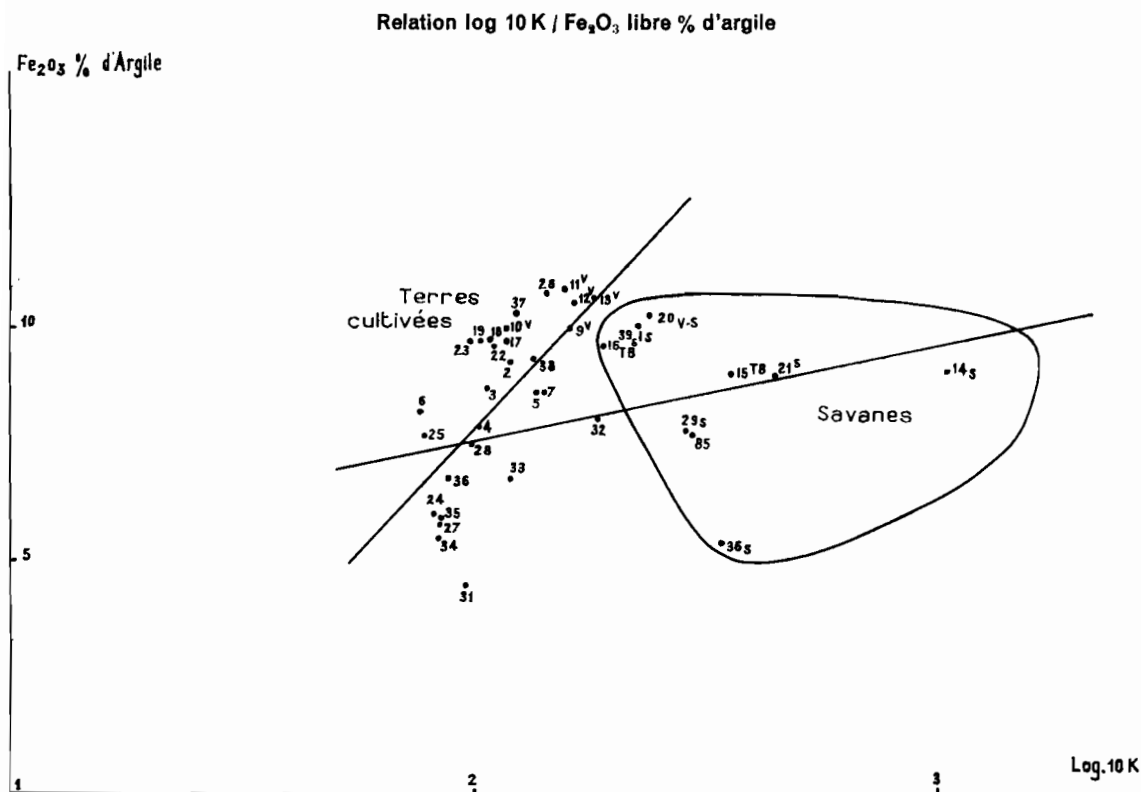
Pour la corrélation $\log 10 K$ /matière organique totale, pas de dispersion particulière entre sols de savane et sols cultivés, par contre pour ce qui concerne l'humus, il existe une différence, moins marquée que pour le fer libre mais cependant nette. Là aussi, il doit donc se manifester une évolution rapide dès l'ouverture des terres. Il existe une dispersion particulière des sols de savane et des sols cultivés, la corrélation étant meilleure sur les échantillons de sols cultivés que sur la totalité des mesures; la pente de la droite de régression y est plus forte, ce qui confirme l'observation que l'on peut faire sur le graphique d'une légère augmentation du taux d'humus après ouverture des terres.

Le taux d'humification est en corrélation inverse avec la perméabilité, c'est-à-dire que plus la perméabilité est forte et plus le taux d'humification est faible. Nous retrouverons ce fait avec I_s et nous en discuterons plus loin. De toute façon la corrélation $\log 10 K$ /taux d'humification

n'est significative qu'à $P = 0,05$ et il est difficile de tirer un caractère de généralité de cette observation.

Il reste donc en conclusion que matière organique (totale ou humifiée) et fer libre % d'argile sont en corrélation avec la perméabilité et suivent des lois de régression rectilinéaires. Il n'existe pas de corrélation entre perméabilité et taux d'éléments fins, spécialement d'argile.

On peut donc penser raisonnablement que matière organique totale, humus, fer libre sont trois facteurs de la perméabilité agissant sur la structure d'une façon sensiblement égale, sans prédominance de l'un ou de l'autre.



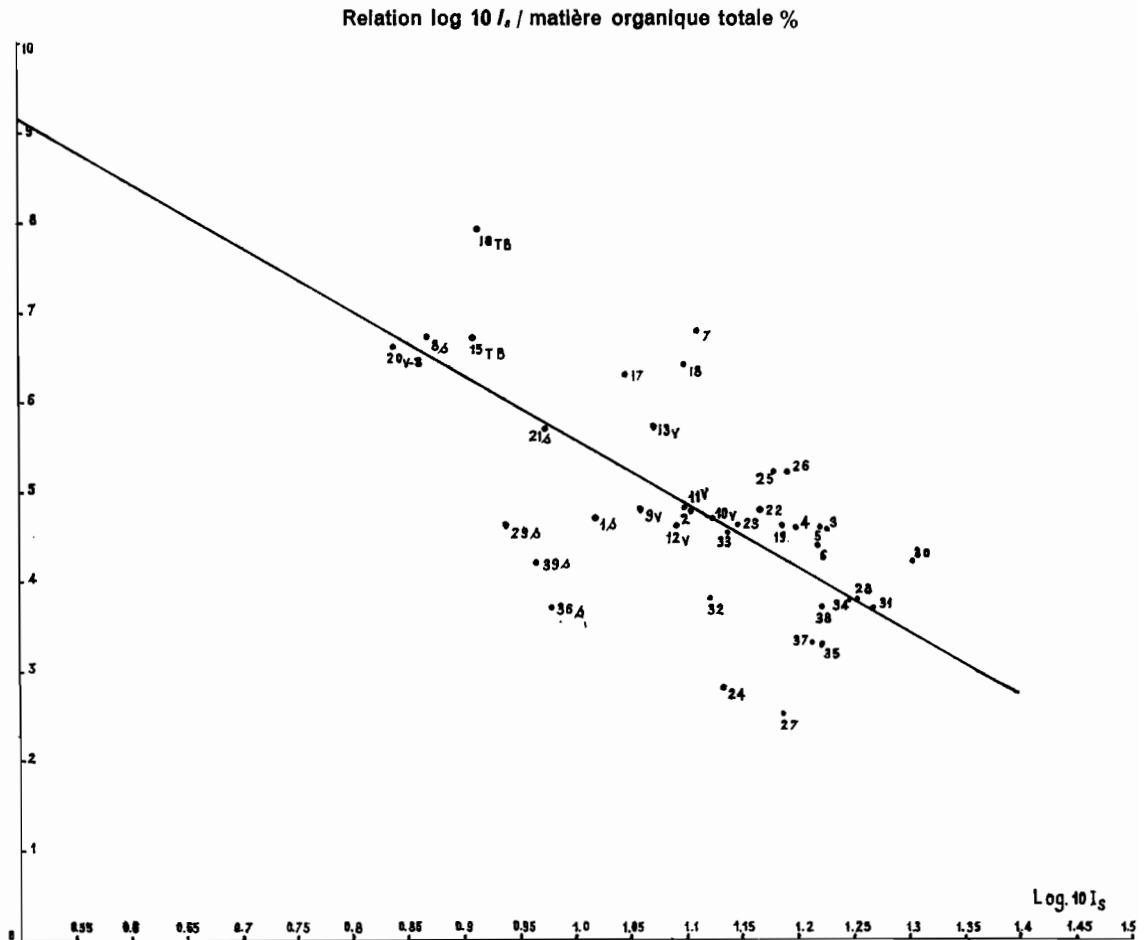
C. INDICE D'INSTABILITÉ STRUCTURALE : $\log 10 I_s$

Il constitue le chiffre final obtenu après tous les tests que nous passerons en revue par la suite. Son étude est donc particulièrement intéressante. Nous retrouverons les mêmes phénomènes que pour $\log 10 K$:

- pas de corrélation avec le taux d'éléments fins, argile %;
- forte corrélation avec la matière organique totale et pas de dispersion particulière des sols de savane et des sols cultivés;
- corrélation, mais moins forte avec le taux d'humus (C_{∞} de l'humus), le calcul de corrélation restreint aux seuls sols cultivés donnant une valeur moins forte encore ;
- notons cependant qu'après ouverture des terrains on observerait des valeurs légèrement plus fortes en humus, la pente de la droite de régression étant plus forte ;

- nous retrouvons une corrélation inverse avec le taux d'humification, corrélation meilleure que dans le cas de la perméabilité mais moins bonne qu'avec la matière organique totale. Elle est cependant significative à $P = 0,01$;
- corrélation avec le fer libre % d'argile avec les sols cultivés, les sols de savane présentant une dispersion très grande qui les retire du calcul.

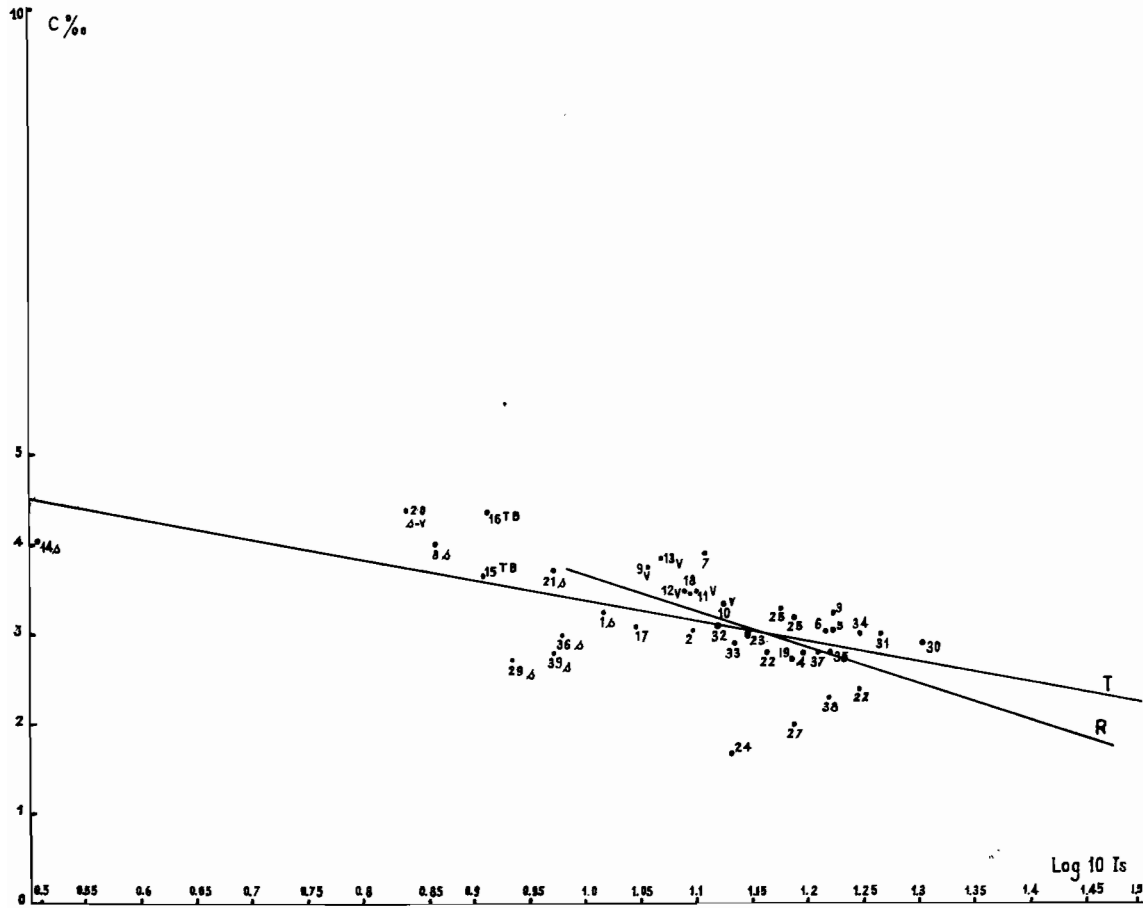
Il se présente une correspondance intéressante dans les calculs et résultats concernant la matière organique : en effet, les corrélations étant meilleures avec la matière organique totale qu'avec le taux d'humus, nous pourrions donc penser que la structure dépend plus de la fraction jeune



de la matière organique que de la fraction humifiée, résultat déjà observé par COMBEAU (*C.R. Acad. Agric. France*, janvier 1960). Confirmant ceci nous remarquons que plus une terre a un taux d'humification faible (donc moins elle a proportionnellement d'humus) et plus son indice d'instabilité structurale est faible (donc meilleure est sa structure). On peut encore exprimer ce fait en remarquant que le taux de C‰ de l'humus augmente moins vite avec l'amélioration de la structure que le taux de matière organique totale. Ces observations enlèvent à la fraction humifiée de la matière organique une partie du rôle important qu'on lui donne classiquement.

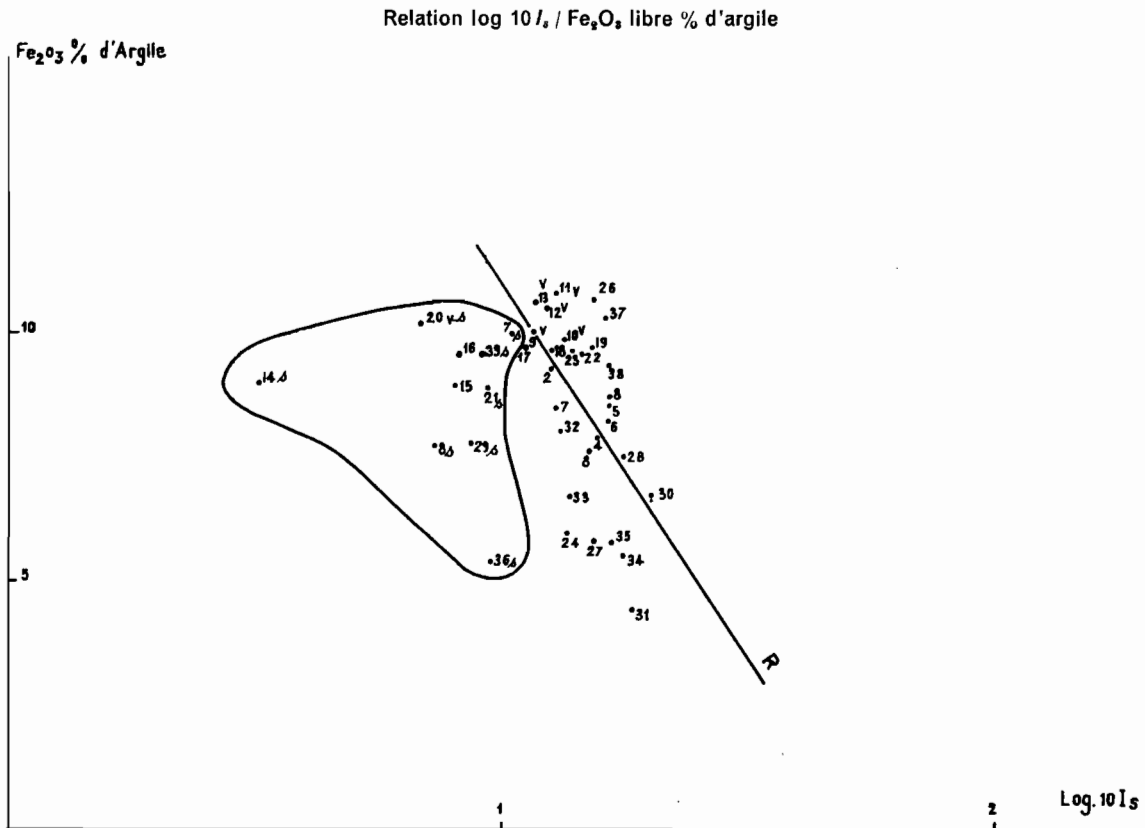
La matière organique apportée au sol par des enfouissements d'engrais verts ou de fumier étant très rapidement minéralisée, ainsi s'expliqueraient les mécomptes obtenus et le caractère

extrêmement fugace des améliorations de structure obtenues. Ainsi se confirmeraient les idées de certains pédologues américains (JOFFE) sur le caractère illusoire de l'emploi des engrais verts sur l'accroissement de la teneur en matière organique totale d'un sol; ce taux étant en fait pratiquement une constante dans les conditions naturelles il ne peut que diminuer lors de la mise en culture. La solution restant encore à trouver d'un apport de matière organique qui, tout en s'incorporant bien au sol, aurait cependant une décomposition suffisamment lente.

Relation $\log 10 I_s / C_{\%}$ de l'humus

Nous retrouvons, pour ce qui concerne le fer, le même phénomène que dans le cas de la perméabilité, à savoir : dispersion très grande des valeurs sous savane, augmentation légère après l'ouverture des terrains, puis diminution avec la dégradation de la structure. Dans une série d'expériences non publiées, de BOISSEZON a pu montrer que par un prétraitement à l'hydrosulfite ($S_2O_4Na_2$ à 2 %) on obtenait une nette augmentation des quantités de matières organiques extraites par une solution de FNa à 1 %. L'existence de complexes organo-ferriques et de leur liaison avec les éléments fins déjà étudiés par de nombreux chercheurs expliquerait ces résultats et on peut donc envisager que le fer, parmi d'autres cations bivalents, agirait comme « pont » entre les matières humiques et l'argile, d'où son action sur la structure des sols. Comme on le verra plus loin, les germes minéralisant les sels organiques de fer sont très nombreux dans les sols du Niari. L'amélioration de l'aération consécutive à l'ouverture des sols de savane pourrait amener une forte activité de ces germes, ce qui expliquerait l'augmentation de fer libre après défriche. Par la suite, la rupture entre l'argile

et les matières organiques étant faite, le fer migrerait en profondeur, peut-être sous la forme de complexes humo-ferriques non saturés peu stables, ceci expliquant la baisse rapide de la teneur en fer libre % d'argile avec la dégradation de la structure. Nous n'avons cependant pas remarqué, sous sol dégradé, d'horizon d'accumulation de fer en profondeur, au moins perceptible à l'œil.



Il est d'ailleurs intéressant de remarquer que les valeurs des corrélations calculées sont les mêmes, que ce soit pour le C‰ de l'humus (restreint aux sols cultivés) ou pour le fer libre % d'argile (restreint aux sols cultivés), ce qui pourrait indiquer une évolution sensiblement parallèle.

En conclusion, donc, pas d'action du taux d'éléments fins, grande action de la matière organique totale, actions égales du fer libre et de la partie humifiée de la matière organique, actions que l'on peut supposer parallèles.

D. TAUX D'AGRÉGATS STABLES AVEC ET SANS PRÉTRAITEMENTS

1. Agrégats stables après prétraitement au benzène : AgB %

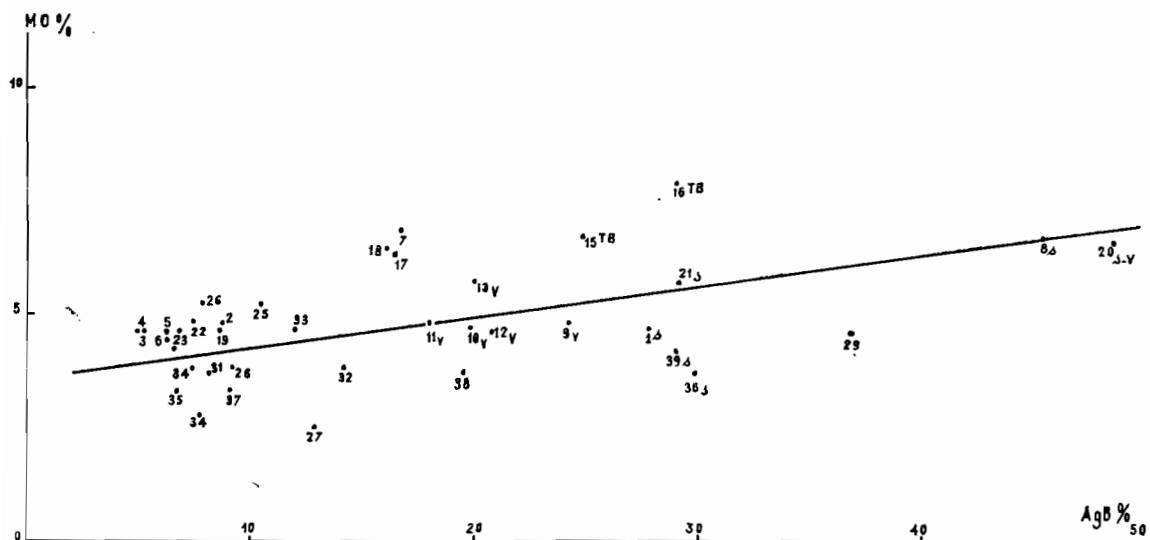
Nous citons ce test en premier car c'est celui qui théoriquement rend le mieux compte de l'instabilité de la structure en sensibilisant les phénomènes de cohésion des agrégats, en assurant un éclatement plus violent au moment de l'imbibition avec l'eau.

Il est théoriquement en relation surtout avec la matière organique, ce que nous vérifions ici :

- pas de corrélation avec le taux d'argile;
- forte corrélation avec la matière organique totale;

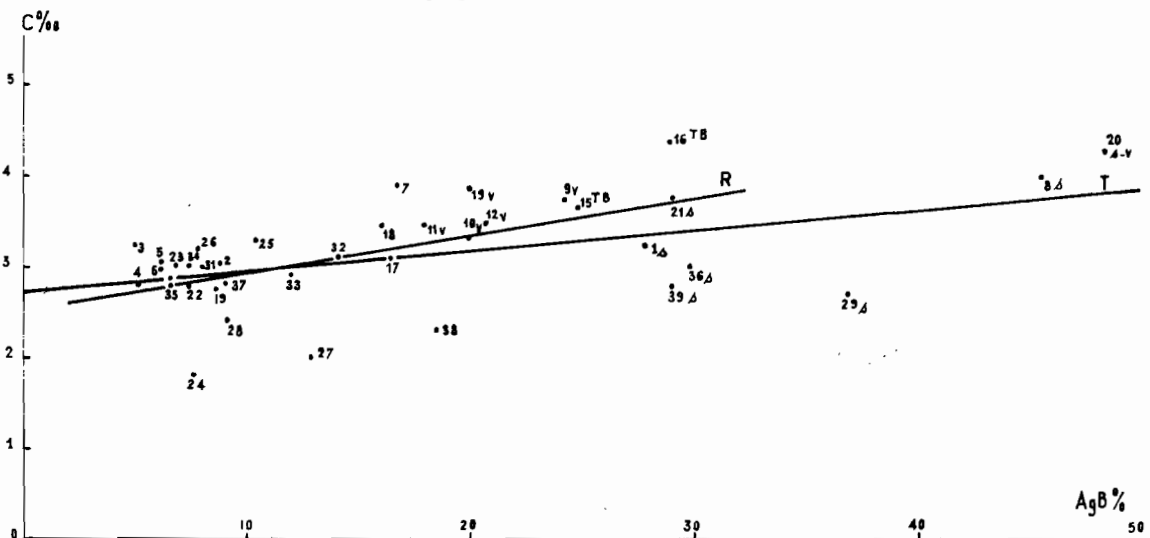
- corrélation moins bonne avec le C‰ de l'humus, la corrélation restreinte aux sols cultivés donnant une valeur de r moins forte, avec toujours, semble-t-il, une légère augmentation après l'ouverture des terrains;
- corrélation inverse avec le taux d'humification;

Relation agrégats stables au benzène % / matière organique totale %

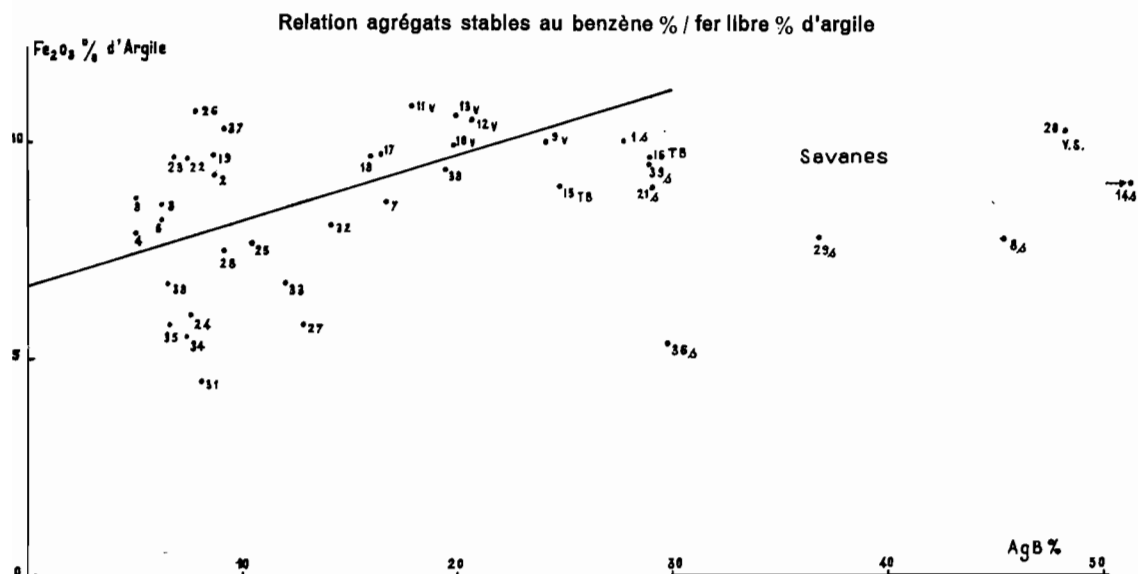


- corrélation faible avec le fer libre % d'argile en prenant tous les résultats, mais correcte et significative à $P = 0,01$ si nous la restreignons aux sols cultivés. Elle est même, dans ce cas, inférieure à la corrélation calculée entre $AgB\%/Mat. Orga. \%$, mais toujours égale à la valeur de la corrélation $AgB\%/C\%$ de l'humus restreinte aux sols cultivés.

Relation agrégats au benzène % / C‰ de l'humus



Ce test est donc en bonne relation avec les variations de la matière organique et surtout avec la matière organique totale, ce qui explique d'ailleurs que nous retrouvions ce résultat dans les calculs concernant *Is*.



2. Agrégats stables après prétraitement à l'alcool : AgA %

Au contraire du test précédent, ce prétraitement assure une imbibition ménagée, ce qui réduit les phénomènes d'éclatement des agrégats. Ce test nous donne des valeurs très voisines et fortes.

Tous les facteurs de la structure étudiés sont en corrélation avec ce test. Notons que la corrélation avec le C ‰ de l'humus est cette fois encore plus faible qu'avec la matière organique totale. Il n'y a pas de répartition spéciale pour ce qui concerne le fer libre % d'argile pour les sols de savane. Il existe une corrélation avec le taux d'éléments fins.

Matière organique (totale ou humifiée), fer libre % d'argile, taux d'argile sont donc en corrélation avec ce test, avec cependant une légère supériorité pour la matière organique totale.

3. Agrégats stables sans prétraitements : AgE %

Ce test rend compte en principe des phénomènes réels par une imbibition à l'eau, assez brutale, sans prétraitements.

Nous voyons d'après le tableau des résultats de corrélations que les résultats sont sensiblement identiques à ceux des tests précédents :

- supériorité de la matière organique totale;
- différence marquée avec le fer libre % d'argile restreint aux sols cultivés;
- corrélation avec le C ‰ de l'humus inférieure à celle obtenue avec la matière organique totale;
- corrélation avec le taux d'éléments fins (Argile %).

4. Moyenne des agrégats stables : MAg %

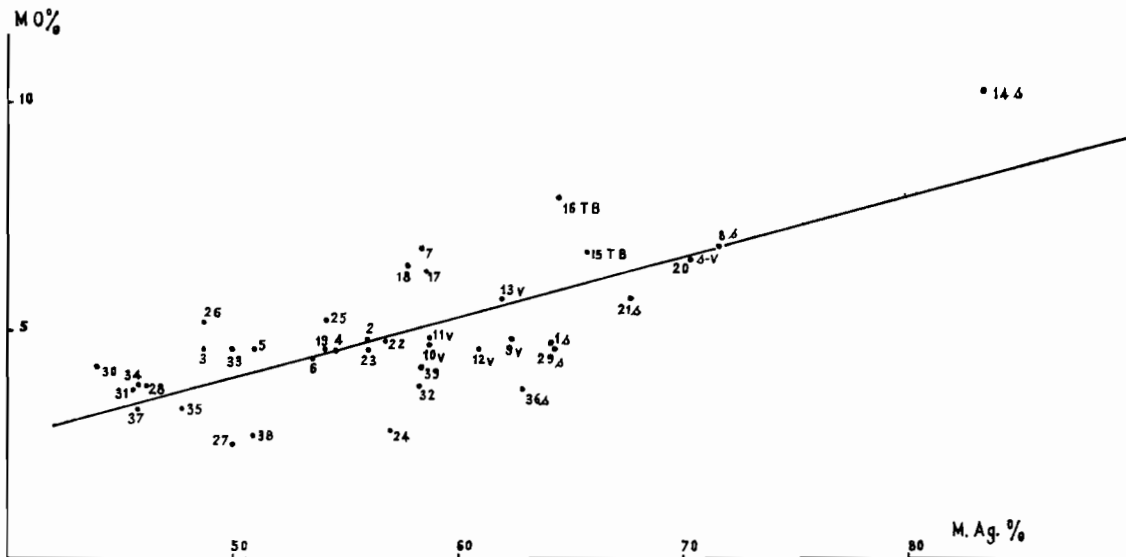
Il ne s'agit pas d'un test particulier, mais de la moyenne arithmétique des résultats analytiques des trois tests précédents. Nous citons cette moyenne car, comme on le voit d'après l'étude des résultats donnés, elle synthétise bien les résultats obtenus sur les différents tests. Elle rentre dans

le calcul de $\log 10 I_s$ et donne une excellente indication pour l'appréciation de la structure, parfois suffisante dans le cas où l'on veut avoir rapidement un résultat.

Nous retrouvons les mêmes indications que celles obtenues avec $\log 10 I_s$:

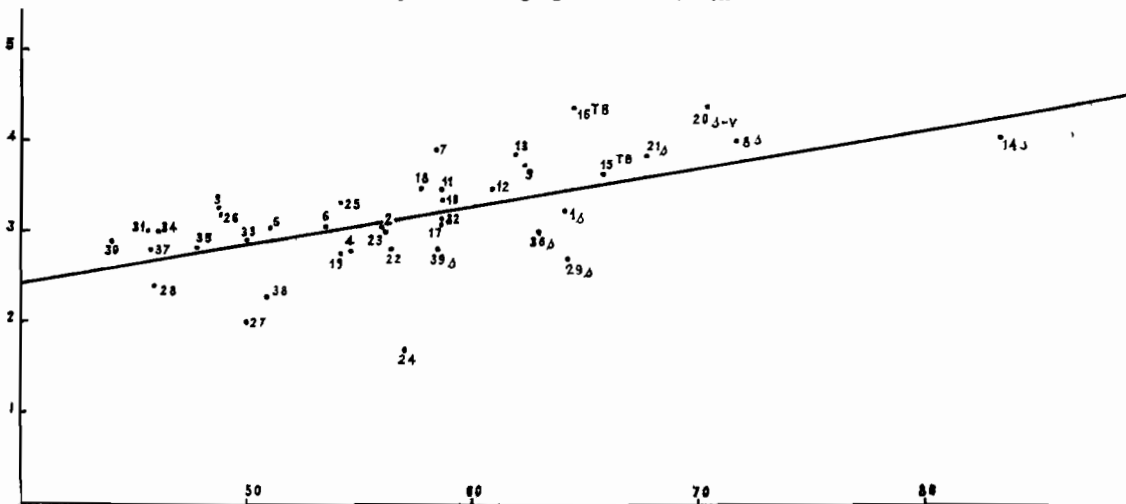
- pas de corrélation avec le taux d'éléments fins;
- forte corrélation avec la matière organique totale;

Relation moyenne des agrégats stables % / matière organique totale %

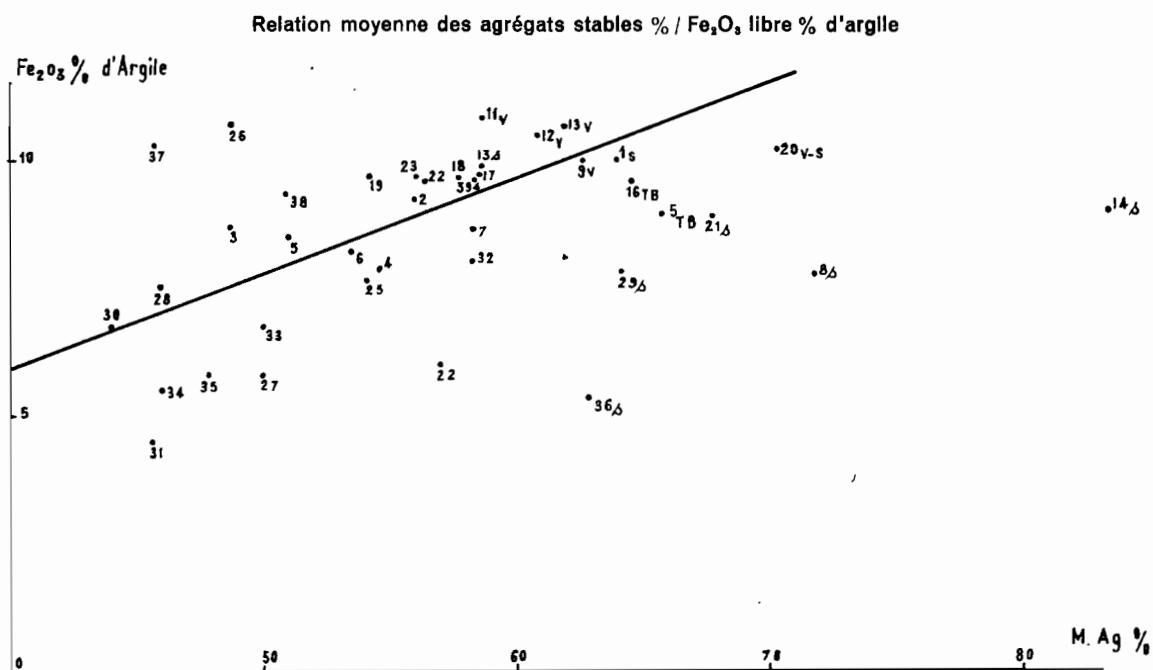


- bonne corrélation avec le C_{∞} de l'humus, toujours inférieure à celle obtenue avec la matière organique totale. Pas de répartition spéciale des sols de savane qui peuvent donc entrer dans le calcul global;

Relation moyenne des agrégats stables / C_{∞} de l'humus



— par contre, en ce qui concerne le fer libre % d'argile, la répartition irrégulière des sols de savane ou à très bonne structure, comme on peut le voir sur le graphique, conduit à les retirer du calcul de corrélation qui, à ce moment-là, devient bon.



— l'examen de la répartition des couples de résultats M Ag %/C % de l'humus sur le graphique permet de penser que le taux d'humus est légèrement plus fort après ouverture des terrains que sous savane, pour baisser par la suite avec la dégradation de la structure.

E. TAUX D'ARGILE ET LIMON DISPERSABLE MAXIMUM : (A + L) % DISP.

Si nous avons fait les déterminations analytiques nécessaires, nous n'avons pas effectué de calculs particuliers sur ce test. Cette détermination est faite en général lors du test au benzène et se trouvant en très bonne corrélation avec ce test, nous aurions en les mêmes résultats quoique inversés.

II. — ÉTUDE DES ESSAIS AU CHAMP ET EN LABORATOIRE

Le problème des facteurs de la structure a été abordé d'une façon complémentaire par l'apport de doses importantes de matière organique au champ, de chaux et calcaire broyé également au champ et de fer (fer pur ou sels de fer) en laboratoire dans des essais en pots.

Pour toutes les déterminations analytiques, nous nous sommes contentés en général des tests d'agrégats stables qui, comme nous l'avons vu précédemment, donnent des indications suffisantes pour l'appréciation de la valeur de la structure. Une augmentation du taux d'agrégats stables correspondant presque toujours à une diminution de l'indice d'instabilité structurale.

A. — ESSAIS AU CHAMP D'APPORTS DE MATIÈRES ORGANIQUES

Des doses importantes de matières organiques diverses (plus de 30 t/ha) ont été apportées dans un essai effectué au champ à la Station IRCT. Des prélèvements ont été effectués sur lesquels nous avons déterminé les teneurs en agrégats stables. Nous donnons ci-après les résultats analytiques obtenus (moyennes des différentes parcelles).

Traitements	Agrégats stables			
	Ag B %	Ag A %	Ag E %	M Ag %
Témoin non traité	8,4	62,3	21,5	30,7
Copeaux et sciure	8,7	59,2	24,5	30,8
<i>Mimosa invisa</i> sec.	7,5	60,1	26,7	31,4
<i>Pueraria</i> sec.	7,3	62,1	24,1	31,2
Son de <i>Stylosanthes</i>	8,0	63,2	26,7	32,6
<i>Pueraria</i> vert.	7,7	69,6	29,6	35,6

Il s'agissait donc en général de matières organiques sèches à C/N élevé. L'amélioration de la structure est infime, sauf peut-être pour le *Pueraria* enfoui vert. De toute façon nous sommes loin des valeurs sous savane déjà citées dans la première partie de cette étude.

L'apport de matières organiques seul ne joue donc pas ou faiblement dans l'amélioration de la structure.

B. — ESSAI SUR L'INFLUENCE D'UNE JACHÈRE

Dans le but d'étudier l'influence sur la structure d'une jachère à plantes fourragères, en l'occurrence du *Stylosanthes gracilis*, des prélèvements ont été faits sur trois parcelles proches les unes des autres :

- en savane,
 - sur *Stylosanthes* de trois ans (jachère après arachides),
 - sur terre nue très dégradée (jachère nue après arachides),
- ces deux dernières parcelles ayant été ouvertes en même temps.

Cinq prélèvements agronomiques de 0 à 15 cm ont été faits sur chacune de ces trois parcelles. Les analyses d'agrégats stables aux différents tests donnent les résultats suivants, qui sont donc des moyennes.

Traitements	Agrégats stables			
	Ag E %	Ag A %	Ag B %	M Ag %
Savane.	71,5	77,9	36,8	62,0
<i>Stylosanthes</i>	64,5	78,8	9,5	51,0
Terre nue	61,1	75,5	7,6	48,0

Une légère augmentation est donc à noter, mais nous sommes encore loin de la valeur sous savane.

Le *Stylosanthes* seul, s'il permet donc une amélioration de la structure, légère et malheureusement passagère (notons en particulier la faible valeur du taux d'agrégats stables au benzène), ne suffit donc pas à ramener cette structure au niveau initial. La dégradation de la structure apparaît alors comme inéluctable si après la deuxième ou troisième jachère à *Stylosanthes* les valeurs analytiques continuaient à décroître. L'utilisation de cette plante est encore trop récente pour pouvoir l'affirmer.

C. — ESSAIS D'APPORTS D'AMENDEMENTS CALCAIRES

Il est courant d'admettre qu'en sols acides les apports d'amendements permettent de stabiliser et même d'améliorer la structure.

On pensait donc dans le cas des sols du Niari que des apports de chaux ou de calcaire broyé pourraient avoir un effet bénéfique sur la stabilité structurale. Or, comme on peut le voir d'après les résultats analytiques, cet effet est insignifiant sinon nul.

1. Essai IRHO, parcelle A7 CGOT UCI

Cet essai a été établi sur une terre très appauvrie chimiquement et dont la structure était très dégradée. Il était destiné principalement à étudier l'effet d'apports de chaux sur la culture de l'arachide. Six bandes ont été prélevées :

bande A : 2 cycles de Pois d'Angole et 2 t/ha de chaux locale à 65 % de CaO,

bande TA : Témoin, 2 cycles de Pois d'Angole sans chaux,

bande B : 1 cycle de Pois d'Angole et 1 cycle d'arachides et 2 t/ha de chaux locale à 65 % de CaO,

bande TB : Témoin de la bande B sans chaux et même succession des cultures,

bande C : 2 cycles d'arachides et 2 t/ha de chaux locale à 65 % de CaO,

bande TC : Témoin de la bande C sans chaux et même succession des cultures.

Sur chacune de ces six bandes d'essai, quatre prélèvements agronomiques ont été faits. Les résultats analytiques suivants représentent donc des moyennes sur des prélèvements agronomiques.

L'effet est nul quel que soit le type de culture envisagé. Il y aurait même, semble-t-il, un effet légèrement dépressif de la chaux sur la perméabilité et sur la moyenne des agrégats, mais les différences sont trop faibles pour pouvoir conclure.

Bandes	Agrégats stables				(A+L) % max.	K cm/H
	Ag B %	Ag A %	Ag E %	M Ag %		
A.	3,5	59,2	35,4	32,7	74,9	2,19
TA.	3,5	60,6	35,6	33,2	74,3	3,14
B.	3,2	59,1	35,9	32,7	67,1	2,19
TB.	3,7	59,6	38,2	33,8	67,5	3,71
C.	3,5	59,2	35,4	32,7	71,6	2,58
TC.	3,7	60,4	36,3	33,4	73,7	3,75

2. Essai de calcaire broyé de la parcelle 110, Station Agronomique Loudima

Cet essai était destiné à étudier l'action de doses croissantes de calcaire broyé de 3 t/ha à 7 t/ha. Il a été établi sur un terrain appauvri chimiquement et dégradé physiquement. Six prélèvements agronomiques ont été faits sur chacune des parcelles. Les résultats sont donc des moyennes. Les prélèvements ont été faits un an après épandage.

	Témoin	3 t/ha	4 t/ha	5 t/ha	6 t/ha	7 t/ha
Ag B %	8,9	9,5	9,5	9,3	10,6	8,6
Ag A %	64,5	59,5	62,2	63,8	63,1	64,5
Ag E %	49,2	48,4	48,8	47,5	52,7	51,6
M Ag %	40,9	39,0	40,2	40,2	42,1	41,6

Il n'y a pas d'amélioration avec les doses croissantes de calcaire broyé, ou tout au plus celle-ci est-elle extrêmement faible et peut être considérée comme négligeable.

D. — ESSAIS D'APPLICATION DE SELS DE FER

Devant les résultats négatifs obtenus avec ces divers essais, nous avons alors étudié le fer comme facteur de la structure, d'autant qu'une évolution parallèle du pH du sol était à remarquer avec la dégradation de la structure. Dans un premier essai en pots, très simple, sans répétitions, nous avons apporté dans une terre conservée en pots une dose très forte de fer en poudre (environ 2 % du poids de terre sèche) et nous avons alors obtenu une forte augmentation du taux d'agrégats stables au bout de trois mois de contact (voir tableau ci-après).

Traitements	Agrégats stables			
	Ag B %	Ag A %	Ag E %	M Ag %
Terre témoin	7,0	45,1	16,4	22,8
Apport de fer	11,7	45,9	25,5	27,7

Nous avons donc repris le problème en faisant un essai en pots au laboratoire avec différentes formes de fer. Cet essai comportait six traitements en trois répétitions et pouvait donc être interprété statistiquement sous la forme d'un essai en blocs de FISHER.

Une terre dégradée, prélevée avec soin (parcelle A 12 CGOT UCI) et échantillonnée 18 fois par passage à l'échantillonneur Jones, a été additionnée des produits suivants (chaque pot contenait 340 g de terre sèche) :

1. Témoin non traité.
2. Fer en poudre.
3. Gravillons ferrugineux pulvérisés.
4. Sulfate ferrique.
5. Citrate ferrique ammoniacal.
6. Sulfate ferrique ammoniacal (Sel de Mohr).

Les produits ont été amenés de telle façon que la quantité de fer soit identique afin de compenser la perte en fer libre % qui se manifeste au cours de la dégradation de la structure et qu'on peut évaluer à environ 1 % en poids de terre sèche. L'apport de produits a été fait en deux fois : le premier apport a été de 1 g de fer. Au bout d'un mois de contact, des analyses ont été faites et on a complété l'apport de fer pour arriver à 1 % du poids de terre restante. Des analyses microbiologiques ont été également faites au bout d'un mois de contact. Nous en rendrons compte plus loin. Enfin, au cours du premier mois de contact, la terre a été maintenue constamment à une humidité

correspondant à la capacité de saturation, par la suite pendant 4 mois on a laissé la terre se dessécher complètement avant de la réhumecter à la capacité de saturation afin d'étudier l'action des cycles dessèchement-réhumectation.

TABLEAU I. — *Analyses au départ.*

Bontel	Blocs			
	1	2	3	Moy.
1 Eau	58,8	56,2	57,5	57,5
Alcool	68,0	71,0	70,4	69,8
Benzène	15,8	11,8	11,8	13,1
Moyenne	47,5	46,4	46,6	46,8
2 E	58,6	57,0	57,7	57,7
A	67,9	70,5	72,5	70,3
B	13,8	11,4	10,5	11,9
M	46,7	46,3	46,9	46,6
3 E	55,2	58,9	60,8	58,3
A	66,5	71,1	71,5	69,7
B	10,6	11,2	12,4	11,4
M	44,1	47,1	48,3	46,5
4 E	59,0	59,9	58,1	59,0
A	70,5	70,2	68,6	69,7
B	10,9	10,5	10,2	10,5
M	46,8	46,9	45,7	46,4
5 E	57,5	54,3	56,5	56,1
A	70,1	68,5	69,1	69,2
B	10,6	10,1	10,0	10,2
M	46,1	44,3	45,2	45,2
6 E	55,7	56,7	57,8	56,7
A	71,4	69,0	69,6	70,0
B	10,1	12,9	10,6	11,2
M	45,8	46,3	46,0	46,0
Composition moyenne : E : 57,5 — A : 69,7 — B : 11,13 — M : 46,2.				

Les résultats analytiques sont donnés dans les tableaux suivants. Ils correspondent aux prélèvements avant apport des produits, au bout d'un mois de contact et enfin au bout de cinq mois de contact. Seules les analyses d'agrégats stables ont été faites. Nous verrons qu'elles donnent des résultats très largement suffisants et intéressants.

1. Analyses au départ (tableau I)

L'analyse statistique des résultats concernant les moyennes des agrégats stables indique qu'il n'y a pas de différences significatives entre les traitements et les blocs. La terre a donc été parfaitement échantillonnée et répartie dans les 18 pots.

2. Analyses après un mois de contact (tableau II)

Pour ce qui concerne la moyenne des agrégats stables, l'analyse statistique indique qu'il existe des différences significatives entre traitements et entre blocs, le $\sigma_m = \pm 0,32$.

Les résultats sont les suivants :

Témoin.	100 %
Fer en poudre.	100,3 %
Gravillons.	96,5 %
Sulfate ferrique	93,5 %
Citrate ferrique ammoniacal.	107,7 %
Sulfate ferrique ammoniacal.	89,5 %

TABLEAU II. — Analyses après un mois de contact.

Traitements	Blocs			
	1	2	3	Moy.
1 Eau.	59,1	55,1	56,9	57,0
Alcool	78,5	76,1	76,4	76,6
Benzène	7,8	7,7	8,4	7,9
Moyenne	48,5	45,9	47,2	47,2
2 E	60,4	57,7	62,2	60,1
A	73,4	74,4	73,0	73,6
B	8,1	8,3	8,0	8,1
M	47,3	46,8	47,8	47,3
3 E	58,3	52,0	56,8	55,7
A	73,7	73,0	71,7	72,8
B	7,8	7,8	8,3	7,9
M	46,6	44,3	45,6	45,5
4 E	55,5	53,0	53,2	53,9
A	71,6	70,5	69,6	70,5
B	7,7	7,7	7,8	7,7
M	44,9	43,7	43,5	44,1
5 E	65,7	62,6	62,1	63,4
A	77,0	77,2	78,5	77,5
B	11,0	10,6	12,8	11,4
M	51,2	50,1	51,1	50,8
6 E	47,0	45,9	44,6	45,8
A	74,1	72,8	72,4	73,1
B	7,6	7,1	7,9	7,5
M	42,9	41,9	41,6	42,2

Le fer en poudre a maintenu mais non amélioré la structure. Le gravillon pulvérisé riche en fer et en manganèse a eu un effet dépressif, ainsi que les deux sels dont l'anion SO_4 a un effet nettement acidifiant. Le citrate ferrique ammoniacal a eu par contre un effet nettement améliorant dès le premier mois d'application.

Remarquons cependant la diminution générale au test au benzène, sauf pour le traitement au citrate ferrique ammoniacal. Par contre il y a une augmentation assez générale du test à l'alcool. On pourrait traduire la diminution observée sur le test au benzène par une destruction de la matière organique.

Enfin, si l'on compare aux analyses de départ, on s'aperçoit que l'effet d'humectation sur les terres conservées à la capacité de saturation n'a pas eu d'effet marqué. L'augmentation est d'environ 2 %, à peine significative.

TABLEAU III. — Analyses après cinq mois de contact.

Traitements	Blocs			
	1	2	3	Moy.
1 Eau	29,9	38,8	38,6	35,7
Alcool	51,6	51,9	53,9	52,4
Benzène	7,0	6,7	7,4	7,0
Moyenne	29,5	32,5	33,3	31,8
2 E	38,9	39,5	40,8	39,7
A	54,4	53,3	53,8	53,8
B	7,7	7,2	8,0	7,6
M	33,7	33,4	34,2	33,8
3 E	38,0	38,0	36,9	36,6
A	51,8	55,1	52,1	53,0
B	6,8	6,5	6,6	6,6
M	31,2	33,2	31,9	32,1
4 E	26,3	30,3	30,5	29,0
A	47,1	43,7	47,2	46,0
B	5,1	5,6	6,0	5,5
M	26,2	26,5	28,0	26,9
5 E	56,4	55,9	61,0	57,7
A	68,2	63,4	68,8	66,8
B	14,3	13,7	17,5	15,1
M	46,3	44,4	49,2	46,6
6 E	13,9	19,5	17,9	17,1
A	32,2	35,1	36,5	34,6
B	6,4	6,6	6,3	6,4
M	17,5	20,4	17,2	19,4

3. Analyses après cinq mois de contact (tableau III)

Les résultats sont beaucoup plus nets. Pour ce qui concerne toujours la moyenne des agrégats stables, l'analyse statistique indique qu'il n'y a pas de différences significatives entre les blocs, mais des différences hautement significatives entre les traitements, le $\sigma_m = \pm 2,75$, donc trois traitements sont significativement différents du témoin non traité. Les résultats sont les suivants :

Témoin non traité	100 %
Fer en poudre	106 %
Gravillons pulvérisés	100,8 %

Sulfate ferrique	84,5 %
Citrate ferrique ammoniacal.	146,3 %
Sulfate ferrique ammoniacal.	60,9 %

Le fer a donc augmenté le taux d'agrégats de façon à peine significative, le citrate ferrique ammoniacal l'a augmenté de façon hautement significative et enfin les sels acidifiants l'ont diminué de façon hautement significative.

Remarquons en outre que la chute sur les différents tests est très forte, spécialement sur le test à l'eau et au benzène. Dans le cas du citrate ferrique ammoniacal, aucune des valeurs correspondant aux différents tests n'ont baissé, sauf peut-être, mais faiblement, à l'alcool; par contre la valeur au benzène a notablement augmenté, ce qui est très généralement un signe excellent de la régénération de la structure. Notons en particulier que cette valeur est même devenue supérieure à la valeur de départ.

Le témoin non traité a baissé considérablement. Les cycles humectation-déshydratation sont donc vraisemblablement responsables du phénomène de dégradation de la structure, dégradation d'ailleurs fortement activée du fait que la terre avait été passée au tamis de 2 mm pour la préparation des échantillons.

4. Analyses microbiologiques après un mois de contact

Ces analyses ont été faites par M. de BOISSEZON, microbiologiste des sols à l'IRSC.

a. Méthode de numération des bactéries minéralisant les sels organiques de fer avec ou sans précipité d'hydroxydes de fer

Le milieu de ALLEN (Experiments in Soil Bacteriology) au citrate ferrique ammoniacal est réparti en tubes à essais, stérilisé deux fois à 24 heures d'intervalle etensemencé par des dilutions de terre.

La numération est faite en utilisant les tables de Mac Grady.

On observe la microflore minéralisant les sels organiques du fer sans le précipiter (pellicule brillante rouille) et la microflore minéralisant et précipitant le fer à l'état d'hydroxydes.

b. Résultats obtenus

Des numérations ont été faites sur les échantillons de terre, enrichis, rappelons-le, à raison de 3 mg de fer par gramme de terre et soumis pendant un mois à une humidité voisine de la capacité de saturation.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Germes minéralisant les sels organiques de fer sans le précipiter.

Échantillons	Traitements	Nombre de germes par g de sol
1	Témoin humecté	5×10^6
19	Témoin non humecté	$4,5 \times 10^6$
2	Fer en poudre	$1,2 \times 10^7$
3	Gravillons pulvérisés	$9,5 \times 10^6$
4	Sulfate ferrique	$4,5 \times 10^6$
5	Citrate ferrique ammoniacal	Supérieur à 10^{11}
6	Sulfate ferrique ammoniacal	3×10^6

— ont un effet positif les traitements 2 et surtout 5, ce qui était à prévoir.

— a un effet dépressif le traitement 4.

Germes minéralisant les sels organiques de fer avec formation d'un précipité d'hydroxydes.

Échantillons	Traitements	Nombre de germes par g de terre
1	Témoin humecté	5×10^5
19	Témoin non humecté	$1,7 \times 10^4$
2	Fer en poudre	$4,5 \times 10^4$
3	Gravillons pulvérisés	$1,7 \times 10^4$
4	Sulfate ferrique	$4,5 \times 10^4$
5	Citrate ferrique ammoniacal	Supérieur à 10^{11}
6	Sulfate ferrique ammoniacal	3×10^4

- ont un effet positif les traitements : 2, 3, 6 et surtout 5.
- a un effet dépressif le traitement 4.

Les densités de germes minéralisant les sels organiques du fer sont généralement élevées pour les sols argileux du Niari, c'est le cas ici.

Si l'on compare le traitement 4 aux deux témoins 1 et 19, on constate que l'effet « humectation » est annihilé par le traitement au sulfate ferrique.

Les résultats microbiologiques correspondent donc bien aux résultats concernant la structure du sol.

L'abondance des germes minéralisant les sels organiques du fer explique que après ouverture des terrains et l'aération qui s'ensuit, on puisse trouver une augmentation légère du fer libre %. Par la suite, l'acidification qui accompagne la dégradation du sol, entraîne une diminution du nombre de germes minéralisants, d'où une diminution du taux de fer libre.

CONCLUSIONS

Pour conclure, nous voudrions reprendre ici les principaux résultats obtenus.

Dans la première partie de cette étude, nous avons dégagé les points suivants :

- la dégradation de la structure est un phénomène immédiat dès l'ouverture des terrains;
- aspect différent de la répartition des valeurs entre les sols cultivés et les sols de savane;
- diminution de la perméabilité avec la dégradation de la structure;
- prédominance du facteur matière organique totale qui se trouve toujours en meilleure corrélation que le C‰ de l'humus, fait qui se vérifie avec le taux d'humification qui se trouve en corrélation inverse avec l'état de la structure;
- corrélations restreintes aux sols cultivés pour le C‰ de l'humus plus faibles que les corrélations sur la totalité des échantillons, mais cependant il semble qu'une légère augmentation de l'humus après défriche puisse être notée;
- corrélations restreintes aux sols cultivés pour le fer libre % d'argile en général meilleures que les corrélations sur la totalité des échantillons. Elles sont en général du même ordre que celles relatives au C‰ de l'humus, ce qui peut faire penser à une évolution parallèle.

De même, dans la deuxième partie, les résultats suivants apparaissent :

- aucun effet d'apports même importants de matières organiques sur la structure. Dans les 39 échantillons analysés nous en avons provenant également de parcelles ayant reçu de forts apports de fumier (plus de 25 t/ha); leur teneur en agrégats stables n'en avait pas été augmentée

de façon sensible. Quelle que soit donc la forme de matière organique apportée, l'effet est insignifiant ou nul ;

- l'effet d'apports d'amendements calcaires est également nul ;
- l'effet d'apports de fer est très variable suivant la forme de sels apportés, l'effet étant le meilleur avec un sel organique de fer. Le fer seul a légèrement amélioré la structure mais de façon à peine significative.

Les sels acidifiants ont un effet nettement dépressif.

- La dégradation de la structure est fortement activée par un émiettement de la terre suivi de cycles d'humectation brutale et de dessiccation progressive. L'action du sel organique de fer a permis d'annihiler cet effet humectation-dessiccation et même d'améliorer les résultats de certains tests, dont le test au benzène par rapport aux analyses de départ.

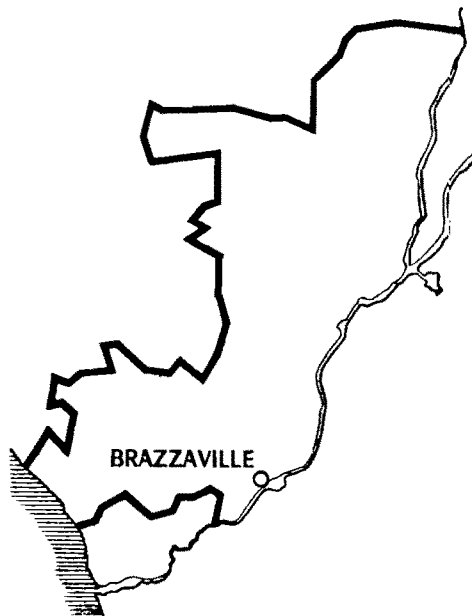
Nous n'avons pas recherché de corrélations entre la teneur en bases échangeables par exemple et la structure, entre le pH et la structure. Il est cependant très probable qu'elles existent. Nous avons vu qu'il existe des corrélations intéressantes entre fer libre, matière organique et structure. Or il semble bien que les apports de Calcium et Magnésium seuls, de Fer seul ou de matières organiques seules n'ont qu'une action très faible. Un sol de savane à bonne structure est en équilibre biologique, chimique et physique et c'est donc bien plutôt l'association et l'équilibre de ces différents facteurs qu'il est nécessaire de rechercher pour obtenir un retour aux conditions excellentes de départ.

La solution consisterait vraisemblablement à trouver un produit organique riche en fer dont l'application au champ serait complétée par un apport d'amendement calcaire. En l'absence de ce produit, nous ne pouvons, pour le moment, que conseiller la prudence dans l'ouverture des terrains et l'application, autant que faire se peut, de pratiques anti-érosives.

BIBLIOGRAPHIE

- BOYER (J.) et COMBEAU (A.). — Étude de la stabilité structurale de quelques sols ferrallitiques de République Centrafricaine. — *Sols Africains*, V, n° 1, pp. 5-42.
- BROADBENT (F. E.) et OTT (J. B.) (1957). — Complexes métal-matière organique du sol. — *Soil Science*, 83, juin 1957, n° 6.
- COMBEAU (A.). — Quelques facteurs de la variation de l'indice d'instabilité structurale dans certains sols ferrallitiques. — *C. R. Acad. Agric. France*, 1960, pp. 109-115.
- COMBEAU (A.), OLLAT (C.) et QUANTIN (P.) (1961). — Observations sur certaines caractéristiques des sols ferrallitiques. Relations entre les rendements et les résultats d'analyses de sols. — Rapport ORSTOM à diffusion restreinte.
- D'HOORE (J. L.). — Étude statistique des teneurs en Fe_2O_3 libre sur limon et argile pour les sols de trois régions naturelles du Congo Belge. — *2^e Conférence Interafricaine des sols*, 1954, I, Document 14, pp. 261-274.
- D'HOORE (J. L.), FRIPIAT (J. J.) et GASTUCHE (M. C.). — Les argiles tropicales et leur oxyde de fer de recouvrement. — *2^e Conférence Interafricaine des sols*, 1954, I, Document 13, pp. 257-260.
- DEMOLON (A.) (1952). — *Dynamique des sols*. Dunod, Paris.
- DUCHAUFOR (P.) (1960). — *Précis de Pédologie*. Masson et C^{ie}, Paris.
- HÉNIN (S.) et MONNIER (G.) (1956). — Évaluation de la stabilité structurale du sol. — *C. R. Congrès International de Science du Sol*, Paris, B, pp. 49-52.
- HÉNIN (S.), FEODOROFF (A.), GRAS (R.) et MONNIER (G.) (1960). — *Le Profil Cultural*. SEIA éd., Paris.
- JOFFE (J. S.) (1955). — Green manuring viewed by a pedologist. — *Adv. in Agron.*, 1955, VII, pp. 141-187.
- KAURICHEV (J. S.), KULAKOV (Y. V.) et NOZDRUNOVA (Y. M.) (1958). — Formation and migration of organic iron compounds in soil. — *Soviet Soil Science*, (12), pp 1307-1313. Cec. 1958.
- MARTIN (G.) (1958). — Bilan de 4 années d'études pédologiques dans la Vallée du Niari. 1958, Bureau des sols de l'A.-E.F. — Rapport ORSTOM à diffusion restreinte.
- MÉRIAUX (M^{me} S.) (1958). — Stabilité structurale et composition des sols. — *C. R. Acad. Agric. France*, t. 45, pp. 799-803.
- POCHON (J.) et DE BARJAC (H.) (1958). — *Traité de microbiologie des sols*. Dunod éd., Paris.

BULLETIN DE L'INSTITUT DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES AU CONGO



BULLETIN DE L'INSTITUT DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES AU CONGO

fondé en 1922 sous le titre :

Bulletin de la Société des Recherches Congolaises,

devenu en 1945 :

Bulletin de l'Institut d'Études Centrafricaines, 1945-1961.

Directeur :

Inspecteur Général R. PAULIAN, Directeur de l'I. R. S. C., B. P. 181
Brazzaville (République du Congo).

Comité de rédaction :

G. BERRIT, B. DESCOINGS, G. MARTIN, M. SORET, Dr. R. TAUFFLIEB.

La Direction de l'I. R. S. C., B. P. 181, Brazzaville, sera heureuse d'organiser l'échange de son *Bulletin* avec les publications scientifiques intéressant sa bibliothèque.

Le *Bulletin de l'I. R. S. C.* accepte les articles en français, anglais, allemand ou italien. Les manuscrits doivent être dactylographiés, sur une seule face et à double interligne; illustrés de préférence de dessins au trait.

Les auteurs reçoivent gratuitement 50 exemplaires en tirés à part; ils peuvent en commander, à titre onéreux, un nombre plus élevé.

Adresser toute la correspondance concernant le *Bulletin de l'Institut de Recherches Scientifiques au Congo* à :

Monsieur le Directeur de l'I. R. S. C.
B. P. 181
BRAZZAVILLE (Congo)