

2ème PARTIE - Chapitre IV

MATIERE ORGANIQUE ET PROPRIETES PHYSIQUES DE QUELQUES TYPES DE SOLS

A. Albrecht et L. Rangon
(ORSTOM, Martinique)

IV.1. INTRODUCTION

Nous avons vu dans le Chapitre II que, pour les sols à caractères ferrallitiques et les vertisols, la stabilité structurale varie fortement selon le système de culture étudié et ce en liaison avec les niveaux des stocks organiques des sols comme l'indiquent les relations existant entre les teneurs en carbone ($C^o/_{oo}$), l'indice d'instabilité structurale I_s et les taux d'agrégats stables.

Par ailleurs, la caractérisation de la matière organique des sols (Chapitre III) nous a montré que les différences des teneurs en matière organique observées entre les situations prairies ou jachères (PR ou JP) et les systèmes de cultures à cycles courts (DC) étaient essentiellement dues à deux fractions : les résidus végétaux de tailles supérieures à $200 \mu m$ ($F > 200$) et la fraction organo-argileuse de taille inférieure à $5 \mu m$ ($F < 5$).

La présente étude a pour but de préciser cette relation "matière organique-agrégation", et ce, en fonction du type de sol et du niveau et de la nature du stock organique.

L'agrégation et sa stabilité sont appréhendées à travers une nouvelle approche méthodologique mettant en oeuvre une séquence de tests de laboratoire. Il s'agit, à partir d'un prélèvement de sol peu perturbé (en cylindre) :

1) de décrire l'agrégation à différentes échelles, du macro- au micro-agrégat (tests de granulométrie),

2) d'en mesurer la stabilité dans l'eau en fonction d'énergies croissantes de désagrégation (imbibition immersion, agitation),

3) d'en observer les conséquences sur la perméabilité (en laboratoire) par mesure de la conductivité hydraulique sur échantillon non remanié, remanié, ou sur différentes classes d'agrégats, et sur l'aptitude à la dispersion.

Cette recherche méthodologique n'est pas encore publiée, ayant été élaborée à l'occasion de ce projet.

IV.2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Situations étudiées, abréviations, prélèvements

Les échantillons étudiés proviennent des horizons 0-5 cm des situations agropédologiques décrites au Chapitre II. Il s'agit de :

- V1 vertisol magnésio-sodique, précédents PR7 et DC10
- F2 alluvions ferrallitisées, précédents PR10 et DC10
- F4 sol ferrallitique, précédent JP10 et DC10.

La situation andosol sera étudiée ultérieurement.

Les abréviations utilisées pour la nomenclature des prélèvements dans ce chapitre sont les suivantes :

PR : prélèvement sous prairie à Digitaria (7 et 10, âge en années de la prairie),

JP : prélèvement sous jachère pâturée (10, âge de la jachère),

CC : prélèvement en fin de culture de maïs (1ère année, cf Chapitre VII).

Si nécessaire, les précédents avant l'année de prélèvement sont précisés par une abréviation entre parenthèse :

CC (DC10) : prélèvement après maïs avec précédent 10 ans de rotation diverses cultures vivrières et maraichères,

CC (PR10) : idem avec précédent prairie 10 ans,

PR1 (DC10) : prélèvement sous prairie de 1 an avec un précédent rotation 10 ans de cultures vivrières et maraichères.

Les autres abréviations sont :

dm = diamètre médian pondéral

st = sol total initial (prélevé au cylindre)

sr = sol reconstitué à partir des différentes classes de magroagrégats obtenus par granulométrie à sec

K = conductivité hydraulique (en cm/h)

MAAG = macroagrégat

MEAG = mésoagrégat

MIAG = microagrégat

Les échantillons de sol à analyser sont prélevés dans l'horizon 0-5 cm à l'aide de cylindres métalliques. Ils sont conservés dans leur état d'humidité jusqu'aux premières déterminations au laboratoire.

2.2. Séquence méthodologique et méthodes

La séquence de test utilisée pour un même échantillon met en oeuvre des méthodes peu "destructurantes" (granulométries à sec et perméabilités) ou "destructurantes" (granulométries par voie humide) au niveau de la macroagrégation.

La séquence est la suivante :

a) Perméabilité de l'échantillon non remanié : K_{st}

On mesure la conductivité hydraulique (K) de l'échantillon non remanié (st) dans son cylindre de prélèvement pendant une heure aux temps t_0 , t_1 , t_2 et t_3 jours, l'échantillon étant placé dans un bac rempli d'eau en saturation entre les périodes de mesure. Le système EIJELKAMP est utilisé. En absence de précisions, les valeurs de K présentées correspondent à t_3 jours.

Ceci constitue une approche de la stabilité structurale du sol non remanié.

b) Fractionnement granulométrique à sec des macroagrégats sur sol total : FAS

Après le test K_{st} l'échantillon est mis à sécher à l'air et les racines inter-agrégats les plus grossières sont éliminées soigneusement. L'échantillon est alors fractionné à sec manuellement en ses éléments structuraux ou "macroagrégats" (MAAG) puis passé à travers une colonne de tamis à diamètres de mailles décrois-

sants (50 ; 20 ; 10 ; 5 ; 2 ; 1 ; 0,5 ; 0,2 mm). La répartition granulométrique des éléments structuraux qui en découle représente le débit maximum de la structure de l'échantillon traité.

On représentera le résultat de ce fractionnement à sec, soit par un histogramme des fréquences (Annexe IV.1), soit par une courbe pondérale cumulée des fractions. Cette dernière représentation permet de classer les divers échantillons selon le diamètre médian pondéral des macroagrégats (Annexe IV.2.a).

IV.2 - a)

Pour les situations sur vertisol, après dessiccation, l'échantillon est réhumecté lentement per ascensum de manière à permettre l'expression de la structure sans contraintes de bordure, puis séché à nouveau. Les racines sont alors éliminées avant le tamisage de l'échantillon.

c) Perméabilité sur échantillon total reconstitué : Ksr

On mesure la conductivité hydraulique K d'un échantillon de sol "reconstitué" en cylindre à partir des macroagrégats séparés par granulométrie à sec, le sol étant débarrassé de ses racines interagrégats les plus grossières. Ceci permet de juger, entre autre, de l'importance de l'effet de ces racines, sur la perméabilité, par rapport au reste de la matière organique du sol.

L'échantillon de sol après le test Ksr va subir deux nouveaux tests décrits en d et e) :

d) Fractionnement granulométrique à sec du sol reconstitué (après perméabilité Ksr)

Un fractionnement granulométrique (idem à b) de l'échantillon de sol après la mesure de perméabilité Ksr permet d'appréhender un premier niveau de stabilité des macroagrégats après imbibition sans avoir modifié fortement l'arrangement macroscopique intraagrégat.

e) Fractionnement granulométrique sous eau du sol "reconstitué" (après perméabilité Ksr)

L'échantillon de sol reconstitué (50 g) est immergé dans 300 ml H₂O (contact 16 h), puis agité pendant des temps croissants (0;30 retournements (*), 0,5 ;

(*) 30 retournements = 0,1 heure

1;2 ; 6 ; 12 ; 18 heures). Il est ensuite fractionné sous eau à 1000, 500, 200, 50, 25 (tamisage) et 5 μm (sédimentation).

Ces différents temps d'agitation correspondent à des énergies croissantes de destructuration auxquelles est soumis l'échantillon de sol.

C'est donc, d'une part, une possibilité de mise en évidence de niveaux d'organisation d'ordre inférieur, d'autre part, une nouvelle mesure de la stabilité de l'agrégation. Concernant les modes d'agrégation, on définira ainsi :

- la mésogrégation (MEAG), comprise entre 50 et 2000 μm ,
- la microagrégation (MIAG), lorsque la valeur du diamètre médian pondéral sera supérieure à celle obtenue après fractionnement granulométrique dans l'eau du même échantillon de sol dépourvu de matière organique ("sol dispersé").

Concernant la stabilité de la structure, on établira des équations des cinétiques des variations pondérales des différentes classes d'agrégats.

Ces équations sont de type :

$$\log (\text{poids}) = a \log (\text{temps}) + b$$

a, b et le coefficient de corrélation r permettent de comparer les différents échantillons (cf. Annexe IV.3).

IV.3. RESULTATS

Les situations étudiées doivent permettre d'étudier le mode et la stabilité de l'agrégation selon :

- le type de sol, par comparaisons des vertisols V1, et des sols à caractères ferrallitiques F2 et F4,
- le précédent (niveau du stock organique + travail du sol) par comparaisons des situations CC (DC10) à JP ou PR.

Enfin, des cas particuliers nous permettront de différencier l' "effet travail du sol" de l' "effet matière organique".

3.1. Macroagrégation

3.1.1. Granulométrie des macroagrégats

A partir des courbes pondérales cumulées du fractionnement à sec on détermine les diamètres médians pondéraux (Annexes IV.2.a) qui sont présentés dans le tableau IV.1. Les répartitions pondérales des classes d'agrégats sont schématisées sur la fig. 4.1.

a) Effet du type de sol

Situations CC (DC10). Les macroagrégats (st) du vertisol V1 ont une taille médiane nettement supérieure à celle des sols à argile 1/1, F2 et F4.

La comparaison des granulométries sur sol total (st) ou reconstitué (sr) met en évidence des comportements différents selon le type de sol. Après la phase d'humectation/dessiccation de st (mesure de K_{sr}) le vertisol V1 (sr) est caractérisé par des agrégats de tailles supérieures à 20 mm donc supérieures à ceux de l'état intral (st) par suite d'une prise en masse de l'échantillon (fig. 4.1.a1). En même temps apparaît une phase "dispersée" avec augmentation des agrégats < 0,2 mm. Au contraire les sols à argiles 1/1 (fig. 4.1, b1 et c1) produisent des agrégats de tailles faiblement (F4) ou fortement (F2) inférieures à celles de l'état initial. Seule la situation F2 met en évidence une augmentation pour sr, d'agrégats < 0,2 mm (fig. 4.1 b1).

Situations PR ou JP. Les diamètres médians pondéraux des macroagrégats st du vertisol V1 sont du même ordre de grandeur que ceux des sols à caractères ferrallitiques F2 et F4. Dans tous les cas la comparaison des variations granulométriques entre st et sr (fig. 4.1 a2, b2, c2) fait apparaître une diminution du diamètre médian (tableau IV.1) due à la diminution d'agrégats de tailles supérieures à 10 mm (fig. 4.1 a2, b2, c2). La production d'agrégats < 0,2 mm est faible à nulle dans tous les cas.

b) Effet précédent : niveau des stocks organiques + travail du sol

Les situations CC (DC10) correspondent à des sols à teneurs faibles en matière organique, mais avec travail du sol, alors que les situations JP10 et surtout PR7 et PR10 correspondent à des sols à teneurs élevées en matière organique mais avec non-travail du sol.

Tableau IV.1 - Diamètres médians pondéraux dm (en mm) des macroagrégats (MAAG) des échantillons initiaux (st) ou reconstitués (sr)

MAAG	Situation					
	V1		F2		F4	
	CC (DC10)	PR7	CC (DC10)	PR10	CC (DC10)	JP10
st	10,2	7,3	2,1	8,0	2,1	5,1
sr	11,1	5,0	0,5	4,1	1,7	5,0

Tableau IV.2 - Evolution cinétique du diamètre médian pondéral dm (en mm) des agrégats

temps d'agitation t (h)	Situation								
	V1			F2			F4		
	CC (DC10)	PR7	Δ (*)	CC (DC10)	PR10	Δ (*)	CC (DC10)	JP10	Δ (*)
0	200	220	20	250	500	250	310	370	310
0,1	36	190	154	220	500	280	300	310	300
0,5	20	65	45	220	300	80	120	220	120
1	13	50	37	120	250	130	75	130	75
2	10	32	22	110	120	10	25	80	25
6	10	32	22	30	24	-6	7	20	7
12	9	20	11	10	8	-3	5	9	5
18	7	15	8	5	5	0	4	8	4

(*) Δ = différence entre situations jachère ou prairie (JP, PR) et situations cultures vivrières, maraîchères (CC (DC) 10)

Que ce soit pour st ou sr on note que :

- dm diminue quand MO augmente pour le vertisol V1 par suite d'une diminution de la taille des agrégats > 10 mm (fig. 4.1 a1 et a2) ;

- dm augmente quand MO augmente pour les sols à argile 1/1 par suite d'une augmentation de la taille des agrégats : > 2mm (F4 st > 10mm) (fig. 4:1 b et c).

En conclusion, toutes situations jachère ou prairies confondues l'écart entre les dm est relativement faible, de 5,0 à 8,0, à l'opposé des situations cultures de longue durée pour lesquelles les écarts sont élevés de 0,5 à 11,1. Des niveaux élevés en matière organique et le non travail du sol minimisent les effets "type de sol".

c) Distinction des effets "Matière organique" et "Travail du sol"

L'étude est en cours pour les fractionnements à sec des agrégats. Quelques données seront présentées ci-dessous en ce qui concerne la perméabilité.

3.1.2. Stabilité de la macroagrégation

Ce premier niveau de stabilité de la structure est abordé par l'étude :

- des perméabilités sur l'échantillon initial (Kst) et reconstitué (Ksr) ;
- des dispersabilités des échantillons par simple contact à l'eau.

a) Tests de perméabilité

Sur sol initial, Kst (fig. 4.2). Les conductivités hydrauliques sont faibles sur vertisol V1 (< 10 cm/h) et élevées sur sols à caractères ferrallitiques F2 et F4 (de 100 à 1000 cm/h).

Les différences selon les précédents sont faibles. Ces différences intègrent à la fois des effets "matière organique" et des effets "travail du sol". L'analyse de situations supplémentaires sur F2 (*) permet de distinguer en première approximation ces deux effets :

- les comparaisons CC (DC10) avec PR1 (DC10) et CC (PR10) avec PR10 permettent de tester un effet "travail du sol" pour des situations à stocks organiques comparables ;

(*) études en cours pour V1

- les comparaisons CC (DC10) avec CC (PR) et PR1 (DC10) avec PR10 permettent de tester un effet niveau du stock organique , avec (CC...), ou sans (PR...), travail du sol.

Les résultats sont présentés fig. 4.3.

On constate ainsi que les non ou faibles différences observées pour Kst entre les situations CC (DC10) et PR10 s'expliquent par des effets antagonistes "travail du sol" et "niveau Matière organique" : le non-travail du sol sous prairie diminue la perméabilité, les teneurs élevées en matière organique l'améliore. Dans toutes les comparaisons possibles entre les diverses situations (fig. 4.3) il apparaît, qu'aussi bien le travail du sol, que l'augmentation des teneurs en matière organique, sont favorables à une augmentation de la perméabilité.

L'étude des perméabilités sur sol reconstitué va permettre de préciser ces données.

Sur sol reconstitué, Ksr (fig. 4.2). Le fait de "reconstituer" un sol sr à partir de st signifie, toutes choses égales par ailleurs, que :

- on "remanie" le sol ; c'est en quelque sorte un effet "travail du sol",
- on supprime les racines interagrégats, ce qui permet de juger si cette fraction organique, qui varie beaucoup selon les précédents (cf Chapitre III), exerce un effet important sur la perméabilité.

Les comparaisons culture-prairie montrent que les Ksr PR10 ou PR7 sont fortement supérieurs à Ksr CC(DC10) (sols V1 et F2) alors que les différences sont nulles entre culture et jachère pour le sol (F4) présentant les plus faibles différences des teneurs en matière organique.

Cet ensemble de résultats sur Ksr met en évidence que le simple test de "remaniement" du sol permet de faire apparaître l'effet positif du niveau du stock organique sur la perméabilité. C'est bien ce qu'illustre, en particulier (fig. 4.3), la valeur beaucoup plus élevée de Kst sur la prairie labourée et cultivée 3 mois F2 CC(PR10) que celle du sol cultivé et travaillé depuis 10 ans F2 CC(DC10).

Figure 4.1 - Répartitions granulométriques des macroagrégats après mesure de Kst et Ksr

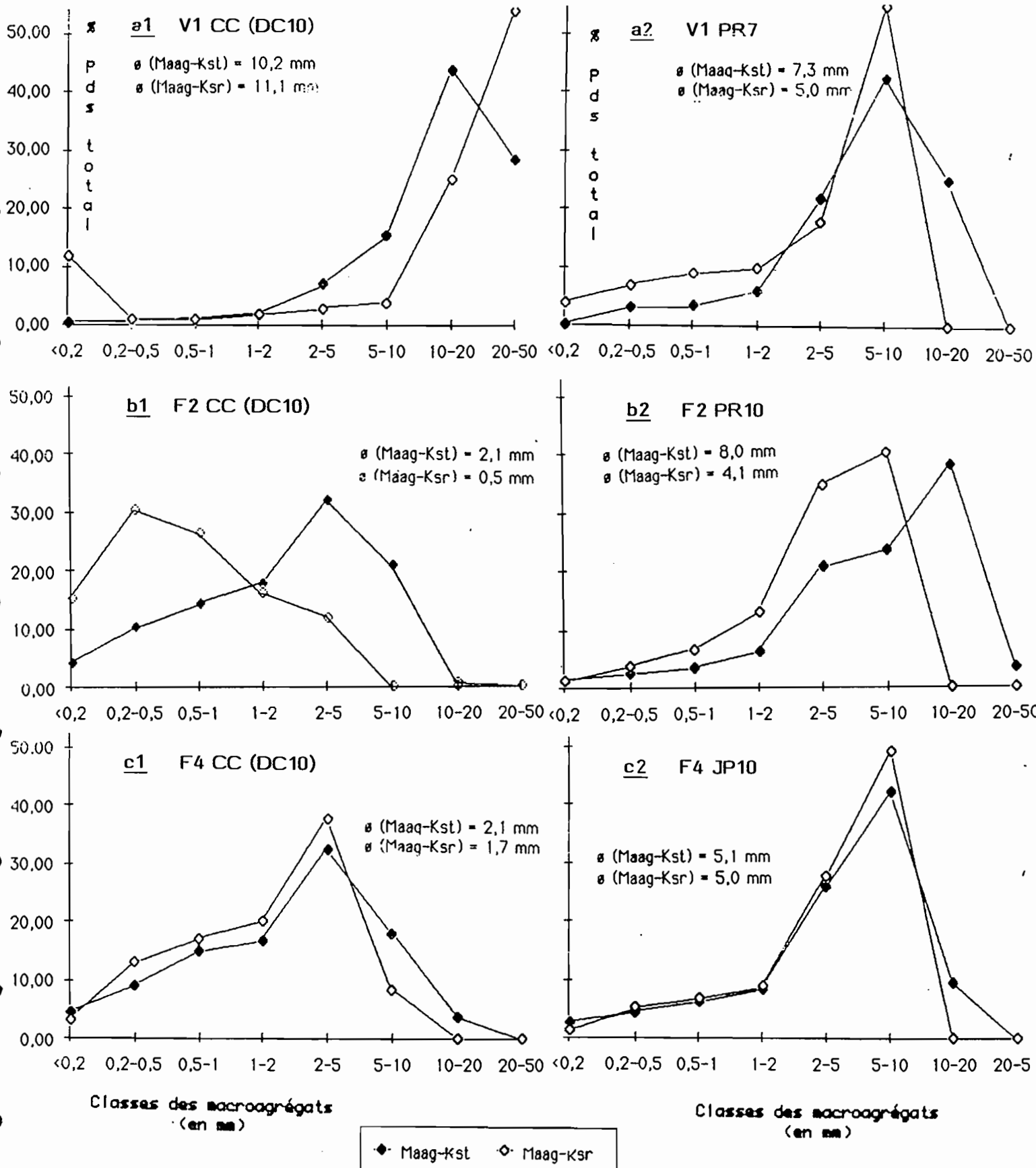


Figure 4.2 - Perméabilités sur sol total (Kst) et sol reconstitué (Ksr)

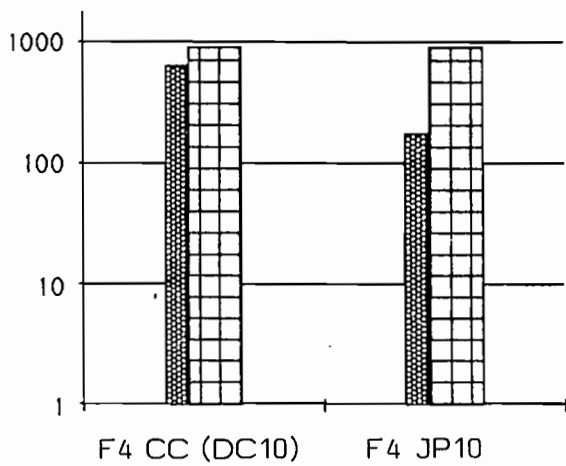
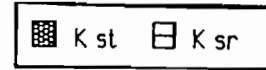
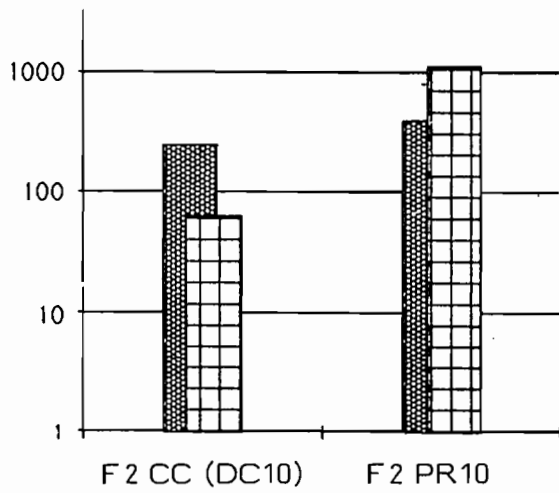
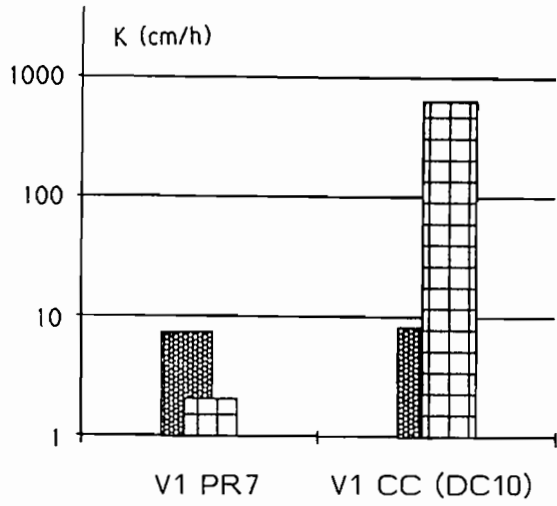


Figure 43.

Influence du précédent et du travail du sol
sur la conductivité hydraulique
(échantillon non remanié)

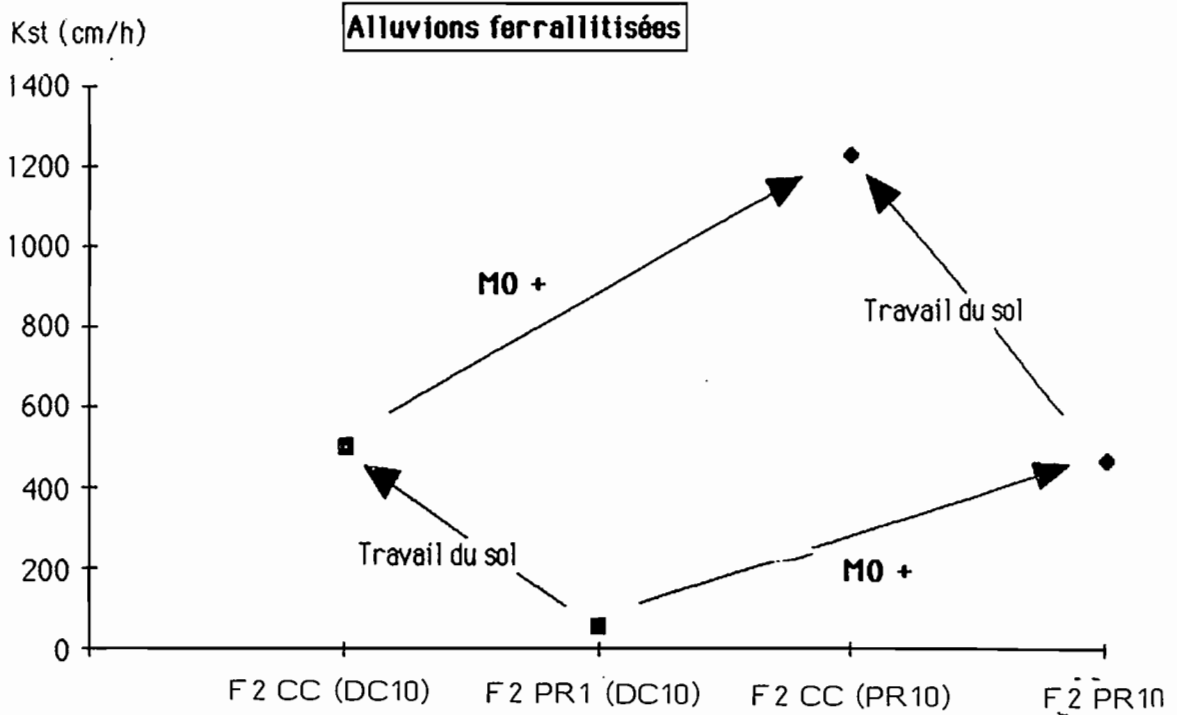
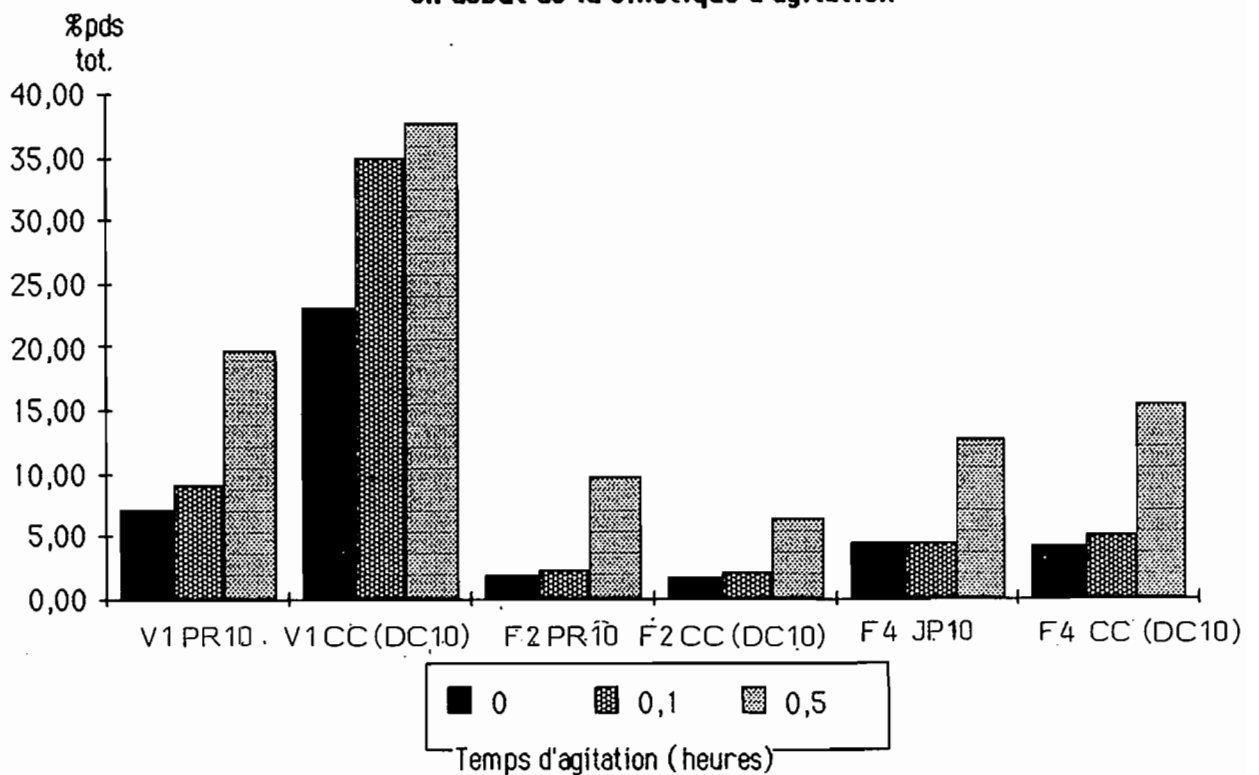


Figure 44.

Dispersabilité des fractions fines (0-5 μm)
en début de la cinétique d'agitation



Enfin, ceci met en évidence le faible rôle mécanique des racines actuelles ou débris végétaux les plus grossiers sur la perméabilité. Les variations de K_{sr} en fonction de celles des niveaux des stocks organiques sont donc probablement à attribuer préférentiellement aux variations importantes des teneurs en matière organique des fractions organo-argileuses (cf Chapitre III).

b Test de dispersabilité

Pour juger de la stabilité de l'agrégation HENIN prend en compte, en plus des taux d'agrégats stables, et ceci nous paraît très important, l'aptitude à la dispersion de l'échantillon de sol (teneurs en fractions 0-20 μm apparues au cours du test I_s).

La dispersion est mesurée ici (cf. 2.2.e) par les teneurs pondérales en fractions 0-5 μm apparues sur sol sr après 16 h de contact à l'eau puis 0(t_0) ou 30 retournements ($t_{0,1}$) du sol dans l'eau. Une comparaison est faite avec $t_{0,5}$ heures (fig. 4.4).

On constate que, pour tous les sols étudiés, les teneurs pondérales sont identiques à t_0 ou $t_{0,1}$. Il faut 0,5 heures d'agitation pour observer de fortes augmentations des teneurs pondérales en 0,5 μm . Les commentaires porteront donc uniquement sur le test à t_0 qui représente l'aptitude potentielle d'un sol à la dispersion (milieu saturé, absence de contraintes de bordure).

Effet type de sol. La dispersabilité des sols se classe dans l'ordre croissant suivant :

$$V1 > F4 > F2$$

Effet précédent. Aucun effet pour les sols à argile 1/1, effet très important pour le vertisol V1, la dispersion étant très élevée sous culture de longue durée CC (DC10). Ces différences pour V1 sont à attribuer à un effet matière organique.

3.2. Méso- et microagrégation

3.2.1. Granulométrie des méso et microagrégats

L'étude est faite à partir du test décrit en 2.2.e.

Les diamètres médians des agrégats restant stables dans l'eau après divers temps d'agitation sont , schématisés sur les figures 4.5 et 4.6.

a) Effet du type de sol (fig. 4.5)

Les évolutions cinétiques des diamètres médians pondéraux des agrégats (*) restant stables à l'eau mettent en évidence une nette différence de comportement entre les vertisols V1 et les sols à caractères ferrallitiques F2 et F4, que ce soit pour les précédents culture CC (DC10) ou prairie et jachère (PR7, PR10 JP10) :

- pour V1 la désagrégation est rapide (< 2 heures) et le diamètre moyen pondéral à t2 est d'environ 10 μm pour la situation culture et 30 μm pour la situation prairie ;

- pour F2 et F4, le comportement des deux sols est relativement proche, avec une désagrégation plus lente que pour V1, faisant apparaître ici, à t2, des agrégats dont le diamètre médian sont, sous culture, respectivement de 110 et 25 μm , et sous prairie ou jachère, de 120 et 80 μm . Globalement, ce test met en évidence une microagrégation ($d_m \leq 30 \mu\text{m}$), même sous prairie pour le vertisol, et une mésogrégation ($d_m \geq 30 \mu\text{m}$) pour les sols à caractères ferrallitiques F2 et F4.

Effet précédent (fig. 4.6).

Compte tenu de ce qui a été dit au paragraphe "3.1.2. a)Ksr", l'effet précédent sera interprété ici en terme d'effet "matière organique" mais devra être confirmé ultérieurement par l'analyse des situations intermédiaires, CC PR10 ou CC PR7 (F2 et V1) et PR1 DC10 (F2 et V1).

Ainsi, une augmentation de la teneur en matière organique du sol se traduit, quel que soit le type de sol étudié et pratiquement quel que soit le niveau d'organisation, par une nette augmentation de la valeur du diamètre médian pondéral des agrégats :

- pour V1, cette amélioration porte sur la microagrégation, les agrégats ayant une taille deux à trois fois supérieure sous prairie que sous culture et sont proches (environ 30 μm) de mésogrégats ;

- pour F2, on note une forte augmentation de la taille des mésogrégats (x 2) mais peu de variations des microagrégats alors que,

(*) Il s'agit bien d'agrégats car dans le cas d'une dispersion totale des constituants du sol, le diamètre pondéral obtenu serait toujours inférieur à 2 μm , tous les sols étudiés étant argileux (échantillon appelé "sol dispersé").

Figure 4.5 - Evolution cinétique de diamètre médian des agrégats stables dans l'eau après agitation

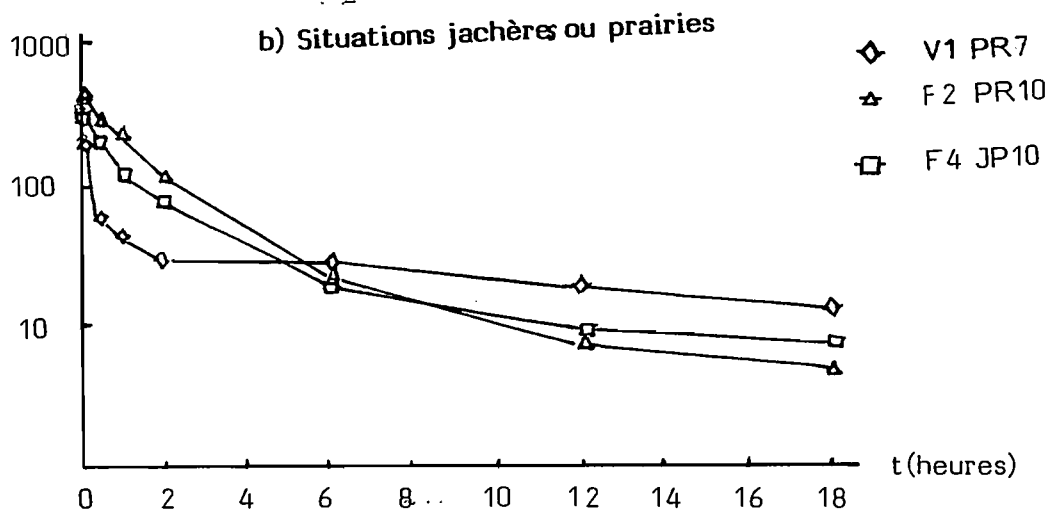
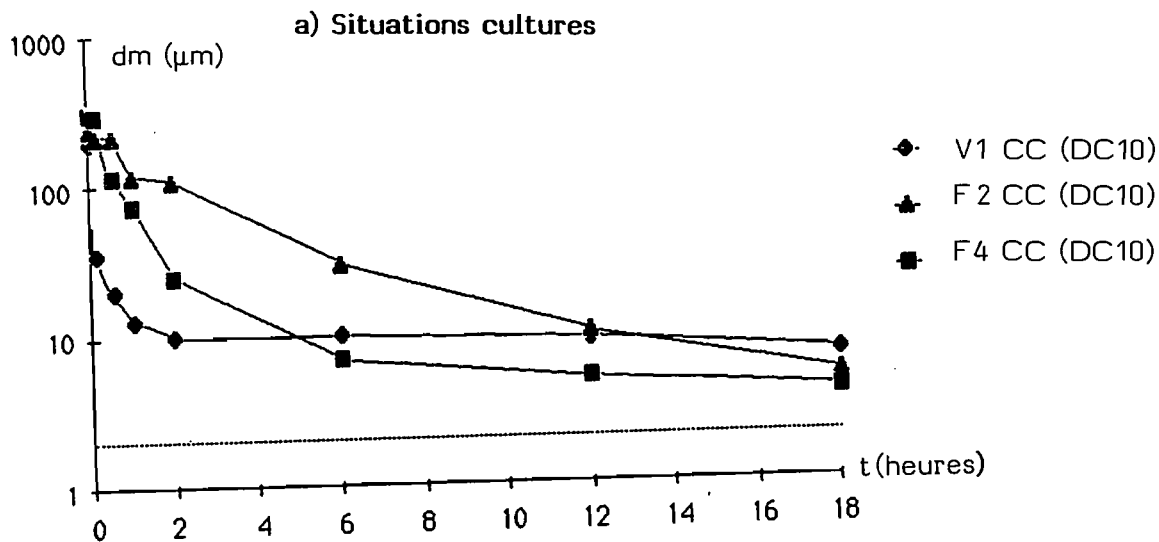
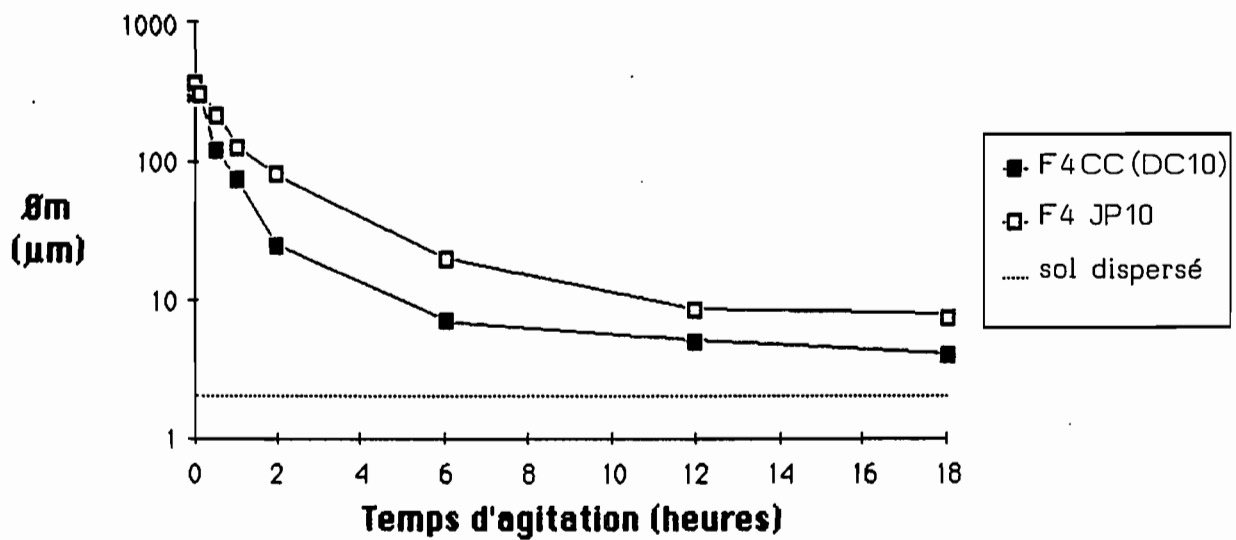
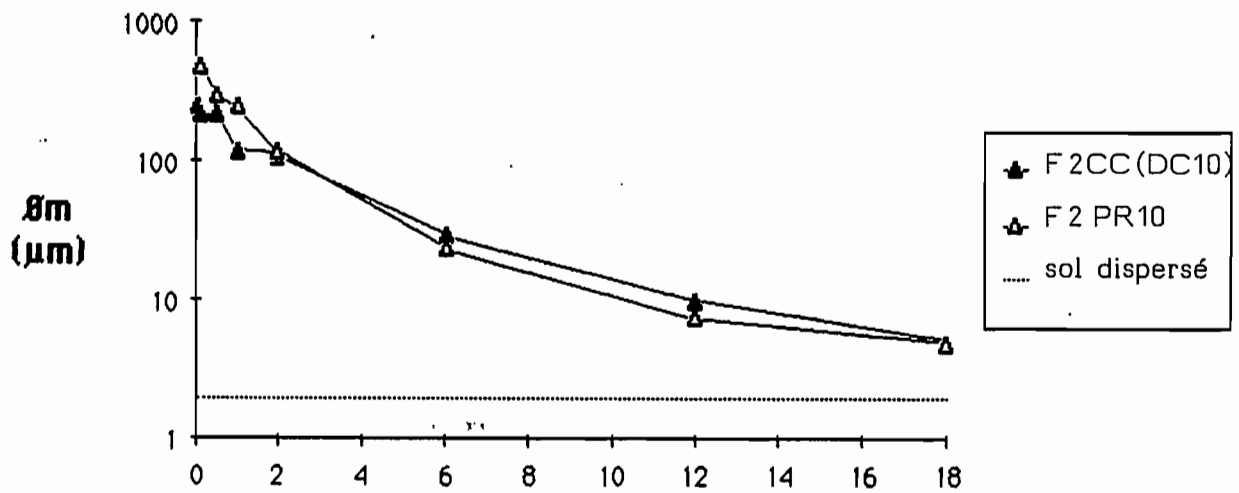
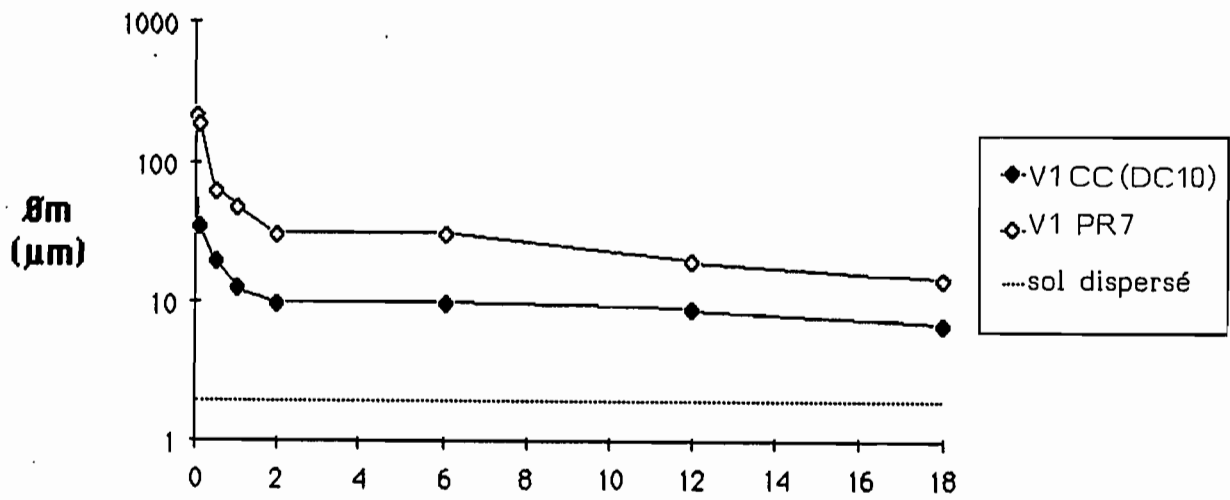


Figure 4.6 - Evolution cinétique du diamètre des mésoagrégats et microagrégats



- pour F4, on observe une forte augmentation, à la fois des méso- et microagrégats.

3.2.2. Stabilité de la mésoagrégation

Elle est étudiée par le même test que ci-dessus mais par une analyse plus fine des paramètres cinétiques de la désagrégation.

Les courbes % pondéral d'une fraction = f(temps d'agitation) sont transformées en $\log \text{ \% poids} = f(\log t)$ ce qui met en évidence une cinétique de premier ordre pour de nombreuses fractions pouvant s'exprimer par :

$$\log (\text{poids}) = a \log(t) + b \quad r = \text{coeff. corrélation}$$

et se représenter par une droite (Annexe IV.3)

Les courbes cinétiques détaillées sont présentées en Annexes IV.4, 5, 6 et les paramètres a, b et r sont présentés au tableau IV.3.

Dans le cas de cette étude, si la valeur de r est supérieure ou égale à 0,670, la population est liée à $P = 5\%$. Pour des valeurs de r nettement inférieures à 0,670, le temps d'agitation n'a que peu d'influence sur l'évolution pondérale de la fraction. Il est probable, dans ces conditions, que la fraction n'aura que peu d'influence sur les mécanismes d'agrégation dans le sol.

Lorsque r est supérieur à 0,670, deux cas sont à considérer selon les valeurs de a (pente de la droite) :

a proche de 0, signifie que l'influence du temps est négligeable sur les vitesses de disparition des fractions grossières ($a < 0$ désagrégation) ou d'apparition des fractions fines ($a > 0$, dispersion). Le phénomène est en fait très rapide.

a différent de 0, signifie qu'il y a incidence du temps d'agitation sur la désagrégation ($a < 0$) ou la dispersion ($a > 0$) des fractions concernées.

a) Situations V1

Les fractions significantes (celles dont les valeurs de r et a sont respectivement supérieures à 0,67 et nettement différentes de zéro) sont celles de la taille

Tableau IV.3 - Paramètres (a, b et r) de la cinétique de désagrégation

Situation VERTISOL				Situation ALLUVIONS FERRALLITISEES				Situation SOL FERRALLITIQUE			
VI dc				F2 dc				F4 dc			
Fractions (en µm)	r	a	b	Fractions (en µm)	r	a	b	Fractions (en µm)	r	a	b
> 200	0,945	-0,11	3,07	1000-2000	0,775	-0,06	1,50	1000-2000	0,997	-0,35	1,99
50-200	0,731	0,03	2,87	500-1000	0,845	-0,40	2,21	500-1000	0,947	-0,18	2,52
25-50	0,672	-0,03	1,95	200-500	0,656	-0,33	3,12	200-500	0,989	-0,24	2,77
5-25	0,078	-0,006	2,52	50-200	0,832	-0,17	3,07	50-200	0,924	-0,18	2,77
<5	0,911	0,05	3,70	25-50	0,089	-0,005	2,07	25-50	0,837	-0,11	1,80
				5-25	0,998	0,24	2,37	5-25	0,941	0,16	2,41
				<5	0,998	0,60	2,24	<5	0,957	0,43	2,97
VI pr				F2 pr				F4 jp10			
Fractions (en µm)	r	a	b	Fractions (en µm)	r	a	b	Fractions (en µm)	r	a	b
> 200	0,972	-0,22	3,23	1000-2000	0,968	-0,42	2,63	1000-2000	0,972	-0,41	2,27
50-200	0,684	-0,02	3,24	500-1000	0,891	-0,25	2,73	500-1000	0,981	-0,18	2,64
25-50	0,154	-0,009	2,27	200-500	0,899	-0,17	2,84	200-500	0,976	-0,16	2,87
5-25	0,229	0,04	2,60	50-200	0,940	-0,14	2,61	50-200	0,070	-0,02	2,59
<5	0,961	0,27	3,00	25-50	0,051	0,002	1,67	25-50	0,283	-0,06	2,07
				5-25	0,987	0,25	2,26	5-25	0,911	0,18	2,23
				<5	0,976	0,57	2,50	<5	0,981	0,44	2,76

des sables grossiers et des argiles. Ce modèle de désagrégation paraît donc simple. Les fractions grossières de la situation à niveau élevé de matière organique (VI PR10) se désagrègent moins vite que la situation VICC (DC10). Il s'en suit pour cette dernière une dispersion rapide de la fraction argileuse, les autres fractions n'intervenant pas ou peu dans ce processus de désagrégation.

b) Situations F2

La fraction 25-50 μm n'intervient pas dans les mécanismes de désagrégation quelle que soit la situation agronomique.

Le comportement de la fraction 1000-2000 μm est totalement différent selon la situation considérée :

- pour la situation culture, cette fraction ne varie pas en poids durant la cinétique, il ne s'agit que de sables grossiers. Au contraire,

- pour la situation prairie, il existe une quantité importante d'agrégats, subissant une désagrégation rapide.

Les fractions 500-1000 μm et 200-500 μm semblent plus riches en agrégats dans la situation culture, mais leur désagrégation est rapide (surtout la fraction 200-500 μm).

Les fractions 5-25 μm et < 5 μm ont des comportements analogues dans les deux situations.

c) Situations F4

A l'exception des fractions 50-200 et 25-50 μm de la situation jachère, toutes les fractions des situations F4 participent aux mécanismes de désagrégation. Les couples JP10-CC (DC10) pour chaque fraction, hormis celles citées plus haut, ont des comportements analogues.

IV.4. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les résultats obtenus ont été résumés dans le tableau IV.4.

Le tableau IV.4a traite des effets de la pédogenèse sur les processus d'agrégation et le tableau IV.4b de l'effet "précédent" (matière organique + travail du

Tableau IV.4 - Tableau récapitulatif des principaux résultats sur l'agrégation

a) selon le type de sol (situations cultures CC (DC10))

	MODE D'AGREGATION			STABILITE....		
	MAAG	MEAG	MIAG	Ksr	Dispersabilité des fractions finesdans l'eau..
V1	de grande taille peu stables (prenant en masse)	inexistant	$\bar{\phi}_m = 10 \mu\text{m}$	très faible	importante	faible dispersion rapide
F2	de taille moyenne peu stables	$\bar{\phi}_m = 200 \mu\text{m}$	$\bar{\phi}_m = 30 \mu\text{m}$	bon à moyen	faible	bonne dispersion rapide des fractions grossières
F4	de taille moyenne stables	$\bar{\phi}_m = 150 \mu\text{m}$	$\bar{\phi}_m = 7 \mu\text{m}$	bon	faible à nulle	bonne usure moyenne des fractions grossières

b) selon les précédents

	MODE D'AGREGATION			STABILITE....		
	MAAG	MEAG	MIAG	Ksr	Dispersabilité des fractions finesdans l'eau..
V1	diminution de la taille bonne stabilité	$\bar{\phi}_m = 50 \mu\text{m}$ +	$\bar{\phi}_m = 30 \mu\text{m}$ +++	bon +++	moyenne ++	moyenne ++
F2	augmentation de la taille bonne stabilité	$\bar{\phi}_m = 300 \mu\text{m}$ +++	$\bar{\phi}_m = 24 \mu\text{m}$ -	bon +	pas d'effet	pas d'effet sauf pour les fractions > 500 μm
F4	pas d'effet	$\bar{\phi}_m = 200 \mu\text{m}$ +	$\bar{\phi}_m = 20 \mu\text{m}$ +	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet

sol) sur ces processus. La partie gauche de chaque tableau résume les divers niveaux d'agrégation et leur stabilité, la partie droite les conséquences sur la perméabilité ; la dispersabilité du sol étudié, et sa stabilité dans l'eau.

4.1. Incidence du type de sol sur les processus d'agrégation

L'opposition entre le vertisol magnésio-sodique V1 et les sols à caractères ferrallitiques (F2 et F4) est tout à fait nette.

Dans le cas du vertisol les macroagrégats sont de grande taille reprenant facilement en masse, les mésoagrégats sont faiblement représentés et les microagrégats sont de faible taille (10 μm). Le sol est très facilement dispersable. Il en résulte une perméabilité faible.

Au contraire, pour les sols à caractères ferrallitiques les macroagrégats sont de taille moyenne et d'une certaine stabilité et ces sols développent une mésoagrégation importante. En conséquence ces sols riches en oxyhydroxydes de fer et d'aluminium présentent une dispersabilité relativement faible et une perméabilité élevée.

4.2. Incidence des jachères ou prairies sur les processus d'agrégation

Nous avons vu que, dans l'état actuel de nos données, il ne nous est pas toujours possible d'apprécier les effets respectifs du non-travail du sol ou de l'augmentation des teneurs en matière organique sous jachère ou prairie, sur les propriétés physiques de ces sols. Seule l'analyse en cours de situations intermédiaires (remise en culture de prairie, remise en prairie de parcelles cultivées depuis longtemps) permettra de faire la part de ces deux processus. Toutefois, les études de la perméabilité Kst sur la situation F2 et des comparaisons Kst-Ksr pour V1, F2 et F4 mettent en évidence que :

- l'accroissement des teneurs en matière organique est bien responsable, pro-parte (avec le non-travail du sol) d'une modification de l'agrégation et de sa stabilité,

- ces modifications sont essentiellement liées aux augmentations de matière organique du comportement organo-argileux 0-5 μm (Chapitre III) et peu aux débris racinaires actuels de taille supérieures à 200 μm ,

- pour de faibles variations de stocks organiques (cas de la situation F4) les variations des propriétés physiques étudiées sont plus faibles aussi.

Globalement "l'effet prairie ou jachère" se manifeste donc par :

- une diminution de la taille des macroagrégats pour le vertisol et une augmentation pour les sols à caractères ferrallitiques conduisant à des tailles comprises entre 5 et 8 mm quel que soit le type de sol. Ces variations granulométriques sont accompagnées d'une augmentation de la stabilité des macroagrégats ;

- une augmentation du diamètre des mésoagrégats pour F2, des microagrégats pour V1 ;

- d'une dispersabilité nettement plus faible pour V1.

En conséquence, si la perméabilité réelle K_{st} ne paraît pas modifiée sous prairie (par suite de non-travail du sol), la perméabilité "potentielle" (?) K_{sr} est fortement améliorée, l'expression de cette amélioration pouvant se faire lors de la remise en culture.

Qui plus est, on se doit, enfin, de constater que les prairies de longue durée, aussi bien pour les situations V1 que F2 permettent un développement important de la macrofaune, en particulier des vers de terre, ceux-ci atteignant pour V1 PR7 une des biomasses (366 g/m^2) les plus élevées observées à ce jour en milieu tropical (cf. Chapitre VI). Leur effet sur l'agrégation sera étudié au cours des prochaines années.

En conclusion, le vertisol magnésio-sodique paraît être particulièrement "fragile" sur le plan des propriétés physiques : faible perméabilité, forte dispersabilité. L'effet bénéfique des prairies dans des rotations longues durées avec des cultures maraîchères-vivrières dans le cadre de systèmes maraîchage-élevage est certain. Le choix de ces systèmes sur un plan agropédologique est donc judicieux. On peut attribuer le fait que l' "effet prairie" sur alluvions ferrallitisées F2 soit moins "spectaculaire", d'une part, aux propriétés minéralogiques de ces sols, d'autre part, aux niveaux de matière organique ($C \text{ ‰}$ horizon 0-10 d'environ 18) des situations "cultures" étudiées plus élevées que dans le cas des vertisols ($C \text{ ‰}$ d'environ 10). L' "effet jachère" peu marqué sur le sol ferrallitique F4 tient aux mêmes raisons, faibles différences entre les teneurs en matière organique des situations cultures ($C \text{ ‰}$ d'environ 16) et jachère ($C \text{ ‰}$ d'environ 24).

**FERTILITE DES SOLS DANS LES
AGRICULTURES PAYSANNES CARIBEENNES**
Effets des restitutions organiques

Rapport final

Coordinateur : C. Feller

Organismes ayant participé au projet :

CARDI, Ste Lucie	MFC/TREDU, Ste Lucie
CEA/DB-SRA, France	ORSTOM, Martinique
ENS, France	ORSTOM/ULA, Venezuela
INRA/CRAAG, Guadeloupe	SECI/DDA, Martinique
IRAT/CIRAD, Martinique	Université PARIS VI, France
MFC/TREDU, Dominique	UWI, Trinidad

FERTILITE DES SOLS DANS LES AGRICULTURES PAYSANNES CARIBEENNES

Effets des restitutions organiques

LISTE DES ORGANISMES PARTICIPANTS

- C.A.R.D.I - Caribbean Agricultural Research and Development Institute. Castries, Ste-Lucia.
- C.E.A./D.B.-S.R.A. - Commissariat à l'Energie Atomique. Département Biologie - Service de Radio-Agronomie - Cadarache, France.
- E.N.S. - Ecole Normale Supérieure. Laboratoire d'Ecologie, Paris, France.
- I.N.R.A.-CRAAG - Institut National de la Recherche Agronomique - Centre de Recherches Agronomiques Antilles-Guyane , Guadeloupe.
- I.R.A.T.-CIRAD - Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et de Cultures Vivrières, Martinique. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.
- M.F.C. - Mission Française de Coopération (Ministère des Relations Extérieures, France). Ste Lucie et Dominique.
- O.R.S.T.O.M. - Institut Français de Recherche pour le Développement en Coopération. Laboratoire Matière Organique des Sols Tropicaux, Fort-de-France, Martinique.
- S.E.C.I. - Station d'Essais de Cultures Irriguées. Direction Départementale de l'Agriculture. Ste-Anne, Martinique.
- T.R.E.D.U. - Training Research and Extension Development Unit. Ste Lucia and Dominica.
- U.L.A. - Universidade Los Andes. Faculdade Ciencias Forestales. Lab. de Suelos.
- Université Paris VI, P. et M. Curie. Département de Géologie Dynamique. Paris, France.
- U.W.I. - University of West Indies. Department of Soil Science, Saint Augustine, Trinidad and Tobago.

La photo en couverture représente les situations "ferrallitiques" F4 de Ste Lucie (Dugard, exploitation de M. Stanley Sainte-Marie)

AVANT PROPOS

Ce projet a débuté officiellement le 01.07.85 et, après acceptation par la CEE d'une prolongation de 6 mois, s'est terminé le 31.12.87.

Je tiens à remercier vivement Messieurs les Responsables du "sous-programme Agriculture tropicale" de la DG 12 pour leur compréhension quant aux divers retards qui ont pu exister dans la remise des rapports d'avancement et de ce rapport final.

Je souhaite aussi préciser immédiatement que, sans le financement de la CEE, cette recherche n'aurait jamais eu lieu ou, tout au moins, n'aurait jamais pris cette dimension régionale de coopération qui la caractérise. Un certain nombre de recherches initiées de ce fait vont se poursuivre maintenant plusieurs années au-delà de ce projet.

Si j'espère, bien sûr, que les résultats obtenus contribueront à une meilleure connaissance de la fertilité et de la gestion des sols dans les agricultures paysannes caribéennes, j'ajouterai que du côté des participants à ce projet, nous en "émergeons" j'en suis sûr, enrichis et sensiblement différents dans la perception des problématiques recherche/développement de ce que nous étions en nous y "plongeant".

C'est donc pour moi l'occasion d'adresser mes plus vifs remerciements et amitiés à l'ensemble de mes collègues (*) pour le travail fourni et la qualité de cette collaboration, en insistant particulièrement sur le rôle essentiel, tant sur le plan conceptuel que matériel (mise en place d'essais agronomiques en milieu paysan), joué par les équipes MFC/TREDU de Dominique et de Ste Lucie.

C. FELLER

Nancy, mars 1988

(*) Les personnes ayant participé à ce projet sont citées dans le Sommaire.

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	1
<u>PREMIERE PARTIE - INVENTAIRE SOMMAIRE DES SYSTEMES DE CULTURE PAYSANS</u>	6
. Chapitre I - Systèmes de culture, pratiques de la jachère et fertilisation dans les agricultures paysannes des Petites Antilles. E. de Guiran et C. Castellanet	
<u>DEUXIEME PARTIE - SYSTEMES DE CULTURE ET PROPRIETES DES SOLS ..</u>	
. Chapitre II - Systèmes de culture et propriétés générales de quelques types de sols. A. Albrecht, M. Brossard, J.L. Chotte, C. Feller, A. Plenocassagne, J.P. Brizard et L. Rangon	20
. Chapitre III - Systèmes de culture et matière organique de quelques types de sols. M. Brossard, J. Loury, A. Albrecht, J.L. Chotte, J.Y. Laurent et C. Feller	47
. Chapitre IV - Matière organique et propriétés physiques de quelques types de sols. A. Albrecht et L. Rangon	55
. Chapitre V - Matière organique et mobilité du phosphore (³² P) dans quelques types de sols. M. Brossard, J.C. Fardeau, P. Monteau, J.Y. Laurent	69
. Chapitre VI - Systèmes de culture et faune des sols. Quelques données. I. Barrois, P. Cadet, A. Albrecht et P. Lavelle	85
<u>TROISIEME PARTIE - SYSTEMES DE CULTURE, PRODUCTIVITE ET NUTRITION AZOTEE D'UN MAIS</u>	
. Chapitre VII - Précédents culturaux, fertilisation et productivité d'un maïs pour quelques types de sols. Résultats de deux années d'expérimentation. C. Castellanet, E. de Guiran, R. Pilgrim, A. Ramdass, S.M. Griffith, N. Ahmad, M. Clairon, P. Daly, M. Mahieux et J.L. Chotte	97
. Chapitre VIII - Bilans N-engrais et nutrition azotée d'un maïs pour quelques types de sols. Etude avec ¹⁵ N. J.L. Chotte, J.M. Hetier, A. Mariotti, J. Loury et C. Feller	113
CONCLUSION GENERALE	122
VALORISATION, DIFFUSION, FORMATION, PERSPECTIVES	127
ANNEXES I à VIII	