

ESSAIS DE FRACTIONNEMENT PHYSIQUE DU SOL
EN VUE DE L'ETUDE DE LA MATIERE ORGANIQUE

E. BRADEAU - C. FELLER
SEPTEMBRE 1978

1/ LE FRACTIONNEMENT DE LA MATIERE ORGANIQUE DES SOLS SABLEUX
DU SENEGAL (SOLS DIOR).

Application à un sol marqué à l'aide d'isotopes stable
et radio-actif.

(Stage Antenne ORSTOM C.E.N. CADARACHE,

OCTOBRE/NOVEMBRE 1977)

2/ LE FRACTIONNEMENT EN AGREGATS DE SOLS ALLUVIAUX A TEXTURE
MOYENNE ET FINE

Application aux horizons de surface de quelques sols de la
cuvette de NIANGA (PODOR, SENEGAL)

Estimation de la stabilité structurale.

INITIATION A L'UTILISATION DES ISOTOPES STABLES
ET RADIOACTIFS POUR LES ETUDES DE MATIERE ORGANIQUE DES SOLS
(Service de Radio-Agronomie, C.E.N. CADARACHE - Antenne O.R.S.T.O.M.)

Note préliminaire sur le stage effectué du 4 Octobre au 25 Novembre 1977

Par

C. FELLER et E. BRAUDEAU (Pédologues ORSTOM)

1 - OBJECTIFS DU STAGE

Nous rappelons que ce stage de 2 mois avait les objectifs suivants :

- 1°/ Initiation aux techniques d'utilisation d'isotopes stables et radioactifs, en particulier, azote 15 et carbone 14 ;
- 2°/ Mise au point d'une méthode de fractionnement de la matière organique des sols sableux du Sénégal, compatible avec l'utilisation de ces isotopes ;

2 - EMPLOI DU TEMPS :

- 1er mois : Initiation aux techniques isotopiques de l'azote 15
2ème mois: Initiation aux techniques isotopiques du carbone 14

3 - MATERIEL ET METHODES

Nous avons appliqué les deux techniques isotopiques (^{14}C , ^{15}N) sur un même sol salbeux du Sénégal (Sol "Dior") nommé ci-dessous: Sol Témoin Te. Nous rappelons ici les principales caractéristiques de l'horizon de surface de ce sol (0-20cm)

Matière organique	0.5 %
Argile + Limon	4 à 5 %
Capacité d'échange	1.8 mcq/100 g

3.1. Expérimentation avec l'azote 15

Nous avons utilisé les échantillons de sols provenant d'une expérimentation en pots effectuée au laboratoire de radio-agronomie (G. GUIRAUD). Nous rapportons ci-dessous les principales caractéristiques de cette expérimentation.

- Traitement témoin : ni culture, ni apport de ^{15}N , sol témoin
- Traitement urée : culture de Ray-grass sur sol témoin en présence d'urée marquée à l'azote 15
- Traitement Ray-grass: culture de Ray-grass sur sol témoin en présence de ray-grass marqué à l'azote 15.

Les données, concernant l'azote 15, obtenues antérieurement (G.GUIRAND) sur cette expérience sont les suivantes :

Traitement urée			Traitement Ray-grass		
	Excès isotopique E %	Quantité de ^{15}N en % du ^{15}N total ajouté $Q^{15}\text{N} \%$		Excès isotopique E %	Quantité de ^{15}N en % du ^{15}N total ajouté $Q^{15}\text{N} \%$
Urée apportée	4,93	100	Ray-grass apporté	3,66	100
Plante	1ère coupe	3,35	Plante	1ère coupe	2,65
	2ème coupe	3,14		2ème coupe	2,91
Racines	3,28	12,3	Racines	2,61	5,3
Sol T+U*	0,554	13,7	Sol T+R*	1,83	27,7
$Q^{15}\text{N} \%$ total		72,6 %	$Q^{15}\text{N} \%$ total		46,8 %

Nous avons poursuivi cette étude par une analyse plus fine des seules fractions "sol" T+U* et T+R*, selon le schéma de fractionnement présenté au paragraphe 3.3 .

L'excès isotopique en azote 15 est déterminé par spectrométrie de masse.

3.2. Expérimentation avec le carbone 14

Le sol témoin Te a été mis à incuber pendant 3 semaines à température ambiante (20°) en présence de paille de maïs marqué en ^{14}C .

Le fractionnement décrit au paragraphe 3.3 est appliqué sur les traitements suivants :

n°s 1 et 2 - sol témoin sec + paille de maïs, 20°, 3 semaines

n° 3 et 4 - sol témoin à la capacité au champ + paille de maïs, 20°, 3 semaines

La radioactivité des diverses fractions de sol est obtenue par combustion (oxymat), piégeage du $^{14}\text{CO}_2$ dégagé dans un liquide scintillant et comptage dans ce dernier.

Le carbone 12 est dosé par voie sèche au ^{graphite}carbone et l'azote 14 selon Kjeldhal.

3.3. Fractionnement de la matière organique

Nous avons effectué un fractionnement granulométrique, par tamisage sous ~~eau~~, des échantillons de sol, selon une technique inspirée à la fois de celle décrite par FELLER et al. (1977) (*) (portant sur de grosses quantités de sol) et de celle actuellement mise au point au Centre de Pédologie Biologique de Nancy.

Le fractionnement est schématisé ci-dessous :

(*) G. FELLER, M. CHEVAL, F. GANRY (1977) - Enfouissements pendant quatre années successives d'un compost de paille de mil dans un sol sableux cultivé du Sénégal. 1ère Partie : Bilans du carbone et influence des doses d'engrais azotés Rapp. Ronéo., 20 p., 3 fig., ORSTOM (DAKAR) - ISRA (BAMBEY).

100 g de sol
+
500 ml H₂O

Agitation 18 heures/3 billes de verre

Séparation par décantation et légère agitation

Tamis 100 μ

Fraction $> 100 \mu$

ML 100 matière organique "légère" de taille $> 100 \mu$

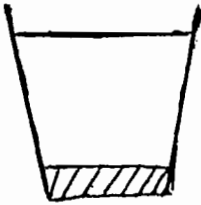
F 100 sables $> 100 \mu$

Tamis 50 μ

Fraction 50-100 μ

ML 50-100 matière organique "légère" de taille comprise entre 50 et 100 μ

F 50-100 sables 50-100 μ



Séparation par centrifugation

Fraction 0-50 μ

F 0-50 fraction organo-minérale 0-50 μ

Eaux

4 - RESULTATS ET DISCUSSIONS

Nous commenterons les résultats obtenus en essayant de répondre aux trois questions suivantes qui s'appliquent aussi bien à l'expérimentation ^{15}N qu'à celle concernant ^{14}C .

- 1°) quel est l'intérêt du pré-fractionnement physique utilisé, comparé aux méthodes habituelles de fractionnement chimique de la matière organique ?
- 2°) Sur le plan quantitatif (bilans) ce fractionnement est-il acceptable pour les sols sableux très pauvres étudiés ici ?
Est-il compatible avec l'utilisation de ^{15}N et/ou ^{14}C ?
- 3°) quelles informations supplémentaires nous apporte l'utilisation des isotopes dans ce genre d'expérience ?

4.1. Intérêt d'un pré-fractionnement granulométrique pour l'étude de la matière organique des sols sableux cultivés -

Les principaux avantages de cette méthode sont :

- la simplicité de manipulation ~~et~~ la modicité des moyens à mettre en œuvre ;
- l'utilisation d'eau, comme unique "solvant", pour un premier fractionnement, comparé aux méthodes densimétriques faisant intervenir des solvants organiques (alcool, bromoforme) ;
- l'obtention de fractions organiques, de nature extrêmement différente ~~et~~ relativement bien définies (cf. photographies) :
 - fraction ML 100 : résidus végétaux frais très reconnaissables (radicelles, graines, épillets) et résidus végétaux préhumifiés encore reconnaissables ;
 - fraction ML 50-100 : nombreuses boulettes fécales, hyphes fongiques, et résidus végétaux déjà très humifiés peu reconnaissables ;
 - fraction F 0-50 : Fraction organo-minérale, très humifiée, non reconnaissable ;
- l'adaptabilité de ce fractionnement à de nombreux problèmes d'évolution de la matière organique. Exemple : celui des sols sableux étudiés ici où cette méthode permet de concentrer le carbone organique dans environ 1/10^e du poids de terre initial en éliminant les fractions sableuses F 100 et F 50-100. Ceci facilite ensuite, considérablement, l'étude par ex. de la fraction humifiée F 0-50.

4.2. Bilans en poids - carbone et azote

	Poids	Carbone	^{14}N	^{15}N
Sol total	100	100	100	100
Somme des fractions	98,5 à 100	90 à 95	90 à 110	85 à 92

Compte tenu du type de sol (pauvre, échantillonnage difficile) du nombre de fractions étudiées (6) et du peu d'expérience dans l'utilisation de cette méthode, ces bilans apparaissent satisfaisants.

4.3. Résultats particuliers à l'expérimentation azote 15

(V. fig. 1 et 2 et tableaux 1, 2 et 3)

Traitement T + U*

Le sol T + U ne se différencie pratiquement pas du témoin Te pour les teneurs en ^{12}C et ^{14}N . Par contre l'azote 15 ajoutée (urée marquée) est préférentiellement incorporée dans la fraction "eaux" pour laquelle on note un excès isotopique de 1.25 (à comparer à 0.58 pour le sol total).

Traitement T + R**

L'apport de matière organique sous forme de Ray-grass marqué a fortement enrichi ce sol en carbone et azote, même après une culture.

Les excès isotopiques sont à peu près identiques pour l'ensemble des fractions organiques ML 100, ML 50-100, F 0-50, Eaux. En particulier l'enrichissement de la fraction la plus humifiée F 0-50 apparaît spectaculaire mais à peu de signification avec cette seule expérience, car on ne connaît pas la granulométrie initiale des débris de Ray-grass ajoutés.

Enfin, pour les trois traitements Te, T + U*, T + R** il faut noter les inégales répartitions du carbone et de l'azote dans les fractions F 100, F 50-100 et eaux pour lesquelles les teneurs en carbone apparaissent négligeables mais pas celles en azote.

En conclusion, l'utilisation de l'azote 15 nous permet de montrer que

- la réorganisation de l'azote apporté au sol est extrêmement rapide (répartition dans différentes fractions après une seule culture),
- cette réorganisation est dépendante de la nature de l'apport (urée ou Ray-gross) mais ne s'effectue pas, dans un intervalle de temps donné, avec une intensité identique dans les différentes fractions organiques (par ex. : fraction eaux très marquée dans le traitement T + U*).

4.4. Résultats particuliers à l'expérimentation carbone 14

Sol témoin

Le bilan en carbone 12 est d'environ 93 %. Ceci est à peu près conforme aux bilans de carbone déjà établies lors de l'expérience azote 15.

Toutefois le bilan en ^{14}C n'est que de 80 %. Ce déficit sur le sol témoin peut avoir 3 causes principales, à savoir :

- 1 - perte d'une partie de sol au cours des manipulations,
- 2 - dégagement de $^{14}\text{CO}_2$ au cours du fractionnement sous l'eau
- 3 - dégagement de $^{14}\text{CO}_2$ lors du contact (de 3 semaines) sol sec - mais marqué.

Une expérience de contrôle dont les résultats ne sont pas rapportés ici semble toutefois indiquer la prépondérance du phénomène 2.

Par ailleurs, on note que la radioactivité du sol témoin se répartit surtout dans les fractions ML 100, ML 50-100, F 0-50, eaux. Deux explications à ces résultats :

- la granulométrie de la paille de maïs est telle que, dès la mise en contact du sol et de la paille, celle-ci se répartit selon les différentes fractions étudiées,
- le fractionnement sous l'eau du sol étudié correspond déjà à une "incubation" (respiration + humification), et favorise la répartition du carbone dans les différentes fractions organiques.

Seul un témoin effectué avec une paille de maïs bien calibrée sur le plan granulométrique permettrait d'avance une hypothèse cohérente.

Sol incubé

Le bilan en ^{12}C est de l'ordre de 85 %, indiquant une perte en carbone sous forme de CO_2 lors de l'incubation.

Le bilan en ^{14}C n'est que de 43 % après incubation. Ce seul résultat montre donc que le maïs marqué ajouté s'est préférentiellement minéralisé par rapport à la matière organique préexistante dans le sol.

Enfin, un regard sur les activités spécifiques de chaque fraction est extrêmement instructif puisqu'on observe, en comparaison avec le sol témoin, des variations très grandes selon la nature des fractions :

- activité spécifique restant constante pour la fraction F 0-50
- activité spécifique en forte diminution pour les fractions ML-100 ML 50-100 et eaux.

5 - CONCLUSIONS GÉNÉRALES

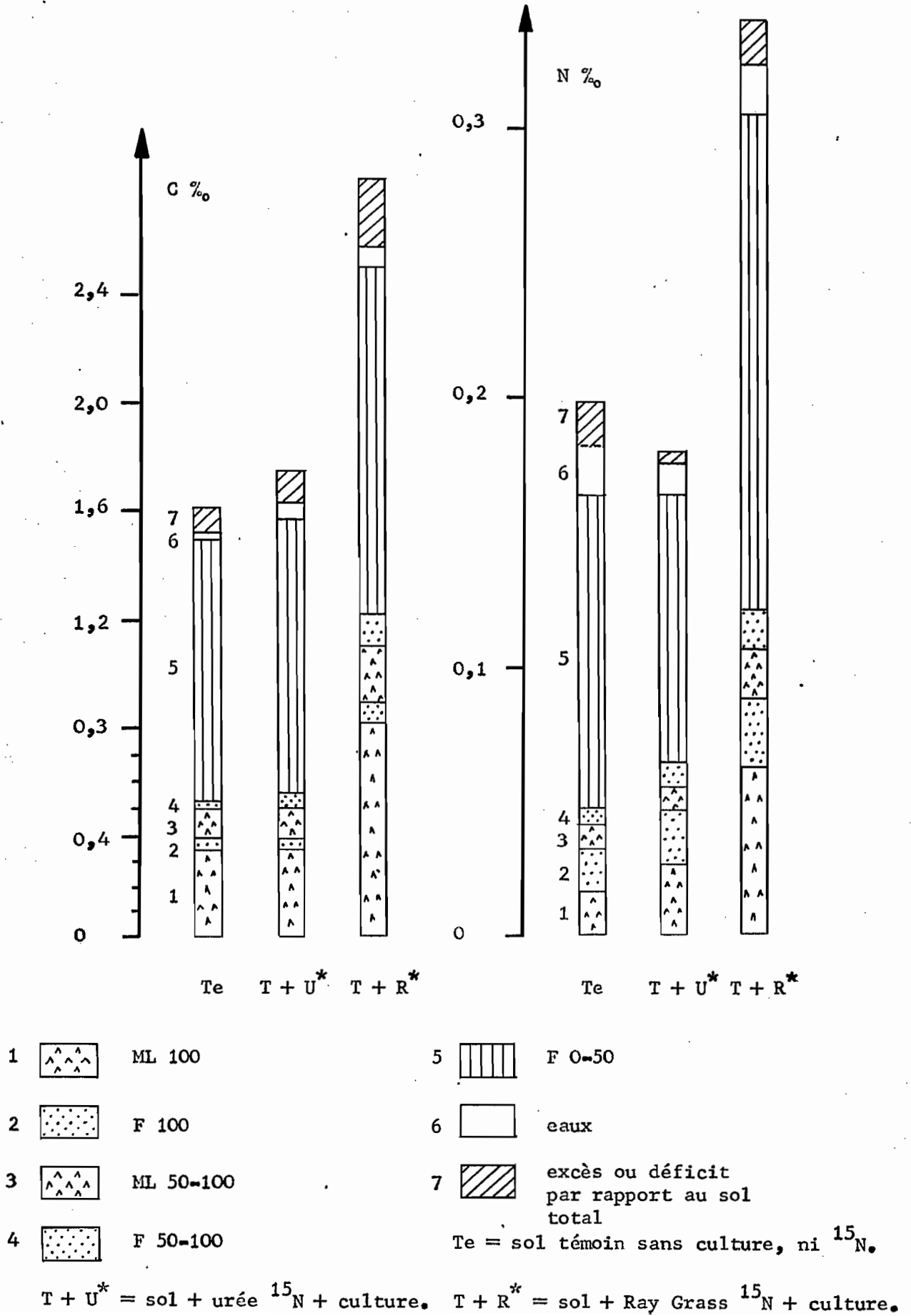
Ces premiers résultats montrent, si besoin en était, l'intérêt de l'utilisation des isotopes pour une meilleure approche des phénomènes de décomposition et d'humification de la matière organique des sols.

Les dynamiques du carbone et de l'azote n'étant pas nécessairement parallèles il apparaît souhaitable de pouvoir suivre l'évolution de la matière organique sous ces deux aspects (carbone et azote).

Enfin, ce stage nous a permis de nous familiariser, non seulement avec la technologie de l'utilisation des isotopes mais aussi de poser un certain nombre de problèmes spécifiques à cette étude. Nous en citerons deux exemples :

- nécessité d'utiliser des résidus végétaux granulométriquement définis ;
- amélioration de certains dosages (^{14}C surtout) pour l'établissement de bilans plus sûrs.

Fig. 1 : Teneurs absolues en carbone et azote de différentes fractions d'un sol sableux cultivé (Sénégal).



EXPERIENCE AZOTE 15

Fig. 2 : Teneurs relatives en carbone et azote de différentes fractions d'un sol sableux cultivé (Sénégal).

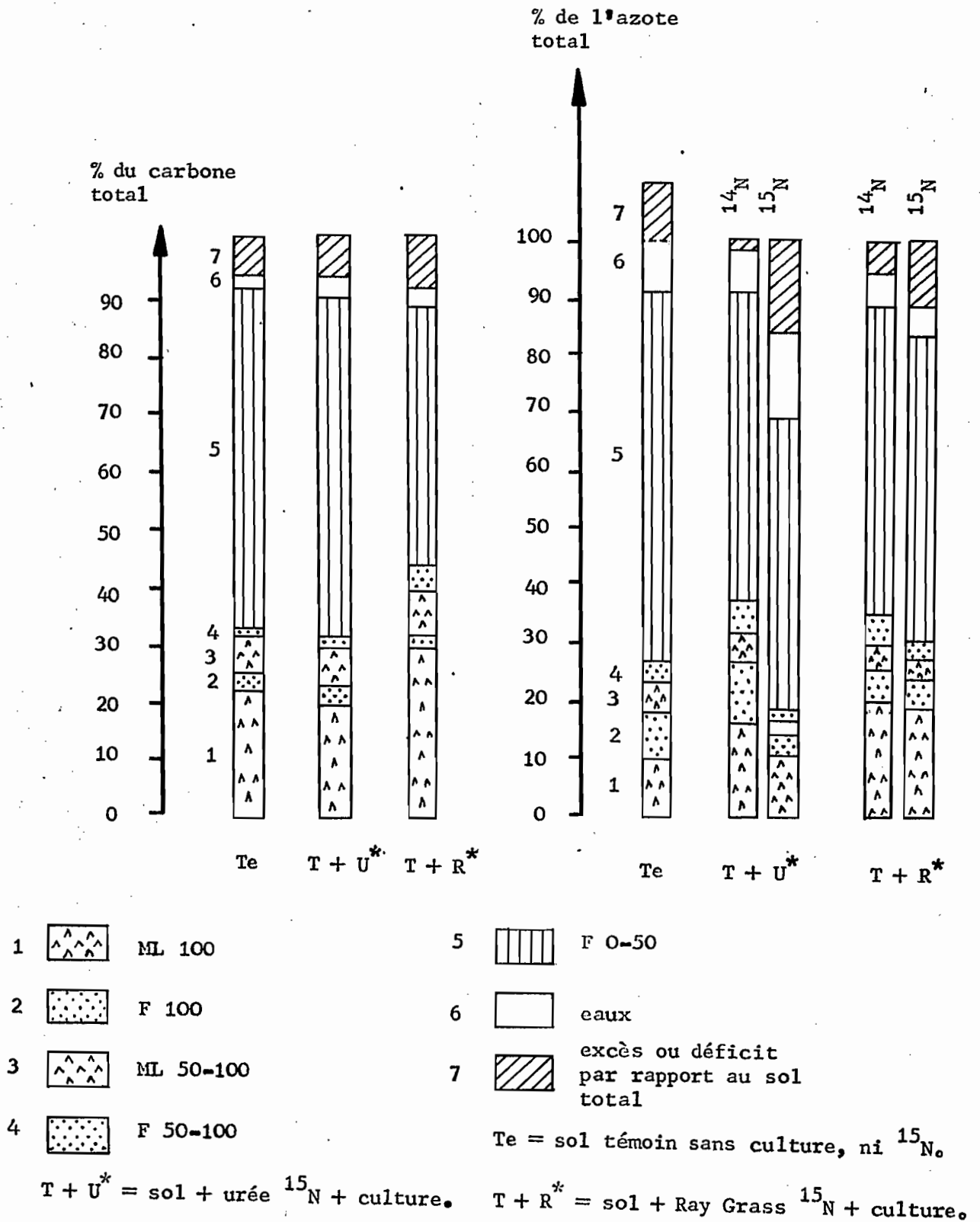


TABLEAU 1 - EXPERIENCE ¹⁵N : BILAN EN CARBONE, AZOTE ET AZOTE 15

	SOL TEMOIN Te			TEMOIN + UREE TU MARQUE N ¹⁵					TEMOIN + RAY-GRASS T + RG MARQUE N ¹⁵				
	C ‰	N ‰	C/N	C ‰	N ‰	C/N	E %	¹⁵ N‰ x 10 ⁴	C ‰	N ‰	C/N	E %	¹⁵ N
Sol Total ST	1.60	1.8	9.0	1.74	1.8	9.5	0.58	10.4	2.81	3.4	8.3	1.89	64.2
ML 100	0.24	0.18	13.5	0.25	0.20	12.8	0.53	1.03	0.81	0.63	12.8	1.98	12.48
F 100	0.08	0.15		0.10	0.21		0.17	0.10	0.19			0.89	1.67
ML 50-100	0.10	0.09	11	0.06	0.07	8.2	0.22	0.11	0.21	0.18	11.5	1.61	2.87
F 50-100	0.04	0.07		0.06	0.10		0.28	0.27	0.11	0.21		1.35	2.83
F 0-50	0.93	1.15	8	1.11	1.18	9.4	0.52	6.08	1.28	1.72	7.4	1.88	32.32
Eaux	0.03	0.35		0.07	0.13		1.25	1.58	0.08	0.19		1.78	3.30
Somme Σ	1.39	1.99		1.65	1.89			9.55	2.56	3.12			55.49
Σ /ST x 100	87 %	111 %		94.8 %	105 %			92 %	91.1 %	91.8 %			86.4 %
ST	1.60	1.8	9	1.74	1.8	9.5	0.58	10.4	2.81	3.4	8.3	1.89	64.2
ML 100	0.34	0.24	14.5	0.33	0.28	11.8	0.38	1.07	0.82	0.64	12.7	1.93	12.45
F 100	0.05	0.3		0.05	0.2		0.19	0.38	0.05	0.25		1.08	2.71
ML 50-100	0.10	0.09	11.2	0.12	0.09	12.4	0.20	0.19	0.20	0.17	11.5	1.50	2.54
F 50-100	0.02	0.04		0.05	0.09		0.31	0.29	0.08	0.15		1.29	1.88
F 0-50	0.95	1.19	8.0	1.00	0.98	10.2	0.54	5.24	1.38	1.83	7.5	1.86	34.15
Eaux	0.03	0.35		0.07	0.13		1.25	1.58	0.08	0.19		1.78	3.30
Somme Σ	1.49	2.21		1.62	1.77			8.75	2.61	3.23			57.03
Σ /ST x 100	93.1 %	123 %		93.1 %	98 %			84 %	92.9 %	95 %			88.8 %
									RAY-GRASS				
									C/N = 6.9				
									E % = 3.58				

TABLEAU 2 - EXPERIENCE ¹⁵N

	Te SOL TEMOIN			T + U* TEMOIN + UREE MARQUEE				T + R* TEMOIN + RAY-GRASS MARQUEE			
	POIDS	C %	N %	POIDS	C	N	¹⁵ N	POIDS	C	N	¹⁵ N
ML 100	0.2	21.3	10	0.5	19.0	15.6	10.3	0.9	28.8	19.8	19.4
F 100	78.6	3.1	8.3	69.6	2.9	11.1	3.7	68.9	2.5	7.4	4.2
ML 50-100	0.3	6.3	5.0	0.3	6.9	5.0	1.8	0.9	7.5	5.0	4.0
F 50-100	14.7	1.2	3.9	23.4	2.9	5.0	2.8	22.6	3.9	4.4	2.9
F 0-50	5.9	59.4	63.9	6.9	57.5	54.4	50.4	6.1	45.6	53.8	53.2
Eaux		1.9	19.4		4.0	7.2	15.2		2.8	5.6	5.1
Somme Σ	99.7	93.1	110.6	100.7	93.1	98.3	84.1	99.4	91.1	95.0	88.8

Résultats exprimés en % de la quantité totale de l'élément.

TABLEAU 3 - EXPERIENCE AZOTE 15

T + U*			T + R*	
1	2		1	2
10	10	Sol total	10	10
9,1	6,5	ML 100	10,47	10,2
2,9	3,3	F 100	4,71	5,7
3,8	3,4	ML 50-100	8,5	7,9
4,8	5,3	F 50-100	7,1	6,8
9,0	9,3	F 0-50	9,9	9,8
21,6	21,5	Eaux	9,4	9,4

Tableau comparatif des excès isotopiques des fractions des échantillons

T + U* et T + R*

Fig. 3 : Teneurs relatives en carbone 12 et carbone 14 de différentes fractions d'un sol sableux cultivé (Sénégal).

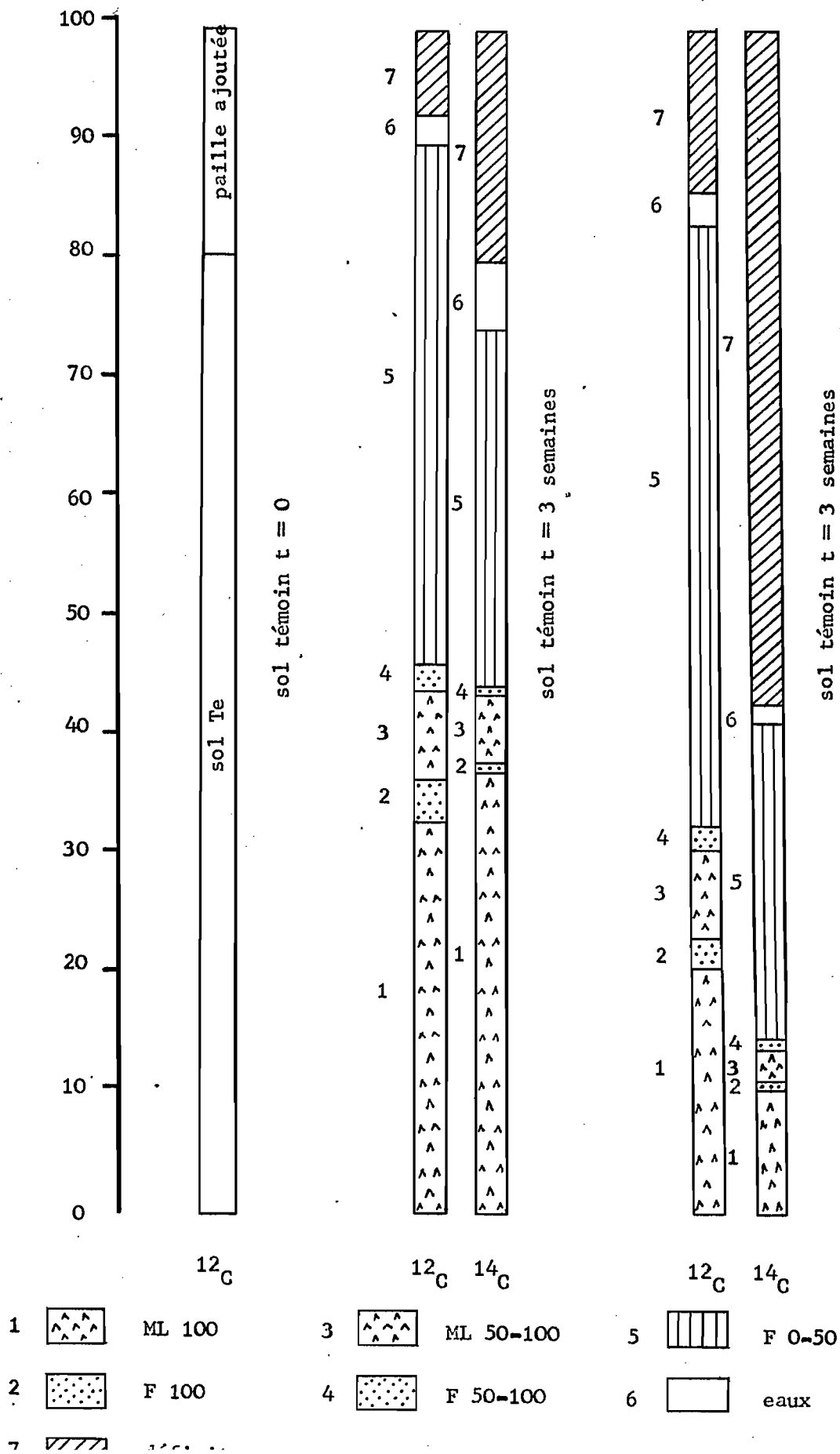


TABLEAU 4 - EXPERIENCE ¹⁴C

	SOL TEMOIN						SOL INCUBE					
	Poids de la fraction	C %	C/C total x 100	¹⁴ C cpm	¹⁴ C/ ¹⁴ C total de départ	Activité spécifique Cpm/mg C	Poids de la fraction	C %	C/C total	¹⁴ C Cpm	¹⁴ C/ ¹⁴ C total	Activité spécifique Cpm/mg C
Sol de départ Te ¹⁴ C ajouté	100 g 98.4 mg	1.72 0.40	81.1 18.9	0 2049960			100 g 109,5 mg	1.72 0.45		0 2.281213		
≤		2.12	100.0		100 %	50693		2.17		100 %		50693
ML 100	0.25 g	0.63	29.7 %	704913	34.5 %	11189	0.38 g	0.45	20.7 %	194556	8.5 %	4323
F 100	73.36	0.05	2.3 %	3750	0.2 %	750	71.51	0.05	2.3 %	61100	2.7 %	12220
ML 50-100	0.38	0.14	6.6 %	94841	4.6 %	6774	0.23	0.14	6.4 %	59664	2.6 %	4262
F 50-100	20.46	0.07	3.3 %	5007	0.2 %	715	22.03	0.05	2.3 %	20922	0.9 %	4184
F 0-50	4.95	1.04	49 %	574657	28.1 %	5525	5.20	1.05	48.4 %	541.192	23.7 %	5154
Eaux	0.09	0.07	3.3 %	170646	8.3 %	24378	0.08	0.04	2 %	53.973	2.4 %	13493
≤	99.49	1.99	94 %	1553814	76.0 %		99.43	1.78	83	931413	41	
≤ /ST	99.5 %	94 %		76 %	76 %		99.3	83 %		40.8 %		
Sol de départ Te ¹⁴ C ajouté	100 g 104.0 mg	1.72 0.42		0 2166622	100 %		100 g 100.8 mg	1.72 0.41		0 2.099966		
≤		2.14						2.13				
ML 100	0.29 g	0.71	33 %	802705	37.0 %	11305	0.60	0.45	21.1 %	217133	10.3 %	4825
F 100	74.62	0.07	3.2 %	7278	0.3 %	1039	69.47	0.05	2.3 %	16107	0.8 %	3221
ML 50-100	0.12	0.17	7.9 %	143267	6.6 %	8427	0.20	0.15	7 %	60854	2.9 %	4057
F 50-100	20.17	0.05	2.3 %	7448	0.3 %	1489	23.16	0.05	2.3 %	17123	0.8 %	3424
F 0-50	4.39	0.95	44.3 %	651238	30.1 %	6855	5.42	1.10	51.6 %	535407	26.5 %	4867
Eaux	0.09	0.05	2.3 %	133768	6.2 %	26753	0.08	0.04	1.9 %	40259	1.9 %	10065
≤		1.99	93	1745702	80.5			1.84	86	907844	43	
≤ /ST		93 %		80.6 %				86 %		43.2 %		

2/ LE FRACTIONNEMENT EN AGREGATS DE SOLS ALLUVIAUX A TEXTURE
MOYENNE ET FINE

Application aux horizons de surface de quelques sols de la
cuvette de NIANGA (PODOR, SENEGAL)
Estimation de la stabilité structurale.

1 - INTRODUCTION

Les sols alluviaux de la vallée du Fleuve Sénégal sont très souvent caractérisés par une texture lourde avec une proportion importante d'argile gonflante. Par ailleurs, des aménagements sous irrigation sont prévus dans le cadre de la mise en valeur de la vallée.

Ainsi, les sols seront-ils soumis à des cycles successifs d'inondation et de dessiccation.

Les caractéristiques physiques des sols (et en particulier, la stabilité de la structure directement liée à la perméabilité) jouent alors un rôle essentiel sur les conséquences de tels aménagements.

Aussi, nous envisageons, dans un cadre large, d'aborder l'étude des propriétés physiques de ces sols et de leur évolution en fonction de certains types d'aménagement, et dans un cadre plus restreint d'essayer d'appréhender les relations stabilité structurale-matière organique (et/ou propriétés chimiques) et ceci au niveau de l'agrégat du sol et non pas de l'horizon.

La méthodologie adaptée à ce type de démarche implique donc un fractionnement du sol en agrégats.

Les résultats présentés ci-dessous sont les premiers essais de fractionnement de divers types de sols

2 - LE FRACTIONNEMENT DU SOL

Celui-ci s'inspire à la fois d'une méthode récente mise au point à NANCY par BRUCKERT et al. 1978 et du fractionnement des sols sableux (C. FELLER, 1978) et consiste à une agitation dans l'eau suivie d'un tamisage du sol sous eau à 200 μ et 50 μ

Avant le choix d'un protocole définitif, divers paramètres sont testés :

- le temps d'agitation
- la nature de l'agitation : destruction ou non destruction des agrégats

2.1. Le temps d'agitation

40 g de sol sont mis en contact avec de l'eau distillée pendant 30 minutes. Puis la suspension de sol est agitée dans un flacon de 500ml sur agitateur rotatif (50 T/mn) aux temps suivants :

t₀ = tamisage après 30 retournements à l'agitateur. Il s'agit pour ce test de le rapprocher des conditions du test Is d'HENIN

t_{0,5}, t₂, t₆, t₁₂, t₂₂ sont les tamisages après 0,5 ; 2 ; 6 ; 12 ; 22 heures d'agitation.

2.2. La nature de l'agitation

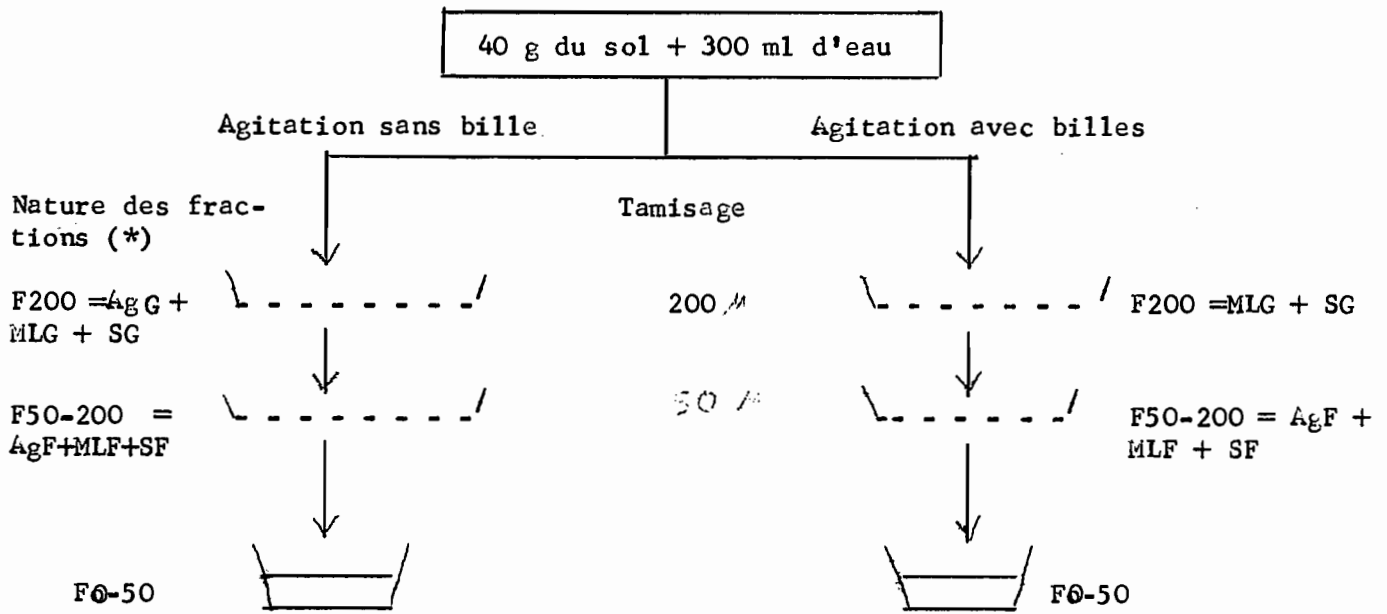
2.2.1. L'agitation avec destruction (avec billes de verre)

La suspension du sol est agitée en présence de 3 billes de verres afin de détruire les macro-agrégats pour estimer en particulier, la part des matières organiques libres et éventuellement, des sables, dans les fractions supérieures à 200 µ et 50 µ.

2.2.2. L'agitation peu destructive (sans billes de verre)

La suspension du sol est agitée sans billes afin de ne pas détruire les agrégats grossiers et fins.

2.3. Schéma du fractionnement



(*) AgG = "Agréats grossiers" de taille supérieure à 200 µ = F200 - MLG - SG

AgF = "Agréats fins" de taille comprise entre 50 et 200 µ

MLG = Matière organique libre grossière de taille supérieure à 200 µ

MLF = Matière organique libre fine de taille comprise entre 50 et 200 µ

SG et SF = Sables grossiers et sables fins évalués après destruction des agrégats par l'eau oxygenée

F0-50 = fraction inférieure à 50 µ

Après tamisage, les fractions sont séchées à 60° jusqu'à poids constant .

- Les teneurs en sables grossiers (SG) de la fraction F200, et en sables fins (SF) de la fraction F 50-200, sont obtenues par attaque de chacune des ces fractions par l'eau oxygénée, puis tamisage au tamis correspondant.
- La fraction (SG, MLG) est obtenue à partir des traitements avec billes , la différence $(\text{AgG} + \text{MLG} + \text{SG})_{\text{sans bille}} - (\text{MLG} + \text{SG})_{\text{avec billes}}$ représente alors la teneur en agrégats grossiers AgG
- Il n'est malheureusement pas possible d'estimer MLF seul, car, même l'agitation avec billes ne permet pas la destruction totale des agrégats fins AgF
- Enfin, le carbone a été dosé par voie sèche (carmograph) sur toutes les fractions.

3 - LES SOLS ETUDIÉS

Les horizons 0-10 cm des sols suivants sont étudiés :

NAN 1 : Sol hydromorphe à pseudogley sur matériau limono-argileux de petite levée

NAN 6 : Vertisol modal à faciès sulfaté acide en profondeur sur matériau argileux de partie basse de cuvette

NAN 61 : Vertisol vertique à faciès hydromorphe en profondeur (redistribution du gypse et du calcaire) sur matériau argileux de cuvette

NAN78-160: Sol hydromorphe vertique (redistribution du gypse et du calcaire) sur matériau argilo-sableux de petite levée.

Essai de culture fourragère : Sol hydromorphe à pseudogley sur matériau argilo-limoneux (?) (*)

PNAN 1 : Parcelle cultivée en *Brachiaria* et irriguée

PNAN 2 : Parcelle témoin non cultivée et non irriguée.

(*) Sol non encore analysé.

4 - RESULTATS

L'interprétation des résultats ne concerneront que des aspects méthodologiques et non pas des tentatives d'explication de différences entre sols par suite, d'une part, du nombre restreint d'échantillons analysés, d'autre part du manque d'informations analytiques sur ces échantillons (analyses en cours).

4.1. Répartition et stabilité des différents types d'agrégats

4.1.1. Le comportement des agrégats grossiers

Les courbes de destruction des agrégats, en fonction du temps d'agitation dans l'eau (sans billes), apparaissent dans la figure 1.

Deux points nous semblent importants sur ces courbes :

1 - le point t_0 qui doit correspondre à peu près dans notre méthode aux "agrégats stables à l'eau" de la méthode HENIN (une étude comparative est absolument nécessaire à ce sujet et sera envisagée ultérieurement).

2 - le point t auquel au moins 80 % des agrégats t_0 sont détruits

Nous appellerons Ag Go = % agrégats grossier à t_0

Ag G₆ = % agrégats grossiers à t_6

Sur les 6 sols traités on peut ainsi distinguer les groupes suivants :

Groupe 1 : NAN 61, PNAN 2, NA 78-160

caractérisé par : AgGo d'environ 26 à 32 % et

AgG₆ d'environ 4 à 6 %

Groupe 2 : P NAN 1, NAN 6

caractérisé par : AgGo d'environ 27 à 37 % et

AgG₆ d'environ 1 %

Groupe 3 : NAN 1

caractérisé par : AgGo de 7 % et

Ag G₆ de 1 %

Remarque : 1/ La différence pour NAN 1 au niveau de Ag Go s'explique par la texture beaucoup plus légère de ce sol

2/ Noter la différence entre les 2 traitements de la culture fourragère PNAN 1 et PNAN 2 dans l'allure des courbes.

4.1.2. Le comportement des agrégats fins, (v. fig. 2)

On remarquera le comportement tout à fait différent des agrégats fins dont la cinétique de destruction est plus faible que celle des agrégats grossiers montrant ainsi une plus grande stabilité.

Nous conserverons les points t_0 et t_6 comme points remarquables bien que dans le cas des agrégats fins le point t_{12} serait peut-être plus intéressant.

Nous appellerons :

Ag F_0 = % agrégats fins à t_0

Ag F_6 = % agrégats fins à t_6

On distingue alors les 3 groupes suivants :

Groupe 1 : NAN 61 , PNAN2, NA 78-160

Ag F_0 de: 21 à 36 % et

Ag F_6 de 14 à 21

Groupe 2 : NAN 1 et PNAN 1

Ag F_0 de 15 à 21 % et

Ag F_6 de 4 à 8 %

Groupe 3 : (intermédiaire) NAN 6

Ag F_0 = 26 %

Ag F_6 = 15 %

Remarque : 1/ la différence pour NAN 1 s'explique par sa texture plus légère

2/ noter la différence de comportement PNAN 1, PNAN 2

3/ noter l'allure très particulière de la courbe de l'échantillon NAN 6

4.1.3. Coefficient d'instabilité des agrégats fins et grossiers et conclusions.

Les premiers résultats montrent qu'un échantillon de sol est caractérisé non seulement par sa teneur en "agrégats grossiers stables à l'eau" (Ag G_0) mais aussi par :

- sa teneur en agrégats fins et surtout par
- la stabilité de ces deux types d'agrégats.

Comme première approche de ce problème, nous proposons d'estimer cette stabilité des agrégats par les indices suivants (v. tableau)

Indice d'instabilité des agrégats grossiers $r_1 = \frac{Ag\ G_6 - Ag\ G_0}{Ag\ G_0} \times 100$

Indice d'instabilité des agrégats fins $r_2 = \frac{Ag\ F_0 - Ag\ F_6}{Ag\ F_0} \times 100$

somme des "agrégats stables à l'eau"

$$Ago = Ag\ F_0 + Ag\ G_0$$

Echantillons	Ag G ₀	Ag F ₀	Ago	Ag G ₆	Ag F ₆	r ₁	r ₂
NAN 61	25.9	34.2	60.1	3.8	19.9	85.3	41.8
NA 78-160	32.5	21.3	53.8	6.3	14.0	80.6	34.3
PNAN 2	27.3	36.6	63.9	5.6	20.8	79.5	43.2
PNAN 1	27.5	14.5	42.0	1.3	3.3	95.2	73.8
NAN 6	37.4	26.3	63.7	0.8	14.5	97.9	44.9
NAN 1	6.8	21.1	27.9	0.9	7.8	86.8	63.0

Selon les indices d'instabilité, on trouve les 2 groupes :

- NAN 61, NA 78-160 et P NAN 2 : r₁ : 80-85, r₂ = 34 à 43
- PNAN 1, NAN 6 et NAN 1 : r₁ : 87-95 r₂ : 44 à 74

Selon la somme des "agrégats stables à l'eau", on trouve les 2 groupes :

- NAN 61, NA 78-160, PNAN 2, NAN 6 : Ago supérieur à 50
- PNAN 1 et NAN 1 : Ago inférieur à 50

Remarque : On notera dans tous les cas la différence entre PNAN 1 et PNAN 2 qui montre qu'une culture fourragère intensive sous irrigation entraîne non seulement une diminution des "agrégats stables à l'eau" mais aussi une augmentation de leur instabilité.

4.2. Application du fractionnement du sol en agrégats à l'étude de la matière organique et des interactions matière organique-stabilité structurale.

Parmi les approches d'étude de la matière organique de sol, la séquence suivante est classique.

- matière organique libre (résidus végétaux, débris racinaires, etc...)
- composés humiques extractibles
- humine

Nous avons voulu voir dans un premier temps, si le fractionnement utilisé permettrait de séparer aisément matière organique "libre" et matière organique "humifiée" dans les deux classes de particules choisies : granulométrie supérieur à 200 μ et granulométrie de 50 à 200 μ .

4.2.1. Essais méthodologiques

Les résultats des figures 1 et 2 montrent que, souvent, après 22 heures d'agitation sous eau, il reste (surtout pour la fraction 50-200 μ) une quantité importante d'agrégats non détruits.

Par contre, une agitation du sol dans l'eau en présence de billes accélère notablement la destruction des agrégats. Après divers essais, que nous ne rapportons pas ici, il apparaît que :

- les agrégats grossiers (AgG) sont détruits, dans tous les cas étudiés, après 2 h d'agitation. Le tamisage à 200 μ conduit alors à l'obtention de la fraction "matière organique libre grossière" (MLG)
- les agrégats fins (AgF) ne sont que partiellement détruits même après 22 heures d'agitation en présence de billes, un palier étant atteint entre 6 et 12 heures.

Nous donnons, ci-dessous, les teneurs résiduelles en agrégats fins après 12 heures d'agitation avec billes. (*)

	NAN 61	NA 78-160	PNAN 2	PNAN 1	NAN 6	NAN 1
AgF %	5	16	6	3	4	6

Ces teneurs peuvent être parfois relativement importantes (NA 78-160).

Par ailleurs, les résidus organiques (50-200 μ) présentent des caractères d'humification qui les rapprochent déjà de la fraction humifiée de taille inférieure à 50 μ (C. FELLER, travaux en cours sur sols sableux).

Aussi, la distribution "agrégats-matière organique libre" au niveau de la fraction 50-200 μ est-elle difficile à faire, et, seule une étude ultérieure plus poussée sur les caractéristiques des fractions obtenues à divers temps d'agitation (C/N, humification, microscopie) nous renseignera sur la nature réelle de ces fractions

En conclusion de ces essais préliminaires, nous distinguerons donc les fractions organiques suivantes :

- pour les agrégats grossiers,
 - . la matière organique humifiée liée à AgG
 - . la matière organique libre MLG (obtenue après 2 h d'agitation avec billes)
- pour les agrégats fins,
 - . la matière organique totale de AgF

(*) Ces teneurs correspondent à la perte de poids obtenue après destruction de la matière organique de la fraction 50-200 μ à l'eau oxygénée et suivie d'un tamisage à 50 μ

4.2.2. Résultats

A titre d'illustration, nous présentons sur la figure 3 le bilan du carbone pour le fractionnement aux temps t_0 et t_6 des sols étudiés. Une fois encore, ces résultats préliminaires demandent à être confirmés et ne peuvent donner lieu à des interprétations pédologiques fines.

Constatons tout de même que, au temps t_0 (voir figure 6), la repartition du carbone dans le vertisol modal NAN 6 est relativement proche de celle du sol hydromorphe vertique NA 78-160, bien que leurs teneurs en carbone/soient notablement différentes (3.5 et 13.4) ^{total}.

A l'opposé des teneurs identiques, 3,6 et 3,5, pour les sols NAN 1 (vertisol) et NAN 6 (hydromorphie à texture limoneuse), correspondent à une repartition totalement différente de la matière organique.

Dans ces deux cas, la relation avec les résultats du paragraphe n° 1 ("agrégats stables", indices d'instabilité) est difficile à établir en l'absence d'autres résultats analytiques.

Par contre, le cas de l'essai de culture fourragère mérite d'être détaillé (PNAN 2 - parcelle témoin, PNAN 1 - parcelle cultivée sous irrigation).

Cas de l'essai "culture fourragère"

La mise en culture fourragère entraîne :

- une augmentation importante des teneurs en carbone total (ou passe de 6,1 à 10,0 ‰),
- cette augmentation en valeur absolue (C ‰) porte essentiellement sur les fractions MLG et F0,50.

Echantillons	Matière - organique								Agrégats		
	CT	MGL		A _g Go.		A _g Fo		F0,50	Ago	r1	r2
	C ‰ total	C ‰	%CT	C ‰	%CT	C ‰	%CT	C ‰	%		
PNAN 2 Témoin	6.1	0.35	5.7	1.9	31.0	2.08	34.1	1.77	63.9	79.5	43.2
PNAN 1 culture	10.0	3.1	31.0	1.9	18.4	1.88	18.8	3.12	4.2	95.2	73.8

mais pas du tout sur les fractions humifiées des agrégats grossiers et fins.

- une légère diminution des "agrégats stables à l'eau" A_gGo et une augmentation des indices d'instabilité des agrégats fins et grossiers, r1 et r2.

En conclusion, si un effet bénéfique de la culture fourragère est observé sur l'amélioration des teneurs en carbone (mais qui ne porte pas sur les fractions humifiées des agrégats fins et grossiers), un effet contraire semble apparaître sur la stabilité de la structure. Celui-ci est certainement dû aux techniques culturales (irrigation), variations de salinité (?), etc...

a prouver

CONCLUSIONS

La caractérisation et l'évolution des propriétés tant physiques, chimiques que biologiques des sols à texture moyenne à lourde sont interdépendantes et s'articulent autour de la structure du sol.

Nous inspirant d'une méthode récente élaborée par les chercheurs du Centre de Pédo-biologie de NANCY (BRUCKERT et al.), nous proposons un fractionnement du sol en agrégats (supérieurs à 200 μ et 50-200 μ) et micro-agrégats (inférieurs à 50 μ), qui devrait permettre d'aborder, de façon relativement simple, les relations "matière organique - stabilité structurale".

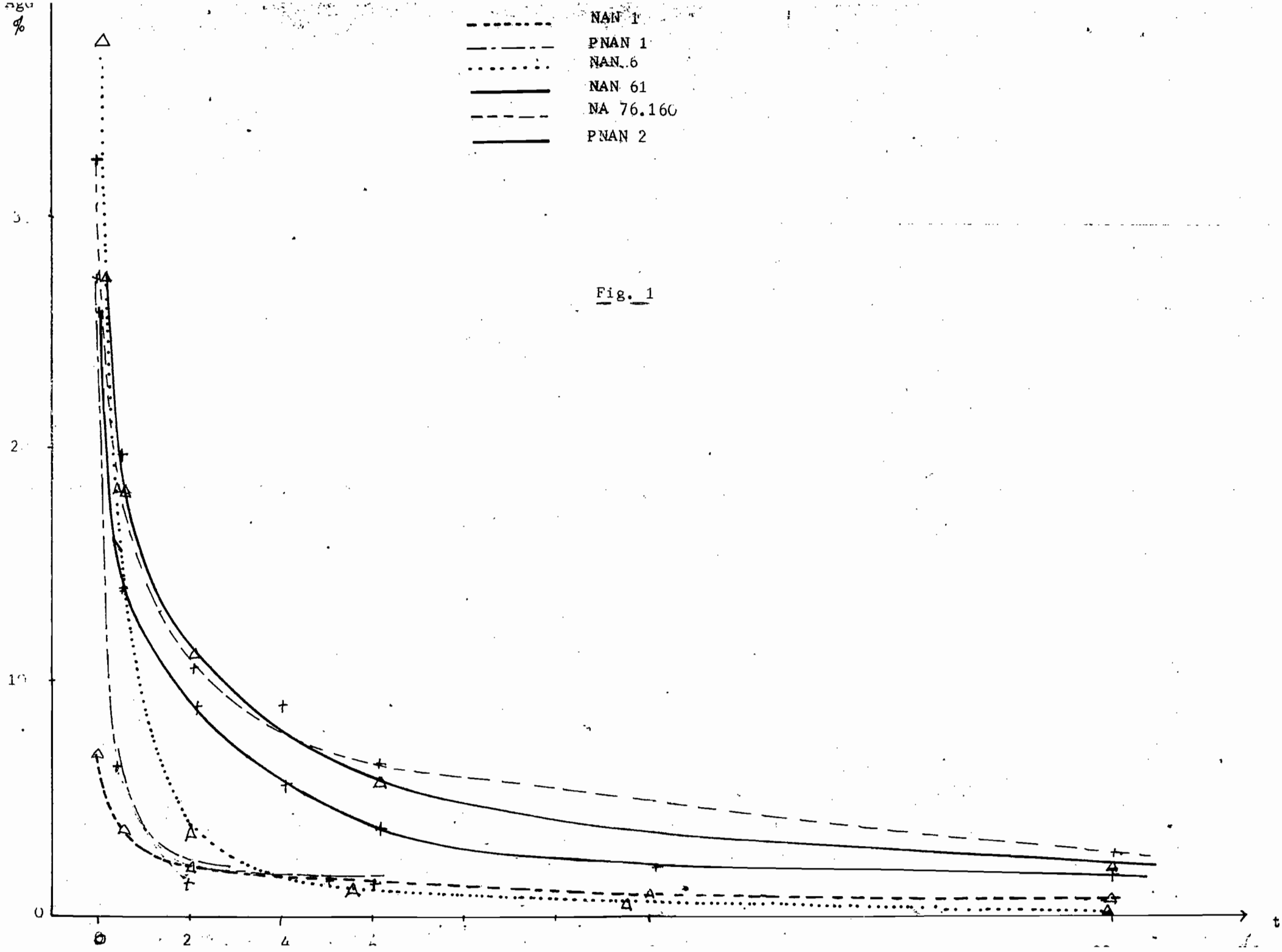
L'exemple particulier d'un essai culture fourragère montre l'intérêt d'une telle approche.

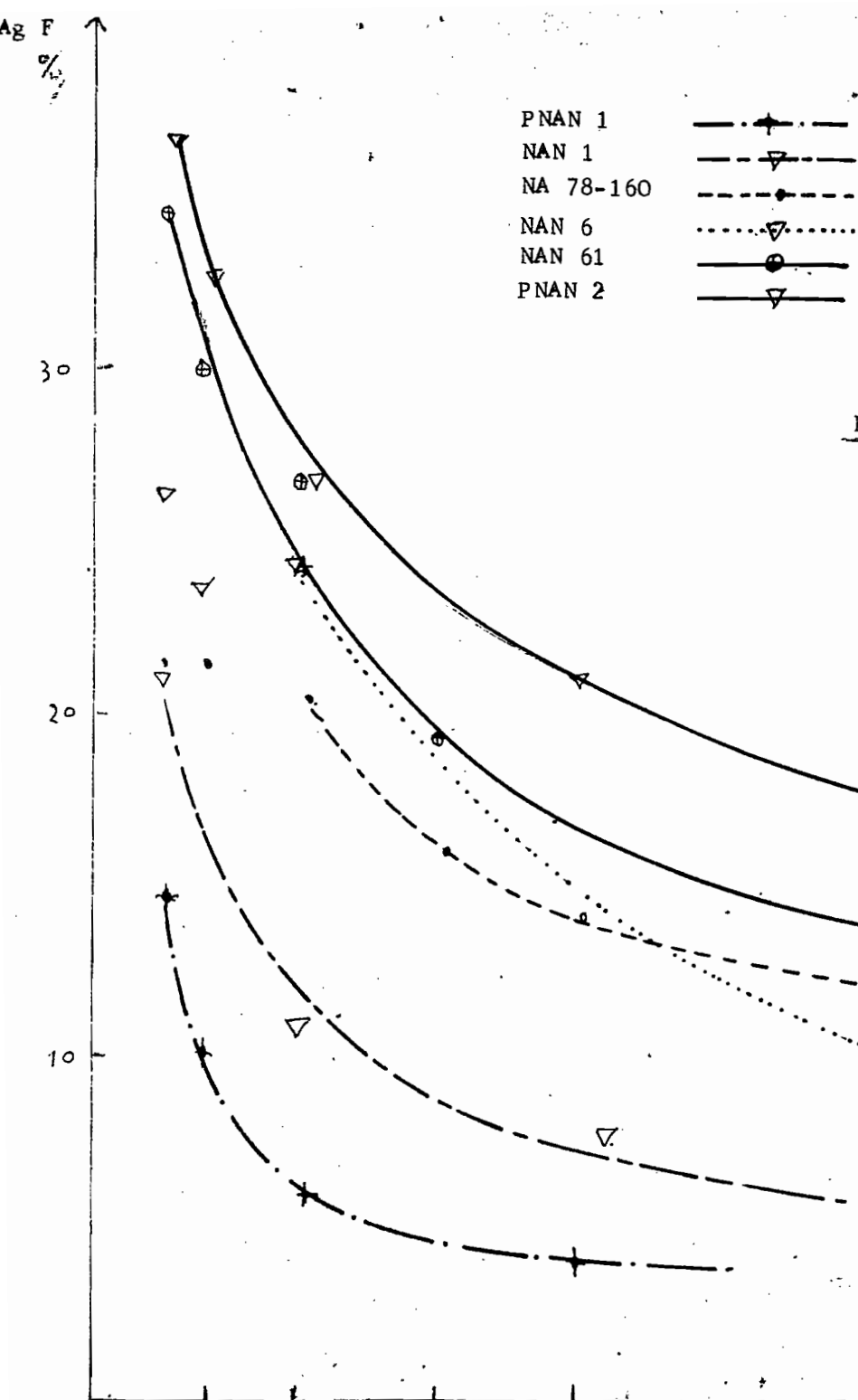
Ce programme devrait se développer sur 2 points essentiels :

- 1 - vérifier si les résultats du fractionnement proposé sont en accord avec les tests de stabilité structurale habituellement utilisés (indice d'HENIN, Is)
- 2 - caractériser les différentes fractions organiques isolées (C, N, P, humification, microscopie, etc...).
- 3 - appliquer cette méthodologie à quelques types de sols soumis à divers aménagements cultureux et, en particulier, à l'irrigation.

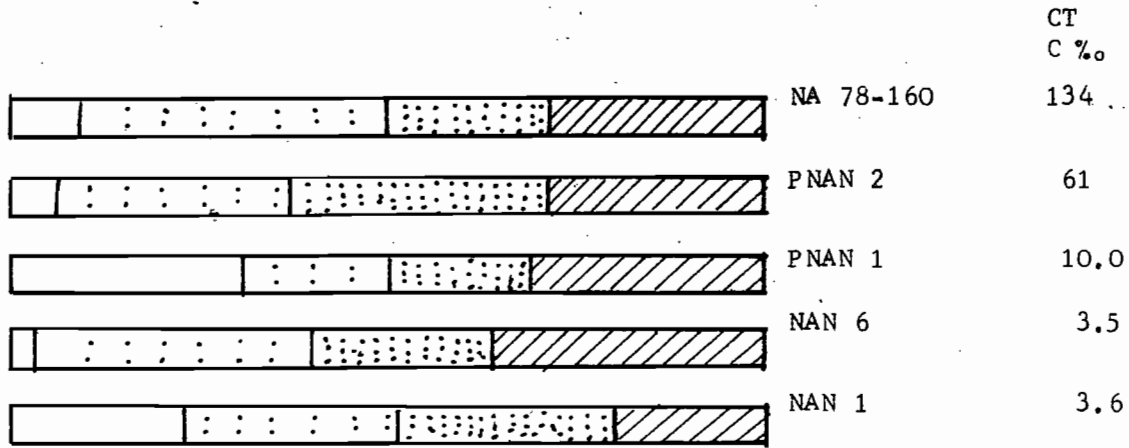
- NAN 1
- PNAN 1
- ... NAN 6
- NAN 61
- NA 76.160
- PNAN 2

Fig. 1





Bilan du carbone



Légende

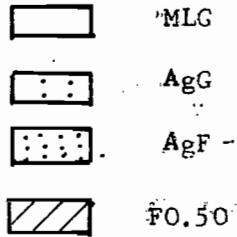
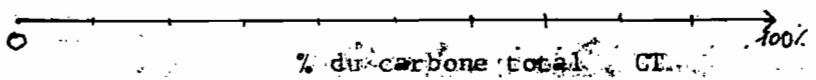
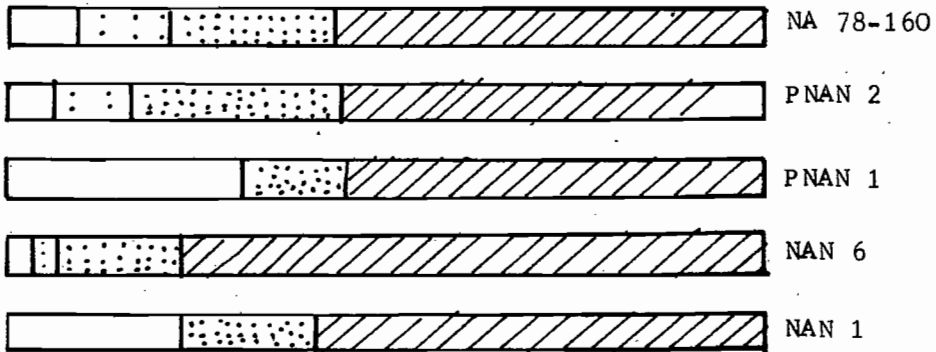


Fig. 3



Temps t₆

Feller Christian, Braudeau Erik

Essais de fractionnement physique du sol en vue de l'étude de la matière organique. Le fractionnement en agrégats de sols alluviaux à texture moyenne et fine : application aux horizons de surface de quelques sols de la cuvette de Nianga (Podor, Sénégal) : estimation de la stabilité structurale

Paris : ORSTOM, 1978, 28 p. multigr.