

ETUDE EN MICROLYSIMETRES DE LA DECOMPOSITION DE PLUSIEURS TYPES DE RESIDUS DE RECOLTE DANS UN SOL TROPICAL SABLEUX

par F. GANRY *

avec la collaboration technique de Samba CISSE

RESUME. — Au cours d'une expérience lysimétrique factorielle sur sol sableux du Sénégal, en jachère nue, combinant la fertilisation azotée avec des enfouissements de matières végétales caractérisées par un C/N différent, on a étudié l'évolution du statut azoté de ce sol ainsi que certaines caractéristiques physico-chimiques.

Les résultats font apparaître une décomposition totale des résidus supérieurs à 2 mm au bout de deux ans, d'autant plus rapide que le C/N est bas (en un an pour la matière verte) et une baisse importante du stock d'azote organique dans le temps, avec évolution concomitante de cet azote vers des formes plus stables. La fraction hydrolysable de l'azote organique est la plus sensible à la nature des traitements effectués. Le turn-over de l'azote apprécié par les quantités d'azote minéralisable et d'azote drainé montre qu'il existe une relation négative nette entre ces deux termes du bilan azoté et le C/N de la matière végétale enfouie. Ce turn-over est aussi accéléré par le démarrage de la saison des pluies (existence d'un pic de minéralisation). On observe par ailleurs un effet acidifiant de l'engrais vert et une augmentation de l'indice de cohésion du sol sous l'action de l'engrais azoté.

Mots-clés : lysimètre, résidus de récolte, évolution azote, propriétés chimiques du sol, propriétés physiques du sol, acidification, cohésion.

INTRODUCTION

La matière organique du sol joue un rôle majeur dans la nutrition azotée des plantes. Dans les sols sableux du Sénégal (sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, type Dior, ou lessivés sur Continental Terminal), on peut admettre en première approximation :

— que ce sont les débris végétaux grossiers et surtout la fraction organique légère (matière organique libre) qui constituent la réserve, d'ailleurs très labile, de l'azote assimilable par la plante, en dehors bien entendu des apports par les engrais.

— que la fraction lourde (matière organique liée : acides humiques, acides fulviques, humine) intervient directement, par exemple, par action sur les propriétés physiques qui régissent les activités microbiennes telles que la nitrification, ou par l'interaction avec les engrais azotés.

L'importance du premier rôle a été soulignée par BLONDEL (1971). Le deuxième rôle, très complexe et difficile à analyser est encore mal connu.

Les études menées au Sénégal ont pour but de développer et d'approfondir nos connaissances dans les deux domaines suivants :

— stockage de l'azote : stockage dans les différentes fractions de la matière organique du sol, biodégradabilité et contribution de ces différentes fractions à la nutrition azotée des plantes.

— effets indirects sur la nutrition azotée des plantes, en particulier interaction matière organique \times N engrais.

La présente étude a été réalisée dans le but de connaître le rôle de certaines matières végétales susceptibles d'être enfouies aux champs, dans l'amélioration du statut azoté du sol : stockage de l'azote et minéralisation de l'azote organique.

(*) GANRY (F.) Ingénieur de recherches IRAT-CNRA de Bambey - ISRA (Sénégal).

MATERIEL ET METHODES

L'EXPERIENCE

Elle a été réalisée à Bambey en microlysimètres **ne portant aucune culture** sur un sol ferrugineux tropical lessivé prélevé à Nioro-du-Rip après une culture d'arachide et soumis aux conditions climatiques naturelles. Le plan de l'expérience est

*Nature M.V.E.** : matière verte de mil, racines de mil, paille de mil, paille de mil compostée.

*Dose M.V.E.** : 15 t MS/ha et 30 t MS/ha.

Dose N engrais : 0 N et 200 N.

Temps : 1 an et 2 ans.

* M.V.E. = matière végétale enfouie.

L'engrais azoté est apporté sous forme d'urée en même temps que la matière végétale en une seule fois. La paille compostée est constituée de paille ayant fermenté en étuve à 30 °C pendant trente jours.

TRAITEMENTS ADDITIONNELS

<i>Paille d'arachide</i>	<i>N-engrais</i>	<i>Temps</i>
0	0 N	1 an
15 t MS/ha	200 kg N/ha	2 ans

Le témoin terre seule, fait donc partie des traitements additionnels. Ces différents traitements ont été appliqués en février 1971 (saison sèche) sur un sol préalablement réhumidifié afin de reproduire les conditions de fin de saison des pluies. La matière végétale a été hachée menue (mais non finement broyée) et mélangée à la terre. Les lysimètres de 34 × 34 × 41 reçoivent 60 kg de cette terre.

Les variables analysées :

METHODES DE FRACTIONNEMENT DE LA MATIERE ORGANIQUE DU SOL ET DE DOSAGE DE L'AZOTE

L'azote ammoniacal est recueilli par distillation alcaline (entraînement direct) dans de l'acide borique et dosé ensuite par titration directe à l'acide sulfurique N/100. L'azote nitrique est réduit en azote ammoniacal par l'alliage de Dewarda. L'azote minéralisable est dosé selon la méthode WARRING (1964). En ce qui concerne les différentes fractions obtenues par l'hydrolyse acide à chaud, la méthode d'analyse a été empruntée à DECAU (1968). Elle se résume de la manière suivante : l'azote hydrolysable (fraction organique soluble) qui représente l'azote organique le **plus labile** comparativement au résidu insoluble (frac-

un factoriel 4 × 2 × 2 × 2 avec huit traitements additionnels, soit au total quarante traitements, sans répétition, mais avec répétitions internes, permettant de dégager statistiquement les effets principaux et les interactions.

Les traitements :

TRAITEMENTS PRINCIPAUX

tion organique insoluble) est déterminé sur une aliquote par le dosage Kjeldahl ; sur une autre aliquote on effectue une distillation alcaline qui permet de séparer d'une part l'azote soluble distillable désigné par « **N-ammoniacal** » constitué essentiellement par les ions NH_4^+ pré-existants et les sucres aminés, et d'autre part l'azote soluble stable désigné par « *N-aminé* » constitué essentiellement par les acides aminés. Quant à l'azote total du sol, déterminé par la méthode Kjeldahl, il représente la somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique. Tous ces dosages ont été effectués sur le sol tamisé en fin de saison des pluies. Par ailleurs, l'azote minéral et l'azote total ont été régulièrement déterminés dans les eaux de drainage pendant les deux saisons des pluies 1971 et 1972. A partir des teneurs en azote total du sol, initiales et finales, et de la quantité totale d'azote drainé pendant la saison des pluies, nous avons défini un rendement « R » de la fixation nette biologique de l'azote.

$$R = \frac{\text{N total du sol à la fin des pluies}}{\text{N total du sol en début des pluies} - \text{N total drainé pendant les pluies}}$$

LA MATIERE ORGANIQUE LIBRE

Les débris végétaux grossiers (refus au tamis de 2 mm) et la matière organique de densité supérieure à 2 obtenue par séparation densimétrique MONNIER (1962), sont analysés après un ou deux ans d'expérience.

RECAPITULATION DES DIFFERENTES FRACTIONS ORGANIQUES ET AZOTEES ANALYSEES SUR LE SOL

La figure 1 schématise les différentes étapes du fractionnement de l'azote du sol.

Figure 1

DIFFERENTES FRACTIONS AZOTEES ETUDIEES DANS LE SOL

M.O. liée densité > 2	M.O. libre* densité < 2	Débris végétaux* taille > 2 mm
N* total du sol tamisé à 2 mm		
N insoluble à l'hydrolyse	N* soluble à l'hydrolyse	
	N* « ammoniacal » (distillable)	N* « aminé » (non distillable)

M.O. = matière organique.
* = fraction analysée.

L'azote non hydrolysable est généralement inclus dans les hétérocycles, il représente environ 30 % de l'azote total du sol et son importance est secondaire lors d'expériences de courte durée, ce qui est notre cas, par rapport à celle de l'azote hydrolysable étudié ici.

L'INDICE DE COHESION DU SOL

La méthode de mesure est celle utilisée à Bam-bey par NICOU (1975). L'instrument consiste en un barreau métallique terminé en pointe qu'un poids tombant d'une hauteur donnée enfonce dans le sol. On peut ainsi calculer le travail nécessaire pour vaincre la force de résistance du sol, travail duquel on déduit l'indice de cohésion du sol.

LE pH

Le pH a été déterminé à l'eau sur une suspension 1/2,5.

Interprétation statistique :

Les différentes variables précédentes du sol et des percolats mesurées pendant les deux années d'expérience ont été soumises à une analyse statistique selon un modèle mis au point par VAN DEN DRIESCHE et DOMMERGUES (BAUZON et al., 1969).

Traitements factoriels

$$A^4 \times B^2 \times C^2 \times D^2$$

A = nature matière végétale
B = dose matière végétale
C = dose d'azote
D = temps

Traitements additionnels

$$E^2 \times F^2 \times G^2$$

E = avec et sans paille d'arachide
F = dose d'azote
G = temps

On a indiqué les effets principaux significatifs libres de toute interaction et les interactions significatives.

Pour des raisons de commodité de présentation tous les résultats bruts sont rassemblés en annexe, seuls figurent dans le texte les résultats saillants de l'expérience qui, lorsqu'ils concernent l'azote, sont exprimés en ppm N. Une approximation de teneur en kg/ha peut être obtenue en multipliant les résultats par 4,5.

LE MILIEU

Caractéristiques climatiques
des deux années d'expérience :

La pluviométrie de l'année 1971 a été de 596 mm régulièrement répartis de fin juin à fin septembre, celle de 1972 a été de 376 mm, donc très faible et irrégulière, répartie en vingt-huit jours de pluie.

Caractéristiques physico-chimiques du sol

(tableau I) :

Tableau I

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU SOL DE NIORO AVANT L'EXPERIENCE
(horizon 0-25 cm)

CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES		ANALYSE DU COMPLEXE ABSORBANT (Résultats en meq/100 g de sol)	
pH eau 1/2,5	= 6,1	Ca ⁺⁺	= 1,0
GRANULOMETRIE (en g pour 100 g de sol) :		Mg ⁺⁺	= 0,4
Argile (%)	= 5,2	Na ⁺	= 0,16
Limon (%)	= 2,5	K ⁺	= 0,16
ELEMENTS ORGANIQUES (en g/kg de sol) :		Somme des bases échangeables (S)	= 1,72
Carbone total	= 4,3	Capacité totale d'échange (T)	= 2,2
Azote total	= 0,31	$\frac{S \times 100}{T}$	
Rapport C/N	= 13	Taux de saturation	= 78

Le sol utilisé est donc très sableux, pauvre en éléments assimilables et à capacité d'échange faible.

Caractérisation azotée de la matière végétale utilisée pour l'expérience :

La matière végétale utilisée a été soumise à l'hydrolyse acide à chaud et la teneur en azote de l'hydrolysate ainsi que celle de la poudre végé-

tale a été mesurée par la méthode Kjeldahl. Les résultats du tableau II montrent que la totalité de l'azote de cette matière est sous forme hydrolysable, les différences qui apparaissent entre les deux mesures étant imputables principalement à l'échantillonnage.

Ce résultat traduit la très faible teneur en lignine de ces composés végétaux, qui peut expliquer leur rapide biodégradation dans le sol.

Tableau II

TENEUR EN AZOTE ORGANIQUE TOTAL ET HYDROLYSABLE DE LA MATIERE VEGETALE ENFOUEE
(exprimée en grammes pour 100 g de matière sèche)

REFERENCE	N total	N hydrolysable	Rapport C/N
Matière verte	2,71	2,76	13
Paille d'arachide	2,16	2,16	19
Paille de mil compostée	1,41	1,49	31
Paille de mil	1,33	1,35	32
Racines de mil	0,93	0,92	48

RESULTATS ET DISCUSSION

ETUDE DES DIFFERENTES FRACTIONS D'AZOTE ORGANIQUE DU SOL

Matière organique grossière du sol :

Les « débris végétaux grossiers » (taille > 2 mm)

ont été séparés du sol en fin de saison des pluies.

Les résultats obtenus sont les suivants (tableau III):

Tableau III

TENEUR DU SOL EN DEBRIS VEGETAUX GROSSIERS > 2 MM
RESTANT APRES UN AN D'EXPERIENCE
(g/kg de sol)

	0 N		200 N	
	15 t/ha	30 t/ha	15 t/ha	30 t/ha
Matière verte de mil	0	0	0	0
Racines de mil	0,29	0,43	0,18	0,41
Paille de mil	0,03	0,14	0,05	0,19
Paille compostée de mil	0,25	0,93	0,31	0,70
Paille d'arachide	0,08	—	0,06	—

L'influence de la nature de la matière végétale enfouie est très nette, on note :

— la décomposition importante et rapide des pailles de mil et d'arachide et de la matière verte ;

— la résistance à la décomposition de la paille compostée et des racines, bien qu'après deux ans d'expérience, les débris végétaux grossiers aient totalement disparu du sol.

La disparition des débris végétaux supérieurs à 2 mm est totale au bout de deux ans.

Matière organique libre du sol :

Elle est obtenue par séparation densimétrique ($d < 2$) ; seuls les traitements ayant reçu 30 t/ha de matière végétale en absence d'azote ont été analysés (tableau IV).

Tableau IV

TENEUR DU SOL EN MATIERE ORGANIQUE APRES UN ET DEUX ANS
(en g de M. O. libre pour 100 g de sol)

Nature		Matière verte mil	Paille d'arachide	Paille de mil	Racines de mil	Paille compostée de mil	Terre seule
Temps	1 an	0,40	0,34	0,36	0,32	0,45	0,20
	2 ans	0,21	0,20	0,27	0,28	0,26	0,17

La terre, au départ, comportait 0,23 g de M.O. libre pour 100 g de sol. La teneur en azote de cette M.O. étant de 1,9 g N pour 100 g.

On observe une décroissance brusque du stock de matière organique libre d'une année sur l'autre. Pour la matière verte et la paille d'arachide enfouie à 30 t/ha, il décroît en deux ans jusqu'en dessous du niveau initial de 0,23 % de la terre seule sans enfouissement, ce qui traduit une disparition totale de cette matière végétale dans le sol en deux saisons pluvieuses. Pour la paille (compostée ou non) et les racines de mil, le stock de matière organique libre est plus élevé (0,27 % en moyenne).

Notons que le taux de destruction annuel de cette matière organique libre est d'environ 1 t/ha/an dans l'horizon labouré, libérant ainsi 20 kg de N/ha au cours d'un cycle pluviométrique (cette

valeur, qu'on peut considérer comme minimale, étant celle d'un sol sans enfouissement, prélevé après une culture d'arachide, donc sans restitutions organiques, l'année d'avant l'expérience).

Teneur en azote total du sol en fin de saison pluvieuse :

(cf. annexes tableaux XVI a et XVII a)

L'analyse statistique des résultats obtenus montre les effets significatifs suivants (tableau V) :

- effet principal « dose de matière végétale »,
- effet principal « temps ».

Après un an d'évolution de la matière organique, l'interaction « dose matière végétale × dose d'azote engrais » est proche de la signification.

Tableau V
FACTEURS INFLUENÇANT LES TENEURS EN N TOTAL DU SOL
(ppm N)

DOSE M.V.E. × TEMPS					TEMPS		DOSE M.V.E. × DOSE ENGRAIS (après 1 an)		
Dose t/ha	M.V.E.	0	15	30	1 an	2 ans	Dose M.V.E. (t/ha)	15	30
Temps	1 an	285	305	350	325	270	Dose N engrais (kg/ha)	0	315
	2 ans	240	255	285			200	290	345
									360

M.V.E. = matière végétale enfouie.

Teneur en azote hydrolysable du sol en fin de saison pluvieuse (cf. annexes tableaux XVI b et XVII b) :

Un effet principal « temps » a été mis en évidence ainsi que les interactions ci-après (tableau VI) :

— dose matière végétale × dose engrais azoté (après un an) ;

— nature matière végétale × dose engrais azoté (après un an) ;

— dose engrais azoté × temps (pour la paille d'arachide).

Tableau VI
FACTEURS INFLUENÇANT LA TENEUR EN N HYDROLYSABLE DU SOL
(ppm N)

Temps		Dose M.V.E. × Dose N engrais			Nature M.V.E. × Dose N engrais			Dose N engrais × temps (paille d'arachide)		
1 an	2 ans	Dose M.V.E. (t/ha) ..	15	30	Nature M.V.E.	Matière verte	Paille	Dose N engrais	0	200
225	195	Dose N engrais (kg/ha)	0	215	Dose N engrais (kg/ha)	0	235	Temps	1 an	230
		200	205	250						
									2 ans	190
										185

Fractionnement de l'azote hydrolysable du sol (cf. annexes tableaux XVI c, XVI d, XVII c, XVII d) :

- « Azote ammoniacal »

La nature de la matière végétale enfouie a une

influence significative sur la teneur du sol en « azote ammoniacal » (NH_4^+ pré-existant + sucres aminés). On note une différence importante entre les racines (100 ppm d'azote ammoniacal) et les autres types de matière végétale (80 ppm en moyenne).

Relation entre l'azote minéralisable

(WARRING) et l'azote drainé

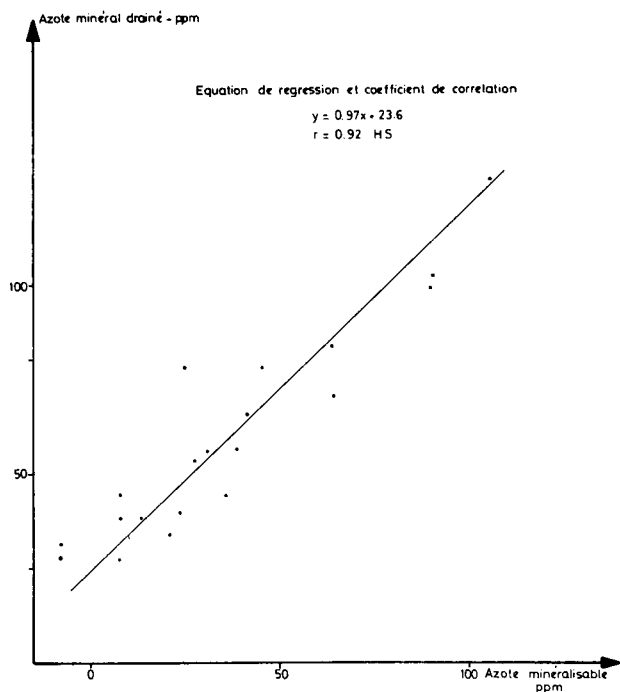


Figure 2.

En résumé, la minéralisation nette de la matière végétale enfouie varie :

— en fonction de la nature de cette matière, les racines montrant une résistance particulière à la minéralisation ;

— en fonction de la période de saison pluvieuse considérée : la minéralisation nette étant beaucoup plus active dans la première période (confirmation de l'existence d'un pic de minéralisation) ;

— en fonction de la dose de matière végétale enfouie : l'augmentation de la dose de 15 t/ha à 30 t/ha se traduit par une baisse de la minéralisation nette sauf pour la matière verte, traitement pour lequel elle augmente de 30 ppm.

Liaison entre C/N matière végétale enfouie, azote minéralisable et azote minéral drainé (première année) :

Les teneurs en azote minéralisable du sol en début et fin de saison des pluies ont été mesurées. Les résultats obtenus (cf. tableau XII) montrent qu'il existe une liaison entre le rapport C/N de la matière végétale enfouie et cet azote minéralisable (cf. fig. 2). On remarquera cependant qu'en test de laboratoire la paille compostée minéralise moins que la paille fraîche tout en ayant un C/N voisin.

Relation entre $\frac{C}{N}$ de la matière végétale enfouie et l'azote minéralisable (WARRING) et l'azote drainé

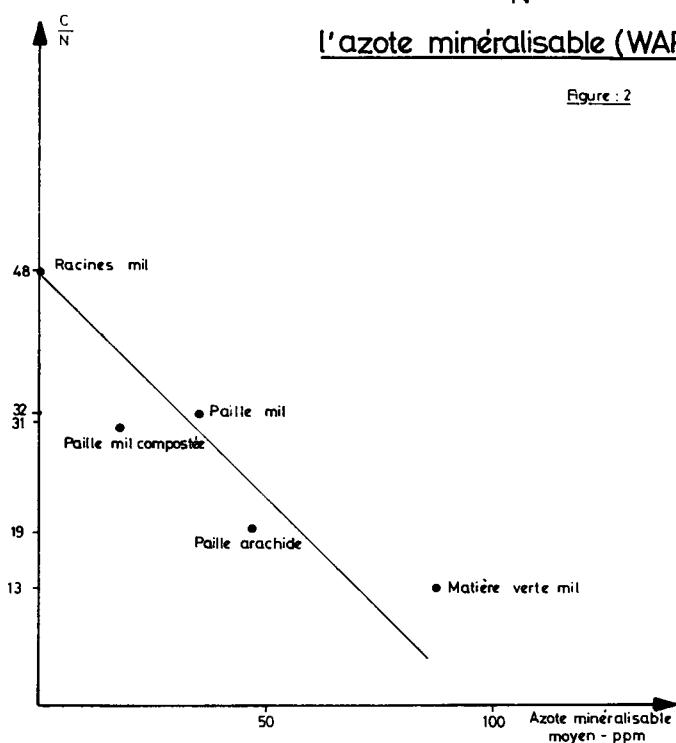


Figure 3.

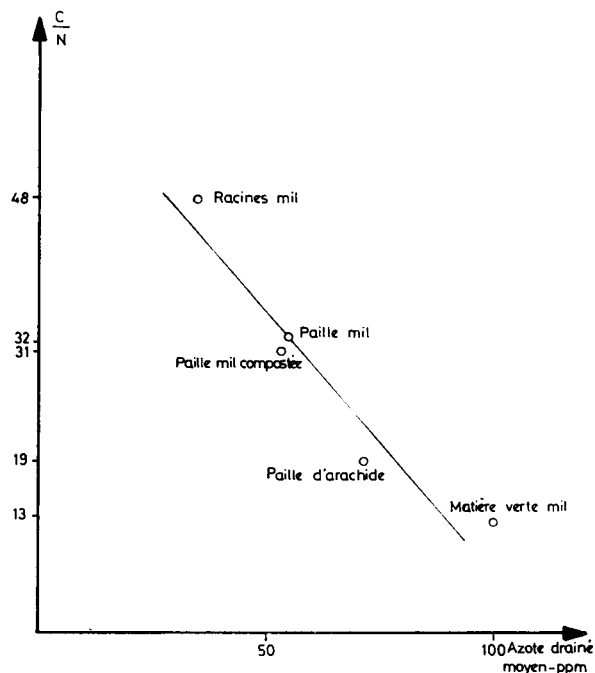


Figure 4.

La figure 3 montre la relation qui existe entre la quantité moyenne d'azote drainé et le C/N de la matière végétale enfouie : la minéralisation nette est inversement proportionnelle au C/N de la matière végétale enfouie.



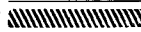
La figure 4 montre la relation qui existe entre l'azote minéralisable avant la saison des pluies et l'azote drainé en cours de saison pluvieuse. La corrélation calculée de 0,92 est hautement significative. La relation est la suivante (nous admet-

tons que l'azote drainé équivaut à l'azote minéralisé) :

$$N \text{ minéralisé} = 0,97 \times N \text{ minéralisable} + 23,6$$

On remarquera qu'à une quantité d'azote minéralisable nulle correspond un drainage de 24 ppm, ce qui suggère un pouvoir minéralisateur *in situ* supérieur à celui mesuré dans le test WARRING fait au laboratoire.

Tableau XII
TENEUR EN AZOTE MINERALISABLE DU SOL
(ppm N)

Nature matière végétale enfouie	Dose matière végétale enfouie	Quantité de N apportée avec M.V.E.	Dose d'azote engrais (kg/ha N)			
			0		200	
			Avant les pluies	Après les pluies	Avant les pluies	Après les pluies
Terre seule			7	Traces	28	3
Paille d'arachide	15	70	31	4	64	7
C/N = 19						
Matière verte mil	15	90	65	13	91	3
C/N = 13	30	180	91	14	106	
Racines mil	15	35	8	10	8	6
C/N = 48	30	70	8	16	22	4
Paille de mil	15	44	21	4	45	4
C/N = 32	30	88	36	3	42	12
Paille compostée mil	15	48	8	4	25	5
C/N = 31	30	96	14	10	29	4

M.V.E. = matière végétale enfouie.

Remarques concernant la destruction du stock d'azote organique :

La première année où les conditions pluviométriques ont permis un bon drainage de l'azote minéralisé, on a pu établir un coefficient de minéralisation nette dans le cas de la terre seule, égale à 8,5 %. En deuxième année, en raison de l'insuffisance du drainage, nous aurions sous-estimé ce coefficient de minéralisation nette qui, de ce fait, n'a pas été établi. Rappelons que le coefficient de minéralisation nette est défini par le rapport

$$\frac{N \text{ minéral drainé}}{N \text{ total initial}} \times 100$$

Ce sol étant exempt d'azote minéral avant les pluies, l'azote drainé provient uniquement de la minéralisation déclenchée sous l'action des pluies (abstraction faite de l'azote apporté par les pluies).

Toujours dans le cas de la terre seule, le stock d'azote total du sol diminue de 30 ppm en pre-

mière année et de 35 ppm la deuxième année, ce qui représente un coefficient de destruction annuel de l'ordre de 10 %. Au vu de cette valeur élevée du coefficient de destruction du stock d'azote total, que seul le drainage de l'azote ne peut expliquer, on doit donc admettre qu'une fraction non négligeable de l'azote disparaît dans l'atmosphère, probablement sous l'action de la dénitrification, processus biologique favorisé par les fortes températures et l'hygroperiodisme (ces facteurs étant particulièrement accentués par l'absence de couvert végétal dans cette expérience).

En ce qui concerne la nature du résidu organique enfoui, s'il est à décomposition rapide (engrais vert) et mis en présence d'engrais azoté, il est nettement défavorable, en arrière-effet, au stockage biologique de l'azote dans le sol. Par contre, les résidus organiques résistants à la biodégradation (racines et pailles compostées) ont un arrière-effet positif sur ce stockage de l'azote lorsqu'ils sont mis en présence d'azote.

Influence des traitements sur le rendement de la fixation nette biologique de l'azote atmosphérique (première année) :

$$R = \frac{N \text{ total du sol (fin saison pluvieuse)} \times 100}{N \text{ total du sol (début saison pluvieuse)} - N \text{ drainé minéral et organique (pendant saison pluvieuse)}}$$

Si $R = 100$, il n'y a aucun échange d'azote avec l'atmosphère ;

Si $R > 100$, il y a gain d'azote atmosphérique (*fixation nette*) ;

Si $R < 100$, il y a perte d'azote par *volatilisation* ou *dénitrification*.

On observe un effet principal de la dose d'engrais (tableau XIII).

Tableau XIII
RENDEMENT DE LA FIXATION BIOLOGIQUE
DE L'AZOTE ATMOSPHERIQUE

Dose d'engrais (kg/ha N)	0	200
R	107	95

L'engrais azoté (urée) favorise donc les pertes d'azote dans l'atmosphère (par rapport au témoin).

La fixation nette qui apparaît en absence d'engrais azoté est relativement importante dans le traitement matière verte (en moyenne 32 ppm d'azote fixé) et dans le traitement racine (en moyenne 27 ppm) (cf. annexe XIX).

AUTRES FACTEURS DE LA FERTILITE

Facteurs influençant significativement le pH (cf. annexe XIX, tableaux XIX a et XIX b) :

Par rapport au pH d'origine égal à 6,1, on note en première année une acidification bien marquée dans le cas de la matière verte de mil (pH = 5,4) et de la paille d'arachide (pH = 5,6) mais un maintien du pH à la valeur initiale dans le cas de la paille (compostée ou non) de mil avec supériorité de la paille compostée. En deuxième année, on trouve dans l'ordre décroissant : la paille compostée (pH = 6,0), les racines (pH = 5,7), la paille de mil, la paille d'arachide et la matière verte de mil (pH = 5,5). Si l'on considère la moyenne des pH de tous les traitements, elle baisse significativement d'une année sur l'autre (tableau XIV).

Tableau XIV
pH MOYEN DU SOL
AU COURS DE L'EXPERIENCE
(pH eau)

Temps	0	1 an	2 ans
pH	6,1	5,8	5,6

Ce rendement a été calculé pour les traitements matière verte, paille et racines de mil. Le rendement est défini par le rapport ci-dessous :

On observe un effet dépressif de l'engrais azoté, avec effet résiduel encore important en deuxième année (tableau XV).

Tableau XV
pH DU SOL
AU COURS DE L'EXPERIENCE

Dose d'engrais azoté (N kg/ha)		0	200
Temps	1 an	6,0	5,9
	2 ans	5,7	5,5

On observe également qu'une augmentation de dose de matière végétale enfouie se traduit par une baisse de pH dans le cas de la matière verte mais, par contre, par une remontée de pH dans le cas des autres matières végétales.

Indice de cohésion du sol

Nous ne développerons pas ce paragraphe qui a été remplacé dans le contexte d'une étude de physique du sol (NICOU, 1974) mais nous noterons cependant que les résultats d'indice de cohésion trouvés ont confirmé l'effet bénéfique de l'engrais vert comparativement aux autres formes de matières végétales sur la diminution de cohésion du sol et montré que l'urée, par contre, favorisait nettement l'augmentation de cohésion du sol, **ce qui est un résultat nouveau** fort important dans ses conséquences agronomiques (NICOU, 1974). Il est probable que l'engrais azoté favorise la décomposition de composés organiques tels les polysaccharides intervenant dans la structuration du sol.

SYNTHESE ET CONCLUSION

La présente expérience a permis de préciser l'action d'apports de matière végétale et d'engrais azoté au sol sur certaines caractéristiques biochimiques qui permettent de définir le statut azoté du sol. Nous scinderons les effets des apports organiques et ceux des apports minéraux.

MATIERE VEGETALE ENFOUIE (M.V.E.)

Dose M.V.E.

Le stock d'azote total du sol (notamment l'azote hydrolysable) augmente significativement lorsque la dose enfouie passe de 15 à 30 t/ha.

L'augmentation de la dose provoque une baisse de la quantité d'azote minéralisé sauf dans le cas de la matière verte où la minéralisation augmente notablement.

Nature M.V.E.

Ce facteur intervient significativement sur l'azote hydrolysable, la minéralisation et le pH.

Pour les apports identiques de matière végétale, les racines comparées à la paille et à la matière verte de mil, mettent beaucoup moins d'azote à la disposition des plantes.

— soit parce qu'elles sont plus pauvres en azote hydrolysable,

— soit parce qu'elles sont plus résistantes à la biodégradation,

— soit parce qu'elles sont plus favorables à l'immobilisation.

Comparée à la paille, la matière verte libère deux fois plus d'azote minéral en début de saison pluvieuse et une fois et demie plus en deuxième partie de la saison pluvieuse, d'autre part elle acidifie le sol. Cette acidification serait très importante et résulterait de la nitrification en raison :

— du processus biochimique lui-même qui est acidifiant ;

— du lessivage de NO_3^- qui entraîne un cation.

La fixation nette biologique de l'azote de l'air qui apparaît en absence d'engrais azoté est plus importante dans le cas de la matière verte et des racines.

Le critère principal permettant de différencier les différentes matières végétales fraîches est leur C/N. L'humification de la paille (ou compostage) par contre, qui se traduit par une diminution du C/N par rapport au matériel végétal d'origine, diminue la biodégradabilité de ce matériel. Les résultats obtenus mettent clairement en évidence la rémanence de la fraction organique supérieure à 2 mm dans le cas du compost.

ENGRAIS AZOTE

Ce facteur intervient significativement sur le stockage de l'azote dans le sol, la minéralisation, le pH et la prise en masse du sol (bien que cette dernière remarque n'entre pas dans le cadre de l'étude du statut azoté du sol, il importe de le signaler).

L'engrais azoté appliqué (200 N) a un effet dépressif sur le stockage de l'azote dans le sol dans

le cas d'un enfouissement de matière verte de mil et de paille d'arachide, mais un effet positif dans le cas de la paille de mil (compostée ou non).

L'engrais azoté stimule le drainage de l'azote lorsqu'il y a enfouissement, surtout pendant la première phase de saison pluvieuse (par stimulation probable de la minéralisation nette) comparativement au témoin sans enfouissement.

L'engrais azoté a tendance à provoquer des pertes d'azote dans l'atmosphère, soit par :

— diminution de la fixation libre,

— volatilisation,

— dénitrification.

Une des conclusions saillantes de cette expérience est la rapidité de destruction du stock d'azote organique du sol en absence de couvert végétal en raison principalement des effets secondaires de la dessiccation sur la minéralisation (et probablement sur la dénitrification) et du lessivage accru de l'azote en début de cycle (il convient toutefois de signaler que ces phénomènes sont vraisemblablement exacerbés en lysimètres). Ces pertes d'azote seront d'autant plus limitées que le sol sera **recouvert rapidement** (semis précoce) par une plante à **système racinaire bien développé**.

Cette destruction du stock d'azote organique serait corrélative d'un processus d'humification.

On observe par ailleurs qu'au plus fort lessivage d'azote nitrique correspond l'acidification la plus élevée. Le facteur culture précoce est donc de ce fait primordial dans la lutte contre l'acidification (avec l'enfouissement du résidu de récolte bien entendu).

Enfin, les pertes importantes d'azote dans la première phase de la saison pluvieuse consécutivement à l'apport d'engrais azoté (lessivage azote-engrais et stimulation de la minéralisation nette) sont une raison supplémentaire qui milite en faveur du fractionnement de l'engrais minéral azoté en cours de cycle cultural.

Remerciements :

Ce travail a pu être réalisé grâce aux conseils scientifiques éclairés de M. DOMMERGUES, Directeur de Recherches au CNRS et Conseiller scientifique à l'ISRA, à qui nous exprimons nos vifs remerciements.

Nos remerciements vont également à M^{me} PERRAUT qui a réalisé le fractionnement densimétrique au Centre ORSTOM de Dakar et M. WEIL, responsable du Service Méthodologie de l'IRAT, qui s'est chargé de l'interprétation statistique des résultats.

BIBLIOGRAPHIE



1. BAUZON (D.), VAN DEN DRIESSE (R.), DOMMERGUES (Y.), 1969. Influence *in situ* des litières forestières sur quelques caractéristiques biologiques. *Ecol. Plant.* IV, n° 2, pp. 99-122.
2. BLONDEL (D.), 1971. — a) Rôle de la matière organique libre dans la minéralisation en sol sableux. Relation avec l'alimentation azotée du mil.
b) Contribution à la connaissance de la dynamique de l'azote minéral en sol ferrugineux tropical à Nioro-du-Rip (Sénégal). *Agron. Trop.*, vol. XXVI, n° 12, pp. 1303-77.
3. DECAU (J.), 1968. — Contribution à l'étude de l'influence des conditions de milieu sur la répartition de l'azote dans le sol. I. Principales formes d'azote obtenues par l'hydrolyse. *Ann. Agron.* 19 (6), pp. 653-83.
4. DOMMERGUES (Y.), 1972. — Compte rendu de mission effectuée au CNRA de Bambey, du 6 au 12 février 1972. Doc. ronéo, IRAT, 30 p.
5. MONNIER (G.), TURC (I.), JEANSON-LUUSINANG (G.), 1962. — Une méthode de fractionnement densimétrique par centrifugation des matières organiques du sol. *Ann. Agron.*, 13 (1), pp. 55-63.
6. NICOU (R.), 1974. — Le problème de la prise en masse à la dessiccation des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche. *Agron. Trop.*, vol. XXX, n° 4, pp. 325-43.
7. WARRING (S.A.), BREMNER (J.M.), 1964. — Ammonia production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature London* 201, pp. 951-2.

ANNEXES



Annexe XVI

ETAT DE L'AZOTE DU SOL APRES UN AN D'EXPERIENCE



XVI-a - AZOTE TOTAL
(ppm)

		Matière verte mil	Racines mil	Paille mil	Paille compostée mil	Paille arachide	seule Terre
0 N	15 t/ha	330	330	320	280	315	280
	30 t/ha	350	365	335	320		
200 N	15 t/ha	280	295	305	285	290	295
	30 t/ha	325	350	380	380		



XVI-b - AZOTE HYDROLYSABLE
(ppm)

		Matière verte mil	Racines mil	Paille mil	Paille compostée mil	Paille arachide	Terre seule
0 N	15 t/ha	230	220	225	190	230	205
	30 t/ha	240	230	240	230		
200 N	15 t/ha	195	215	220	195	190	210
	30 t/ha	240	240	270	255		

XVI-c - N-AMMONIACAL
(ppm)

		Matière verte mil	Racines mil	Paille mil	Paille compostée mil	Paille arachide	Terre seule
0 N	15 t/ha	80	80	85	75	70	70
	30 t/ha	85	100	90	80		
200 N	15 t/ha	65	115	80	75	75	70
	30 t/ha	90	110	95	75		

XVI-d - N-AMINE
(ppm)

		Matière verte mil	Racines mil	Paille mil	Paille compostée mil	Paille arachide	Terre seule
0 N	15 t/ha	150	140	140	115	160	135
	30 t/ha	155	130	150	150		
200 N	15 t/ha	130	100	140	120	115	140
	30 t/ha	150	130	175	150		

Annexe XVII

ETAT DE L'AZOTE DU SOL APRES DEUX ANS D'EXPERIENCE

XVII-a - AZOTE TOTAL
(ppm)

		Matière verte mil	Racines mil	Paille mil	Paille compostée mil	Paille arachide	Terre seule
0 N	15 t/ha	250	240	265	245	245	245
	30 t/ha	265	270	270	285	////	
200 N	15 t/ha	220	310	225	295	285	235
	30 t/ha	250	320	330	300	////	

XVII-b - AZOTE HYDROLYSABLE
(ppm)

		Matière verte mil	Racines mil	Paille mil	Paille compostée mil	Paille arachide	Terre seule
0 N	15 t/ha	205	180	185	185	160	165
	30 t/ha	215	195	200	195	////	
200 N	15 t/ha	170	215	170	200	185	195
	30 t/ha	195	220	235	235	////	

XVII-c - N-AMMONIACAL
(ppm)

		Matière verte mil	Racines mil	Paille mil	Paille compostée mil	Paille arachide	Terre seule
0 N	15 t/ha	85	75	95	75	75	70
	30 t/ha	70	85	80	85	////	
200 N	15 t/ha	90	90	70	95	70	65
	30 t/ha	85	90	90	75	////	

XVII-d - N-AMINE (obtenu par différence entre N-hydrolysable et N-ammoniacal)
(ppm)

		Matière verte mil	Racines mil	Paille mil	Paille compostée mil	Paille arachide	Terre seule
0 N	15 t/ha	120	105	90	110	85	95
	30 t/ha	145	110	120	110	////	
200 N	15 t/ha	80	125	100	105	115	130
	30 t/ha	110	130	145	160	////	

XVII-e - EVOLUTION DES PROPORTIONS D'AZOTE AMINE, AMMONIACAL ET INSOLUBLE,
UN AN ET DEUX ANS APRES L'ENFOUISSEMENT,
EN PRESENCE DES DIFFERENTES MATIERES VEGETALES ENFOUIES



Nature M.V.E.	Fraction azotée organique	N - aminé % N total		N - ammoniacal % N total		N insoluble % N total	
		t ₁	t ₂	t ₁	t ₂	t ₁	t ₂
Matière verte mil		45	34	25	46	30	20
Racines mil		37	30	30	41	33	29
Pailles mil		40	31	26	41	24	28
Pailles compostées		42	30	25	43	23	27
Paille arachide		45	28	24	37	21	35
Terre seule		47	28	24	47	29	25

Annexe XVIII

ETUDE DU DRAINAGE DE L'AZOTE DU SOL

XVIII-a - M-MINERAL TOTAL DRAINE

(ppm - t = 1)

		Matière verte mil	Racines mil	Paille mil	Paille arachide	Paille compostée mil	Terre seule
0 N	15 t/ha)	71	28	34	39	56	27
	30 t/ha	102	31	44	38		
200 N	15 t/ha)	99	44	79	78	84	53
	30 t/ha	128	40	66	56		

XVIII-b - N-MINERAL DRAINE (NO₃ + NH₄)

(ppm - t = 1)

		Période I	Période II	Période III	Périodes I + II + III
Matière verte mil	0 N 15 t/ha	32	20	20	72
	30 t/ha	62	21	19	102
	200 N 15 t/ha	60	27	11	98
	30 t/ha	80	34	15	129
Racines mil	0 N 15 t/ha	15	5	8	28
	30 t/ha	13	10	9	32
	200 N 15 t/ha	27	9	8	44
	30 t/ha	21	12	7	40
Paille mil	0 N 15 t/ha	14	10	11	35
	30 t/ha	19	16	10	45
	200 N 15 t/ha	53	16	10	79
	30 t/ha	23	19	24	66
Paille compostée mil	0 N 15 t/ha	14	16	9	39
	30 t/ha	13	14	10	37
	200 N 15 t/ha	21	43	14	78
	30 t/ha	36	12	9	57
Terre seule	0 N	13	6	8	27
	200 N	21	18	15	54
Paille arachide	0 N	29	15	12	56
	200 N 15 t/ha	45	23	16	84

XVIII-c - N DRAINE (t1 + t2)

QUANTITE D'AZOTE MINERAL DRAINE DURANT DEUX SAISONS DES PLUIES



(ppm)

		Matière verte mil	Racines mil	Paille mil	Paille compostée mil	Paille arachide	Terre seule
0 N	15 t/ha)	87	43	42	57	61	31
	30 t/ha	126	44	79	61		
200 N	15 t/ha)	116	45	127	98	97	68
	30 t/ha	154	63	69	77		



Annexe XIX

AUTRES FACTEURS DE LA FERTILITE

XIX-a - pH t = 1 (pH eau)

		Matière verte mil	Racines mil	Paille mil	Paille compostée mil	Paille arachide	Terre seule
0 N	15 t/ha)	5,5	6,1	5,9	6,1	5,6	5,4
	30 t/ha	5,4	6,1	6,2	6,7		
200 N	15 t/ha)	5,6	5,6	6,0	6,2	5,6	5,5
	30 t/ha	5,3	5,9	6,1	6,5		

XIX-b - pH t = 2 (pH eau)

		Matière verte mil	Racines mil	Paille mil	Paille compostée mil	Paille arachide	Terre seule
0 N	15 t/ha)	5,6	5,9	5,4	6,1	5,5	5,4
	30 t/ha	5,4	5,9	5,6	6,3		
200 N	15 t/ha)	5,6	5,3	5,5	5,7	5,5	5,5
	30 t/ha	5,4	5,6	5,7	5,9		

XIX-c - GAIN OU PERTE D'AZOTE DANS LE SYSTEME SOL-PLANTE (t = 1)
(en ppm)

	15 t/ha		30 t/ha	
	0 N	200 N	0 N	200 N
Matière verte mil	+ 18	— 33	+ 46	— 23
Racines mil	+ 22	— 32	+ 32	+ 10
Pailles mil	+ 08	— 10	+ 11	+ 7
Pailles compostées mil	+ 23	+ 19	0	— 22

MÉTÉOROLOGIE, TOPOGRAPHIE, BOUSSOLES, JUMELLES

Etablissements CERF

20, QUAI DE LA MÉGISSERIE, PARIS-1^{ER}

CATALOGUE SUR DEMANDE

TÉLÉPHONE : 233-54-42

SYNTHÈSES, NOTES ET ACTUALITÉS

ETUDE D'UNE SOUCHE DU VIRUS DE LA MOSAÏQUE DE LA CANNE À SUCRE *

par Pierre BAUDIN **

INTRODUCTION

HISTORIQUE DE LA MALADIE DANS LE MONDE

La mosaïque de la canne à sucre est une maladie connue depuis la fin du XIX^e siècle. Décrite en premier lieu à Java en 1890, elle est l'une des affections de la canne à sucre les plus largement répandues géographiquement. Parmi les importants pays producteurs de canne à sucre, seules la Guyane britannique et l'île Maurice n'ont pas encore signalé la présence de cette maladie (ABBOTT et STOKES, 1966). Dans de nombreux pays, la maladie a été la cause de graves épidémies et constitue partout un problème important de sélection variétale.

L'origine virale de la maladie a été établie par transmission artificielle : par voie mécanique et par l'insecte vecteur *Rhopalosiphum maydis*, Fitch (BRANDES, 1920 ; SEIN, 1930 ; MATZ, 1933). Des particules en forme de bâtonnets ont été associées pour la première fois à cette virose en 1955 (GOLD et MARTIN, 1955). La longueur de ces particules est de 750 nm à 760 nm (DIJKSTRA et GRANCINI, 1960 ; HEROLD et WEIBEL, 1963 ; PIRONE et ANZALONE, 1966). Nous désignerons dans le texte le virus de la mosaïque de la canne à sucre par l'appellation abrégée des auteurs anglo-saxons (SCMV).

La lutte contre cette maladie repose dans le monde entier sur la sélection

de variétés résistantes, obtenues par croisement interspécifique de la canne à sucre ou « canne noble » *Saccharum officinarum* avec des *Saccharum* sauvages. Ces croisements sont à l'origine de toutes les variétés modernes de canne à sucre. Mais il est apparu que les symptômes pouvaient être très variables sur une même variété, d'un pays à l'autre et d'une année à l'autre. Plusieurs souches virales sont en cause (STOREY, 1927 ; BRANDES, 1927).

Les souches américaines.

Aux USA, en 1948, dix souches de mosaïque ont été distinguées d'après les symptômes foliaires manifestés par deux variétés de canne à sucre CO 31-294 et CP 31-588, toutes deux plus ou moins sensibles à toutes les souches jusque-là connues de mosaïque (SUMMERS, BRANDES et RANDS, 1948). Des caractères complémentaires ont été utilisés : coloration de la gaine, retard de croissance, reprise des souches de canne après coupe, pourcentage d'infection, longueur de la période de latence après l'infection, température d'inactivation et dilution limite des extraits infectieux (ABBOTT et TIPPETT, 1966).

Ces souches ont reçu les dénominations suivantes : A, B, C, D (D-a, D-b, D-c), E, F et G. La souche G n'a plus été observée aux USA depuis 1944. Les distinctions D-a, D-b et D-c

ont été abandonnées par la suite. La souche F n'a été observée qu'en 1935. La souche G, différenciée en raison d'un retard de croissance de la variété CP 31-294 par rapport à la même variété inoculée avec la souche B n'a pas été retenue (SUMMERS, BRANDES et RANDS, 1948 ; ABBOTT et TIPPETT, 1966). Les souches A, B et D sont toujours en collection à l'U. S. *Sugar Cane Field Station* de Houma. La souche E disparue, a été réisolée à partir de *Stenotaphrum secundatum* (TODD, 1964).

La sélection de variétés résistantes ou tolérantes a été faite selon le schéma suivant, qui est encore utilisé (ABBOTT, ZUMMO et TIPPETT, 1967 ; ANZALONE, GIMALVA et CHILTON, 1967). Les nouveaux plants de canne à sucre, obtenus de semis, sont inoculés mécaniquement avec un inoculum contenant le mélange des souches connues, dès que les feuilles sont assez grandes pour l'inoculation. Le taux de transmission ainsi obtenu est plus important que par exposition à l'insecte vecteur *Rhopalosiphum maydis* ; les jeunes plants de semis sont plus sensibles que les cannes de même âge issues de boutures et que les plants plus âgés (DEAN et COLEMAN, 1967). Les plants qui manifestent des symptômes de mosaïque sont éliminés. Cette sélection est poursuivie au champ où des cas de maladie peuvent encore se manifester.

ABREVIATIONS

EDTA éthylène-diamine tétracétate de sodium.
p DAB p diméthylaminobenzaldéhyde.
SDS dodécyl sulfate de sodium.
Tris trihydroxyamino-méthane.
MDMV *Maize Dwarf Mosaic Virus*.
MDMV-A *Maize Dwarf Mosaic Virus* souche A.
SCMV Virus de la Mosaïque de la canne à sucre.
SCMV-A... Virus de la Mosaïque de la canne à sucre, souche A...

VMT Virus de la Mosaïque du tabac.
ARN acide ribonucléique.
DEP Point limite de dilution.
TIP température d'inactivation thermique.
DQ densité optique.
nm nanomètre (= 1/1000 μ).
s coefficient de sédimentation.

(*) Thèse présentée le 10 janvier 1976 devant l'Université Louis-Pasteur de Strasbourg pour obtenir le grade de Docteur-Ingénieur.

(**) BAUDIN (P.), — Ingénieur en chef de Recherches IRAT, Division de Défense des Cultures, IRAT-Montpellier.