

CN 0100327
P355
GAN

1978/22

IAEA SM 235/16

COLLOQUE INTERNATIONAL SUR L'EMPLOI DES
ISOTOPES ET DES RAYONNEMENTS DANS LA RECHERCHE EN
PHYTOPÉDOLOGIE

COLOMBO 11-15 décembre 1978

MODE D'APPLICATION DU FUMIER ET BILAN AZOTE
DANS UN SYSTEME MIL-SOL SABLEUX DU SENEGAL
ETUDE AU MOYEN DE ^{15}N

F. GANRY* et G. GUIRAUD**

Collaboration technique C.Y. BA

- * Contra National de Recherches Agronomiques de Bambey (Sénégal)
** Centre d'Etude Nucléaire de Cadarache 13115 St-Paul-Lez-Durance
(France)

RESUME

Traditionnellement dans les agro-systèmes extensifs de la zone tropicale semi-aride, la matière organique est restituée en surface sous forme de fumier. L'intensification de ces agro-systèmes requiert l'apport de fortes doses d'azote en plus des apports de fumier dont l'enfouissement, parce que difficile, est parfois contesté.

La présente expérience se propose d'étudier l'action du mode d'application du fumier sur le rendement et l'économie d'azote.

En surface ou incorporé, le fumier n'a pas modifié significativement les rendements. Par contre, l'épandage en surface a diminué significativement le coefficient d'utilisation réel de l'engrais azoté qui est passé de 34% pour le témoin à 20% pour le fumier en surface. Cette moindre utilisation est liée à une augmentation notable des pertes d'azote-engrais dans le cas du fumier en surface. Ces pertes ont été de 48% pour le témoin, 59% pour le fumier en surface. (Les valeurs obtenues pour le fumier enfoui sont assez proches de celles obtenues pour le témoin). En ce qui concerne le bilan de l'azote total, en absence d'engrais azoté, les pertes d'N total "départ" ont été élevées pour le fumier en surface: 30%, mais seulement de 16% pour le fumier enfoui. Par contre, l'apport d'engrais azoté a réduit nettement ces pertes pour le fumier en surface qui sont passées de 30 à 19%. Les auteurs soulignent l'importance du système racinaire qui, accru sous l'action de l'engrais azoté peut mieux récupérer l'azote provenant du fumier.

INTRODUCTION

Le souci du maintien de la productivité végétale des agro-systèmes tropicaux requiert nécessairement le maintien de l'équilibre du bilan de l'azote dans ces agrosystèmes.

Or les deux principales sources d'azote dans les exploitations (qui sont encore en majorité semi-intensives ou extensives et utilisent peu l'engrais azoté) sont la matière organique (par restitution ou par transfert) et la légumineuse (par apport azoté exogène), certes, l'engrais azoté est appliqué, mais peu et irrégulièrement. Cependant le développement inéluctable, dans l'avenir, des agro-systèmes intensifs requerra l'application de fortes doses d'azote avec obligatoirement restitution de matière organique au sol (1, 2).

La forme de cette matière organique restituable au sol dans les exploitations agricoles est principalement « et sera » le fumier ou le compost: compost au sens large (compost-fumier) ou compost au sens strict (compost d'une exploitation sans élevage) (3).

En raison de la difficulté de réalisation du labour en milieu paysan, même en système intensif, il est apparu alors essentiel de COMPARER « compte tenu de l'impératif "restitution organique" » l'épandage en surface du compost ou du fumier, à l'enfouissement, sur le critère du rendement et de l'économie de l'azote.

C'est dans cette optique que la présente expérience "azote 15" a été réalisée afin de rechercher les conséquences du mode d'application du fumier sur le rendement, l'utilisation de l'azote par la céréale et le bilan de l'azote dans le système sol-plante.

1 - MATERIEL ET METHODE

11- L'expérience

Elle a été réalisée en microlysimètres contenant 70 kg de sol d'une profondeur de 40 cm (densité apparente entre 1,45 et 1,50) et soumise aux conditions climatiques naturelles. Les différents traitements, en factoriel, répétés 4 fois en randomisation totale, sont les suivants :

<u>Application fumier</u>		<u>Dose d'azote</u>
absence		0 N
en surface	X	150 N
enfoui		

La préparation des lysimètres a été réalisée en saison sèche. Le fumier a été appliqué à raison de 250 g par lysimètre à un sol réhumidifié à la capacité au champ afin de reproduire les conditions de fin de saison des pluies. La composition minérale de ce fumier est la suivante :

<u>N</u>	<u>C</u>	<u>P %</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>
2,02	38,3	0,51	1,77	1,73	1,29

L'engrais azoté a été apporté sous forme d'urée à raison de 1,84g par lysimètre et fractionné en trois époques au cours du cycle: 1/5 au semis, 2/5 au démarrage du mil et 2/5 à la montaison. L'urée est enrichie en azote 15 avec un excès isotopique de 9,41% (teneur naturelle adoptée de 0,362%).

12- Le milieu

Le climat du Sénégal se caractérise par l'opposition entre une saison des pluies et une saison sèche. L'année de l'expérience la pluviométrie a été de 458 mm repartis en 33 jours de pluie.

Le sol utilisé appartient, dans la classification française, aux "ferrugineux tropicaux peu lessivés" nommés localement sol "dior" et recouvrant la majeure partie du bassin arachidier du Sénégal. Les principales caractéristiques physico-chimiques de ce sol figurent dans le tableau 1.

pH eau	5,5	Complexe absorbant (résultats en meq/100g de sol)	
Argile + limon (pour cent)	4,0	Ca ⁺⁺	0,56
Carbone total (pour mille)	2,3	Mg ⁺⁺	0,17
Azote total (pour mille)	0,20	Na ⁺	0,01
		K ⁺	0,04
		Somme des bases échangeables	0,78
		Capacité totale d'échange	1,55
		Taux de saturation Sx100:T	50

Tableau 1: Principales caractéristiques physico-chimiques du sol étudié.

La céréale utilisée est le mil synthétique GAM à tige courte et à cycle végétatif de 75 jours, en cours de sélection au Sénégal pour satisfaire aux exigences de l'intensification de l'agriculture sous des isohyètes inférieurs à 500 mm.

13- Les variables analysées dans l'agro-système

Los différents compartiments de l'agro-système analysés sont les percolats, la plante, le sol et la matière organique grossière du sol de dimension supérieure à 2mm. Leur technique d'étude a été la suivante;?:

- Trois prélèvements de percolat ont été réalisés en cours de cycle sur lesquels l'azote minéral et son excès isotopique ont été déterminés.
- A la récolte la plante totale a été séparée en 3 parties: grains, pailles + rachis + glumes et racines, sur lesquelles la production de matière sèche, l'azote total et son excès isotopique ont été déterminés.
- Le sol de chaque lysimètre a été prélevé en totalité et tamisé à 2mm; le refus organique alors obtenu a été analysé comme la plante.
 - . Les méthodes d'analyse chimique utilisées sont les suivantes:
 - sur percolats, l'azote ammoniacal est recueilli par distillation alcaline (entraînement direct) dans l'acide sulfurique N/100; l'azote nitrique est réduit en azote ammoniacal par l'alliage Devarda, puis distillé;
 - sur la matière végétale, l'azote total est dosé par la méthode Kjeldahl modifiée par l'adjonction d'acide salicylique à l'acide sulfurique;
 - sur le sol, l'azote total est déterminé par la méthode Kjeldahl (l'azote minéral n'est pas dosé car il est en quantité négligeable).

Los analyses isotopiques d'azote ont été réalisées sur un spectromètre de masse GD 150.

Analyses statistiques des données

L'ensemble des données a été soumis à un test statistique (test de Keuls). Le seuil de probabilité pour la significativité des résultats est de $P = 0,05$.

14- Méthode d'établissement des bilans azotés

Le bilan de l'azote total dans le système sol-plante (bilan N_t)

Ce bilan comptabilise l'azote total des différents compartiments. Si on appelle:

N départ ou $ND = N \text{ sol} + N \text{ fumier} + N \text{ urée}$

N arrivée ou $NA = N (\text{sol} + \text{refus} + \text{racines}) + N \text{ plante} + N \text{ percolat}$

l'inégalité ND versus NA permet d'établir si le système a été le siège de pertes ou de gain d'azote.

$ND > NA \rightarrow$ Pertes totales N_t = $ND - NA$

$ND < NA \rightarrow$ Gain total N_t = $NA - ND$

Si nous convenons d'appeler Pertes N organique (Pertes NO), les pertes en azote provenant du sol sans strict + fumier, et pertes N engrais (Pertes NE), les pertes en azote provenant de l'urée, nous aurons $Pertes\ NO = Pertes\ N_t - Pertes\ NE$.

Ce bilan azote total est entaché d'une certaine imprécision inhérente à deux causes: l'imprécision sur la méthode Kjeldahl (principalement due à l'échantillonnage) et l'écart important entre les quantités d'azote des différents compartiments. Ces écarts peuvent varier du simple au décuple entre N_t du sol et celui des fractions organiques

réunies (cf. tableau 4). Il est donc primordial à cet égard, que le ND et le NA du sol soient déterminés avec le maximum de justesse. Ce bilan doit faire ressortir les tendances de dégradation ou d'amélioration de la fertilité azotée du système; il conviendra cependant de n'accorder qu'une importance relative aux valeurs quantitatives issues de l'établissement des bilans.

Le bilan de l'azote engrais (bilan NE)

Le principe de calcul est identique au précédent, l'équation de base sur laquelle il repose est la suivante:

$$\text{Apport NE} = \text{Pertes NE} + \text{NE (plante + sol + porcolat)}.$$

Ce bilan est relativement plus rigoureux que celui de l'azote total car les comparaisons entre compartiments portent sur des quantités d'azote 15 dont les ordres de grandeur sont identiques (cf. tableau 4).

2 - RESULTATS ET DISCUSSIONS

21- Le rendement du la plante entière

211. Partie aérienne (tableau 2)

L'apport de fumier augmente significativement le rendement en grain mais seulement en absence d'urée; quant au mode d'application du fumier, en surface ou incorporé, il ne modifie pas significativement le rendement.

212. Les racines (tableau 3)

Les données pondérales obtenues sur les racines varient sensiblement en fonction des traitements "fumier" en présence d'azote.

- Lorsque le fumier est appliqué en surface tout l'enracinement visible est localisé dans les 10 premiers centimètres; l'engrais azoté augmente significativement la masse racinaire et surtout, il induit un enracinement en profondeur (on trouve 2 % des racines visibles en profondeur).

- Lorsque le fumier est enfoui, la majeure partie de l'enracinement est localisée dans les 10 premiers centimètres, mais, à la différence du cas précédent, des racines sont observées en profondeur (on trouve 3 % des racines visibles en profondeur); l'engrais azoté augmente significativement la masse racinaire sans en changer la répartition dans le sol.

Enfin il importe de souligner que ni l'engrais seul et ni le fumier seul ne permettent d'augmenter significativement la masse racinaire dans le profil. C'est l'association des deux qui permet d'augmenter significativement la masse racinaire; bien plus, cette augmentation est accrue significativement lorsque ce fumier est enfoui.

Remarques concernant l'interprétation pratique des résultats de rendement

Les résultats précédents mettant en évidence l'absence d'effet du mode d'application du fumier sur le rendement des parties aériennes du mil, accrédiateraient plutôt l'épandage en surface par rapport à l'enfouissement parce qu'il dispense du labour (qui est une contrainte) sans pénaliser pour autant la production. Il importe alors de rappeler

que dans la présente étude, le facteur "labour" (une des composant.2 de l'enfouissement avec le facteur organique) n'a pas été pris en compte du fait de conditions physiques du sol identiques au départ (densité apparente variant de 1,45 à 1,50).

Nos conclusions portent donc sur le seul effet du mode de restitution organique. Nous basant sur le critère du rendement, nous pouvons avancer que la restitution organique par enfouissement n'est pas impérative (toutes conditions physiques par ailleurs identiques, notamment celles résultant du labour). En d'autres termes, l'apport du compost ou du fumier pourrait être différé par rapport au labour. Par contre, nous basant sur le critère "économie d'azote" les résultats suivants (paragraphe 22) vont mettre en lumière des différences notables entre les deux modes d'enfouissement.

22- Bilan de l'azote-engrais dans le système sol-plants

221. Le coefficient d'utilisation réel d'engrais azote dans la plante (tableau 4 colonnes 5, 10 et 15)

Ce coefficient est de 34,4% et 31,4% pour respectivement le témoin et le "fumier enfoui" (différence non significative) et de 19,8% pour le "fumier en surface" (résultats significativement différents des deux autres). L'épandage en surface du fumier, s'il ne modifie pas le rendement, par contre, diminue significativement le coefficient d'utilisation réel de l'engrais dans la plante entière et principalement dans les grains.

222. L'immobilisation de l'engrais dans le sol sensu lato

Les résultats figurent au tableau 4 colonnes 5, 10 et 15 et aux tableaux 5 et 6. Nous considérons 3 compartiments dans le sol sensu lato le sol, le refus organique au tamis de 2mm et les racines (extraites également par tamisage).

Le sol

Cette immobilisation est de 16% pour le témoin contre 13 et 21% pour respectivement le "fumier en surface" et le "fumier enfoui". Globalement, l'apport de fumier augmente significativement le stockage de l'azote-engrais dans le sol; on retrouve dans l'horizon 0-10 cm, 75% de cet azote dans le cas du "fumier en surface" et 68% dans le cas du "fumier enfoui".

Le refus organique (tableau 6)

Ce refus organique est la fraction résiduelle grossière (supérieure à 2 mm) restant après un cycle pluviométrique. La décomposition du fumier a été en poids - et en quantité d'azote - de 80% du poids initial, quel que soit le mode d'application du fumier (cette décomposition a été au maximum de 81% pour le "fumier en surface" sans N et au minimum de 78% pour le "fumier enfoui" avec N). La teneur en azote de ce refus est de 2% (elle varie de 2,0% à 2,3%) identique à la teneur au départ.

On remarquera que l'excès isotopique du refus organique est supérieur à celui du sol. Le pourcentage d'N-engrais inclus dans ce compartiment est de 2,2% pour le "fumier en surface" et de 1,1% pour le "fumier enfoui".

Les racines

Elles renferment de 1 à 2% de l'azote-engrais apporté. Il s'agit de valeurs minimales car seulement la partie visible du système racinaire a pu être extraite.

223. Détermination des pertes d'azote-engrais

La part d'azote-engrais non retrouvée dans les différents compartiments déjà étudiés est considérée comme perdue et représente les pertes totales. Les deux causes de ces pertes sont la lixiviation: on l'occurrence celle qui se produit au-delà de 35cm de profondeur, et le dégagement gazeux dans l'atmosphère par volatilisation et/ou dénitrification.

Importance des pertes totales d'azote-engrais

Le schéma de calcul de ces pertes figure au tableau 7. Elles sont de 48,2% pour le témoin, 58,8% pour le "fumier en surface" et de 45,7% pour le "fumier enfoui". L'augmentation des pertes d'azote due à l'épandage en surface est significative.

Ces résultats mettent en évidence l'importance des pertes d'azote-engrais en sol sableux. Elles sont encore augmentées de 11% par l'apport de fumier en surface mais ne sont pas modifiées lorsque ce fumier est enfoui. La grandeur de ces pertes sur le témoin sans fumier: 48%, est analogue à celle trouvée l'année précédente dans les mêmes conditions de culture sur témoin sans matière organique: 45% (4).

Mesures des pertes par lixiviation

Ces pertes sont de 0,5%, 1,0% et 0,7% pour respectivement témoin, fumier en surface et fumier enfoui (valeurs sont significativement différentes). Ces pertes étant très faibles par rapport aux pertes totales, on doit donc admettre que la quasi totalité de celles-ci s'est produite sous forme gazeuse.

224. Discussion concernant le bilan de l'azote-engrais

Le stockage de l'azote-engrais dans les différents compartiments analysés varie dans les parties aériennes de 20 à 31 %
 dans les racines visibles de 1 à 2 %
 dans le sol sensu stricto de 16 à 20 %
 dans la résine organique
 après un apport de fumier 1 à 2 %

Les principales conclusions qui peuvent être énoncées sont les suivantes :

- Le compartiment "parties aériennes" est celui dans lequel la variation de stockage est la plus importante. Comme nous l'avons signalé déjà antérieurement (4), une moindre utilisation par la plante de l'azote-engrais est liée à des pertes plus importantes.

- Ces pertes se situent à deux niveaux :
 - celles liées au système sol-dior-mil de 48%
 - celle induite par l'épandage en surface de 11% (cette valeur de 11% théorique suppose qu'aucune interaction entre sol et fumier ne vient affecter les 48%).

- L'immobilisation de l'azote dans le sol, néanmoins augmentée significativement lors de l'apport du fumier, n'a pas permis pour autant

de récorber ces pertes. Encore une fois nous nous posons la question de savoir si la moindre utilisation de l'azote-engrais par la plante est la cause ou la conséquence des pertes importantes enregistrées. L'élucidation de la nature du processus par lequel ces pertes se produisent (importance relative de la volatilisation ou de la dénitrification) permettra vraisemblablement d'y apporter une réponse. Il est probable que l'épandage en surface de l'urée entraîne une augmentation localisée du pH qui est cause de volatilisation d'autant plus forte que les sols étudiés ont une faible capacité d'échange (cf. tableau 1). Quant à la dénitrification, elle pourrait être à l'origine des pertes accrues après apport de matière organique qu'il s'agisse de paille (4,5) ou de fumier en surface (sites anaérobies); mais on sait que dans le cas de fumiers contenant de l'urée, la volatilisation est fréquente.

23- Le bilan de l'azote total (Tableau 7)

Ce bilan de l'azote total (cf. 3 14), montre que pour tous les traitements le système a été le siège de pertes d'azote, d'origine organique.

Évaluées par rapport au stock d'azote initial, ces pertes varient de 7% à 30%. En absence d'engrais azoté, elles sont élevées pour le "fumier en surface": 30%, mais nettement moins élevées pour le "fumier enfoui": 17% et le témoin: 7%. Par contre, l'engrais azoté réduit significativement les pertes dans le cas du "fumier en surface" de 33 à 19% mais ne les modifie pas significativement dans le cas du témoin et du "fumier enfoui".

Discussion concernant le bilan de l'azote total

Les résultats précédents mettent en lumière trois conclusions interdépendantes:

- l'importance du système racinaire
- la nécessité de conjuguer engrais azoté et fumier, pour augmenter le système racinaire;
- la nécessité de sources exogènes d'azote: engrais et/ou légumineuse, pour pallier les pertes d'azote d'origine organique.

La volatilisation est vraisemblablement une cause essentielle des pertes d'azote (6). Comment expliquer l'action du système racinaire sur la limitation des pertes d'azote d'origine organique ?

- Le "fumier en surface" engendre un pool d'N minéral important accentué par l'hydropériodisme dont le fumier (parce qu'exondé) est le siège.

- Les pertes au: dépens de ce pool d'N minéral seront d'autant réduites que la masse racinaire sera importante, !.

- Or, nous avons vu que? l'engrais azoté augmentait le système racinaire lorsqu'il était associé au fumier.

D'où l'hypothèse explicative du rôle de l'engrais azoté dans la limitation des pertes d'azote dans le cas du fumier en surface.

CONCLUSION GENERALE

Nous fondant sur le critère de l'économie maximum d'azote total 3 rochorchr, le modo d'épandage on surface lorsqu'il n'est pas suivi d'un apport d'engrais azoté serait à déconseiller parce qu'il entraîne dos portos importantes d'azote. Par contre, avec engrais azoté, ces pertes d'N total sont fortement réduites et ne sont quo légèrement supérieures à celles obtenues dans le cas du fumier enfoui. Ce résultat autorise, dans les exploitation appliquant l'engrais azoté mais no pouvant pas enfouir le fumier ou le compost, à permettre leur épandage en surface. Par contre dans cet agro-système, où azote et matière organique sont mis on surface, les pertes azote-engrais sont nottoment accrues par rapport à celles observées apronfouissement.

Il importe alors de faire la balance entre ce qui est économisé et ce qui est perdu quand on apporte un engrais azoté à un agro-système dont le fumier est épandu mais non enfoui. Pour une porto du 100 on azote engrais, nous économisons 100 on azote d'origine organique suite à l'apport de cet engrais. Malgré l'imprécision inhérente au calcul des pertes on azote total, la différence en l'occurrence mesurée, suffisamment élevée, en élimine le caractère aléatoire. L'apport d'engrais azoté permettrait ^{donc de} réaliser une économie substantielle d'azote. Cette économie sera d'autant meilleure quo les techniques de réduction de pertes d'azote-engrais s'amélioreront.

En définitive, si l'enfouissement du fumier n'améliore pas lus rendements par rapport à l'épandage on surface, il augmente sensiblement l'efficiencie de l'engrais azoté; d'autre part, il limite très fortement les portes d'azote total du sol - incluant celles du fumier - lorsque la culture est conduite sans engrais azoté. Toutes les fois qu'il sera possible, l'enfouissement du fumier devrait primer sur l'épandage.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Agence Internationalo Atomique de Vienne qui a fourni l'azote 15 pour cette étude.

	GRAINS		PAILLES	
	0 N	150 N	0 N	150 N
Terre seule	12,0 a	31,1 c	67,0 a	109,0 b
Fumier surface	22,7 b	32,3 c	64,9 a	104,3 b
Fumier enfoui	22,4 b	32,5 c	73,5 a	120,5 b

Tableau 2 : Rendement du mil en g MS./lysimètre

- Les résultats affectés d'une même lettre ne diffèrent pas significativement
- Une approximation en kg/ha peut être obtenue en multipliant ces valeurs par 82.

	0-10 cm	10-35 cm	Total
Témoin			4,7 a
Témoin + 150 N			6,2 a
Fumier surface	6,82	0,03	6,8 a
Fumier surface + 150 N	13,36	0,21	13,6 b
Fumier enfoui	6,72	0,20	6,9 a
Fumier enfoui + 150 N	16,46	0,42	16,9 c

Tableau 3 : Poids de racines exprimés en g/M.S. Lysimètre

Les résultats portant une même lettre ne diffèrent pas significativement

TEMOIN	150 N*					FUMIER SURFACE	FUMIER SURFACE + 150 N*					FUMIER ENFOUI	FUMIER ENFOUI + 150 N*				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
QN	QN	E%	Q15N	%15N	QN	QN	E%	Q15N	%15N	QN	QN	E%	Q15N	%15N			
mg	mg		mg	départ	mg	mg		mg	départ	mg	mg		mg	départ			
Grains	127,7	470,4	5,45	25,64	13,7	274	421,0	3,64	15,32	8,2	266	444,8	5,02	22,33	11,9		
Paille	361,7	793,8	4,88	38,73	20,7	448,5	693,3	3,4	21,76	11,6	568,5	854,8	4,26	36,91	19,5		
Grains + Paille	489,4	1264,2	-	64,37	34,4	722,5	1114,3	-	37,08	19,8	834,5	1299,6	-	58,74	31,4		
Racines	19,3	41,2	4,01	1,65	0,9	45,6	119,5	2,11	2,52	1,3	54,9	115,8	3,00	3,47	1,9		
Refus 2 mm	-	-	-	-	-	1093	1226	0,366	4,12	2,2	1056	1098	0,195	2,14	1,1		
Sol	2775	1225	0,25	30,63	16,4	14050	14010	0,230	32,28	17,2	14125	14550	0,256	37,23	19,9		
Total	3284	13555	-	96,65	51,7	13411	16370	-	76,00	40,5	16070	17063	-	101,6	54,3		

*QN apportée=1990 mg; E%=9,41; Q¹⁵N= 187,2 mg.

Tableau 4 : Bilan de l'azote dans l'agro-système.

		Horizon 0-10 cm	Horizon 10-35 cm	Total
Témoïn	N ‰	-		0,183
	QN mg	-		12 775
150 N	N ‰	-	-	0,175
	E ‰	-	-	0,250
	QN mg	-	-	12 250
	Q15N mg	-	-	38,63 (16,3)
Fumier surface	N ‰			0,165
	QN mg			11 550
Fumier ^{Surface} enfoui + 150 N	N ‰	0,268	0,173	0,200
	E ‰	0,444	0,098	0,230
	QN mg	5360	8650	14 010
	Q15N mg	23,80	8,48	32,28 (17,4)
Fumier enfoui	N ‰	-		0,201
	QN mg			14 125
Fumier enfoui + 150 N	N ‰	0,215	0,205	0,208
	E ‰	0,587	0,117	0,256
	QN mg	4300	10 250	14 550
	Q15N mg	25,24	11,99	37,23 (20,9)

Tableau 5: Bilan de l'azote dans le sol,

Entre parenthèse figurent les pourcentages de l'engrais azoté immobilisé dans le sol (non compris refus organique).

		0-10 cm	0-35 cm	Total
Fumier enfoui	Poids sec g	15,62	34,1	49,76
	N %	1,95	2,20	
	Q N mg	305	721	1056
	Q 15N mg	1,69 (0,9)	0,45 (0,2)	2,14 (1,1)
Fumier enfoui + 150 N	Poids sec g	19,84	34,88	54,72
	N %	2,00	2,01	
	E %	0,426	0,064	
	Q N mg	397	701	1378
Fumier surface	Poids sec g	47,76		
	N %	2,29		
	Q N mg	1093		
Fumier surface + 150 N	Poids sec g	49,22		
	N %	2,28		
	E %	0,365		
	Q N mg	1122		
	Q 15N mg	4,10 (2,2)		

Tableau 6: Bilan de l'azote sur le refus organique. Entre parenthèse figure le pourcentage de l'engrais immobilisé dans ce refus.

	0 N			150 N (1390 mg N/lysimètre)					
	Témoïn	+ Fumier surface	+ Fumier enfoui	Témoïn	+ Fumier surface	+ Fumier enfoui			
Q N départ mg/lysimètre	14350	19275	19275	16340	21265	21265			
	////////////////////	////////////////////	////////////////////	////////////////////	////////////////////	////////////////////			
Q N arrivée	13284	13411	16070	13555	16370	17063			
Q N engrais arrivée	////////////////////	////////////////////	////////////////////	1027	808	1080			
Pertes N total	1066 (7,4)	5864 (30,4)	3235 (16,6)	2785 (17,0)	4895 (23,0)	4202 (19,8)			
Pertes N sol	Pertes N engrais	////////////////////	////////////////////	1822 (13)	963 (46)	3713 (19)	1182 (59)	3122 (16)	910 (46)

Tableau 7: Bilan des pertes totales d'azote . Les résultats sont exprimés en mg; entre parenthèse, ils sont exprimés en pourcentage N départ.

B I B L I O G R A P H I E

- 1- GANRY (F.), "Effect of nitrogen fertilization (urea) and organic manuring (compost) on soil productivity in a millet monoculture in semi-arid tropical conditions".
Workshop on organic Recycling in Agriculture BUEA, Cameroun (5-14 december 1977).
- 2- FELLER (C.), GANRY (F.). "Effett of nitrogen fertilization (urea) and of organic manuring (compost) ON balance of soil organic matter in millet monoculture in semi-arid tropical conditions:"
Workshop on organic Recycling in Agriculture BUEA Cameroun (5-14 december 1977)
- 3- DREVON (J.J.), "Eléments pour une étude des apports de matière organique aux sols dans le bassin arachidier du Sénégal".
Doc. ronéo. ISRA-Bamboy (1978)
- 4- GANRY (F.), GUIRAUD (G.), DOMMERGUES (Y.), "Effect straw incorporation on the yield and nitrogen balance in the sandy soil-pearl millet cropping system of Senegal"
Plant and Soil (1978). A paraître.
- 5- GUIRAUD (G.) et BERLIER (Y.), "Etude avec l'aide d'azote 15 de la dénitrification dans le sol notamment en présence de paille enfouie".
Comp.Rend. Acad. Agric. (1969) 1000
- 6- CORNFORTH (I.S.) and DAVIS (J.C.), "Nitrogen transformation in tropical Soils I- the mineralization of nitrogen- rich organic materials added to soil
Trop. Agriculture, Trin., 45 3 (July 1968)