

MICROFICHE ETABLIE A PARTIR DE  
L'UNITE DOCUMENTAIRE  
N

جديدة منجزة حسب الوثيقة  
رقم:

93

402

ROYAUME DU MAROC

المملكة المغربية

المركز الوطني للوثائق  
CENTRE NATIONAL DE DOCUMENTATION

SERVICE DE REPROGRAPHIE  
ET IMPRIMERIE

B.P 826 RABAT



مصلحة الطباعة والتصوير  
ص.ب 826 الرباط

F

1

Évaluation de la valeur fertilisante azotée des fumiers de ferme  
et des composts industriels

B.SOUDI\* $\diamond$ , C.N.CHIANG\*\*, M.STITOU\*, S.A. HACHOUMA\*\*\* & A. SBAI\*\*\*\*

(Reçu le 22/01/1992 ; Accepté le 22/05/1992)

ملخص

هدف هذا البحث قياس القيمة التسميدية لثلاث أنواع من الذبال (الزبل) و لأربع مستسمدات عضوية. وأجريت التجربة تحت الدفيئة مع استعمال التراب الرملي السائد في المنطقة الساحلية للرباط. وتم استعمال 6 مقادير تناسب 80 و 60, 40, 20, 10, 5, 0 طن الهكتار وقد استعمل الزوان المعمر كنبات تجريبي وبطريقة موازية ومن أجل المقارنة أضيف استعمال الاسمدة المعدنية المتداول تطبيقها لهذا النوع من النبات. وقد استغرقت التجربة 200 يوما تضم 6 قطع. وبالإضافة إلى تحديد كمية المادة الجافة المنتجة والنيتروجين الممتص في الطبقة الهوائية للنبات، تم بالمختبر تحديد كمية النيتروجين القابل للتمعدن الموجود في التربة وفي الزبل أو في خليطيهما وذلك بتطبيق طريقة التمدن البيولوجي اللاهوائي بطريقة كيميائية تعتمد على  $KMnO_4$  كمادة استخلاصية. ولوحظت علاقة إيجابية متينة تربط هذين القياسين بالكمية المعدنة طيلة التجربة و المحددة بطريقة كاشفية كما لوحظ أيضا تباين هذه القياسات حسب نوع الزبال أو المستسمد العضوي. وتبين أن كمية المادة الجافة والنيتروجين الممتص متأثر بنوع ومقدار المادة العضوية المستعملة. وفي آخر التجربة لوحظت زيادة في محتوى التربة للمادة العضوية تختلف حسب المادة العضوية الخام (زبل أو مستسمد) المستعملة كما لوحظ تملح طفيف بعد استعمال زبل الدجاج. ولقد قورنت كل المواد المستعملة ورتبت حسب غناها.

الكلمات المفتاحية : ذبال- مستسمد- نيتروجين معدني أو عضوي- مبيبات النيتروجين القابل للإلتصاق- زوان معمر- تراب- مادة جافة- نيتروجين ممتص- مادة عضوية.

Résumé

Cette étude concerne l'évaluation de la valeur fertilisante azotée de trois fumiers de ferme (ovin, ovine et fientes de volailles) et de quatre composts industriels (BF, C1, C2 et un compost des ordures ménagères). L'essai a été conduit sur sol sableux en vases de végétation sous serre avec le Ray-Gras d'Italie comme plante test. Cinq doses équivalentes à 5, 10, 20, 40, 60 et 80 T/ha ont été appliquées avec un témoin. La fumure minérale recommandée a constitué un traitement supplémentaire. Six coupes ont été réalisées sur une durée de 200 jours. Deux indices de disponibilité de l'azote ont été déterminés pour le sol enrichi et pour chaque produit d'amendement seul. Une variabilité des teneurs en éléments fertilisants des produits a été constatée. Les indices ont varié d'un produit à l'autre et sont significativement corrélés à la quantité de N minéralisé au cours du cycle. Le type et la dose du produit d'amendement ont influencé significativement la matière sèche produite et l'azote prélevé. Un classement des doses a été fait par rapport à la fumure minérale. Un enrichissement en matière organique non totalement humifiée a été observé pour tous les produits. Une légère salinisation a été enregistrée dans le cas des fientes de volailles. Globalement, les fientes de volaille et le compost BF ont été les plus performants.

Mots Clés : Fumier- Compost- Azote minéral et/ou minéralisé- Indice de disponibilité de l'azote- Ray Gras d'Italie- Sol- Matière sèche- Azote prélevé- Matière organique- Produit d'amendement

Summary

The present study is concerned with the evaluation of nitrogen fertilizer value of three traditional manures and four industrial composts as organic amendments. The experiment has been conducted under greenhouse conditions using Italian Rye Grass (RGI) as the test plant. Five increasing rates of manures and composts (5, 10, 20, 40, 60 and 80 T/ha) were applied with a control which did not receive any amendment. The experiment period reached 200 days with 6 cuttings. Two nitrogen availability indices were used to evaluate the readily and potentially mineralizable nitrogen for the product of amendment and for the soil after receiving organic substrate. Mineralized nitrogen calculated using mass balance equation was found to be strongly correlated with nitrogen availability indices. These indices varied from one product to the other showing the variability of nitrogen biodegradability. Dry matter and nitrogen uptake are significantly influenced by the nature and rate of the amendment product. These amendments caused an increase of soil organic matter content but the added proportion did not reach the humic stage of decomposition. Slight soil salinization was observed for poultry manure. The composts and manures used in this study were classified with respect to some selected parameters.

Key Words : Manure - Compost - Mineral and/or Mineralized Nitrogen - Nitrogen Availability Indices - Rye Grass - Soil - Dry matter - Nitrogen uptake - Organic matter - Product of amendment

\* Département des Sciences du Sol, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202 -Instituts, Rabat (Maroc)

\*\* Unité MBLA, Faculté des Sciences Agronomiques, Place Croix de Sud 2, UCL, 1348 Louvain-la-Neuve (Belgique)

\*\*\* Direction de la Production Végétale (Horticulture), Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire, Rabat (Maroc)

\*\*\*\* Lycée Agricole (LEGTA) de Douai, Lille (France)

$\diamond$  À qui toute correspondance doit être adressée

## INTRODUCTION

Face à l'augmentation continuelle des prix des engrais, il devient intéressant de revaloriser l'utilisation des fumiers et des composts comme produits fertilisants des sols. La valorisation des fumiers s'impose dans les exploitations de type polyculture-élevage pour préserver le patrimoine humique du sol. Cette pratique se justifie lorsqu'on considère la quantité de fumier produite par un cheptel qui s'accroît annuellement d'environ 7% (1).

En plus de sa valeur fertilisante, le fumier contribue, après son humification, à l'amélioration de certaines propriétés physiques telles que la stabilité structurale et la rétention en eau. En effet, il est communément admis que la matière organique joue un rôle prépondérant dans la structure du sol en diminuant la mouillabilité des entités structurales.

À côté des fumiers, le développement actuel des procédés de compostage permet une valorisation des sous-produits agricoles et/ou industriels. Les composts ont l'avantage de garder une composition relativement stable et d'être dépourvus de nématodes ou autres parasites, ainsi que de graines de mauvaises herbes.

Toutefois, il convient de souligner que les composts fabriqués à partir des boues issues de l'épuration des eaux usées ainsi que les composts urbains peuvent présenter certains risques notamment de contamination par des métaux lourds et par des germes pathogènes.

Par ailleurs, la valorisation du fumier et des composts exige l'évaluation de leur valeur fertilisante. Dans le cas des fumiers, celle-ci varie de manière très significative avec l'espèce animale, la ration alimentaire, le mode de stockage etc... L'examen des données sur la composition des fumiers, rapportées dans la littérature, a montré que la teneur en azote varie de 1% pour un fumier bovin ancien à 2,56% pour le même fumier frais. Des fientes de volailles à l'état frais contiennent 4,6% d'azote contre 1,7% dans le cas des fientes compostées. Les teneurs en phosphore, potassium et d'autres éléments montrent des variations de même ampleur. À l'état frais, les teneurs en azote total sont de 2; 2,56 et 4,6% respectivement pour le fumier ovin, le fumier bovin et les fientes de volaille.

La valeur fertilisante du compost varie également en fonction de la nature de la matière organique brute, du procédé de compostage et du degré de maturation du compost. Il est également important de noter que la définition de la valeur fertilisante d'un produit d'amendement ne doit pas reposer uniquement sur la com-

position actuelle en éléments majeurs mais aussi sur le rythme et le taux de décomposition.

De nombreux travaux ont été consacrés à l'évaluation du taux de minéralisation annuel de l'azote ou sur ce qu'on appelle "decay series" (2-8), c'est-à-dire séries de taux de décomposition. Ce taux permet de déterminer la dose de fumier à appliquer pour mettre à la disposition de la plante une quantité donnée d'azote minéral assimilable. Chaque produit d'amendement est ainsi caractérisé par une série de valeurs de taux de décomposition; la première valeur représente la fraction d'azote minéralisée pendant la première année. Les autres valeurs successives correspondent à la fraction d'azote minéralisée à partir de l'azote organique résiduel de l'année écoulée. Les valeurs de "decay series" rapportées dans la littérature (5; 9; 10; 11) ont montré que le taux de décomposition durant la première année peut varier de 20 à 90% en fonction de la source animale et de la richesse initiale du fumier en azote organique. À partir de la troisième année, les valeurs de taux de décomposition se stabilisent pour tous les types de fumiers. Pour les composts, il a été rapporté que le taux de décomposition durant la première année varie de 25 à 55% selon le type de compost utilisé (12-15).

En couplant les valeurs de taux de décomposition annuel et celles de la teneur en azote total du fumier, une équation du type :  $\ln R = B \ln t + \ln A$ , reliant la dose (R) de fumier à appliquer pour garantir une libération de 100 kg d'azote minéral et le temps t, a été établie (5). Les constantes A et B sont significativement et positivement corrélées à la teneur en azote total contenu dans le fumier (5; 16).

Des méthodes d'analyses rapides, chimiques ou biologiques, ont été développées pour l'estimation de la fraction d'azote minéralisable du fumier (4; 17; 18). Les méthodes biologiques consistent à incuber, de façon aérobie ou anaérobie, des échantillons de sol enrichis en fumier et à mesurer le CO<sub>2</sub> dégagé et/ou l'azote minéral produit. Quant aux méthodes chimiques, elles consistent en des extractions de l'azote minéralisable du fumier avec un réactif oxydant de force plus ou moins modérée; la méthode faisant appel au KMnO<sub>4</sub> acide comme extractant semble être la plus recommandée.

Cette étude s'est fixée comme objectifs principaux (i) la détermination de la fraction d'azote des fumiers susceptible d'être minéralisée, (ii) la caractérisation de la richesse des fumiers traditionnels et de quelques composts industriels en éléments majeurs et (iii) l'évaluation de la valeur fertilisante azotée de doses croissantes de produits d'amendement dans un sol sableux sur une culture de Ray-Grass d'Italie en vases de végétation sous serre.

**Tableau I. Principales propriétés physico-chimiques de la couche de 0-20 cm du sol étudié**

Argile	Sable %	Limon	C* g/kg	N* g/kg	C/N	M.O.* (%)	P* mg/kg	K* mg/kg	pH
7,1	82,2	10,8	5,2	0,53	10,4	0,9	13,6	75,1	7,2

\* C : carbone organique; N : azote total ; M.O. : matière organique ; P\* : phosphore assimilable ; K : ion potassium échangeable

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Sol

Le sol utilisé dans cette étude est de type rouge lessivé méditerranéen ; ses principales caractéristiques physico-chimiques sont rapportées dans le tableau I.

La texture grossière et la faible teneur en matière organique de ce sol permettent de faire mieux apparaître les effets différentiels des doses de différents produits d'amendement utilisés.

### Plante test

Le Ray-Grass d'Italie (RGI), variété Deltape, répond particulièrement bien à la fumure azotée et permet par son cycle de croissance long, de réaliser des coupes régulières pouvant servir aux dosages des teneurs en azote (N) absorbé au cours du temps. Ainsi, la cinétique de libération de l'azote à partir des produits organiques, par voie de minéralisation, sera mieux approchée.

### Amendements organiques et fumure minérale

Trois types de fumier ont été utilisés : le fumier bovin (FBV), le fumier ovin (FOV) et les fientes de volaille (FV). Les deux premiers proviennent de la ferme d'application de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II à Moghrane. Les fientes ont été prélevées dans l'unité avicole de Skikima à Temara.

Parmi les composts utilisés, trois sont actuellement commercialisés au Maroc : BF, C1 et C2. BF (Biofarm) nous a été aimablement fourni par le Dr A. SEDRATI (BCI, Rabat). Le compost urbain des ordures ménagères (COM), provenant de l'Unité de Traitement des Ordures Ménagères de Rabat-Salé (UTOM), a été également utilisé.

### Dispositif expérimental

L'expérimentation a été conduite en pots de végétation sous serre. Le dispositif expérimental adopté est de type blocs aléatoires comportant deux traitements : le type de produit d'amendement et la dose d'apport, répétés trois fois.

Les doses de produits d'amendement utilisés sont équivalentes à 5, 10, 20, 40, 60 et 80 tonnes/ha. Dans un but de comparaison, un traitement parallèle a été ajouté et consiste à appliquer de la fumure minérale généralement préconisée et jugée optimale pour le RGI (19 ; 20). Cette fumure est composée de 100 kgN/ha, 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha et 100 kg K<sub>2</sub>O/ha.

### Mise en pots et conduite de l'essai

Le sol a été préalablement séché et passé sur tamis à 4mm. Après homogénéisation, des prises de 5kg de sol sec ont été placées dans des pots en plastique de 20 cm de diamètre et de 21 cm de hauteur. Les produits d'amendements ont été bien mélangés pour assurer une répartition uniforme dans la matrice du sol. Pour la fumure minérale, les engrais ont été pulvérisés sur les échantillons de sol après leur solubilisation dans de l'eau distillée.

Trente graines ont été semées dans chaque pot et disposées en cercles concentriques. Après la levée, il a été procédé à un éclaircissage pour ne laisser que 20 plantules par pot. Cette densité est équivalente à celle généralement appliquée au champ.

Les pots ont été irrigués de telle manière que le sol maintienne une humidité autour de 80% de la capacité de rétention. La quantité d'eau perdue est estimée par pesée sur une série de pots à raison d'une fois tous les deux jours.

Dans le but de suivre une cinétique de libération de l'azote, nous avons effectué une coupe de la partie aérienne par mois soit 6 coupes au total. Celles-ci, rapprochées dans le temps, réactivent le pouvoir extractif des racines.

## Déterminations analytiques

Le sol ainsi que les produits d'amendement ont été soumis à une caractérisation initiale. À chaque coupe, la matière sèche produite et l'azote prélevé par la partie aérienne ont été déterminés.

Des observations relatives à la croissance et au développement de la culture ont été effectuées tout au long de l'expérimentation.

Après la dernière coupe, des échantillons de sol issus de tous les pots ont été soumis à une caractérisation dans le but d'évaluer l'effet résiduel des traitements adoptés sur le sol.

Des indices de disponibilité de l'azote ont été déterminés pour le sol et pour les produits d'amendements. Pour cela, la méthode d'extraction (21; 22) au permanganate acide et la méthode d'incubation anaérobie (23; 24) ont été utilisées.

L'analyse statistique a été réalisée en utilisant les logiciels MSTAT (25) et STATITCF (26).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les caractéristiques des produits d'amendement rapportées dans le tableau II montrent une grande variabilité de leur composition. En effet, la teneur en azote total des fumiers utilisés est de 1,66; 2,31 et 4,1% respectivement pour FOV, FBV et FVO. Dans le cas des composts, les teneurs extrêmes sont de 2,1 pour BF et de 1,26 pour C2.

La teneur en azote minéral est très variable selon les produits; les valeurs extrêmes enregistrées sont de 0,018 et 0,14% respectivement pour COM et FVO. Les rapports C/N témoignent d'une tendance vers la minéralisation et non vers la réorganisation de l'azote minéral. Ceci indique que l'application de ces produits ne risquerait pas d'induire un effet dépressif. Les teneurs en phosphore et en potassium sont également assez variables selon les produits d'amendement étudiés (tableau II). En terme de richesse globale en éléments fertilisants (N, P et K), nous constatons une supériorité nette de FVO suivi du compost BF.

L'appréciation de la valeur fertilisante globale de ces produits sur la base de la composition actuelle a été couplée, pour le cas de l'azote, à l'évaluation des indices de disponibilité de l'azote (tableau III).

Tableau II. Principales caractéristiques chimiques des fumiers et composts étudiés

Produit	N*	C*	M.O.*	P*	K*	Nmin	pH	C/N
FVO	4,10	22,10	38,1	1,30	1,78	0,141	6,4	5,40
FOV	1,66	17,50	30,17	1,23	0,75	0,074	6,3	10,54
FBV	2,31	20,12	34,69	0,44	0,45	0,021	6,5	8,71
BF	2,10	19,57	33,73	1,46	2,36	0,079	7,2	9,41
C1	1,56	8,50	14,65	0,90	0,90	0,076	6,9	5,45
COM	1,61	23,27	40,12	0,45	0,93	0,018	6,7	14,45
C2	1,26	7,50	12,93	0,79	0,51	0,061	6,8	5,95

\* voir tableau I

FVO: fientes de volailles; FOV: fumier ovine; FBV: fumier bovin; COM: compost des ordures ménagères; BF, C1 et C2: composts industriels utilisés

Tableau III. Indices de disponibilité de l'azote dans le produit d'amendement seul et dans le sol enrichi avec du fumier ou du compost

Produit	N total %	N KMnO <sub>4</sub> (mg/kg)	N ANse (mg/kg)
FVO	4,10	5641,7 (13,8)	236,0
FOV	1,66	715,3 (4,3)	32,2
FBV	2,31	671,0 (2,9)	42,2
BF	2,10	2227,2 (10,6)	43,5
C1	1,56	1281,3 (8,2)	24,1
COM	1,61	771,8 (4,8)	33,5
C2	1,26	1327,8 (10,5)	19,2

N KMnO<sub>4</sub>: Azote potentiellement minéralisable extrait du fumier ou compost (méthode au KMnO<sub>4</sub> acide)

N ANse: Azote facilement minéralisable dans le sol enrichi avec 1% de produit (méthode d'incubation anaérobie)

Les valeurs entre parenthèses représentent la proportion (%) de N KMnO<sub>4</sub> dans l'azote total du produit (N total)

L'analyse de la variance menée sur les résultats relatifs à la méthode d'extraction par le  $KMnO_4$  acide a montré qu'il y a un effet hautement significatif du type de produit sur la quantité d'azote ammoniacale extraite. Les fientes de volailles (FVO) présentent la fraction d'azote potentiellement minéralisable la plus importante suivies du compost BF. Les niveaux les plus faibles ont été enregistrés pour FOV, FBV et pour le compost COM.

Les quantités d'azote minéralisées dans le sol enrichi avec 1% de chaque produit sont assez variables. Ces quantités correspondent à la fraction d'azote facilement biodégradable (tableau III) par le système sol-produit. Nous retrouvons la supériorité nette des fientes de volailles par rapport aux autres produits.

Nous pouvons en déduire que les quantités d'azote minéral susceptibles d'être libérées par les fientes de volailles peuvent être excessives. De ce fait, leur application en doses élevées dans des sols sableux sous irrigation provoquerait inmanquablement une pollution des eaux souterraines. Soulignons que la dose de 1%, utilisée dans le présent essai, est équivalente à un apport de 30 tonnes/ha.

Ainsi, l'application de 30 tonnes de fientes de volailles apporterait 236 mg/kg, soit environ 710 kgN/ha sur 20 cm d'un sol de densité 1,5. Or, en plus des risques de contamination des eaux souterraines, l'excès d'azote peut également provoquer des dégâts de gravité et de nature différentes selon les cultures.

La fraction d'azote facilement minéralisable (N AN) obtenue dans le sol non enrichi n'est que de 13,1 mg/kg. Ce faible pouvoir minéralisateur du sol expérimenté a facilité la comparaison de la fourniture d'azote par les produits utilisés.

À partir des données relatives à l'indice de minéralisation biologique rapide (N AN), obtenues pour le sol enrichi et pour le sol n'ayant pas reçu d'amendement, nous avons calculé un taux apparent de minéralisation de l'azote (TAM) du produit utilisé en adoptant la formule suivante :

$$TAM = [N_{ANse} - N_{ANs}] / N_{tot} (1\%) \quad (\text{éq. 1})$$

où:

TAM : taux apparent de minéralisation

$N_{ANse}$  : N minéralisé dans le sol enrichi

$N_{ANs}$  : N minéralisé dans le sol non enrichi

$N_{tot} (1\%)$  : N total contenu dans le produit d'amendement

Les valeurs de TAM rapportées dans le tableau IV montrent une supériorité nette des fientes de volaille par rapport aux autres fumiers et composts testés. Ainsi plus de 50% de l'azote organique contenu dans ces fientes est facilement minéralisable.

Tableau IV. Taux apparent de minéralisation rapide de l'azote des produits d'amendement (TAM en %)

FVO	Produits d'amendement					
	FOV	FBV	BF	C1	COM	C2
54,4	11,4	12,5	14,5	6,9	12,5	4,5

Les pertes inévitables de l'azote minéral non utilisé par la plante incitent à une utilisation judicieuse des fientes de volaille comme produit d'amendement. Leur richesse en azote total, comparativement aux autres fumiers et composts, n'explique pas à elle seule les différences de TAM observées. Une biodégradabilité facile et rapide caractérise manifestement l'azote contenu dans les fientes de volaille.

Les produits FOV, FBV, BF et COM ont un taux de minéralisation modérée qui traduit une libération en quantités suffisantes pour le démarrage de la culture et donc une minimisation des pertes éventuelles de l'azote sous forme ammoniacale et/ou nitrique.

Les résultats, relatifs à la réponse de la plante (RGI) aux produits d'amendements, montrent qu'il y a un effet hautement significatif de la nature et de la dose du produit sur la quantité de matière sèche produite. Les vitesses moyennes de production de la matière sèche sont rapportées dans le tableau V.

Nous pouvons constater que ces vitesses sont différentes d'un produit à l'autre pour la même dose et augmentent avec les doses pour un même produit. La vitesse de production de matière sèche la plus élevée a été enregistrée pour FVO qui a atteint 346 mg/pot.jour.

Pour la dose équivalente à 20t/ha de FVO, la vitesse atteinte est de 157mg/pot.jour qui est comparable à celles calculées pour les autres fumiers et composts à la dose de 80t/ha. Le compost BF se classe deuxième après les fientes de volaille.

Tableau V. Vitesses moyennes d'accumulation de matière sèche exprimées en mg/pot . Jour pour les différents traitements entre la première et la sixième coupe

Doses (T/h)	Produits d'amendements						
	FVO	FOV	FBV	BF	C1	COM	C2
0	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
5	74,67	51,53	46,20	50,20	47,33	53,60	46,47
10	95,00	55,53	60,40	62,27	57,40	61,60	53,07
20	157,00	66,07	70,67	83,87	93,30	69,87	57,27
40	240,93	88,93	93,87	124,67	78,07	109,73	71,33
60	361,93	116,93	137,00	174,27	105,06	138,67	93,73
80	345,93	153,53	164,87	195,40	139,40	162,20	122,20

Soulignons également que dans les pots ayant reçu les fumiers de ferme et le compost des ordures ménagères (COM), nous avons noté plus de mauvaises herbes que dans ceux enrichis avec des composts industriels.

En terme de matière sèche élaborée, les fientes de volaille (FVO), le compost BF et le fumier FBV semblent donner les meilleurs rendements durant tout le cycle. Ces produits possèdent des teneurs en azote minéral et en azote organique minéralisable élevées.

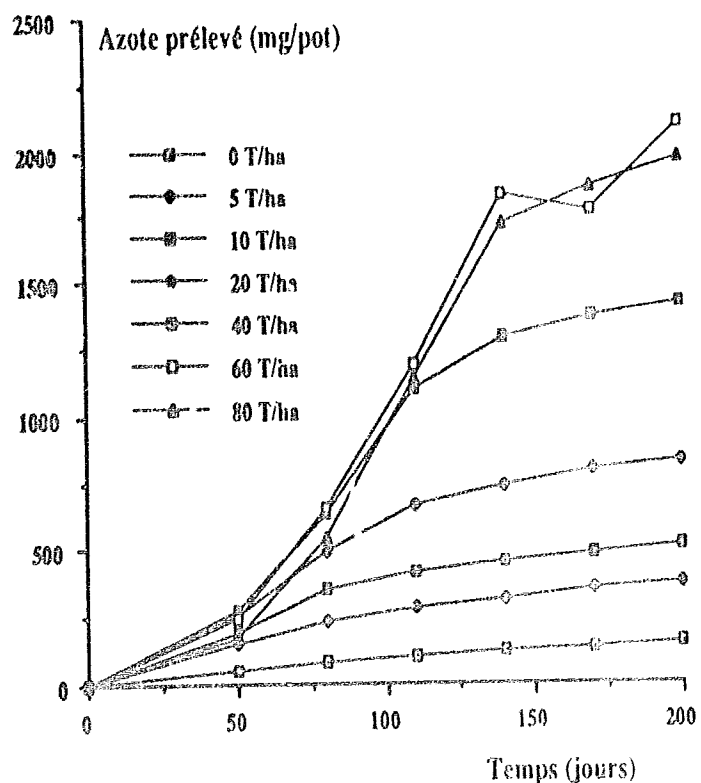


Figure 1. Quantités d'azote cumulées prélevées dans le cas des fientes de volaille

La quantité d'azote prélevée est influencée de manière significative par la nature et la dose du produit d'amendement. La cinétique d'absorption est illustrée par l'exemple relatif aux fientes de volaille rapporté dans la figure 1.

Une allure similaire caractérise les autres produits avec une différence notable entre les quantités d'azote prélevées. Ces courbes de prélèvement de l'azote montrent une phase d'absorption maximale qui prend fin à 110 jours après le semis et une phase caractérisée par un ralentissement des exportations d'azote qui coïncide avec la phase de croissance lente. Remarquons que les quantités d'azote prélevées augmentent avec l'accroissement des doses appliquées. Pour le FVO, le cas pris comme exemple (fig.1), les doses 60 et 80 t/ha n'ont pas engendré des quantités d'azote prélevées significativement différentes.

En terme de quantités d'azote prélevées cumulées, les produits d'amendement utilisés se classent comme suit : FVO > BF > COM = FOV > C1 = BV > C2 avec des moyennes respectives, pour la dose 80t/ha, de 1980; 976,3; 798,3; 792,7; 788,3; 787,3 et 721mg/pot en 200j.

Soulignons que la quantité d'azote prélevée par la partie aérienne a été déterminée analytiquement et que la matière prélevée par la partie racinaire a été estimée en supposant que celle-ci représente 11 à 15% de la quantité d'azote prélevée par la partie aérienne (27). Toutefois, ce pourcentage demeure irréfutablement influencé par la température, la fertilisation azotée et l'intensité lumineuse (27).

Dans le but d'estimer le taux annuel de minéralisation de l'azote en conditions de serre adoptées dans ce travail, nous avons établi un bilan global qui permet de calculer la quantité d'azote minéralisée durant le cycle de la culture (200j). Ce bilan s'écrit comme suit:

$$N \text{ minéralisé} = NTS + NA - NTR \quad (\text{éq.2})$$

où

NTS : N total du sol à l'état initial (mg par kg de sol)

NA : N apporté par le produit d'amendement (mg par kg de sol)

NTR : N total résiduel (reliquat à la dernière coupe) en mg par kg de sol

Pour éviter l'effet de N total du sol (NTS) sur l'azote apporté ou, en d'autres termes, pour minimiser l'effet de la contribution de la minéralisation de l'azote organique natif du sol à la minéralisation globale, seules les doses 40, 60 et 80t/ha ont été prises en considération. Le taux de minéralisation est calculé en faisant le rapport entre la

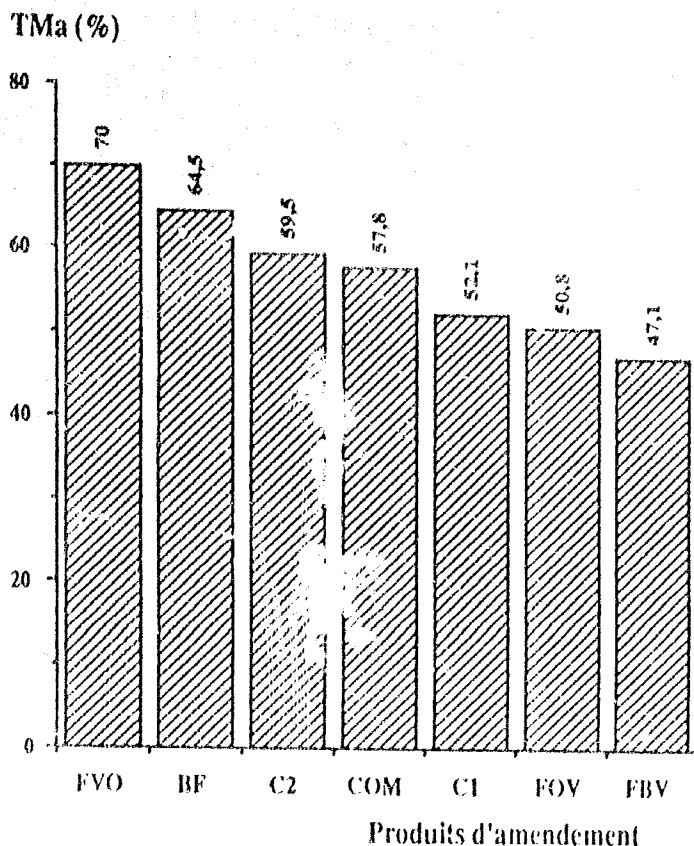


Figure 2. Taux de minéralisation annuel (TMa) des produits d'amendements

quantité d'azote minéralisée calculée par l'équation 2 et la quantité d'azote organique du produit. Les valeurs du taux annuel apparent (TMa) de minéralisation de l'azote des produits utilisés sont rapportées dans la figure 2.

Les valeurs de TMa représentent la moyenne de 3 valeurs correspondant aux doses 40, 60 et 80 tonnes/ha. Nous constatons d'après ces taux que plus de 50% de l'azote contenu dans les produits d'amendement est minéralisé après 200 jours de végétation.

Cette durée peut évaluer une saison de croissance d'une année étant données les conditions favorables de l'expérimentation caractérisées par une température et une humidité favorable à l'activité de la microflore minéralisatrice. Ces conditions restent comparables voire similaires à celles qui sont imposées dans les cultures sous tunnels en plastique. Ce TMa, ainsi obtenu, peut être considéré comme une première valeur d'une "Decay-serie" qui correspond au taux de décomposition de la première année. Les valeurs obtenues confirment la "Decay-serie" de PRATT *et al.* (12) qui indique un taux de décomposition des fumiers élevé durant la première année. Une supériorité des fientes de volaille et du compost BF a été enregistrée. Ce taux annuel de minéralisation renseigne sur la fraction d'azote total du produit susceptible d'être minéralisé au cours d'une saison de croissance.

Par contre, le taux de minéralisation rapide (TAM), que nous avons calculé par la méthode de l'indice biologique, renseigne sur la fraction d'azote facilement minéralisable. En pratique, le premier taux permet d'évaluer la valeur fertilisante azotée globale durant la première année d'application; le second taux (TAM) donne la fraction d'azote susceptible d'être disponible sous une forme assimilable par la culture au début du cycle si les conditions abiotiques favorisent une activité minéralisatrice optimale. Il est clair que la perte d'azote minéral inévitable et son ampleur dépendent de la concentration totale d'azote minéral à un moment donné et de l'intensité du processus de perte qui dépend étroitement des conditions physico-chimiques du sol, du régime hydrique et du stade de végétation.

Le calcul de la quantité d'azote perdue peut être effectué également par l'établissement d'un bilan qui peut être formulé comme suit:

$$N \text{ perdu} = NA + NTS - N_{\text{prélevé}} - NTR \quad (\text{éq. 3})$$

où

N perdu : Azote perdu du système sol-plante (mg par kg de sol)

NA : Azote total apporté par le produit d'amendement (mg par kg de sol)

NTS : Azote total du sol à l'état initial (mg par kg de sol)

NTR : Azote total résiduel à la dernière coupe (mg par kg de sol).

Exprimées en pourcentage de N minéralisé calculé, les quantités d'azote perdues ont varié d'un produit à l'autre et n'ont pas été proportionnelles aux doses (résultats non montrés ici). Ceci peut être attribué au fait que les débris non touchés (refus de tamisage) par l'analyse du sol en fin de cycle sont d'autant plus abondants que les doses appliquées sont élevées. Le bilan a permis de calculer des pertes qui ont varié de 21 à 43% de la quantité d'azote minéralisée au cours du cycle de la culture. Dans les conditions expérimentales adoptées, les pertes d'azote nitrique par lixiviation sont à écarter car l'humidité a été maintenue à environ 80% de la capacité de rétention. Cette teneur en eau ne peut non plus créer des conditions d'anaérobiose qui favorisent la perte d'azote nitrique par dénitrification.

Cependant, les débris organiques avec leur source en carbone peuvent rendre significative la perte par dénitrification (28;29;30).

En ce qui concerne la comparaison de la réponse du RG<sub>1</sub> à la fertilisation organique et la fumure minérale (FM) préconisée, nous avons classé les doses (D) des différents produits en trois catégories: celles qui génèrent des quantités d'azote prélevées égales (D = FM), supérieures (D > FM) à celles induites par la fumure minérale (FM). Le tableau VI regroupe les trois catégories.



**Tableau VI. Comparaison de la fumure minérale et les doses des produits d'amendement utilisés (fumure organique) sur la base des quantités d'azote mobilisées par le RGI**

Produit	Catégories de doses		
	D > FM	D = FM	D < FM
FVO	40; 60; 80	20	5; 10
FOV	80	70 *	5; 10; 20; 40; 60
FBV	80	60	5; 10; 20; 40
BF	60; 80	50 *	5; 10; 20; 40
C1	80	70 *	5; 10; 20; 40; 60
COM	80	60	5; 10; 20; 40
C2	-	80	5; 10; 20; 40; 60

\* dose calculée par interpolation à partir des courbes d'absorption d'azote

Soulignons aussi que la fertilisation minérale (100 kgN/ha au semis et 100 kgN/ha après chaque coupe) a produit plus de matière sèche que la fumure organique pour toutes les coupes. Sur la base de l'azote mobilisé, les catégories rapportées dans le tableau VI, montrent que les produits utilisés se distinguent par leur valeur fertilisante azotée. Lorsqu'on considère la quantité d'azote minéralisable de ces produits, nous pouvons déduire que cette classification défavorise le fumure organique. Ceci peut être attribué au fait que les conditions expérimentales ont anéanti les pertes d'azote dans le cas de FM.

En effet, la dose de 100kg N/ha apportée après chaque coupe permet une fourniture fractionnée pour couvrir les besoins ultérieurs. Soulignons également que la source de carbone, abondante dans les sols amendés, a pu probablement favoriser le processus de dénitrification.

Ajoutons, toutefois, que ces comparaisons demeurent apparentes car elles négligent l'effet qui résulte d'une application d'azote et/ou d'une incorporation de matière organique au sol sur la dynamique de l'azote organique natif du sol. En effet, un transfert de l'azote entre les différents compartiments organiques devrait probablement avoir lieu.

Il convient aussi de noter que les produits organiques possèdent en plus de leur valeur fertilisante minérale une valeur organique qui se traduit par l'amélioration de certaines propriétés physico-chimiques.

S'il est aisé de chiffrer la valeur comptable de l'apport en éléments fertilisants par les amendements organiques en le comparant au prix de l'unité fertilisante des engrais minéraux du commerce, il est difficile d'évaluer la valeur économique de l'amélioration de la structure de la rétention en eau et de l'effet résiduel pour la culture suivante.

En outre, les produits organiques apportent, en plus des éléments majeurs N, P et K, d'autres éléments comme le calcium, le magnésium. La comparaison comptable doit également tenir compte de la disponibilité des produits, des frais de transport d'une part et du mode et du coût de l'épandage d'autre part.

Concernant l'effet résiduel des amendements organiques, nous avons pu constater un accroissement de la teneur en matière organique par rapport à la valeur initiale qui était de 0,9%. Ainsi, la teneur en matière organique a atteint les valeurs extrêmes de 1,38 et 2,07 respectivement pour les composts C2 et COM. Les fumiers ont également induit une augmentation de la teneur en matière organique. Pour la dose 80t/ha, nous avons enregistré la plus faible valeur pour le fumier FOV (1,48) et la valeur la plus élevée pour le fumier FVO (2,86%).

En terme d'augmentation de la teneur en matière organique du sol, le classement des produits se présente comme suit : FVO > C2 > BF > FBV > C1 > FOV > COM. Nous pouvons constater que le compost C2, qui n'a pas montré de performance la première année après son application, a un effet résiduel assez favorable pour l'année suivante.

Il est important de noter que le dosage de matière organique du sol après un apport récent de matière organique exogène comptabilise inévitablement la matière organique fraîche qui n'est pas au stade humique lui permettant de jouer ses rôles d'ordres biochimique et physico-chimique. Un fractionnement densimétrique avant et après l'expérimentation aurait été d'une grande utilité. L'azote minéral résiduel a également augmenté et a varié entre 17 et 30 mg/kg. La mesure de la conductivité électrique a montré une légère salinification induite par les produits organiques. Celle-ci est plus accentuée dans le cas des fumiers. La valeur la plus élevée a été enregistrée pour les fientes de volaille (FVO) à la dose de 80 t/ha. Cette dose a fait augmenter la conductivité de 0,11 à 0,7 mmho/cm. Soulignons, toutefois, que le niveau de salinité atteint, demeure non néfaste si l'accumulation des sels est limitée.

## CONCLUSION

Il ressort de cette étude que l'évaluation de la valeur fertilisante des produits d'amendement organique doit reposer sur leur caractérisation au même titre qu'une analyse de sol.

En effet, la recommandation d'une dose de fumier par hectare sans tenir compte de sa composition n'est pas judicieuse. L'application d'un fumier paillieux ou d'un

fumier décomposé conduit à des résultats différents, le premier pouvant même causer un effet dépressif. L'azote facilement minéralisable quantifié par la méthode biologique d'incubation anaérobie ainsi que l'azote potentiellement minéralisable extrait par le  $KMnO_4$  acide permettent de définir la valeur fertilisante azotée des fumiers et des composts.

En effet, la quantité d'azote minéralisée au cours du cycle de la culture calculée par la méthode de bilan est significativement et positivement corrélée à ces indices de minéralisation.

Il a été également montré que la production de la matière sèche et la quantité d'azote prélevée ont été significativement influencées par le type et la dose du produit d'amendement. Les fientes de volaille ont montré une supériorité nette en matière de production de matière sèche et d'azote prélevé. Le compost BF s'avère un produit performant par sa valeur fertilisante comparé aux autres composts testés.

Soulignons aussi que la composition généralement stable des composts ainsi que le fait qu'ils sont généralement dépourvus de graines de mauvaises herbes et de certains parasites, rendent leur application plus prudente. Toutefois, une comparaison comptable permettrait de tirer la recommandation adéquate.

Sur le plan méthodologique, la gamme des doses choisies, des faibles aux excessives, a permis de solliciter le système. Notons également que la plante test utilisée convient à ce type d'étude et a permis, de par la possibilité des coupes qu'elle offre, de suivre la cinétique de libération et d'absorption de l'azote. Cette plante pompe des quantités importantes d'azote ce qui permet de soutirer l'azote minéral du système et éviter son accumulation.

Il est clair que les doses de fumier ou de composts à recommander pour d'autres cultures (maraîchères ou fruitières) doivent être estimées sur la base du besoin et des paramètres relatifs à la minéralisation de l'azote. Il est aussi important de tenir compte de l'effet résiduel de ces amendements pour piloter la fertilisation de la culture qui suit dans une rotation culturale.

L'analyse de sol à la fin du cycle a montré quelques modifications de certaines propriétés physico-chimiques. Un accroissement de la teneur en matière organique a été enregistré.

Cependant, la teneur en matière organique déterminée n'est pas totalement au stade humique; une partie fraîche a été comptabilisée dans cette teneur globale. Un fractionnement densimétrique de la matière organique au

semis et à la récolte devrait permettre de quantifier la variation des proportions relatives de la matière organique fraîche (libre) et de la matière organique humifiée (liée) due à l'incorporation des produits utilisés.

Rappelons à cet égard, que seules les substances humiques contribuent à l'amélioration des propriétés physico-chimiques, physiques et biochimiques du sol. Les composts utilisés sont certainement en stade avancé d'humification ce qui les rend plus avantageux.

Notons que la durée de l'expérimentation ne permet pas de se prononcer sur l'impact de ces amendements sur toutes les propriétés du sol et sur leur effet "retard". Des essais de longue durée *in situ* couplés à des investigations biochimiques sur le fractionnement et la minéralisation de la matière organique doivent être abordés pour mieux élucider certains aspects.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs sont redevables aux responsables des unités de fabrication des composts industriels pour avoir mis à leur disposition les produits étudiés.

Ce travail a bénéficié d'un soutien financier du Projet CEE intitulé "Salure des Sols du Maghreb" STD/108 F. Les auteurs tiennent à remercier le Professeur CHEVERRY de l'ENSA de Rennes (France), animateur de ce projet, pour les facilités qu'il leur a apportées dans le cadre du sous-contrat Maroc-Belgique.

## RÉFÉRENCES

- ( 1 ) SEQAT, M. (1989)  
"Bank Al Maghreb" . Exercice 1989. Rapport présenté à Sa Majesté le Roi Hassan II
- ( 2 ) BOULDIN, D.R., S.D. KLAUSNER & W.S. REID (1984)  
Use of nitrogen from manure nitrogen in crop production.  
ROLAND D. HANK (EDS.) AM. S.S.S.A.  
Madison U.S.A., 221-243
- ( 3 ) MINER, J.R. & R.J. SMITH (1975)  
Livestock waste management with pollution control  
North regional research publication, 222. June.
- ( 4 ) CASTELLANOS, J.Z. & P.F. PRATT (1981)  
Mineralization of manure nitrogen correlation with laboratory indexes  
Soil Sci. Soc. Am. J., 45, 354-358

- ( 5) MATHERS, A.C., & D.W. GOSS (1979)  
Estimating annual waste applications the supply  
crop nitrogen requirements  
Soil Sci. Soc. Am. J., 43, 364-366
- ( 6) JEWELL, I.M., R. RANSHKOLB & E.H. OLSEN  
(1976)  
Dairy manure course used softly  
California Agriculture, Volume 30 (11)
- ( 7) PRATT, P.F. , S. DAVIS , R.G. SHARPLESS, W.J.  
PUCH & S.E. BISHOP (1976)  
Nitrate contents of sudan grass and barley forages  
grown on pots treated with animal manures  
Agron. J. 68 : 311-314
- ( 8) HENIN, S. & L.TURC (1949)  
Essai de fractionnement des matières organiques du  
sol  
C.R. Acad. Agric., 35: 41-43
- ( 9) PRATT, P.F. , S. DAVIS , R.G. SHARPLESS,  
W.J. PUCH & S.E. BISHOP (1976)  
Field trial with animal manures: I- Nitrogen bal-  
ances and yields; II- Mineralization of nitrogen  
Hilgardia, Vol. 44, 5: 99-125
- (10) WILLRICH, T.L., D.O. TURNER & V.V. VOLK  
(1974)  
Manure applications guidelines for the pacific  
North-West.  
Paper N° 74
- (11) IRATINI, W.M.& Y. ARNOLD (1960)  
Nitrogen release of vegetable crop residues during  
incubation as related to their chemical composition  
Soil Sci. 63: 74-82
- (12) PRATT, P.F., F.E. BROADBENT & J.P. MARTIN  
(1973)  
Using organic wastes as nitrogen fertilizer  
Calif. Agric., 27: 10-13
- (13) DOWDY, R.H., R.E. LARSON & E. EPSTEIN  
(1976)  
Sewage sludge and affluent use in agriculture  
pp: 118-153  
Proc. Land application of waste materiel conserva-  
tion, Soil conservation , Kenya
- (14) MAC DONALD, W.A. & S. DUN (1953)  
Saw dust compost in soil improvement manure  
straw treated composts and misellaneous mixtures  
Plant and Soil, 4: 235-247
- (15) KEENEY, D.R., K.W. LEE & L.M. WALSH (1975)  
Guidelines for the application of wastewater sludge  
to agricultural land in Wisconsin  
Bull. 88, Wisconsin DNR, Madison WI
- (16) BEAUCHAMP, E.G. (1986)  
Availability of nitrogen from three manures to corn  
in the field  
Can. J. Soil Sci., 69: 49-61
- (17) ADRIANO, D.C., A.C. CHANG & R. SHARPLESS  
(1974)  
Nitrogen loss from manure as influence by moisture  
and temperature  
J. Environ. Quality, (3): 258-261
- (18) HERRON , G.M. & A.B. ERHART (1965)  
Value of manure on an irrigated calcareous soil  
Soil Sci. Soc. Am. Proc., 29: 278-281
- (19) SOUDI, B. C.N. CHIANG & M. BENHALIMA  
Evaluation of recommended nitrogen availability  
indexes in selected soils of Morocco ( submitted)
- (20) DELMAKI, A. (1988)  
Appréciation de la disponibilité du potassium dans  
les sols de la Chaouia et du Gharb  
Mém. 3ème Cycle Agronomie, IAV Hassan II, Rabat,  
Maroc
- (21) STANFORD, G. (1978)  
Evaluation of ammonium release by alkaline per-  
manganate extraction as an index of soil nitrogen  
availability  
Soil Sci., 126 (4) : 224-253
- (22) HUSSAIN , F. & K. A. MALIK (1985).  
Modification of acid permanganate method for ob-  
taining an index of soil nitrogen availability  
Plant and Soil, 84: 143-146
- (23) WARING, S.A. & J.M. BREMNER (1964)  
Ammonium production in soil under waterlogge  
conditions as an index of nitrogen availability  
Nature, 201: 951-952
- (24) KEENEY, D.R. (1982)  
Nitrogen availability indexes.p. 711-730. In A.L.  
PAGE *et al.* (Ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2.  
Agron. Monogr., no. 9., ASA, SSSA, Madison, WI.
- (25) POWER P., R. FEED, S. GOETZ, D. PRICOWSKY,  
V.W. SMILRAND & P. WOLBERG (1982)  
A software program for the design  
Management and analysis of agronomic research  
experimental, pp. 70-76
- (26) GONET H., J.P. GONET, G. PHILIPPEAU,  
J. TRANCHEFORT & M. VERNEAU (1987)  
Service des études et informatique, Station  
expérimentale ITCF, Boignoville, 91720 Maisse,  
France

(27) BOUAZIZ, A. (1980)

Effets de l'azote et de l'éclaircissement sur la production de la matière sèche et la composition chimique du Ray-Grass d'Italie

Mém. 3ème Cycle Agonomie, IAV Hassan II, Rabat, Maroc

(28) ZUANG, M. & M. PEYREMOÛTE (1980)

La fertilisation raisonnée

Société Com. des potasses et de l'azote, 25 p.

(29) BURFORD, J.R. (1976)

Effect of the application of cow slurry to grass land on the composition of the soil atmosphere  
J. Sci. Food Agr., 27: 115-125

(30) BURFORD, J.R., D.T. GREENLAND & B.F. PAIN (1976)

Effects of heavy dressing of slurry and inorganic fertilizers applied to grass land on the composition of drainage waters and the soil atmosphere  
Agriculture and water quality, pp. 432-433



3

009 9 / EN 009 0 / ES 009 9 / FR

Code de langue des descripteurs (cocher obligatoirement celui qui convient)

Etiquette	Données (à dactylographier)
Descripteurs AGROVOC pour l'index matières dans Agrindex	800 LOLIUM MULTIFLORUM; FERTILISATION; (PRIMAIRE) Valeur nutritive; FUMIER; COMPOST; DECHET INDUSTRIEL <small>(Séparer les descripteurs par un point virgule (;) et un espace. Faire précéder les propositions de nouveaux descripteurs par un point d'interrogation (?))</small>
Autres descripteurs AGROVOC	/ <small>(laisser un espace après la barre oblique (/))</small>
Commentaires sur les descripteurs existants ou proposés	810

4

009 9 /

Code de langue des termes d'indexation

Termes d'indexation du vocabulaire local	820
--	-----

5

009 X / FR

Code de langue du résumé

Langue du résumé en clair	850
Résumé	860 Etude ayant pour objectif la détermination de la fraction d'azote des fumiers susceptible d'être minéralisée; la caractérisation de la richesse des fumiers traditionnels et de quelques composts industriels en éléments majeurs; et enfin l'évaluation de la valeur fertilisante totale des doses croissantes de produits d'origine animale dans un sol riche en N sur une culture de Ray-grass d'Italie en vase de végétaux sans terre.

**FIN**

النهاية

**15**

مشاهد

**VUES**