

CN0101569 :  
P356  
6UE

DIACK

June 187 -

# LES ARBRES FIXATEURS D'AZOTE

## L'AMÉLIORATION BIOLOGIQUE DE LA FERTILITÉ DU SOL

Actes des Séminaires

17-25 Mars

Dakar, Sénégal

LES DEUX SÉMINAIRES ONT RÉUNI  
59 SCIENTIFIQUES AFRICAINS  
DE 19 PAYS ANGLOPHONES ET FRANCOPHONES

Publié avec le concours de la **F**ondation **i**nternationale pour la **S**cience

**ifs**

---

Éditions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection COLLOQUES et SÉMINAIRES

PARIS 1987

ELABORATION D 'UN COMPOST  
ENRICHIS EN PHOSPHATE PAR LE PHOSPHATE  
NATUREL : Etude Agronomique

-----  
Fatou GUEYE ( 1 ), F. CANRY ( 2 ),  
TRUONG BINH ( 3 ) - CNRA de Bambey  
-----

SEMINAIRE SUR "L'AMELIORATION BIOLOGIQUE  
DE LA FERTILITE DU SOL".

du 19 au 25 mars 1986 à D A K A R.

- ( 1 ) ISRA Bambey
- ( 2 ) IRAT/ISRA Bambey
- ( 3 ) IRAT Montpellier

- ( 1 ) ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
- ( 2 ) IRAT : Institut de Recherches en Agronomie Tropi-  
cale (France)

- SOMMAIRE -

RESUME

- 1- INTRODUCTION
- 2- MATERIEL ET METHODE
  - 21- Compostage de la paille de maïs
  - 22- Etude agronomique
    221. Sol
    222. Compost
    223. Essai en vases de végétation
  - 23- Etude radio-agronomique
- 3- RESULTATS
  - 31- Résultats de l'expérience compostage
    311. Evolution de l'azote total et de l'azote minéral au cours du compostage
    312. Matière organique
    313. PH
    314. Humidité
  - 32- Résultats agronomiques
  - 33- Résultats de l'expérience radio-agronomique
- 4- DISCUSSION
  - 41- Expérience compostage
  - 42- Expérience agronomique
  - 43- Expérience radio-agronomique
- 5- CONCLUSION

ELABORATION D'UN COMPOST ENRICH  
PN/PHOSPHORE P H O S P H A T E NATUREL

Étude Agronomique

Madame Fatou GUEYE - F. CANRY - TRUONG BINH

RESUME.

Notre objectif est d'amener le rendement moyen des cultures de mil et d'arachide à une tonne/ha avec le minimum d'intrants.

Dans cet optique) nous avons démarré un programme de recherche visant l'élaboration d'un compost organo-phosphaté à partir des matériaux trouvés dans le pays (pailles-fumier et phosphates naturels), pour accroître le niveau de rendement. Une partie de ce programme a été réalisée dans le projet de recherche financé par la F.I.S.

Des essais relatifs au compostage de la paille de maïs et à l'étude agronomique des composts obtenus, ont été conduits au CNRA de Bambo, Un essai complémentaire sur l'étude de P et Ca isotopiquement diluables, et les pourcentages d'éléments labiles par rapport aux quantités apportées a été conjointement mené à l'IRAT de Montpellier,

Les résultats sur l'économie de l'azote et sur l'économie de l'eau en cours de compostage montrent :

- que malgré les pertes importantes en matière sèche (70 %), le stock d'azote est maintenu grâce à la fixation libre de N<sub>2</sub> ;

- que l'humidité du compost peut se maintenir sans arrosage en saison sèche à condition de démarrer le compost en début d'hivernage. Les résultats agronomiques montrent :

- une efficacité sur le rendement du composé organo-phosphaté (P-tricalcique incorporé au compost) équivalente à celle du P-supertriple ;

- l'absence d'effet direct du p-tricalcique sur le rendement ;

- le phosphore et le calcium du compost enrichi du phosphate naturel sont très labiles ; ils alimentent de façon prépondérante le pool du mélange compost x phosphate tricalcique Tafba. .

Il semble que l'interaction compost x phosphate naturel soit positive sur la solubilisation du phosphore et du calcium, sur l'alimentation phosphatée et le rendement des plantes.

## I - INTRODUCTION

La cherté des engrais et le risque de leur récession sont un handicap sérieux à l'augmentation de la production agricole.

Le rendement moyen actuel des cultures en milieu paysan au Sénégal est faible ; pour la mil il est de 500 à 600 kg/ha alors qu'à une station d'expérimentation agricole il est de l'ordre de 2 à 3 tonnes à l'hectare. Il existe donc, comme on le voit, un écart considérable entre les deux types d'agriculture.

Les travaux conduits récemment au CNRA\* de Bambey par PIERI (1980) ont montré que la fumure potassique pourrait ne pas être appliquée si l'on ne désire pas dépasser un certain niveau d'intensification (de l'ordre de 1000 kg grain/ha pour le mil), à condition, bien-entendu, d'apporter une fumure NP.

Notre but est donc de réaliser un composé phospho-organique à partir des matériaux trouvés dans le pays (pailles, fumier et phosphates naturels), qui permettrait d'accroître le niveau du rendement, moyennant un minimum de dépenses pour la fumure. Les disponibilités en matière végétale dans les exploitations agricoles soudano-sahéliennes sont très faibles (ALLARD et al., 1982). Néanmoins le recyclage organique est la condition *sine qua non* pour la régénération et le maintien de la fertilité des sols (GANRY, 1985).

Une voie possible : la valorisation par compostage du fumier existant (appelé poudrette) dans les exploitations, addition du maximum de résidus végétaux par le moyen des litières ou mis directement dans la compostière.

La présente note décrit les résultats de notre première expérience réalisée à Bambey relative au compostage de la paille de maïs avec phosphates naturels incorporés. Nous verrons successivement les modalités de réalisation de ce Compost puis les résultats agronomiques obtenus ; une des expériences a été réalisée par l'un d'entre nous (TRUONG BINH) à l'IRAT à Montpellier.

## 2 - MATERIEL ET METHODE

### 2.1 - Compostage de la paille de maïs

Pour la fabrication du compost, on utilise la méthode traditionnelle en fosse cimentée : des couches de paille de maïs, hachée menue, humidifiée, sont intercalées avec de minces couches de compost qui sert d'inoculum. Chaque unité de compost étudiée c'est-à-dire un micro-compartiment dans la compostière, est constitué par un sac de toile moustiquaire contenant 200 kg M.S de paille, évoluant dans le biotope de la compostière. Les apports d'eau se font d'abord par arrosage, puis par les pluies ; après les pluies, durant la saison sèche aucun apport d'eau n'est réalisé. Un système de grille métallique permet la délimitation de micro-parcelles à la surface de la compostière contenant chacune 2 sacs enfouis dans le compost.

\* CNRA = Centre national de Recherches agronomiques de Bambey.

Trois traitements sont étudiés :

- 1- paille seule ;
- 2- paille + P-tricalcique ;
- 3- paille + P-supertriple,

Les traitements sont répétés 6 fois, chaque répétition étant constituée d'un sac, l'ensemble est randomisé. L'apport de phosphate à la paille sèche se fait à raison de 1 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> :

pour le traitement 2, sous forme de phosphate naturel provenant de Tafba donc réputé "dur", insoluble à l'eau, dosant 35 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

pour le traitement 3, sous forme de P-supertriple soluble à l'eau, dosant 45 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;

## 22- Etude agronomique

### 221. S o l

Le sol utilisé est prélevé dans l'horizon de surface d'une parcelle témoin de la station de Bambej, et correspond à un sol ferrugineux tropical typique de la région. Les principales caractéristiques sont présentées au tableau I.

Tableau I - Caractéristiques du sol Dior de Bambej

Argile + limon	3,3 %
C total	1,57 ‰
N total	0,14 ‰
C/N	11
Ca échangeable	0,56 meq/100 g sol
Mg	0,13 "
K	0,074 "
Na	0,043 "
CEC	0,93 "
pH eau	5,5
pH KCl	4,7
P total	125 ppm

### 222. Compost

La paille de maïs lacérée est mise à composter pendant six mois en condition semi-aérobie avec ou sans adjonction de phosphates (phosphate naturel de Tafba ou supertriple), à raison de 1 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> par rapport à la matière sèche de départ. A l'issue de cette période la matière organique est rebroyée plus finement en vue des essais en vases de végétation.

### 223. Essai en vases de végétation

L'essai est mené en vases de végétation à Bambej en randomisation simple, composé de six traitements répétés 8 fois.

Les traitements sont les suivants :

- Sol seul
- Sol + compost
- Sol + compost + P-tricalcique
- Sol + compost enrichi en P-tricalcique
- Sol + compost + P-supertriple
- Sol + compost enrichi en P-supertriple.

Chaque vase de végétation contient 15 kg de sol. Le compost est apporté 8 raison de 50 g/vase, soit environ 10 t M.S./ha. Le phosphate ajouté est apporté à une quantité correspondante à l'enrichissement du compost phosphaté.

Le compost utilisé a été constitué à partir des six premiers prélèvements.

En plus de la fumure organo-phosphatée et en quantité suffisante :

- l'azote a été apporté sous forme d'urée en 3 fois : le premier apport juste après le démarrage, le deuxième et le troisième à quinze jours d'intervalle ;
- le potassium sous forme de KCl, en une seule fois avant le semis en même temps que le compost et le phosphate ;
- des oligo-éléments (Mn, Zn, Cu et Mo) et du fer sous forme d'EDTA.

La plante test est le mil 3/4 ex-bornu dont le cycle est de 90 jours. La culture a été démarrée en serre par arrosage à l'eau distillée ; au stade début tallage, la culture a été conduite dehors, à ciel ouvert, afin de bénéficier des conditions climatiques de la saison des pluies.

#### Analyses effectuées

- Sur le compost de départ :
  - . C % par la méthode Anne modifiée
  - . P2O5 total par la méthode C.I.I. (Comité Inter Institut, anonyme) : minéralisation par voie sèche.
  - . PH eau et KCl : rapport eau/sol = 2.5.
- Sur la plante entière à la récolte :
  - . N et P % totaux.

La récolte s'est effectuée à 56 jours de végétation. Tous les pieds de mil n'étaient pas encore épiés, raison pour laquelle nous avons constitué un seul échantillon moyen par plante.

#### 23- Etude radio-agronomique

Pour le sol et le compost utilisé : cf le § 22.

- Essai en mini vases de végétation

Cette expérience a été réalisée par l'un d'entre  
l'IRAT à Montpellier.

L'efficacité des fumures phosphoorganiques est  
testée en Petits vases de végétation contenant 200 g de sol,  
en 6 répétitions:

- Traitement, 1 : sol seul  
2 : sol + P-tricalcique à la dose  
55 ppm P  
3 : sol + 2 g de compost soit à la dose  
de 1 % par rapport au sol  
4 : sol + 2g de compost enrichi avec  
p-tricalcique  
5 : sol + 2g de compost enrichi avec  
p-supertriple.

Les autres éléments nutritifs (N, K, Mg, S) sont apportés  
uniformément et en quantités suffisantes.

pour mesurer les quantités de phosphore et de  
calcium isotopiquement diluable, on ajoute au sol avant  
le semis :

- 100 microcuries de  $^{32}\text{P}$  et 25 ppm de phosphate  
entraîneur sous forme de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .

- 20 microcuries de  $^{45}\text{Ca}$  et 50 ppm de calcium  
entraîneur sous forme de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

La plante test est l'agrostis commun, choisi pour  
sa sensibilité à la fertilité du sol. Après chaque coupe, réa-  
lisée cinq, neuf et treize semaines après le semis, les  
feuilles récoltées sont séchées, pesées et analysées pour  
calculer les quantités de phosphore et calcium prélevées par  
la plante.

### 3 - RESULTATS

#### 31- Résultats de l'expérience de compostage

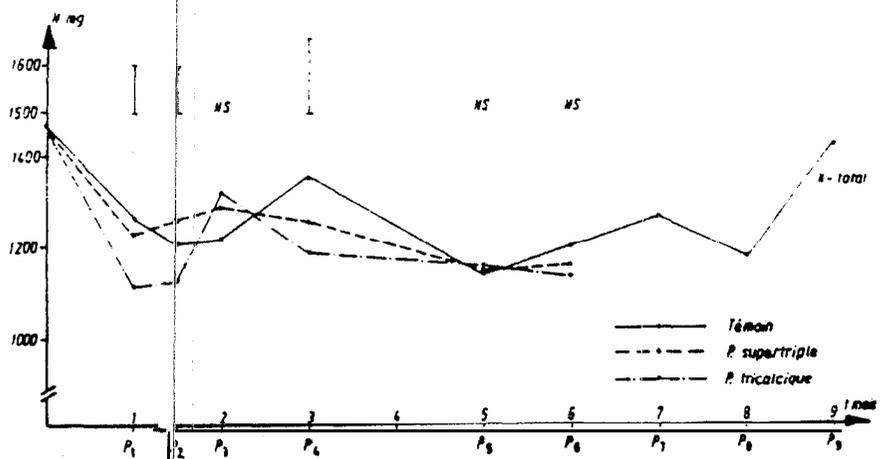
##### 311. Evolution de l'azote total et de l'azote miné- ral au cours du compostage :

Sur l'N-total, on observe (Fig. 1) :

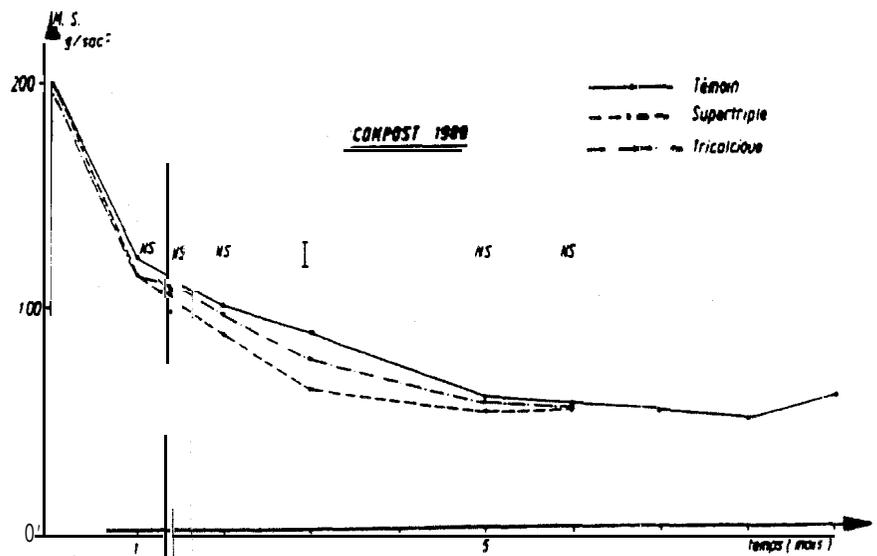
- des pertes d'azote plus importantes sous l'action  
du phosphate tricalcique comparativement au témoin (paille  
seule) et au phosphate supertriple ;

- une remontée du stock d'azote total en présence  
des deux phosphates plus rapide que pour le témoin paille  
seule ;

- que le témoin (Paille Seule) subit des fluctua-  
tions dans l'évolution du stock d'azote total: pertes, gain,  
partes et nouveau gain d'azote ; en fin de compostage, au  
bout de neuf mois, le stock d'azote est le même qu'au départ,  
alors que la matière sèche a diminué de 70 % (Fig. 1).



**Fig. 1: Action du phosphate sur l'évolution de l'azote de la paille de maïs en cours de compostage**



**Fig. 2: Evolution de la matière sèche de la paille de maïs en cours de compostage**

Sur l'N minéral, on observe que, présent dans le compost final, il s'y trouve essentiellement sous forme de nitrates. Ceux-ci n'apparaissent qu'à partir du cinquième mois et leur taux augmente progressivement au-delà du cinquième mois. Ce taux exprimé par rapport à l'N-total varie de 0,3 % au cinquième mois à 1,2 % de N-NO<sub>3</sub> au neuvième mois, en fin de fermentation.

### 312. Matière organique (Fig. 2)

La biodegradation de la paille se traduit au bout de cinq mois par une perte de 70 % de matière sèche et se stabilise au bout de neuf mois de compostage. Notons qu'après un mois de compostage, la paille avait déjà perdu environ 40 % de son poids sec (fig.2).

### 313. pH

Le pH-eau de départ de la paille est 6,7. Dès le début du compostage, le pH atteint en moyenne la valeur 8,2 et décroît progressivement pour se stabiliser à 7 environ en fin de fermentation. Entre le 5e et le 7e mois, le pH du compost est encore supérieur à la neutralité (égal à 7,5).

### 314. Humidité (Tableau 2)

Mise en place eu mois de juillet, la paille a reçu seulement deux arrosages jusqu'à percolation avant le début de la saison des pluies. La pluviométrie totale s'est élevée à 411 mm de juillet à octobre. Ensuite, pendant la saison sèche, jusqu'au mois d'avril, le compost n'a pas reçu d'eau.

Le tableau 2 montre que l'humidité est restée pratiquement constante durant les neuf mois de fermentation,

Tableau 2 : Humidité pondérale en pour cent par rapport au poids humide de compost.

Mois (durée)	1	1,5	2	3	5	6	7	8	9
H %	84	82	85	84	80	80	78	80	75

### 32- Résultats agronomiques

L'expérience ayant été conduite à ciel ouvert afin de bénéficier des conditions climatiques de la saison des pluies, des phénomènes d'engorgement sont apparus au stade de début tallage sous l'action de fortes pluies (cette "sortie" des vases de végétation hors de la serre s'est avérée être une mauvaise opération pour cette raison). Ces conditions temporaires d'engorgement qui ont perturbé le démarrage de la plante, expliquent les forts coefficients de variation.

Rendements,

Les résultats du tableau 3 mettent en évidence l'absence d'effet de l'apport de p-tricalcique à la culture ; les rendements du témoin, du traitement avec compost et du traitement avec compost + tricalcique ne diffèrent pas significativement (rendement moyen : 48 g M.S./vase). En revanche, on observe que l'apport de P accroît significativement les rendements, d'une part dans le cas où le P-tricalcique a été incorporé initialement à la paille avant compostage (rendement de 61 g M.S./vase) d'autre part, dans le cas où le P est apporté sous forme de supertriple (rendement moyen de 65 g M.S./vase).

Azote

Les résultats du tableau 3 mettent en évidence un effet dépressif de l'apport de compost sur la teneur en N et le N-total de la plante. Cet effet dépressif est vraisemblablement dû au faible degré d'humification du compost, dont la biodégradation se poursuivant dans le sol, a entraîné une "faim" en azote ; en effet, nous avons mentionné au § 223 que ce compost était un mélange des 6 prélèvements faits entre 1 et 6 mois, contenant de ce fait de la paille plus ou moins bien décomposée.

Phosphore

Les coefficients de variation concernant le p-total des plantes sont très élevés ; l'imprécision de l'essai ne permet pas, alors, de tirer des conclusions. Tout au plus peut-on noter la mobilisation en P plus élevée dans le cas des traitements avec P-supertriple.

Tableau 3 : Rendements et mobilisation en N et P. de la plante entière : Mil CV 3/4 Ex. bornu

Traitements			Paramètres étudiés				
Compost	Compost enrichi (1)	Phosphore (2)	Matière sèche (g)	Azote %	mg	Phosphore %	mg
0	0	0	45,5a	1,83	848a	0,115	52
+	0	0	52,6ab	1,13	587bc	0,135	70
+	0	p-tric.	46,5a	1,20	537c	0,244	113
0	p-tric.	0	61,2bc	0,96	584bc	0,185	122
+	0	p-super.	64,7c	0,90	581bc	0,398	257
0	P-Super.	0	65,8c	1,09	728ab	0,257	178
CV %			21	13	28	36	48
FADS (P 0.05)			11.7	0.25	182	0.081	a4

(1) et (2) Les quantités de P apportées sont identiques.

### 33- Résultats de l'expérience radio-agronomique

Ces résultats ont fait l'objet d'un rapport détaillé (TRUONG BINH, 1984). Nous rappelons ici les principaux résultats de cette expérience (tableau 4).

Après avoir calculé les valeurs du phosphore et du calcium isotopiquement diluables, on a calculé, par déduction les pourcentages d'éléments labiles par rapport aux quantités apportées (tableau 4). On constate que le phosphore et le calcium du compost sont très labiles et qu'ils alimentent de façon prépondérante le pool du mélange compost x phosphate tricalcique Tafta.

Tableau 4 : Pourcentage d'éléments labiles par rapport aux quantités apportées.

Traitements	Phosphore		Calcium	
	Apport en ppm	% P labile	Apport en ppm	% Ca labile
1 Sol témoin	0	0	0	0
2 Sol + P-tricalcique	55	20	109	6
3 Sol + compost	29	55	71	43
4 Sol + compost + P-tricalcique (1)	84	44	195	30
5 501 + compost P-super (1)	86	79	189	45

(1) pour les traitements 4 et 5, il s'agit du compost enrichi en P dont le phosphata a été incorporé en début de compostage.

#### 4 - DISCUSSIONS

##### 41- Expérience de Compostage

La perte d'azote qui atteint 20 % en un mois est compensée par la fixation de l'azote de l'air due à la microflore autochtone. Cette fixation libre de N<sub>2</sub> avait été mise en évidence lors d'une précédente expérience de compostage de la paille de mil (GUEYE Fatou et GANRY, 1981).

un apport de phosphate accélère la fixation entre le premier et le deuxième mois mais ne l'augmente pas. Cet apport n'est donc intéressant que s'il constitue une fumure phosphatée en complément du compost.

L'allure de la courbe d'évolution de l'azote en cours du compostage est voisine de celle obtenue pour le mil (GUEYE Fatou et GANRY, 1983); pour le maïs, le stock maximum d'azote est atteint après trois mois de compostage (mais résultats d'une expérience seulement); pour le mil, il a fallu trois et cinq mois de durée de compostage pour retrouver le stock initial d'azote (résultats de deux expériences). Il semblerait que les pertes d'azote en début de compostage de la paille de maïs soient moins importantes que dans le cas du mil, mais ceci reste à confirmer.

L'apparition des nitrates au 5e mois pourrait être observée à partir du 4ème mois.

La perte de matière sèche est élevée en cours de compostage. Ces pertes s'arrêtent vers le 5e mois ; à ce moment, elles atteignent environ 70 % du stock initial de paille. Ces pertes sont similaires à celles obtenues dans le cas de la paille de mil.

Le compost obtenu en semi-anaérobiose a conservé son humidité pendant les cinq derniers mois de compostage sans apport d'eau, ce qui confirme une fois encore la production d'eau métabolique et le pouvoir de rétention de l'eau du compost. Ce résultat est intéressant en zone sahélo-saharienne où l'approvisionnement en eau est souvent difficile.

Le pH élevé observé (pH 8) en début de fermentation, peut justifier une partie des pertes d'azote par volatilisation au cours du premier mois.

#### 42. Expérience agronomique

Cette expérience ne nous a pas permis d'atteindre une satisfaction satisfaisante l'objectif fixé : constitution d'une fumure organo-phosphatée à partir du phosphate naturel (p-tricalcique) incorporé au compost et effet de cette fumure sur le rendement du mil, pour 2 raisons : la première est le degré d'humification insuffisant du compost et la deuxième raison, l'hétérogénéité dans la croissance des plantes due à des conditions d'engorgement en début de culture. Néanmoins, nous pouvons dégager les résultats suivants :

- l'absence d'effet direct du p-tricalcique sur le rendement ;

- une efficacité sur le rendement du composé organo-phosphaté (p-tricalcique incorporé au compost) équivalente à celle du p-supertriple. Ce dernier résultat n'est fondé que sur une partie de la plante entière. Une deuxième expérience sera nécessaire (elle est en cours) pour confirmer si cette efficacité demeure sur le rendement en grain, expérience dans laquelle le compost devra avoir un degré d'humification plus poussé.

#### 43- Expérience radio-agronomique

Le compost provoque une augmentation de la solubilisation du P et du Ca plus importante que la p-tricalcique seul ; le mélange phosphate naturel x compost est donc bénéfique en ce qui concerne la décomposition de la paille ait été incomplète et d'autre part que le pH ait été basique (8,2) en fin de compostage, pour pouvoir solubiliser le phosphate,

#### 5 - CONCLUSION

On a montré que malgré les pertes importantes d'azote, la paille de 35 à 45 % au début du compostage, le stock d'azote total en fin de compostage n'est pas réduit sensiblement. On montre aussi l'économie de l'eau réalisée en plaçant judicieusement le démarrage du compostage une dizaine

de jours avant le début probable des pluies (15 juin à  
d'aujourd'hui) ce qui permettrait par la suite d'entretenir  
une humidité du compost suffisante jusqu'à son utilisation.

Bien que les conditions de compostage n'étaient  
pas idéales (pH élevé, décomposition incomplète des pailles)  
il semble que l'interaction compost x phosphate naturel est  
positive sur la solubilisation du phosphore et du calcium,  
et sur l'alimentation phosphatée des plantes,

En améliorant les conditions de compostage dans  
une deuxième expérience, on pourrait sans doute augmenter  
l'efficacité du produit.