

# Connaître les sols pour mieux valoriser les apports de MO. Cas de la Guadeloupe

Jorge Sierra

Unité Agropédoclimatique de la zone Caraïbe  
INRA Antilles-Guyane

[jorge.sierra@antilles.inra.fr](mailto:jorge.sierra@antilles.inra.fr)



Atelier sur la Valorisation agricole  
des ressources organiques locales  
Guadeloupe,  
Décembre 2009

ALIMENTATION  
AGRICULTURE  
ENVIRONNEMENT

INRA

# Adresses sur le web

Sur les déchets en général :

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

Sur les déchets en Guadeloupe :

[www.guidedesdechets-gpe.fr](http://www.guidedesdechets-gpe.fr)

[www.verde.fr](http://www.verde.fr)

Pour trouver la bibliographie sur les travaux de l'INRA :

[www.inra.fr/prodinra](http://www.inra.fr/prodinra)

# Rapports INRA

Panon, G. 2001. **Recyclage agricole de la vinasse méthanisée à la Guadeloupe.** Rapport annuel du programme Canne à Sucre. 46 p.

Cabidoche, Y.M; Desfontaines, L.; Palmier, C. 2001. **Analyse de l'intérêt agronomique et des conditions d'innocuité pour les sols des cendres de bagasse produites par la centrale thermique du Moule (Guadeloupe).** Rapport final d'une expertise commandée par la société RCMI. 23 p.

Sierra, J. 2004. **L'épandage agricole des boues de STEP dans le contexte antillais.** Rapport final d'une expertise commandée par la Mission Inter Services de l'Eau Elargie en pôle de compétence (MISEE Martinique). 27 p.

# Plan de la présentation

- 1) Généralités sur les déchets et les sols en Guadeloupe
  - 2) Cendres de bagasse
  - 3) Vinasse méthanisée de distillerie
  - 4) Boues de station d'épuration
  - 5) Composts
  - 6) Relation sol / MO apportée
  - 7) Conclusions
- origine
  - caractéristiques
  - dégradation dans le sol
  - réponse des cultures et des sols
  - situation en Guadeloupe

# Généralités sur les déchets

## Situation générale en Guadeloupe

### 1) Demande

- \* tradition de recyclage
- \* besoin objectif de recyclage, notamment en Basse-Terre

### 2) Offre

- \* diverse et de bonne qualité

### 3) Réglementation

- \* principale contrainte pour certains déchets (p.ex. boues de STEP)

### 4) Subventions

- \* contrainte pour certaines cultures (p.ex. maraîchères et vivrières)

### 5) Suivi du sol

- \* ?

# Généralités sur les déchets

## Comparaison déchet ou compost vs. engrais minéral

	déchet ou compost	engrais (NPK)
quantité	tonnes / ha	kg / ha
libération des nutriments	* instantanée (cendres) * progressive	instantanée
hétérogénéité	dépend du déchet	homogène
ETM (métaux)	très faible	?
risque sanitaire	faible	pas de risque
risque environnem.	faible	faible à forte
contraintes réglem.	fortes	faibles
apport MO	effet positif	effet faible ou nul
apport micronutriments		
hygiénisation		
effet microflore sol		
effet sur pH sol	amendement calcique	acidification

# Généralités sur les déchets

## Détermination de la dose à appliquer

- 1) **Seuil réglementaire d'apport**  
p.ex. tous déchets, p.ex. boues de STEP 10 tonnes MS / ha / 10 ans
- 2) **Existence d'une subvention**  
p.ex. compost en Guadeloupe 15 tonnes MF / ha / 4 ans
- 3) **Besoins des cultures et/ou des sols**  
➔ travail de l'agronome

# Généralités sur les sols

## Ferrallitiques

Acidité (toxicité Al)

Pauvre fertilité chimique

MO: quantité variable  
qualité récalcitrante

Fixation P

Lessivage NO<sub>3</sub>

Bonne perméabilité

Bonne structuration

Faible activité biologique

## Vertisols

Alcalinité

Bonne fertilité chimique

MO: quantité moyenne à élevée  
qualité variable

Fixation P & Fe

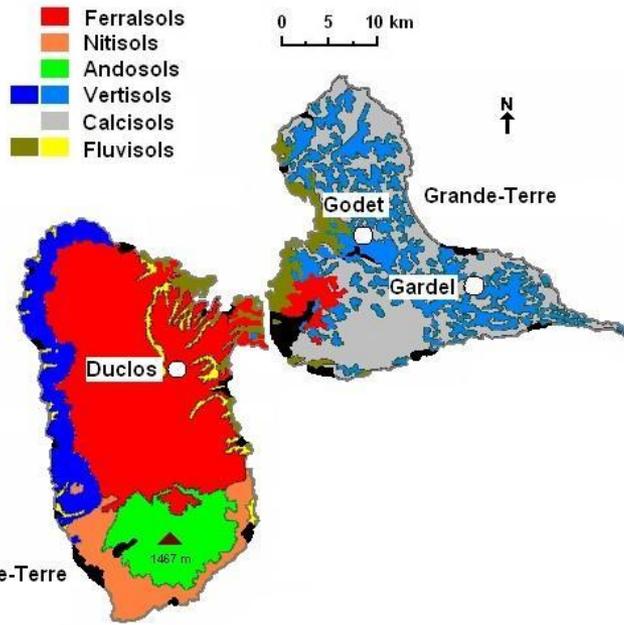
Faible lessivage NO<sub>3</sub>

Volatilisation NH<sub>3</sub>

Faible perméabilité

Forte structuration

Bonne activité biologique



# Cendres de bagasse

Travaux de Y.M. Cabidoche et collaborateurs (INRA-APC)



## Origine

produit issu de la combustion à 1400°C de la bagasse

bagasse : résidu solide des tiges de canne à sucre après les pressages et dilacérations successifs lors de l'extraction du sucre

# Cendres de bagasse

Caractéristiques : VF (Valeur Fertilisante)

- engrais K
- amendement calcique

**Dose 7.5 t/ha/an**

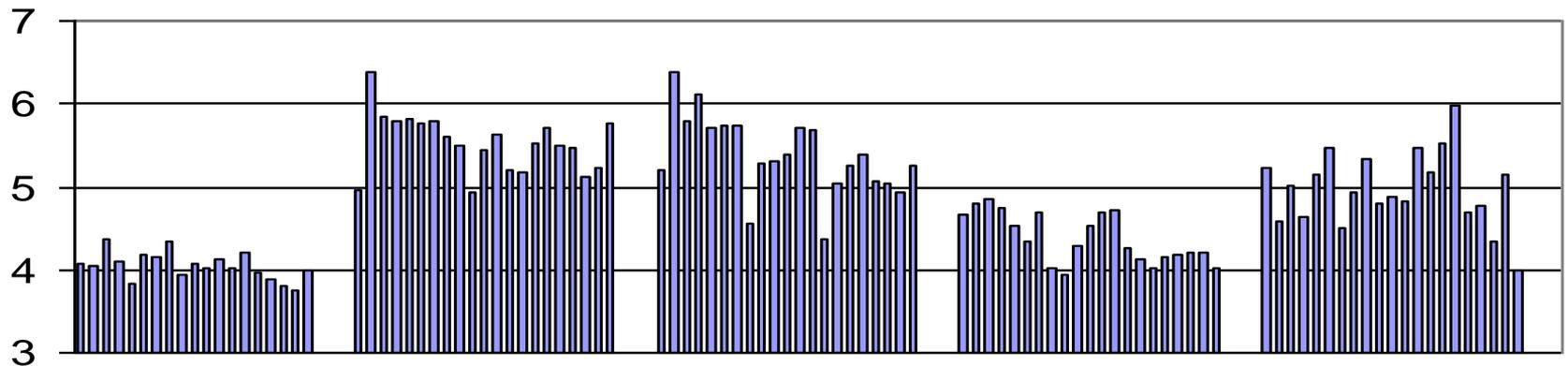
**C 0 kg**  
**N 0 kg**  
**P 15 kg**  
**K 225 kg**  
**Ca 350 kg**

Élément	Unité	Teneur	Limite
pH		11.5	
Ca	g/kg	45	
K	g/kg	30	
P	g/kg	2	
Na	g/kg	0.9	
Zn	mg/kg	159	250
Cr	mg/kg	40	50
Ni	mg/kg	10	50
Pb	mg/kg	8	50
As	mg/kg	3	5
Cd	mg/kg	0.2	25
Hg	mg/kg	0.03	5

# Cendres de bagasse

## Réponse du sol : amendement calcique

Figure 5 : pH KCl quatre mois après l'incorporation  
(couche 0-20 cm)



Témoign

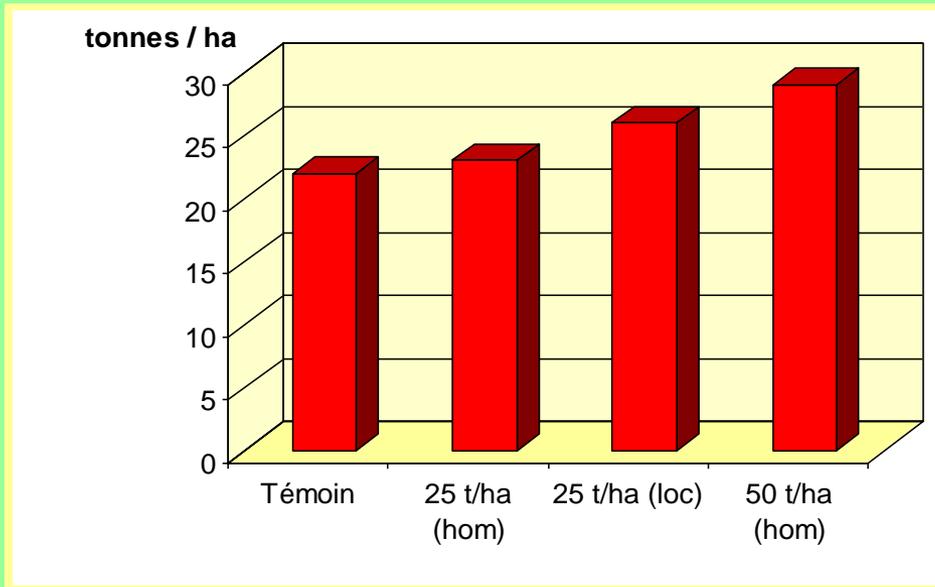
50 t/ha hom.

25 t/ha loc.

25 t/ha hom.

# Cendres de bagasse

## Réponse des cultures : igname et maïs



- \* bonne réponse
- \* effet résiduel



maïs 2 ans après



# Cendres de bagasse

## Situation en Guadeloupe

- \* culture principale : banane (Basse-Terre)
- \* transport assuré par le gestionnaire
- \* précaution 1 : produit caustique (vêtements, etc.)
- \* précaution 2 : ne pas dépasser la dose conseillée
- \* ne pas confondre avec les cendres de charbon !

# Vinasse méthanisée de distillerie

Travaux de G. Panon et collaborateurs (INRA-URTPV)



Vinasse



Méthaniseur

## Origine

résidu liquide issu de la méthanisation des vinasses de mélasse

# Vinasse méthanisée de distillerie

Caractéristiques : VF

- engrais K
- épuration sol

Dose 30 m<sup>3</sup> / ha

N 30 kg

P 2 kg

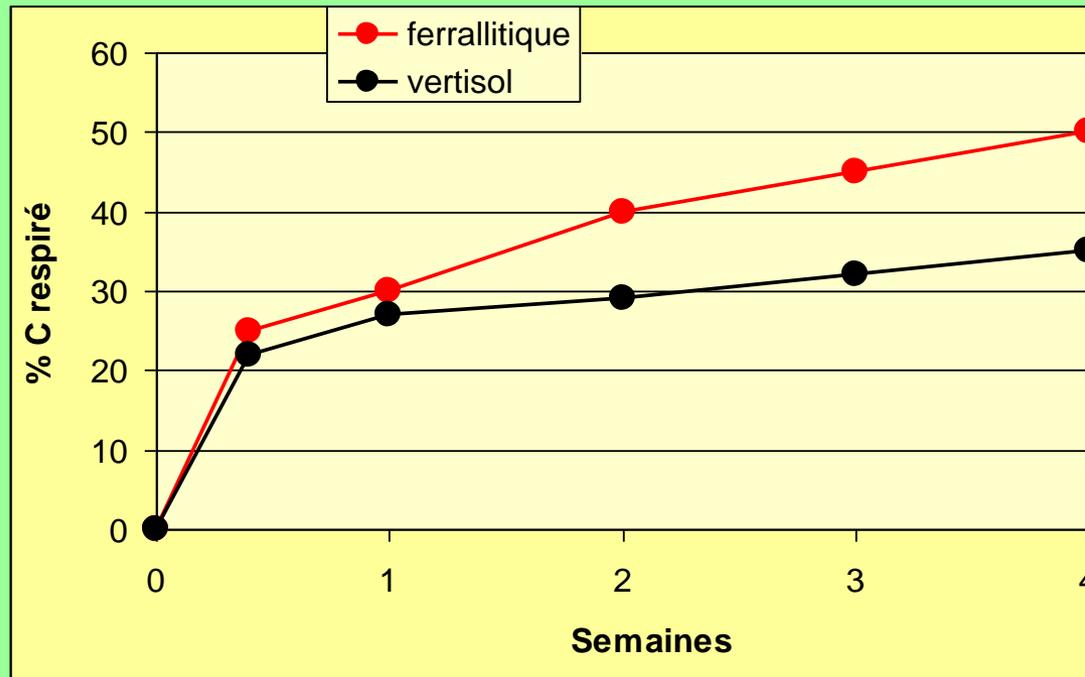
K 200 kg

Analyse des  
micro-polluants organiques  
et  
bactériologique :  
OK !

Elément	Unité	Teneur	Limite
pH		7	
MO	g/L	23	
N	g/L	1	
C	g/L	13	
K	g/L	7	
P	mg/L	80	
Cu	mg/kg MS	9	1000
Zn	mg/kg MS	9.8	3000
Cr	mg/kg MS	1.7	1000
Ni	mg/kg MS	<1.1	200
Pb	mg/kg MS	3.3	800
Cd	mg/kg MS	<0.02	10
Hg	mg/kg MS	<0.002	10

# Vinasse méthanisée de distillerie

## Dégradation



- dégradation relativement rapide
- pouvoir épurateur majeur en sol ferrallitique
- apport MO majeur en vertisol ??

# Vinasse méthanisée de distillerie

## Réponse des cultures et situation en Guadeloupe

- \* culture principale : canne
- \* bonne réponse, élimination d'engrais (K)
- \* utilisée dans le voisinage de distilleries
- \* épandage assuré par le gestionnaire
- \* précaution : ne pas dépasser la dose conseillée

# Boues de STEP

Travaux de M. Clairon & J. Sierra (INRA-APC)



## Origine

Les boues d'épuration **urbaines** sont les principaux déchets produits par une station d'épuration à partir des eaux usées.

Ces sédiments résiduaux sont surtout constitués de bactéries mortes et de matière organique minéralisée.

# Boues de STEP

## Caractéristiques : VF

pH	7.0	Phosphore total (P)	1.6%
Carbone organique (C)	36 %	Potassium total (K)	0.3%
Azote organique (N)	6%	Calcium total (Ca)	5%
C/N	6	Magnésium total (Mg)	1.5%
N - NH <sub>4</sub>	3 g / kg		

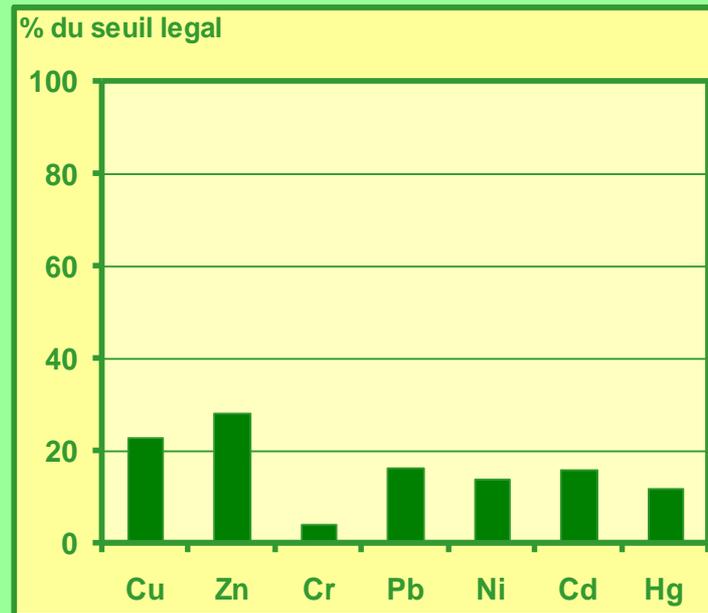
- engrais organique N, P
- + Ca

### Dose 3 tonnes MS/ha

N 200 kg  
P 50 kg  
K 10 kg

# Boues de STEP

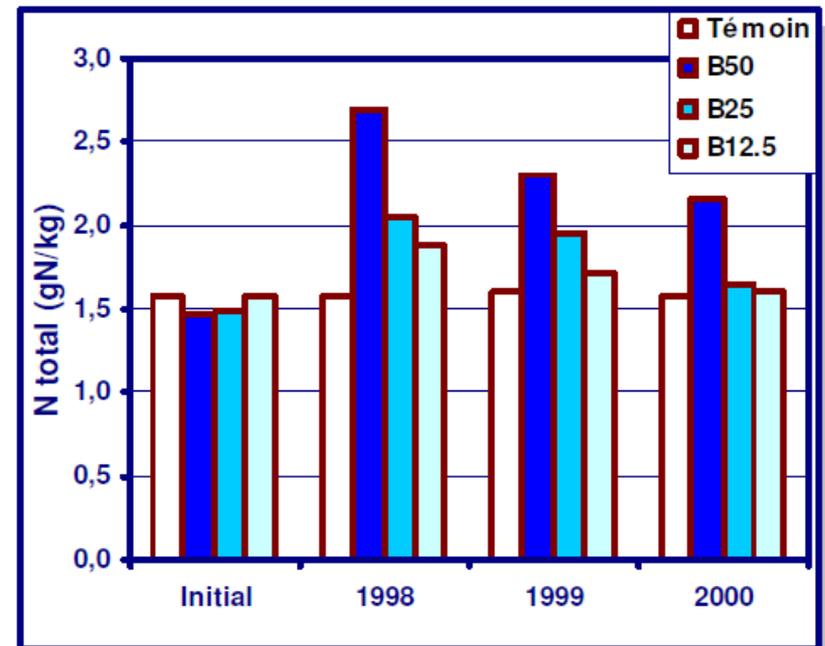
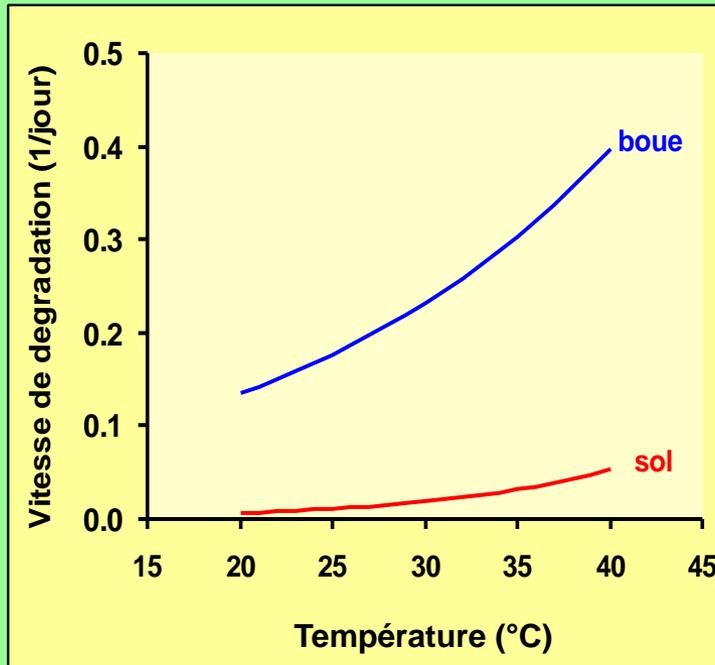
## Caractéristiques : éléments traces métalliques (ETM)



• excellente qualité

# Boues de STEP

## Dégradation



- dégradation très rapide
- très bon engrais organique
- pas d'effet durable sur la MO

# Boues de STEP

## Réponse des cultures et situation en Guadeloupe

- \* bonne qualité mais beaucoup des contraintes réglementaires
- \* pas de plan d'épandage validé
- \* très utilisé : cultures maraîchères, igname, ...
- \* ... de moins en moins chez la banane et la canne
- \* problème : pas de suivi chez l'agriculteur
- \* précautions liées à l'hygiène
- \* solution : hygiénisation et notamment compostage



# Composts

Travaux de J. Sierra et collaborateurs (INRA-APC)



## Origine

Le compost est issu d'un procédé biologique de conversion des matières organiques en un produit stabilisé, hygiénique et riche en composés humiques.

# Composts

## Déchets principaux utilisés en Guadeloupe pour le compostage :

- \* déchets verts
- \* boues de STEP
- \* fientes de poule
- \* bagasse
- \* écumes de sucrerie



**écume :**  
résidu de filtration de  
la boue issue de la  
décantation du jus de  
canne chaulé.

# Composts

## Caractéristiques : VF

**Dose 15 t MF/ha**

**N 75 kg**  
**P 25 kg**  
**K 35 kg**

**+ MO**

**+ mycorhizes (?)**

## Compost à base de bagasse + écumes

Analyse	Résultat sur le brut	Méthode d'Analyse
Masse Volumique compactée .....	<b>0.45</b> Kg/l	NF EN 13049
Azote Ammoniacal soluble dans l'eau (N-NH4) .....	<b>&lt; 20</b> mg/l	NF EN 13652 (Extr. eau 1/5 + colorimétrie)
Azote Ammoniacal soluble dans l'eau (N-NH4) .....	<b>&lt; 0.04</b> g/oo P/P	NF EN 13652 (Extr. eau 1/5 + colorimétrie)
Azote Nitrique soluble dans l'eau (N-NO3) .....	<b>&lt; 15</b> mg/l	NF EN 13652 (Extr. eau 1/5 + colorimétrie)
Azote Nitrique soluble dans l'eau (N-NO3) .....	<b>&lt; 0.03</b> g/oo P/P	NF EN 13652 (Extr. eau 1/5 + colorimétrie)
Matière Sèche .....	<b>43.9</b> %	NF EN 13049

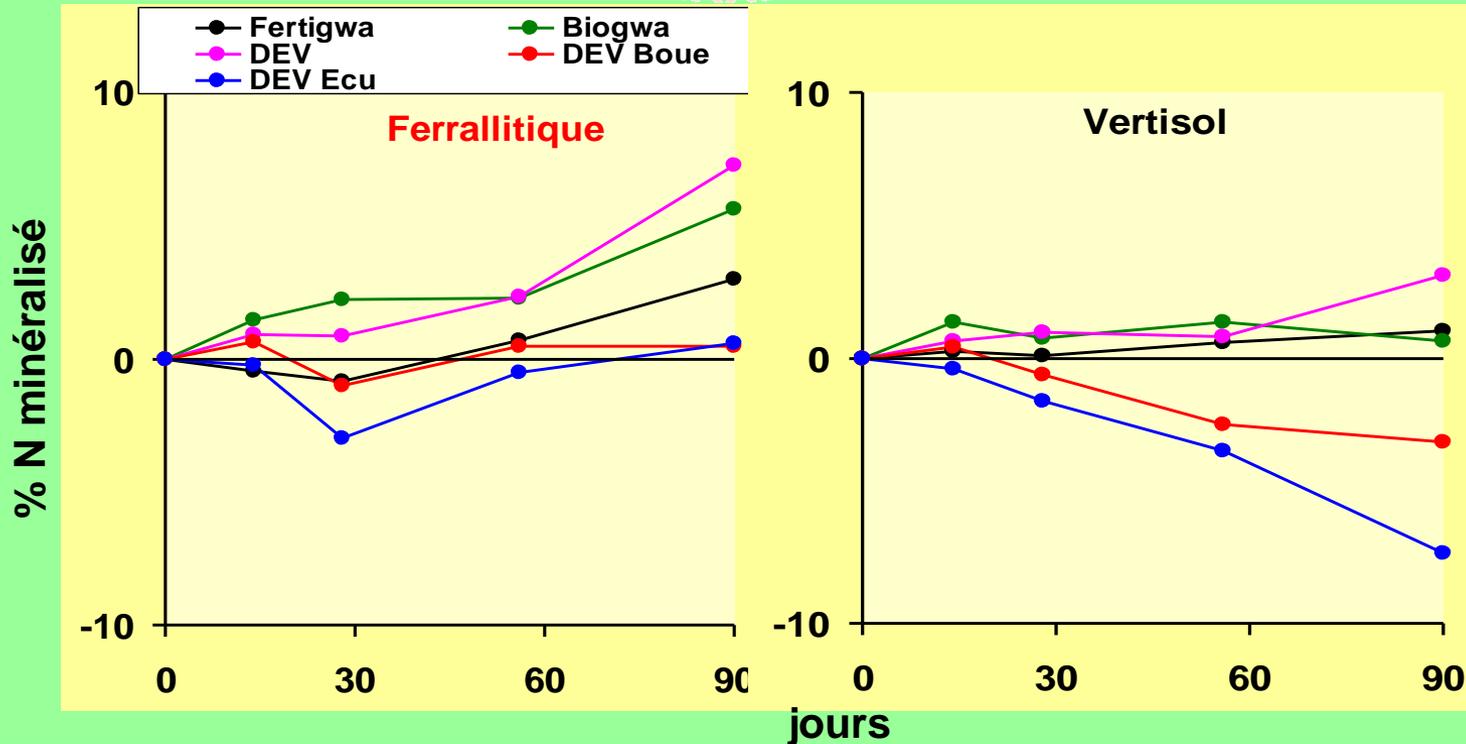
Analyse	Résultat	/sec	/ brut	Méthode d'Analyse
Matière Organique par Perte au Feu .....	<b>353</b>	<b>154</b>	g/oo	NF EN 13039
<b>Azote Total (N) .....</b>	<b>9.9</b>	<b>4.3</b>	g/oo	Méthode Dumas NF EN 13654-2
[1] Carbone Organique (C) .....	<b>176</b>	<b>77.4</b>	g/oo	Calculé à partir de la perte au feu (MO/2)
<b>Rapport C/N .....</b>	<b>17</b>	<b>17</b>		Calcul : C organique / N total
Azote Organique (N) .....	<b>9.9</b>	<b>4.3</b>	g/oo	Calcul (N total - N minéral)
[1] Azote Uréique (N) .....	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>	g/oo	Colorimétrie PDAB
<b>Phosphore Total (P2O5) .....</b>	<b>7.87</b>	<b>3.45</b>	g/oo	Miné. par Voie Sèche + HCl, Dosage ICP ou AAS
Potassium Total (K2O) .....	<b>7.10</b>	<b>3.11</b>	g/oo	Miné. par Voie Sèche + HCl, Dosage ICP ou AAS
Calcium Total (CaO) .....	<b>227</b>	<b>99.6</b>	g/oo	Miné. par Voie Sèche + HCl, Dosage ICP ou AAS
Magnésium Total (MgO) .....	<b>8.66</b>	<b>3.80</b>	g/oo	Miné. par Voie Sèche + HCl, Dosage ICP ou AAS

Eléments Traces Métalliques et Organiques	Résultat sur sec (MS à 105°C)	Méthode d'Analyse
<b>Cuivre Total (Cu) .....</b>	val. limite : 300 C <b>35.0</b> +5.1 mg/Kg	NF EN 13650, Dosage ICP AES NF EN ISO 11885
<b>Zinc Total (Zn) .....</b>	val. limite : 600 C <b>91.0</b> +14.6 mg/Kg	NF EN 13650, Dosage ICP AES NF EN ISO 11885
<b>Arsenic (As) .....</b>	val. limite : 18 C <b>2.69</b> +1.07 mg/Kg	NFX 31-151 Dosage AAS Hydriques
<b>Cadmium (Cd) .....</b>	val. limite : 3 C <b>0.25</b> +0.1 mg/Kg	NF EN 13650, Dosage ET AAS NF EN ISO 5961
<b>Chrome (Cr) .....</b>	val. limite : 120 C <b>19.3</b> +7.4 mg/Kg	NF EN 13650, Dosage ICP AES NF EN ISO 11885
[1] <b>Mercuré (Hg) .....</b>	val. limite : 2 C <b>0.02</b> +0.034 mg/Kg	Combustion sous O2 & dos AAS Vapeurs Froides
<b>Nickel (Ni) .....</b>	val. limite : 60 C <b>8.52</b> +2.92 mg/Kg	NF EN 13650, Dosage ICP AES NF EN ISO 11885
<b>Piomb (Pb) .....</b>	val. limite : 180 C <b>15.3</b> +6.7 mg/Kg	NF EN 13650, Dosage ICP AES NF EN ISO 11885
[1] <b>Sélénium (Se) .....</b>	val. limite : 12 C <b>0.73</b> mg/Kg	Miné HNO3 HClO4 Dosage AAS Hydriques ISO 9965

# Composts

## Dégradation

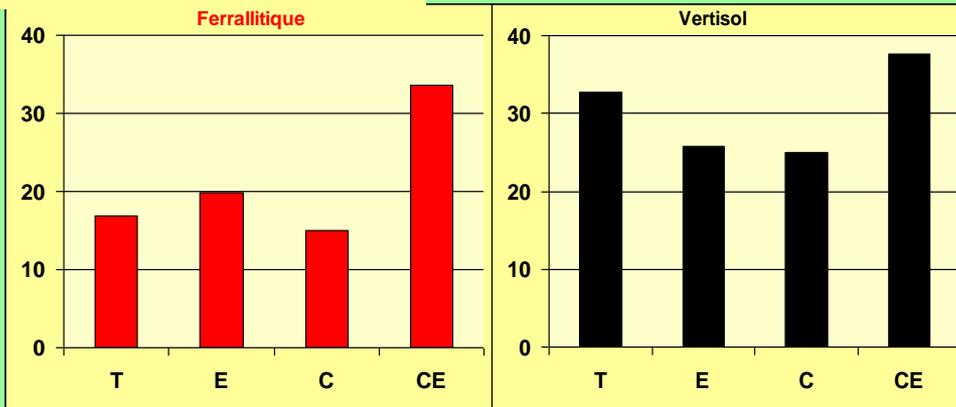


- dégradation relativement lente → fonction du % cellulose
- dégradation majeur en sol ferrallitique, apport MO majeur en vertisol ? → objectif de l'apport
- conséquences sur le moment de l'apport

# Composts

## Réponse de la plante : igname

tonnes tubercules / ha



T : témoin, E : engrais minéral, C : compost, CE : compost + engrais

- faible réponse à l'engrais et au compost individuellement
- interaction compost x engrais → mycorhizes ?



# Composts

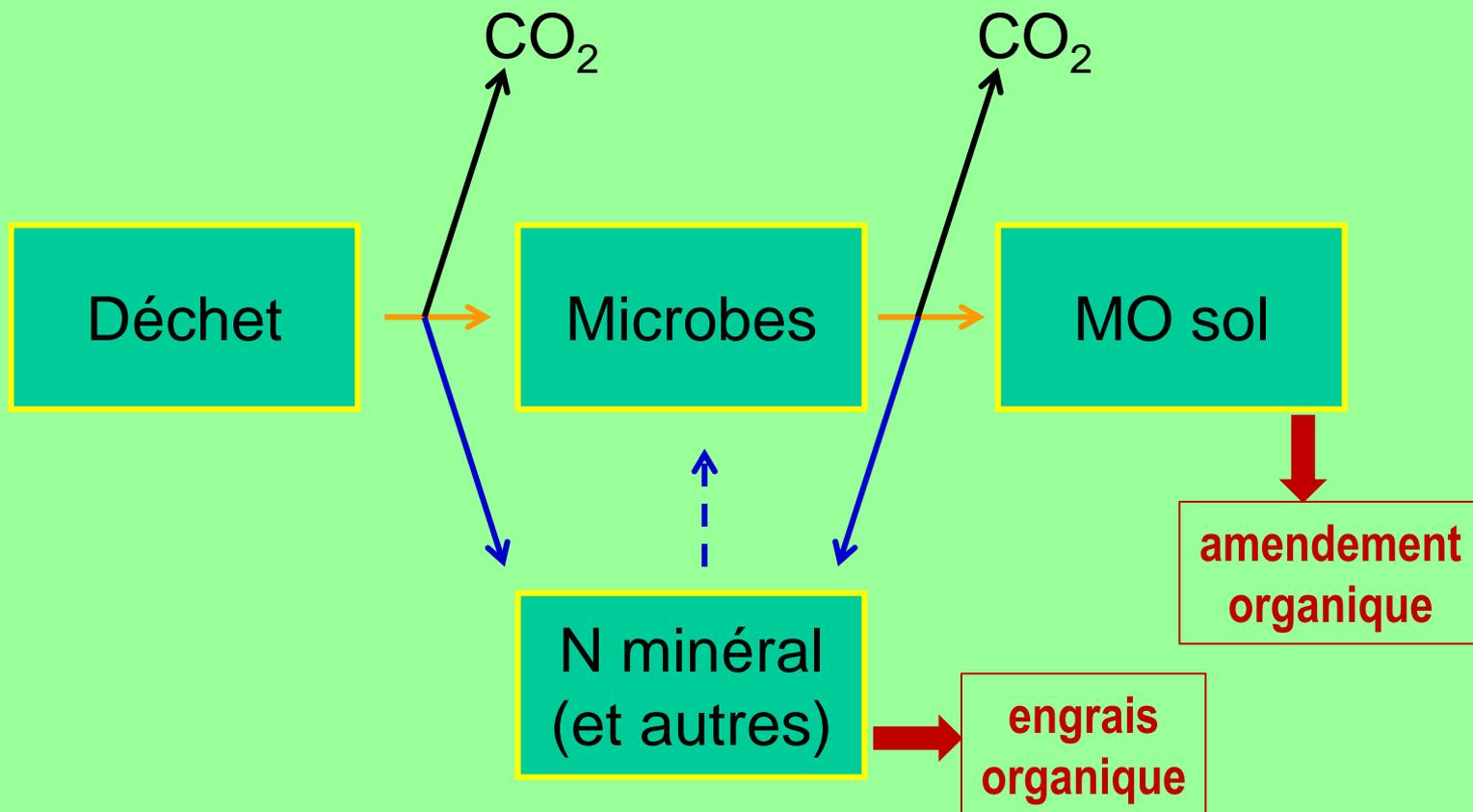
## Situation en Guadeloupe

- \* filière en expansion → bonne qualité
- \* cultures : banane et canne
- \* recyclage de déchets important
- \* solution pour les déchets «à problèmes» (boues)
- \* contrainte : subvention (produit cher)
- \* élargissement du marché



# Relation sol / MO apportée

## Biodégradation



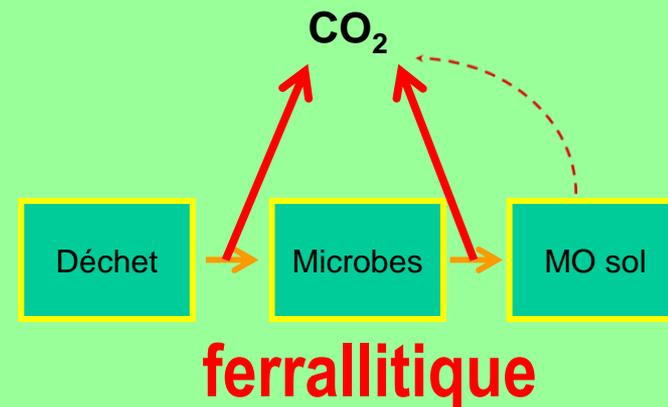
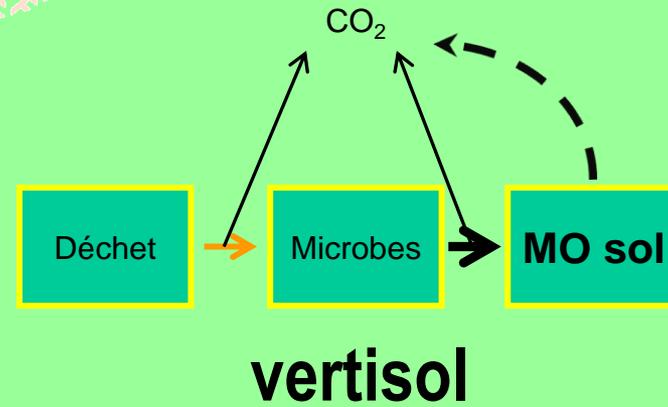
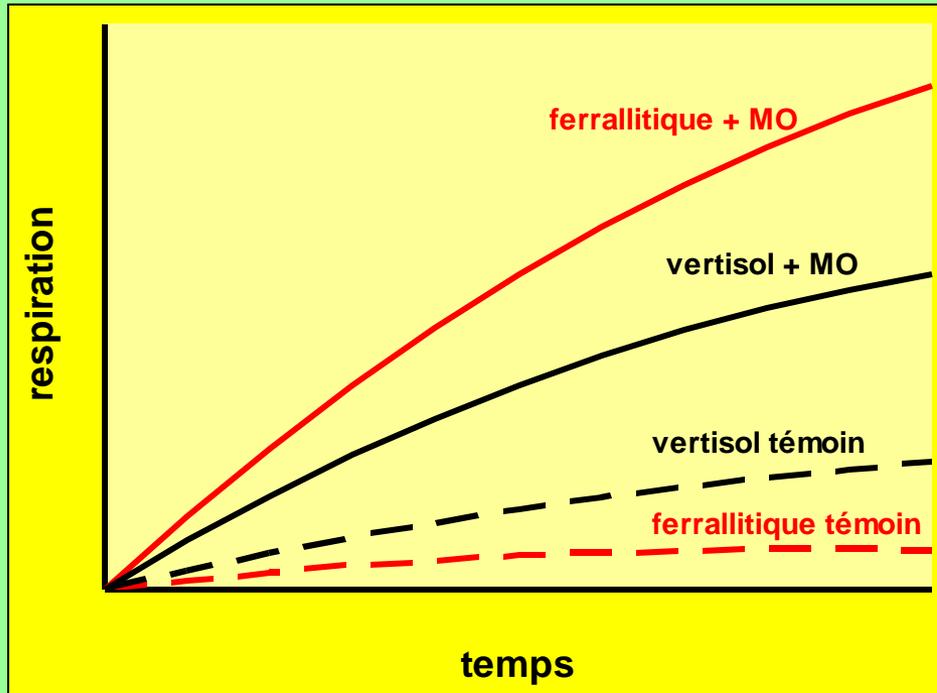
# Relation sol / MO apportée

B  
I  
O  
D  
É  
G  
R  
A  
D  
A  
T  
I  
O  
N

Produit	Apport	Système
Cendres de bagasse	K, Ca	Basse-Terre (banane, <i>igname</i> )
Vinasse de méthanisation	K, C (MO)	Canne partout
Boues de STEP	N, P, <i>MO temporaire</i>	Partout, notamment Basse-Terre
Composts	MO, nutriments, autres	Partout, notamment Basse-Terre et cultures vivrières/maraîchage. <b>Objectif &amp; moment !</b>

**Application localisée !**

# Relation sol / MO apportée



# Conclusions

- **Filière en expansion :**
  - qualité de l'offre et de la demande
  - besoins de l'agriculture guadeloupéenne
- **Des avancées significatives dans les dix dernières années :**
  - mise en place d'un plan d'élimination des déchets départemental
  - expansion et diversification de la filière compostage
  - développement de la méthanisation (vinasse)
  - augmentation des études à la demande de gestionnaires
- **Difficultés à régler :**
  - suivi des agriculteurs et de la qualité des sols
  - élargissement vers les déchets ménagers et les cultures vivrières  
*paradoxe : on utilise les intrants organiques dans les sols les moins travaillés*
- **Défis pour la recherche :**
  - effet des composts sur l'activité microbienne des sols
  - préciser les conseils

***Merci de votre attention !***



**boue de STEP entreposée sur une parcelle**



# Boues de STEP

## Contraintes réglementaires

### Sol

acidité des sols (Basse-Terre)

ETM dans certains sols (**tous déchets**)

### Territoire

distance aux habitations et aux cours d'eau

penne (Basse-Terre)

### Cultures

période épandage-plantation pour les cultures à tubercule

