Déchets et fumiers compostés : indicateurs d'état et de prévision de leur dynamique de transformation

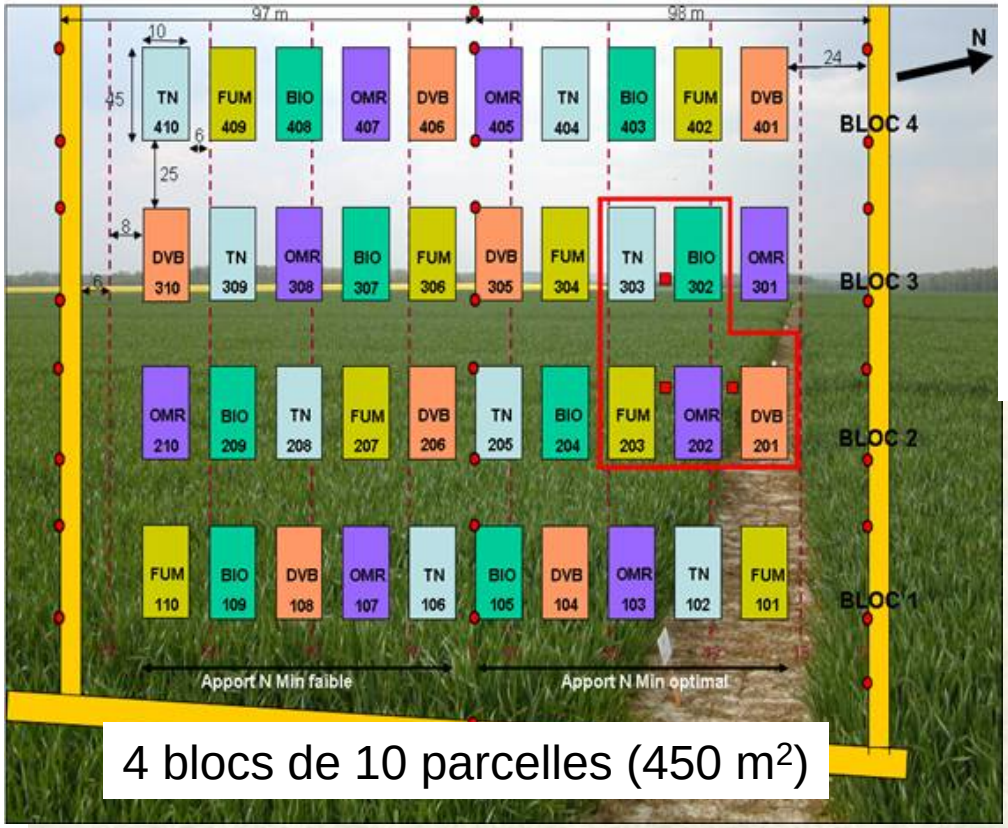
Sabine Houot (1), *Laurent Thuries (2)*

(1) UMR INRA AgroParisTech « Environnement et Grandes Cultures », 78850 Thiverval-Grignon
(2) CIRAD, UR Recyclage et risques, La Réunion

Valeur amendante des apports organiques

- Mise en évidence de l'efficacité différente des produits

essai INRA-CREED 1998-2012



4 blocs de 10 parcelles (450 m²)

4 amendements organiques:
- fumier
- c. ordures ménagères résiduelles (OMG ou OMR)
- c. biodéchets (BIO)
- c. déchets verts et boue (DVB)
- témoin

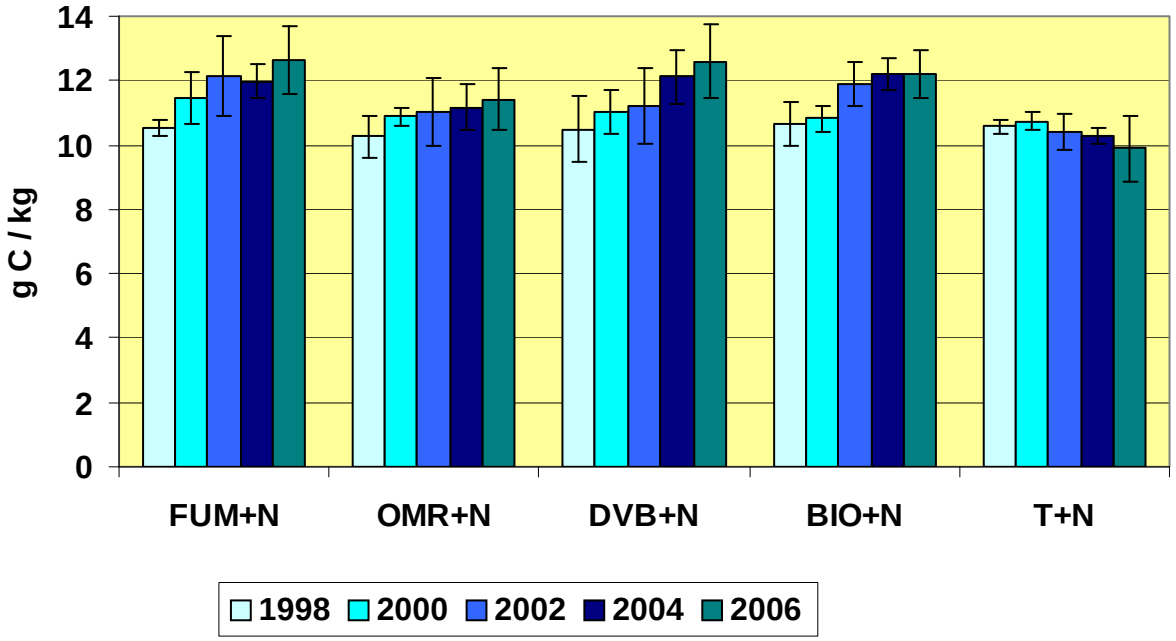
2 niveaux de fertilisation azotée

Succession blé - maïs

Épandage tous les 2ans, 4 t C/ha

Valeur amendante des composts: augmentation des teneurs en C

Evolution des teneurs en C (en g C /kg)



- Augmentation des teneurs en C
- Augmentation différente en fonction de l'apport
- Lien avec biodégradabilité des composts
- Besoin d'indicateurs

Evolution des teneurs en C dans les traitements (en % des teneurs initiales)

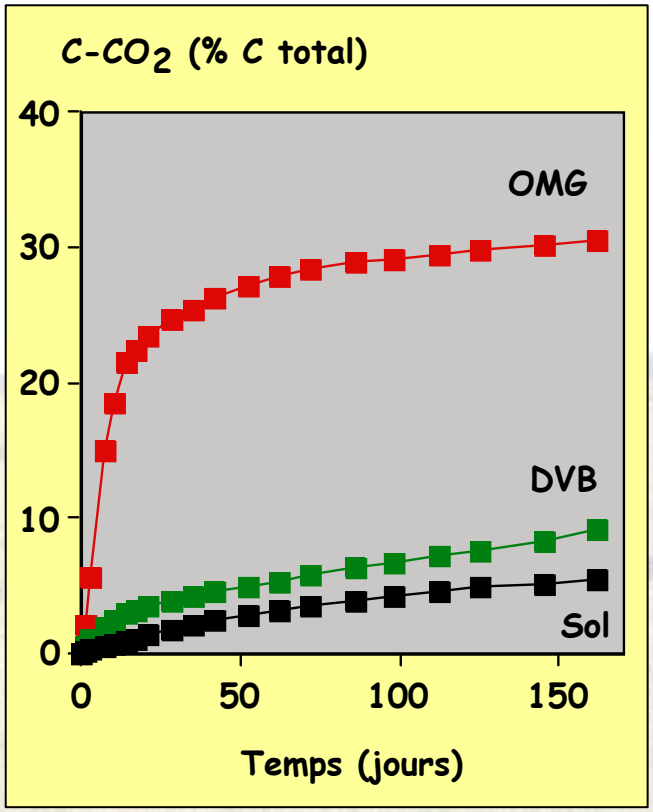
%	DVB	FUM	BIO	OMR	T
+N	20,2*	20,0*	14,4***	11,3	-6,4

* p<0,05
***p<0,001

Outils diagnostic analytiques pour évaluer l'efficacité des matières organiques

- **Les analyses classiques sont insuffisantes**

Exemple:
2 composts



35%

10%

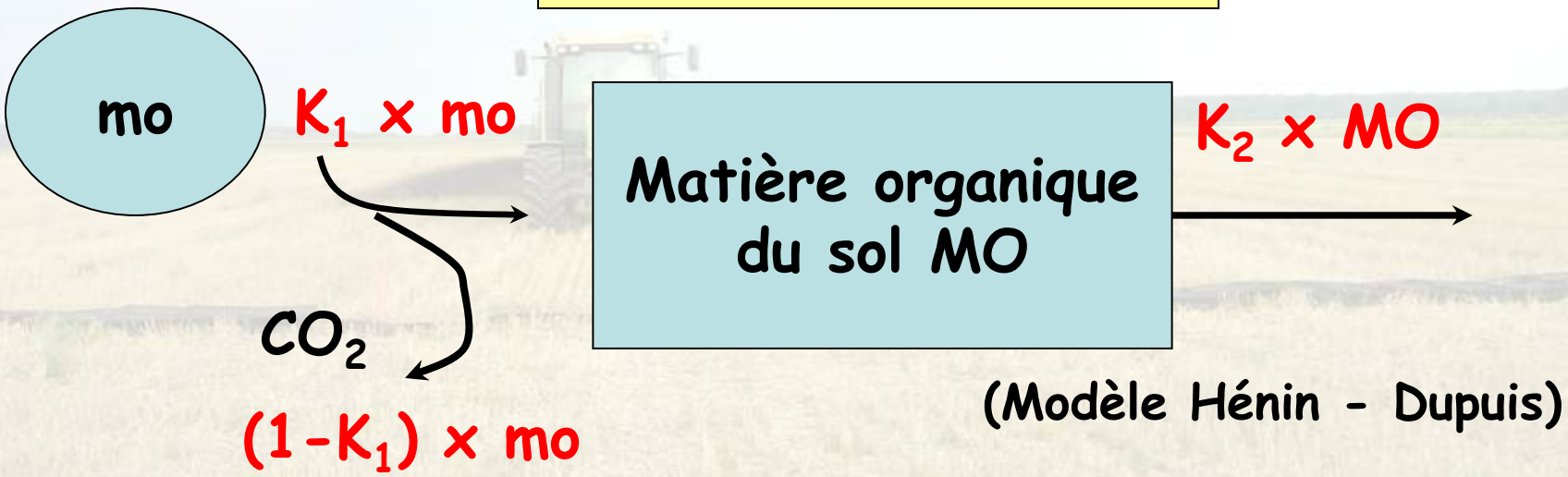
- **Même teneur en MO: 50%**
- **Biodégradabilité résiduelle évaluées au cours d 'incubations**
- **Indicateur normalisé (XPU**

Stabilité = contraire de biodégradabilité

Valeur amendante des apports organiques

➢Quelle fraction K_1 de la matière organique apportée (mo) contribue à l 'augmentation de la matière organique du sol (MO)?

$$K_1 \times mo \geq K_2 \times MO$$



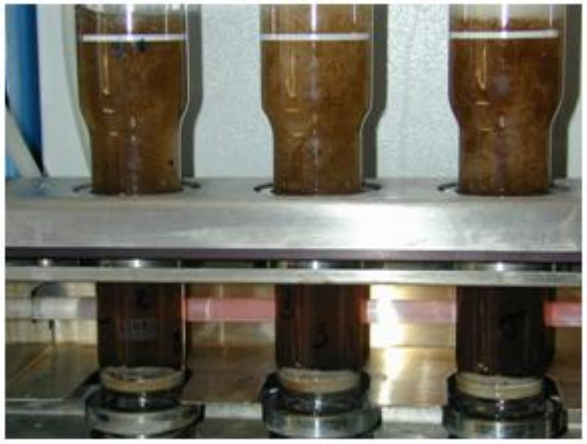
(Modèle Hénin - Dupuis)

Outils diagnostic analytiques pour évaluer l'efficacité des matières organiques

➢ Définition d'un Indice de Stabilité Biologique

Fractionnement biochimique de la matière organique :

- substances solubles (SOL)
- hémicellulose (HEM)
- cellulose (CEW)
- lignines et cutines (LIC)

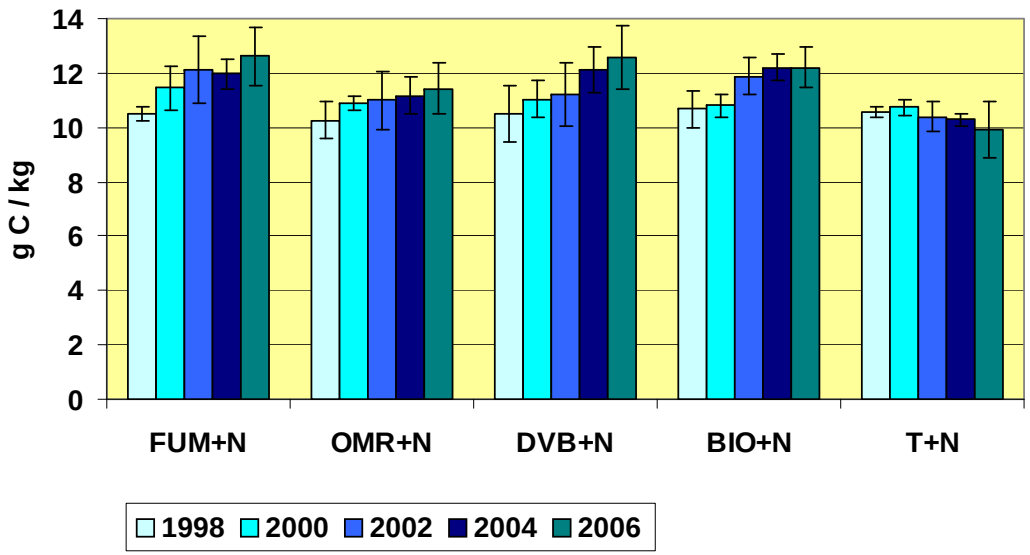


ISB = 2.112-(0.02009* **SOL**)-(0.02378*HEM)-(0.02216*CEW)+(0.00840*LIC)

proportion de matière organique susceptible d 'entretenir le stock de matière organique du sol: estimation du coefficient isohumique K1

OMG: 33 DVB: 69

Valeur amendante des composts: validation de l'ISB



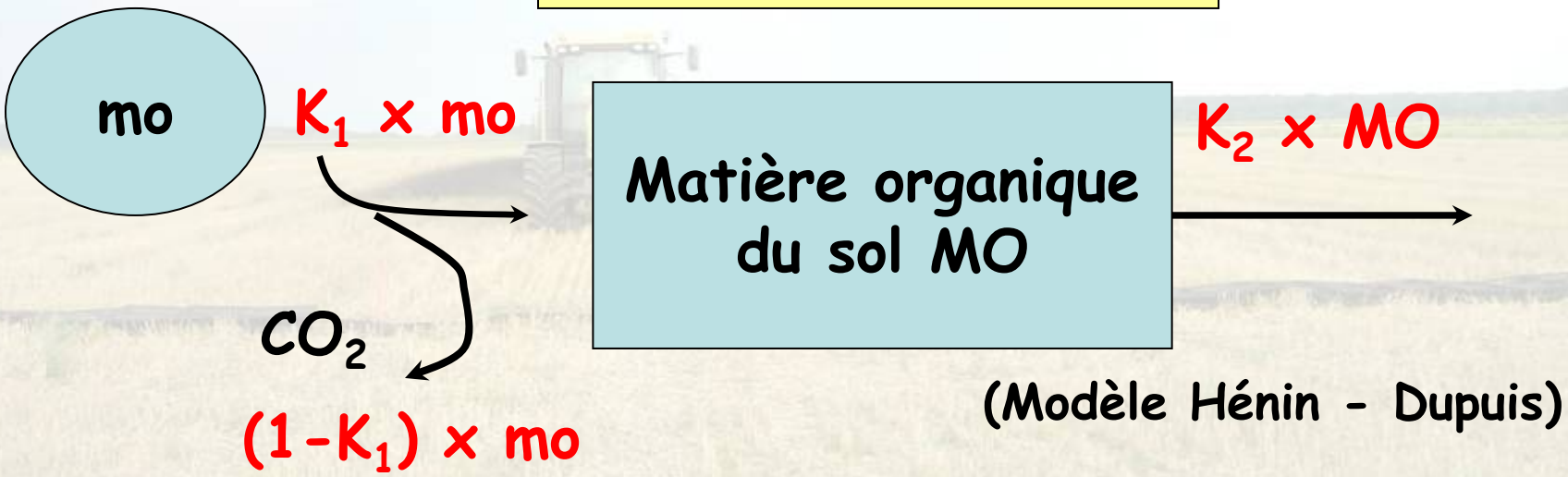
Validation ISB: bon indicateur de l'efficacité des composts à augmenter MOS

	Total C apporté (tC/ha)	Delta C sol (tC/ha)	Rdt Humus (tC/tC apporté)	ISB moyen
OMR	15.4	5.5	**0.36**	**0.35**
DVB	18.6	9.4	**0.51**	**0.54**
BIO	14.8	8.0	**0.54**	**0.56**
Fumier	18.7	9.8	**0.53**	**0.52**

Valeur amendante des apports organiques

➢Quelle fraction K_1 de la matière organique apportée (mo) contribue à l 'augmentation de la matière organique du sol (MO)?

$$K_1 \times mo \geq K_2 \times MO$$



(Modèle Hénin - Dupuis)

Valeur amendante des apports organiques

Calcul annuel bilan humique (Hénin-Dupuis, 1945):

$$C(t+1) = C(t) - K_2 * C(t) + K_{1PRO} * Cpro(t) + K_{1RES} * Cres(t)$$

avec $$K_2 = \frac{0{,}03 * (1 + 0{,}2 * (TMA - 10))}{(1 + 0{,}005 * Arg) * (1 + 0{,}0015 * CaCO_3)} = 0{,}0206 \text{ à Feucherolles}$$

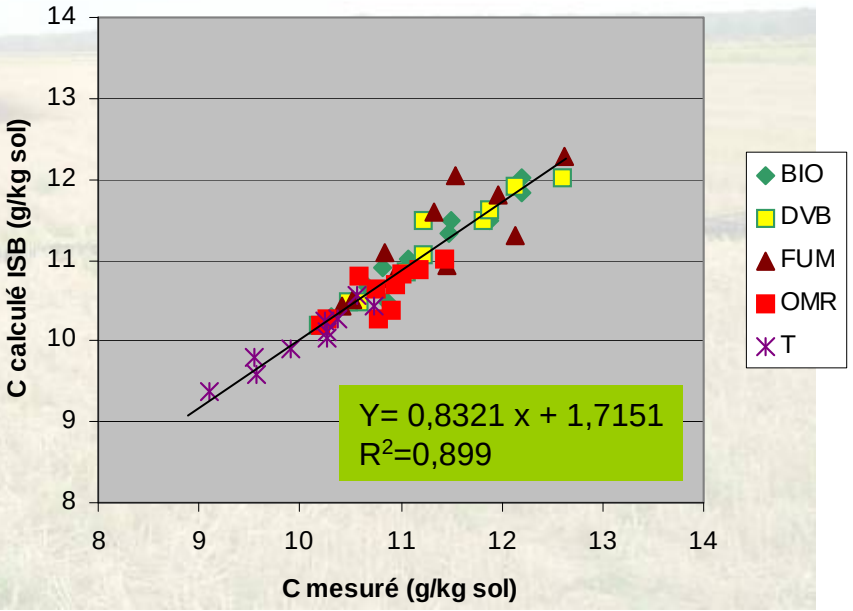
Marin-Laflèche, 1996)

K_{1RES} = 0,13 K_{1PRO} = ISB → **Evolution C bien simulée**

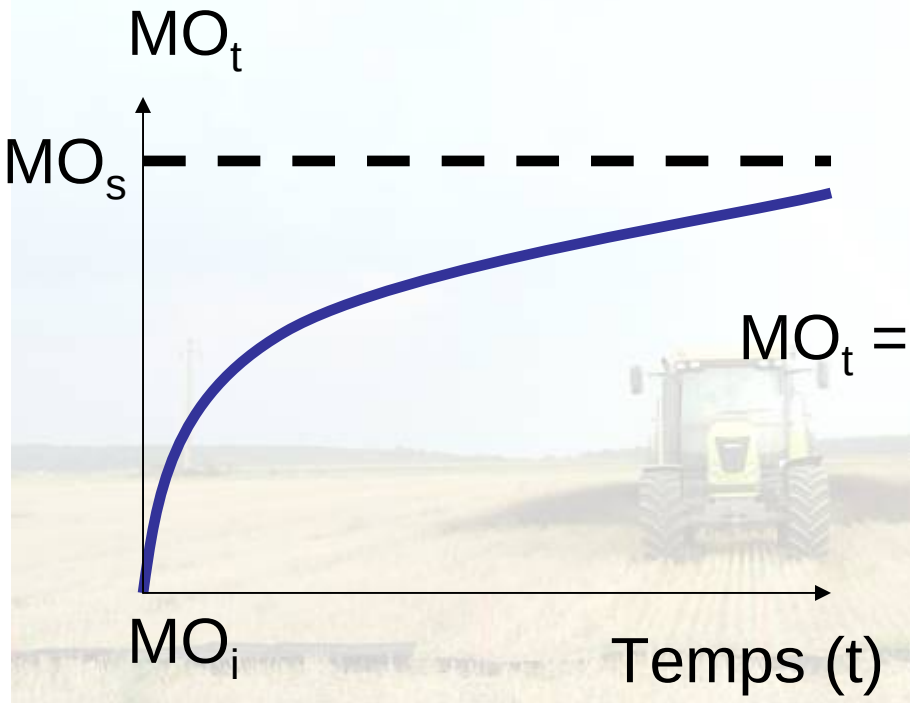
Rdt en MO des pro (% du C apporté en 8 ans)

% C apporté	Simulé	mesuré	ISB
FUM	58	50	52
OMR	34	34	35
DVB	43	46	54
BIO	51	49	56

Comparaison C calculé - C mesuré



Valeur amendante des composts: stockage à long terme

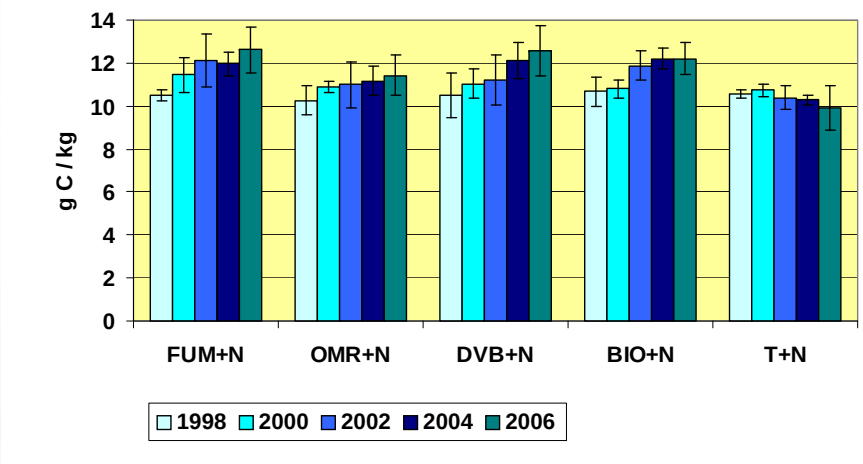


(Modèle Hénin-Dupuis)

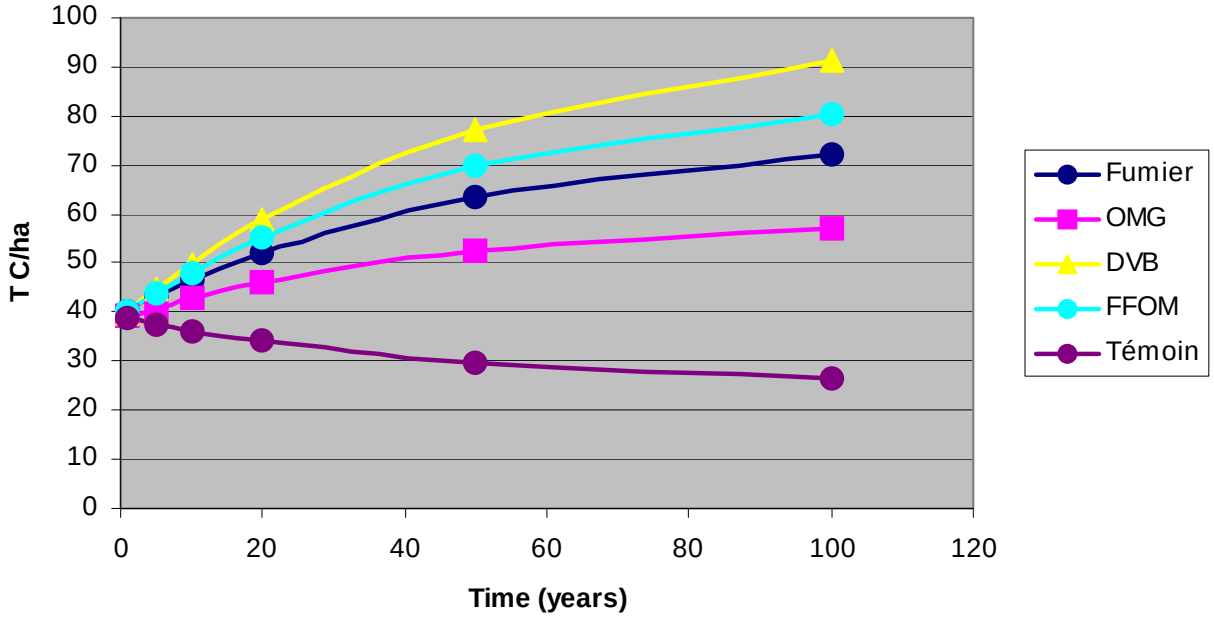
$$MO_t = MO_s - (MO_s - MO_i)\exp(-K_2 t)$$

$$MO_s = \frac{K_1 \times mo}{K_2}$$

Valeur amendante des composts: stockage à long terme



Prédictions à long terme



Hénin-Dupuis

Exemples de calculs de valeur amendante

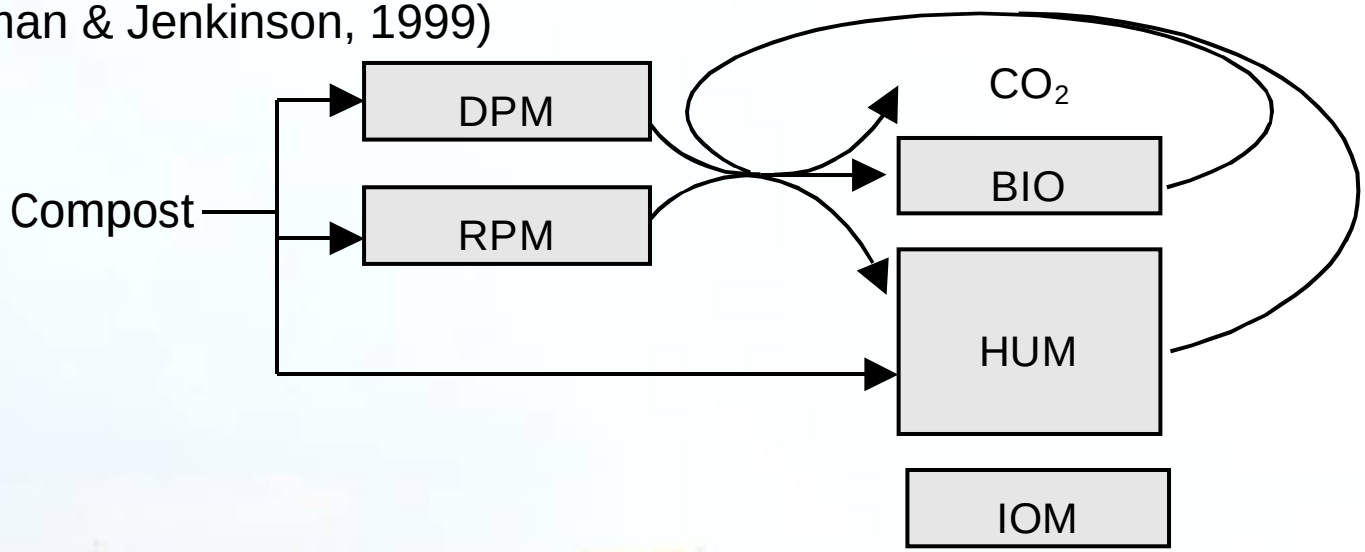
Valeur amendante = ISB*MOT

compost	âge	MS (%MB)	MOT (%MB)	MOT (%MS)	ISB (%MO)	Valeur amendante (%MS)	Valeur amendante (kg/t MB)
DV	3 mois	68	25	37	75	28	188
	6 mois	71	27	38	76	29	205
BIO	3 mois	65	20	30	50	15	100
	6 mois	65	18	28	65	18	117
OM	3 mois	68	36	53	17	9	61
	6 mois	50	18	35	47	16	85

- Si Augmentation ISB > diminution MOT, alors valeur amendante augmente (cas des composts d 'OM qui se stabilisent beaucoup entre 3 et 6 mois)

Valeur amendante des composts: ROTH C (1/2)

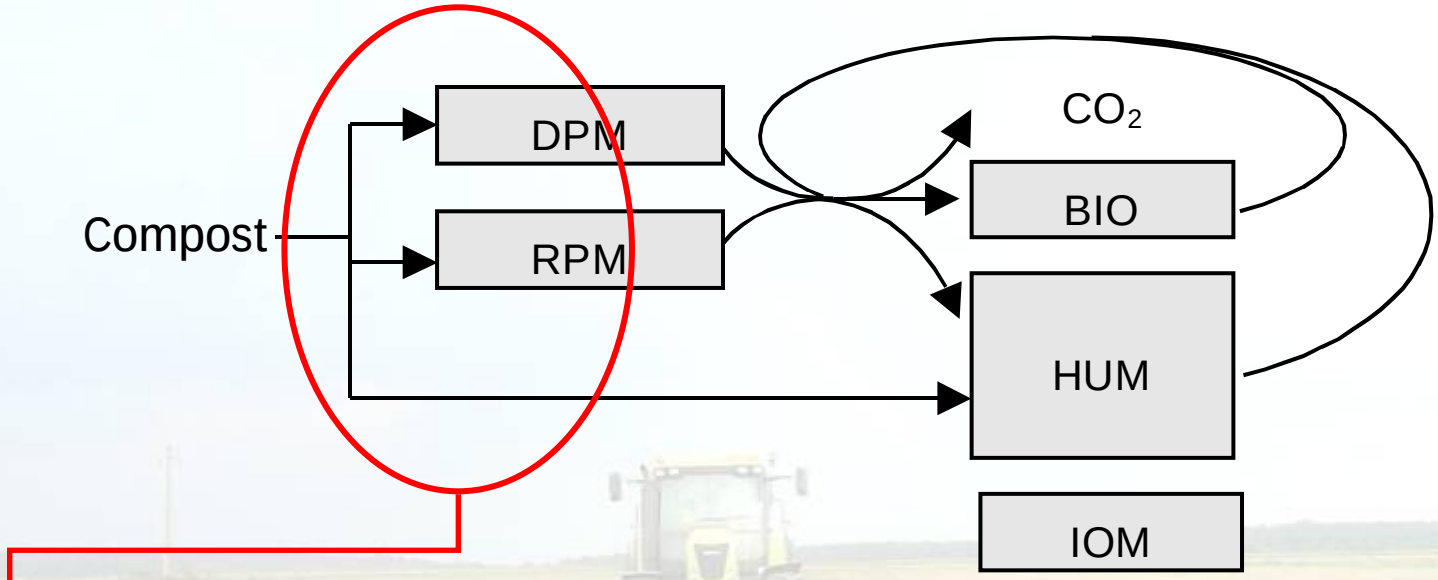
(Coleman & Jenkinson, 1999)



Compartiments (0-29 cm)	**Temps moyen de résidence**
DPM (Decomposable Plant Material)	1,2 mois
RPM (Resistant plant material)	3,3 ans
BIO (Microbial Biomass)	1,5 an
HUM (Humified and protected matter)	50 ans
IOM (Inert organic carbon)	infini

- Fonction T°, Teneur en eau, couverture du sol
- Partition CO_2/(BIO+HUM) identique pour tous les compartiments, dépend de la teneur en argile

Valeur amendante des composts: ROTH C (2/2)



1. Partitionnement du C des composts en DPM, RPM, HUM

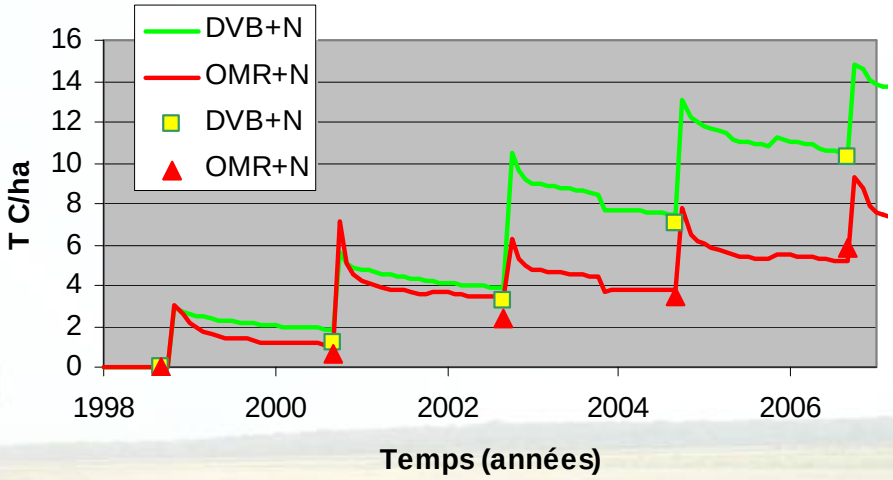
- Sur la base de l'évolution au champ du Stock de C dans l'horizon labouré
- En comparaison avec le témoin
- En prenant en compte les restitutions des plantes

2. Simulation de l'évolution des stocks de C au fur et à mesure des apports

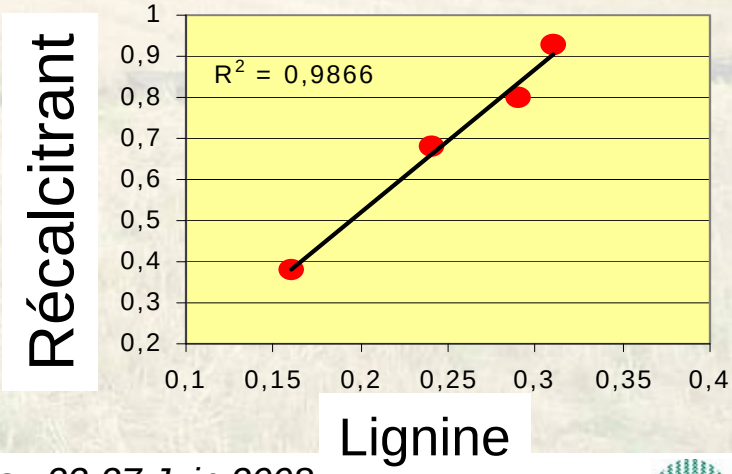
Valeur amendante des composts: ROTH C

- Ajustement des paramètres Roth C avec les mesures

	Décomposable DPM	Récalcitrant RPM
OMR	0.62	0.38
FUM	0.32	0.68
DVB	0.20	0.80
BIO	0.07	0.93

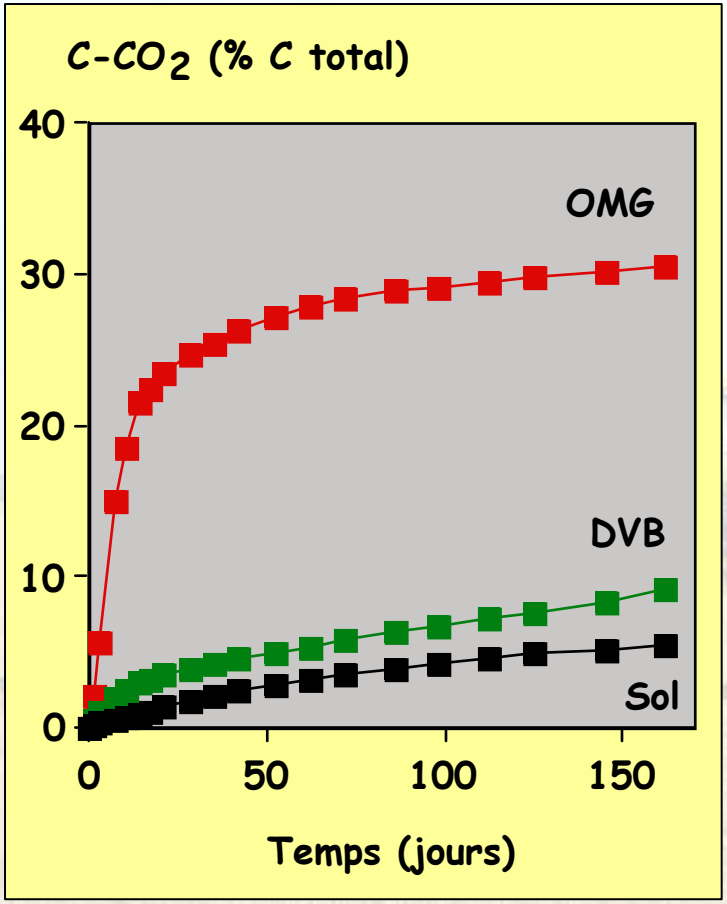


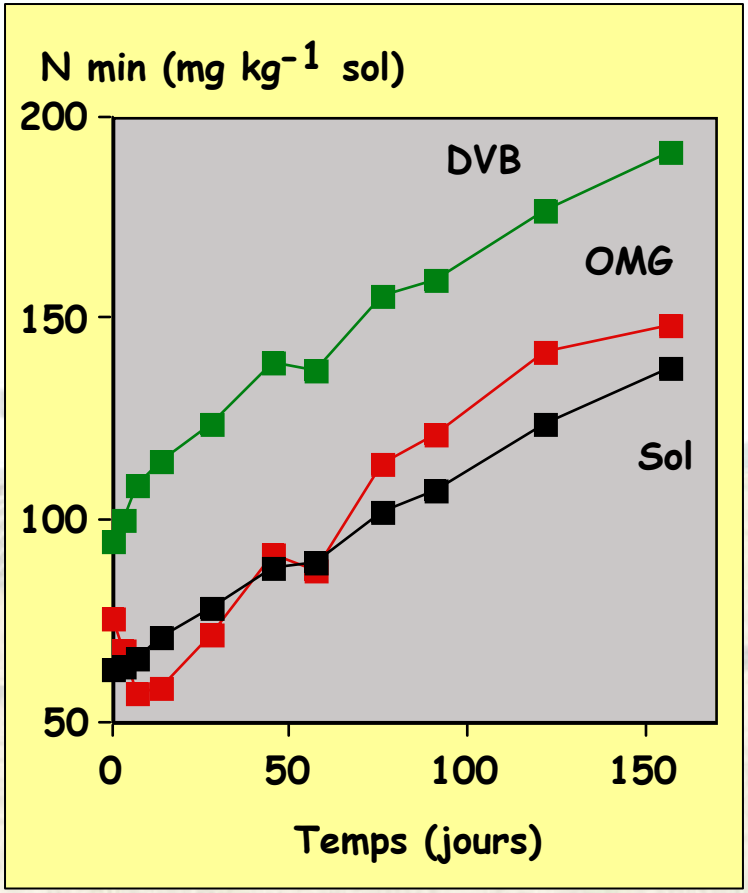
- Lien entre paramètres et mesures



Valeur fertilisante azotée des apports organiques

➢ **XPU 44-163 : Minéralisation du N au cours d'incubations dans un sols en conditions contrôlées de laboratoire**





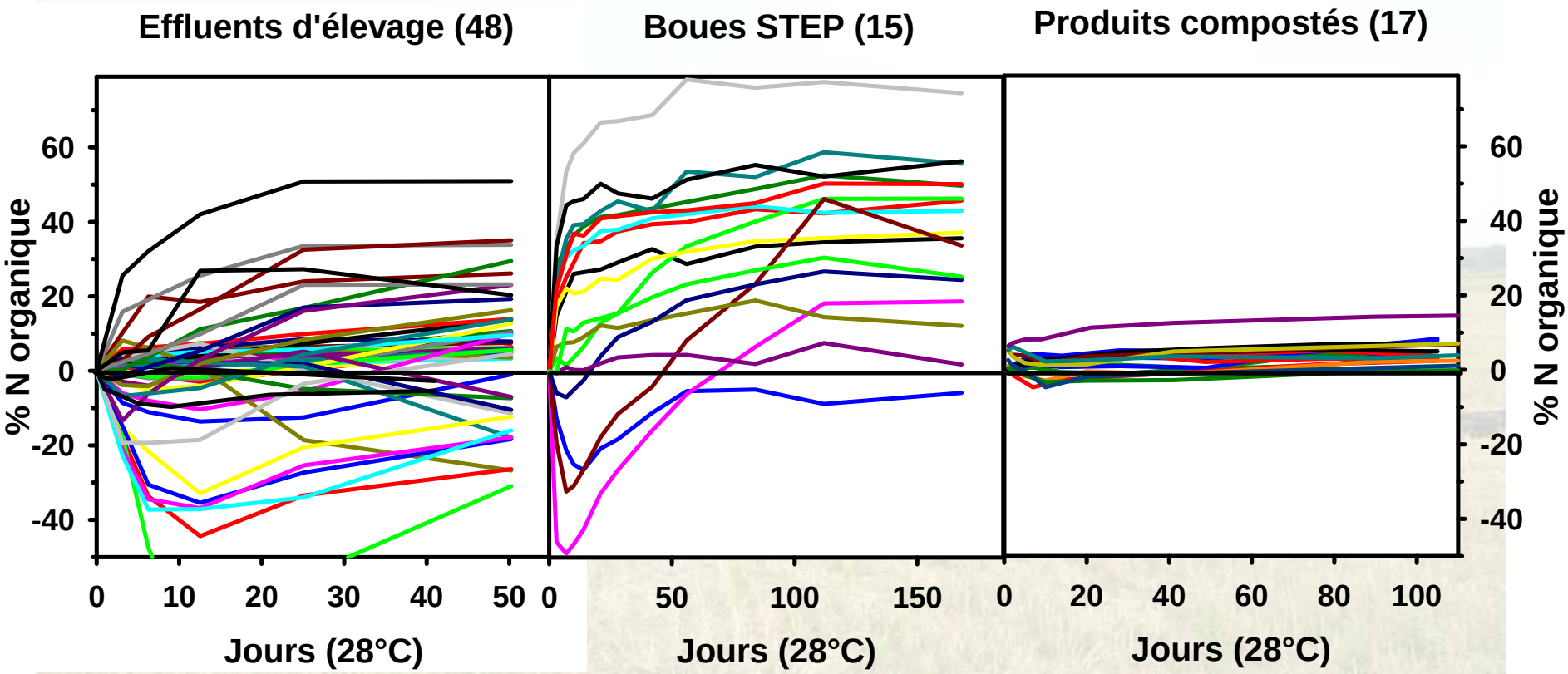
C/N: 10

C/N: 15

Valeur fertilisante azotée des apports organiques

Suivi minéralisation N au cours d'incubation (XPU 44 163)

→ **Forte variabilité de comportement**



(V. Parnaudeau, INRA Reims; T. Morvan, INRA Quimper; S. Houot, INRA EGC)

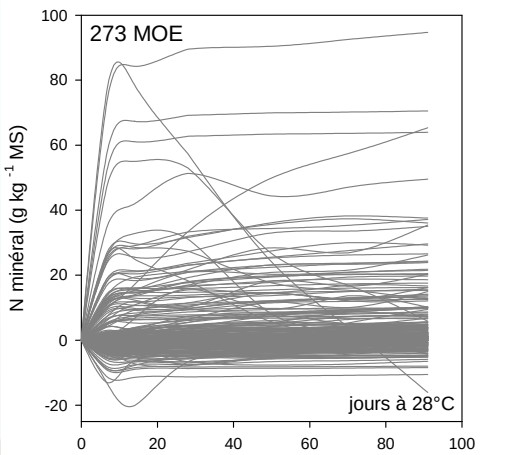
Construction d'une base de données pour la définition de classes de produits

G. Lashermes[1], S. Houot [1], B. Nicolardot [2], V. Parnaudeau [2], T. Morvan [3], M. Linères [4] , B. Mary [2], L. Thuries[5], L. Metzger[6], C. Villette[7], A. Tricaud[8], ML Guillotin[9]

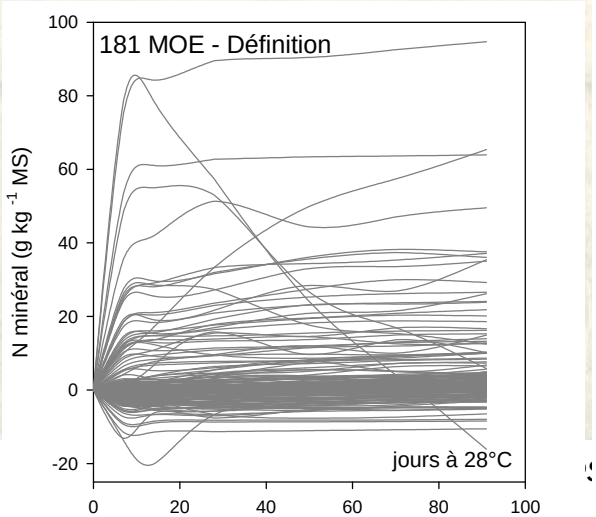
INRA (1) EGC Grignon, (2) Agronomie Laon-Reims-Mons, (3) USARQ Rennes-Quimper, (4) Bordeaux
(5) Phalippou-Frayssinet, (6) RITTMO, (7) LDAR-Laon, (8) SAS-Orléans, (9) LCA-La Rochelle

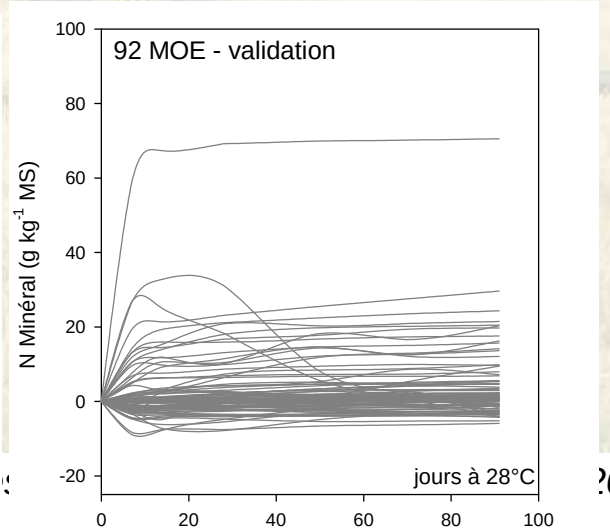
Valeur fertilisante azotée des apports organiques

- 273 MOE : suppression données incomplètes, rééquilibrage des types de MOE, conversion des cinétiques à 28°C



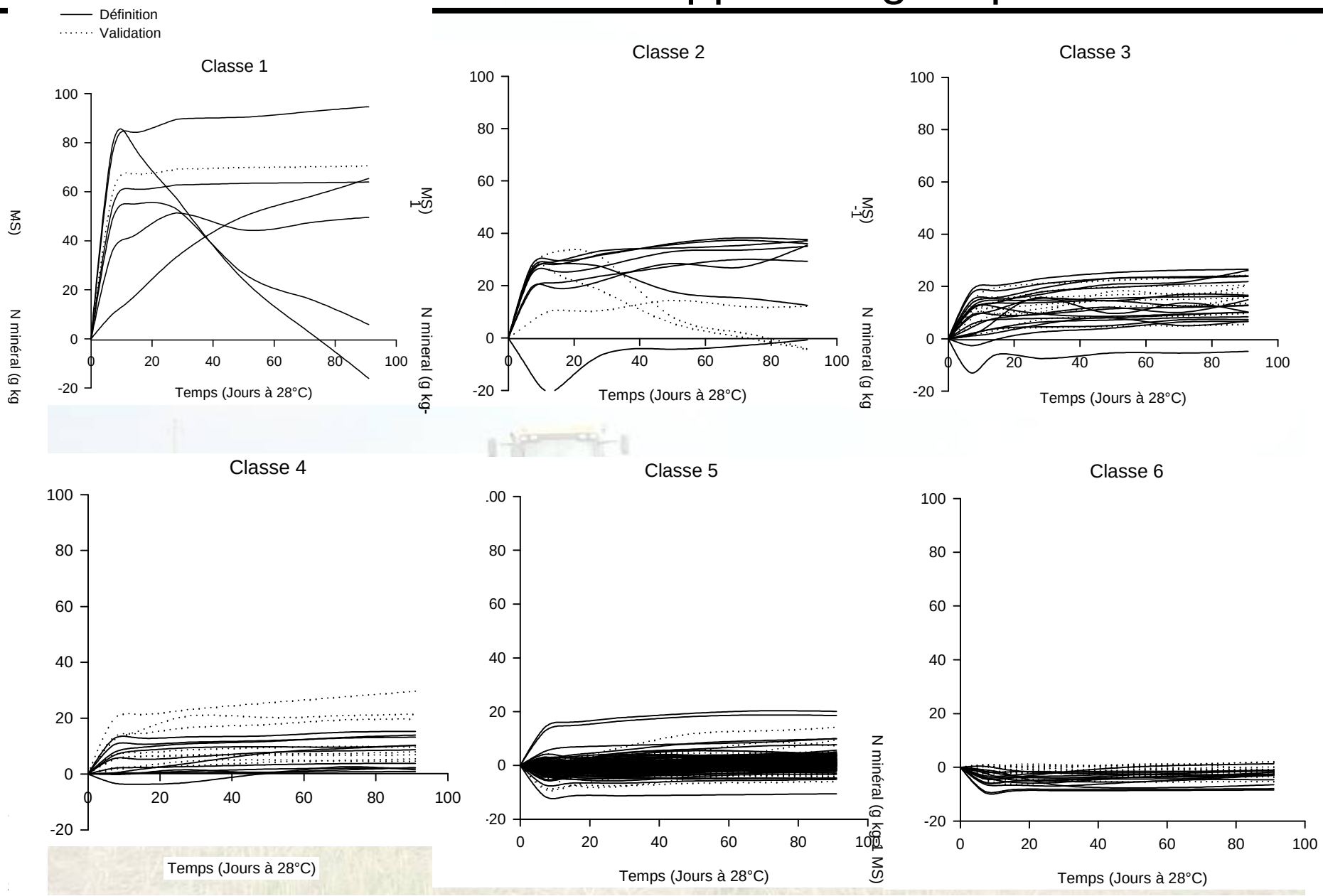
Boues	54
Composts urbains	70
Composts d'effluents	27
Digestats	6
Fumiers	44
Lisiers + Fientes	14
Matières animales	6
Matières végétales	14
Mulchs	5
Engrais	7
Autres	26
total	**273**





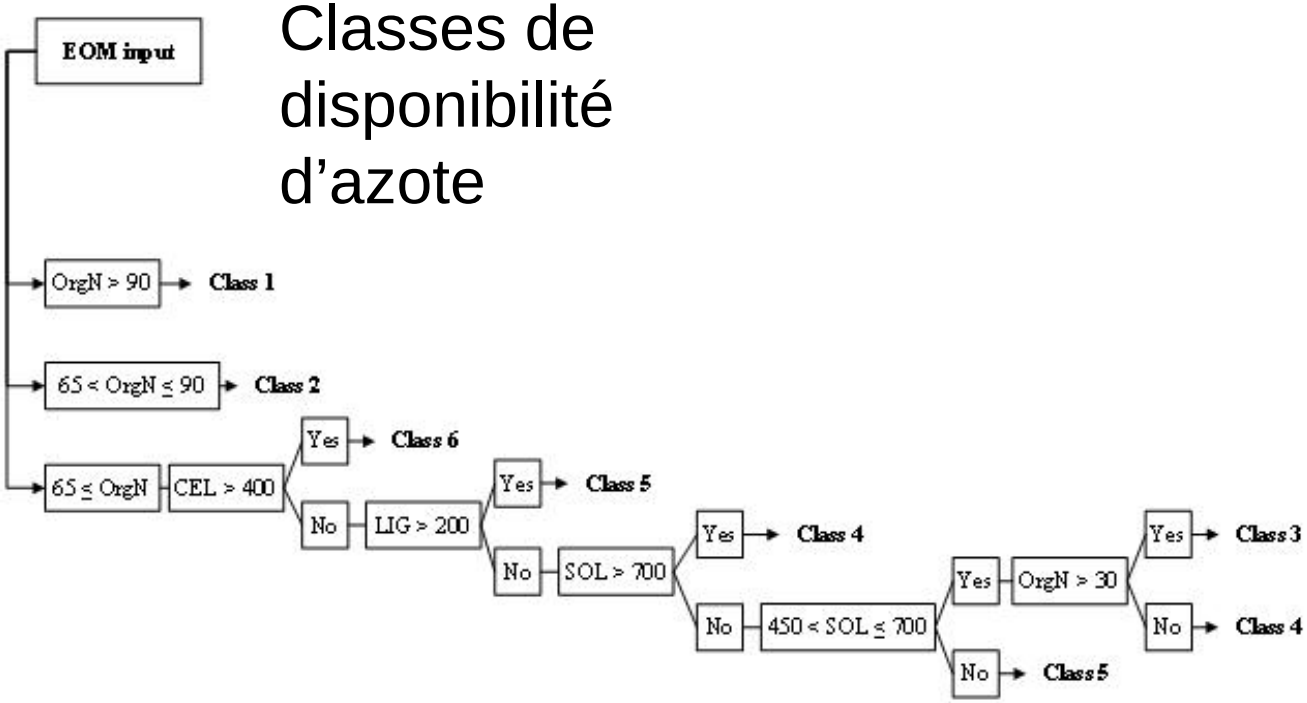
Conversion des données N minéral en **g N kg^{-1} MS** : N14k… N91k

Valeur fertilisante azotée des apports organiques



Valeur fertilisante azotée des apports organiques

Classes de disponibilité d'azote



Lashermes et al., en préparation

ADEME

INRA

Valeur fertilisante azotée des apports organiques

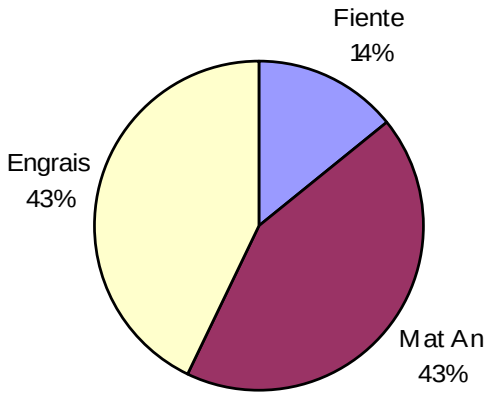
Analyses factorielles multiples et classifications ascendantes hiérarchiques

N_{org} (%MS)	CEL (%MO)	LIG (%MO)	SOL (%MO)	N_{org} (%MS)	N minéral (gN kg^{-1} MS)	Classe
> 9					N14 ≥ 40 N91 ≥ 40	1
] 6.5 ; 9]					20 ≤ N14 ≤ 30 25 ≤ N91 ≤ 40	2
≤ 6.5	≤ 40	≤ 20	>70		0 ≤ N14 ≤ 10 0 ≤ N91 ≤ 15	4
			]45;70]	>3	0 ≤ N14 ≤ 15 10 ≤ N91 ≤ 25	3
				≤ 3	-10 ≤ N14 ≤ 5 -5 ≤ N91 ≤ 5	5
			≤ 45			
		> 20				
	> 40				-10 ≤ N14 ≤ 0 -10 ≤ N91 ≤ 0	6

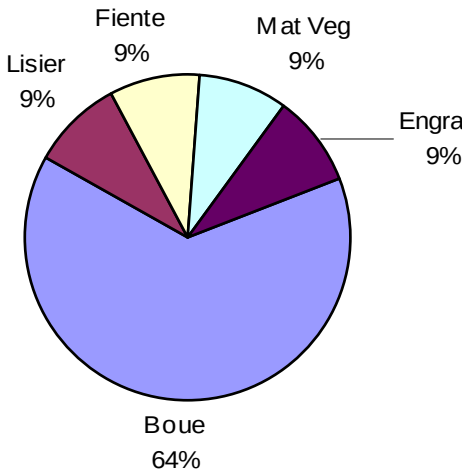
1ère étape, besoin d'affinage par classe

Valeur fertilisante azotée: constitution des classes

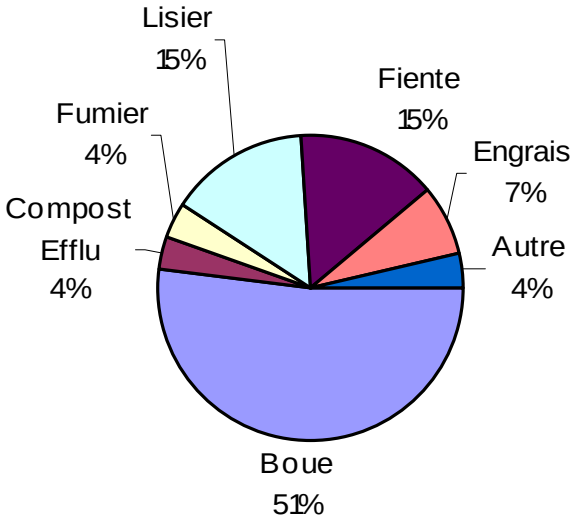
Classe 1 - 7 MOE



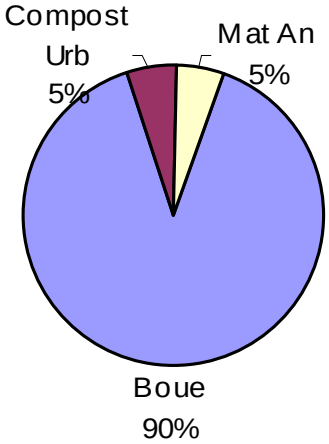
Classe 2 - 11 MOE



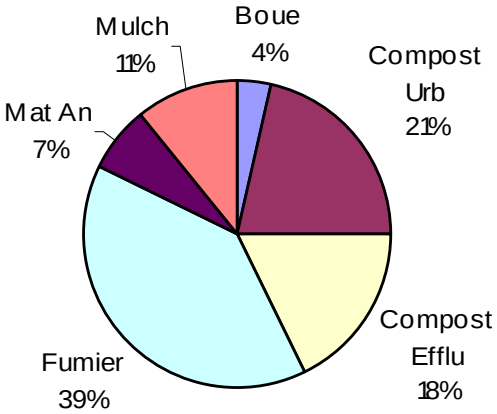
Classe 3 - 27 MOE



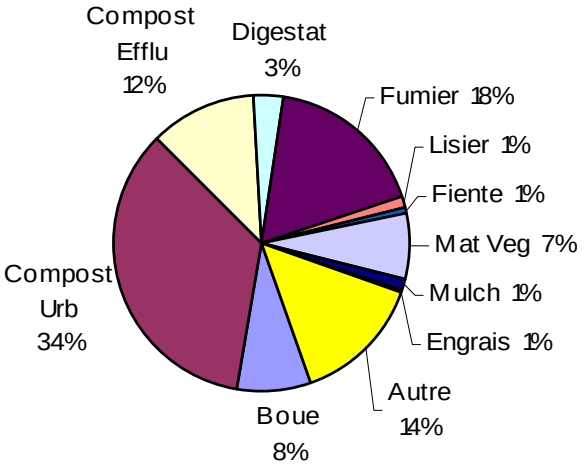
Classe 4 - 19 MOE



Classe 6 - 28 MOE



Classe 5 - 181 MOE



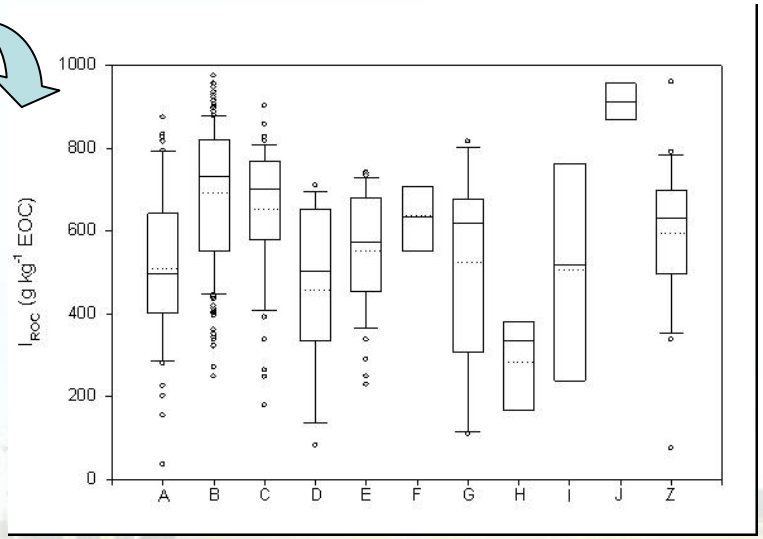
estion

Nouvel indicateur d'estimation de la MO récalcitrante

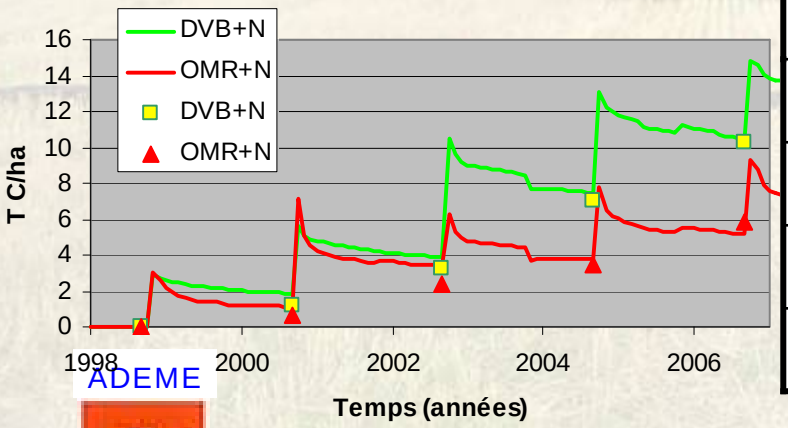
BaseMOE

ISMO = 44.5 + 0.5 **SOL** – 0.2 **CEL** + 0.7 **LIC** - 2.3 **MinC3**

Boues	54
Composts urbains	70
Composts d'effluents	27
Digestats	6
Fumiers	44
Lisiers + Fientes	14
Matières animales	6
Matières végétales	14
Mulchs	5
Engrais	7
Autres	26
total	**273**



Lashermes et al., 2008

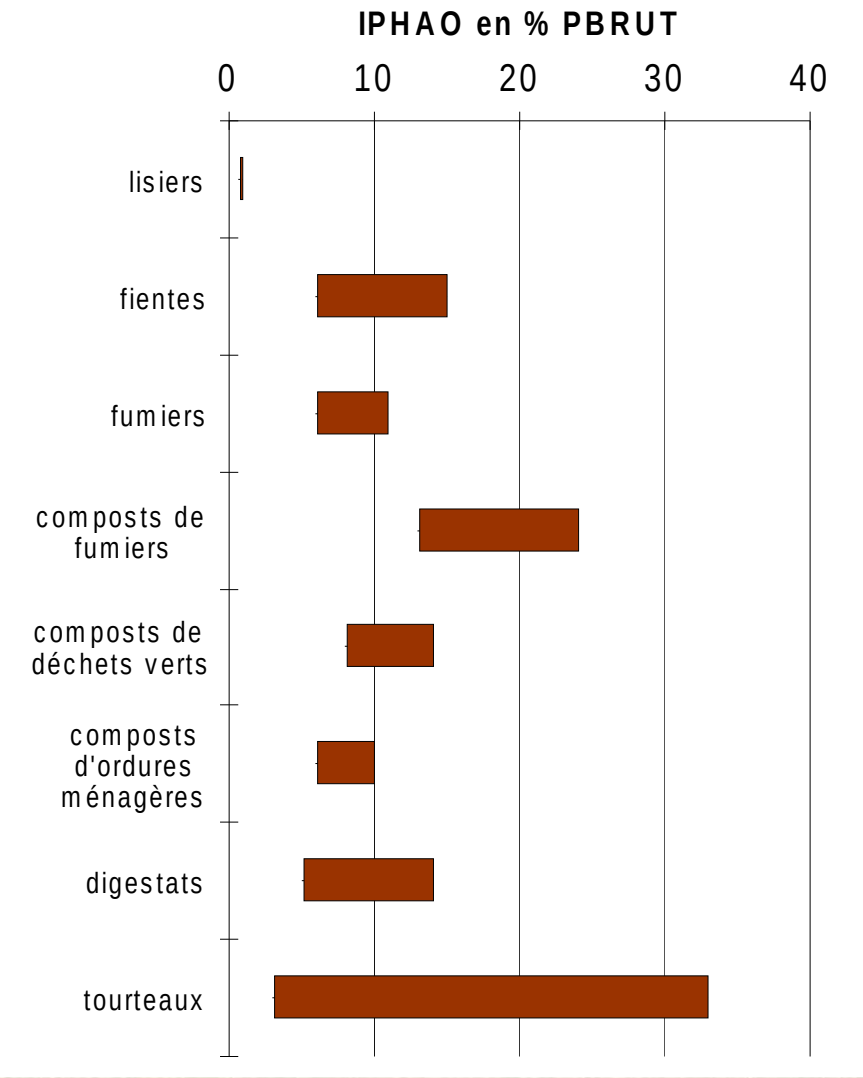


	Décomposable DPM	**Récalcitrant RPM**	**ISMO**
OMR	0.62	**0.38**	**0.52**
FUM	0.32	**0.68**	**0,67**
DVB	0.20	**0.80**	**0,80**
BIO	0.07	**0.93**	**0,79**

ADEME

INRA

Ordre de grandeur d'ISMO pour differents apports



→ à exprimer en % PBrut, alors discriminant

Source: L. Thuriès d'après Lashermes 2006 (INRA)

Repères

Lashermes* G., Houot S., Nicolardot B., Parnaudeau V., Morvan T., Linères M., Mary B., Thuriès L., Metzger L., Villette C., Tricaud A., Guillotin M.L. (2005) ‘Caractérisations des produits résiduaires organiques : une base de données pour la définition de classes de produits opérationnelles’ *7èmes rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre « Fertilisation et Société »* GEMAS Comifer, Blois (France), 15-16 Novembre.

Lashermes G., Houot S., Nicolardot B., Parnaudeau V., Mary B., Morvan T., Chaussod R., Linères M., Metzger L., Thuriès L., Villette C., Tricaud A., Guillotin M.L. (2007) ‘Apport de matières organiques exogènes en agriculture : indicateur de potentialité de stockage de carbone dans les sols et définition de classes de disponibilité d’azote’, *Echo MO*, 05-2007.

Lashermes, G., Nicolardot B., Parnaudeau V., Thuriès L., Chaussod R., Guillotin M.L., Linères M., Mary B., Metzger L., Morvan T., Tricaud A., Villette C., Houot S. (2008) ‘Indicator of potential carbon storage in soils via exogenous organic matter’. *European Journal of Soil Science* (accepté).

MERCI

Indicateurs de procédé: évaluation de la maturité des composts

Test Solvita

Rottergrad

	C orga (% MS)	C/N	Auto échauffement T (°C)	Auto échauffement Indice	Solvita Indice
DV 3 mois	24	16,3	24,2	5	4
DV 6 mois	21	13,6	19,0	5	6
BIO 3 mois	23	13,4	23,5	5	3
BIO 6 mois	20	12,4	23,5	5	5
OMG 3 mois	28	17,9	61,0	1	2
OMG 6 mois	21	11,1	24,5	5	6

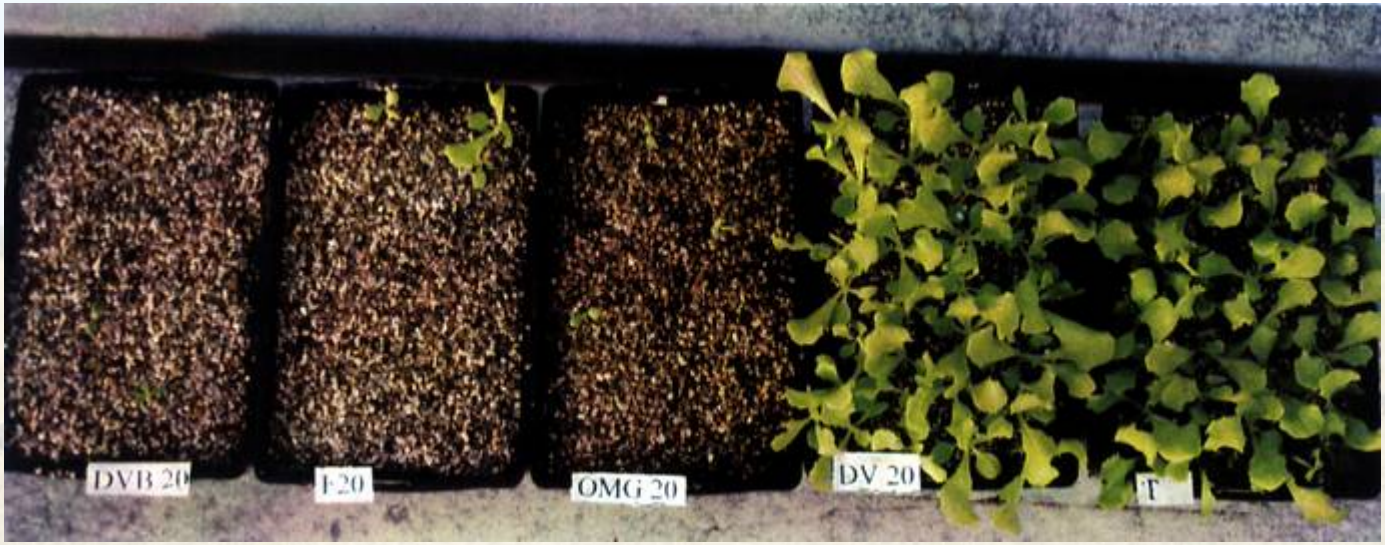
Maturité

Frais → *mûr*

Solvita	1	2	3	4	5	6	7	8
Rottergrad	1	2	3		4		5	

Utilisation en support de culture, voir maraîchage à forte dose

Tests de phytotoxicité :
germination et croissance de graines



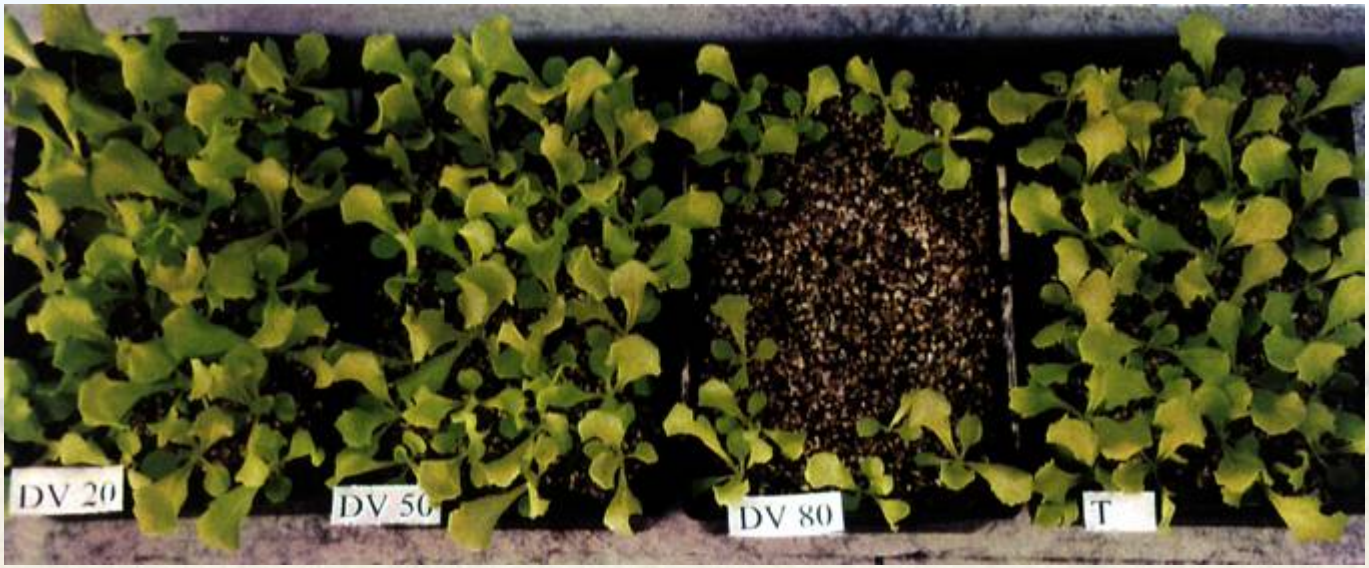
laitue

(P. Morel, INRA Angers)

Utilisation en support de culture, voir maraîchage à forte dose

Composts murs uniquement, non phytotoxiques

Recherche de la proportion maximale potentielle en remplacement de la tourbe



(P. Morel, INRA Angers)