2ème Session : valeur agronomique des PRO

Conséquences sur la matière organique des sols

Sabine Houot (EGC, INRA Grignon)

avec la collaboration de G. Bodineau, JN Rampon, M. Le Villio-Poitrenaud, D.Montenach, A. Schaub, M. Imhoff

Contexte et objectifs

✓ Baisse des teneurs en MO : menace affectant la qualité des sols.

✓ PRO: source importante de MO en dehors des résidus de culture

✓ PRO d'origine urbaine, industrielle (composts, boues…), sources importantes là où l'élevage a disparu

✓ Quelle efficacité de ces produits à relever les stocks de MO dans les sols?

✓ Evolution et simulation des stocks de MO en lien avec type de PRO.

Sites d'étude et PRO épandus

Feucherolles:

- Blé – maïs: paille de blé exportées, résidus de maïs enfouis
- 5 traitements orga: OMR, DVB, BIO, FUM et Témoin
- Epandage tous les 2 ans (Oct 98, Sept 00, 02, 04, 06): **4 tC/ha**
- Enfouissement dans horizon de labour

Colmar:

- Maïs, blé, maïs, orge, maïs, blé: pailles enfouies
- 6 traitements orga: BOUE, DVB, BIO, FUM, FUMC et Témoin
- Epandage tous les 2 ans (Avril 01, Janvier 03 et 05) : **170 kg N/ha**
- Enfouissement dans horizon de labour

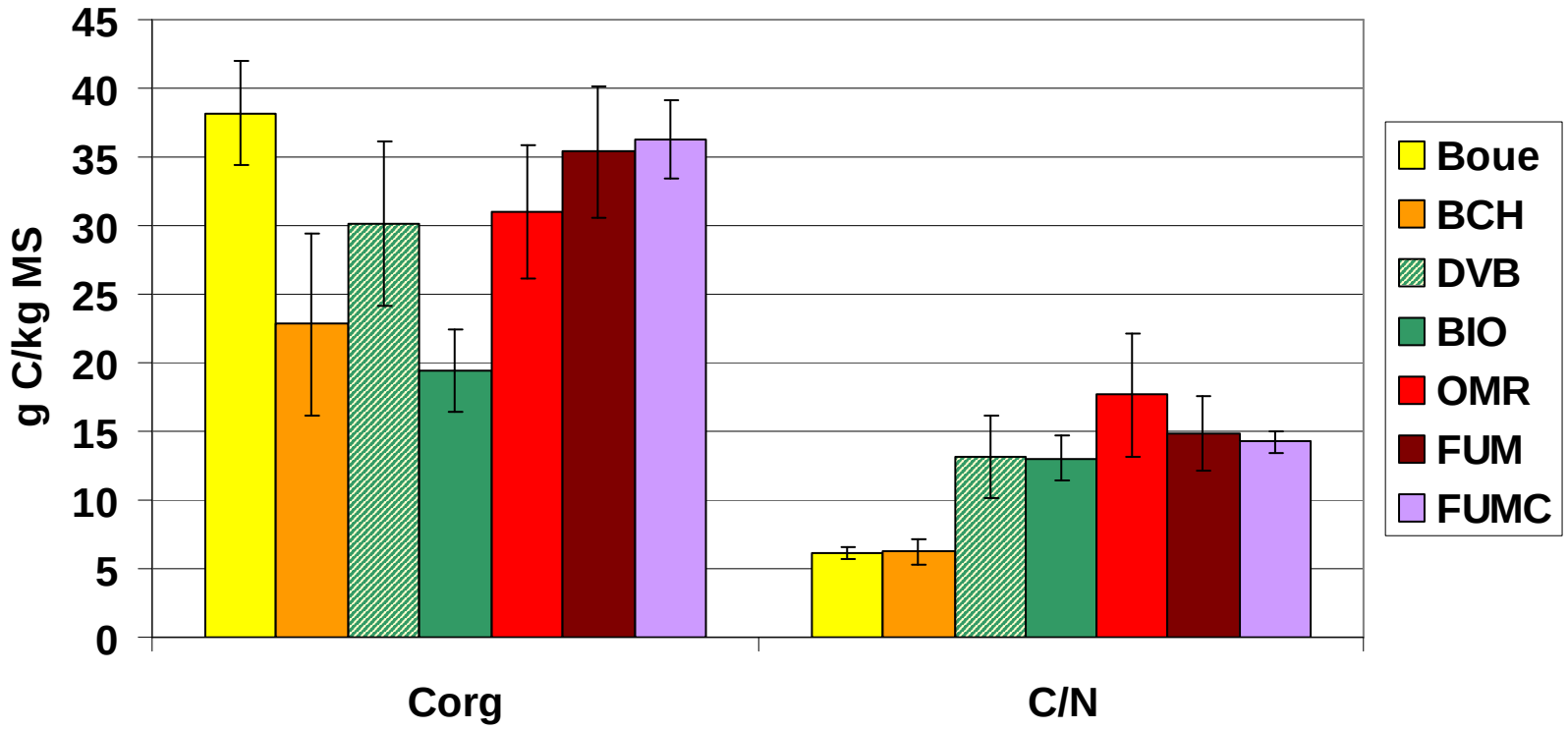
Ensisheim:

- Maïs sauf en 2005, blé: pailles enfouies, irrigation
- 3 traitements : BOUE, BOUE Chaulée et Témoin fertilisé
- 5 épandages en Nov 95, Nov 98, Nov 01, Mars 03 et Mars 04
- **Pratiques agriculteurs : 20 t MB/ha puis 15 t MB/ha**
- Enfouissement dans horizon de labour (20 cm); 2001 dans 5cm

Caractéristiques de la MO des PRO épandus

- **Teneurs en C organique**: Boue > FUM ≈ FUMC >OMR ≈ DVB > BCh > BIO

- **C/N:** OMR > FUM ≈ FUMC > DVB ≈ BIO > Boue ≈ BCh



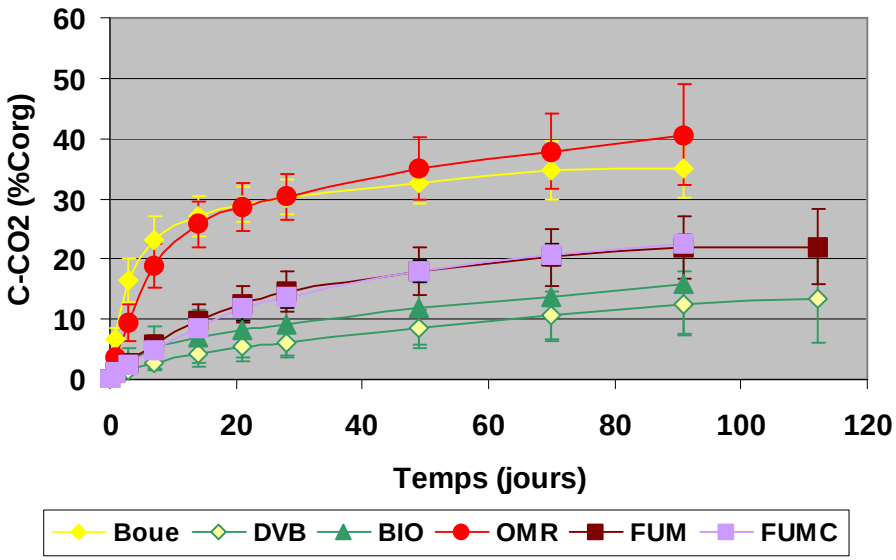
Caractéristiques de la MO des PRO épandus

- **Biodégradabilité de la MO des PRO**

Minéralisation C au cours d'incubations (XPU 44-163)

OMR ≈ Boue >Fumier ≈ FUMC > FFOM ≈ DVB

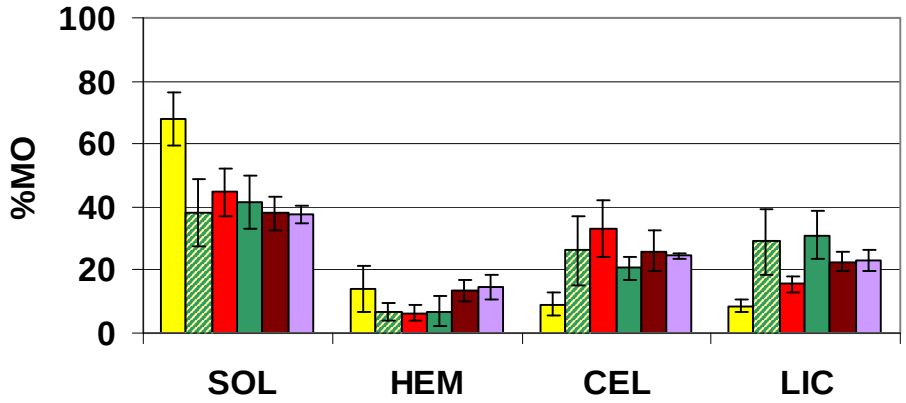
% Corg	Moyenne	Fourchette
OMR	41	33 – 52
BOUE	35	32 - 40
FUMC	23	21 - 24
Fumier	22	14 – 30
FFOM	15	4 – 28
DVB	13	7 – 21

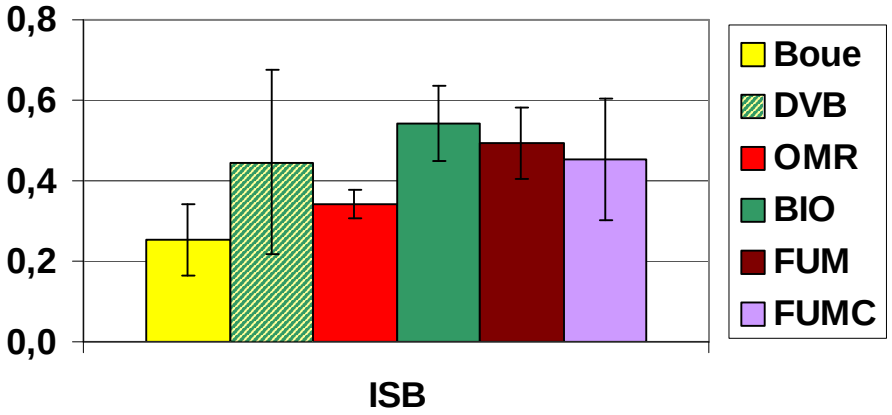


Caractéristiques de la MO des PRO épandus

Fractionnement biochimique (XPU 44-162) en:
- substances solubles (SOL)
- équivalent-hémicellulose (HEM)
- équivalent-cellulose (CEL)
- équivalent-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





- Fractions solubles importantes : Boue
- DVB et FFOM + riches en LIC
- OMR et Fum + riches en CEL
- **ISB**: BIO >FUM ≈ FUMC ≈ DVB > OMR> Boue

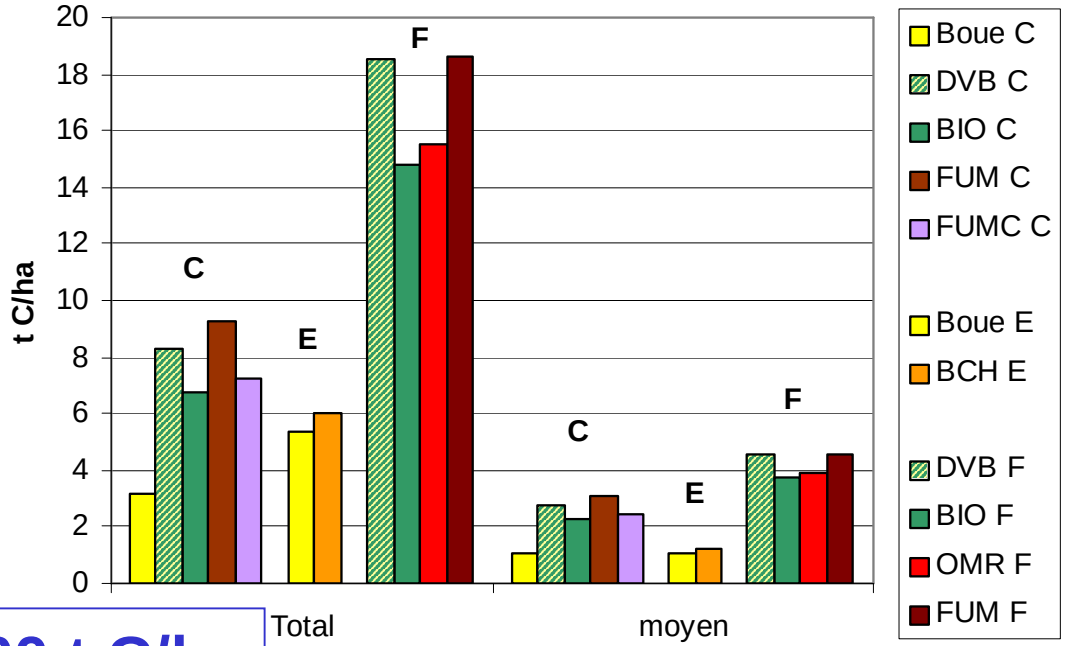
Flux de C entrant dans les sols

PRO: 2 à 18 t C/ha

- Total: F >> C et E
- Par épandage:

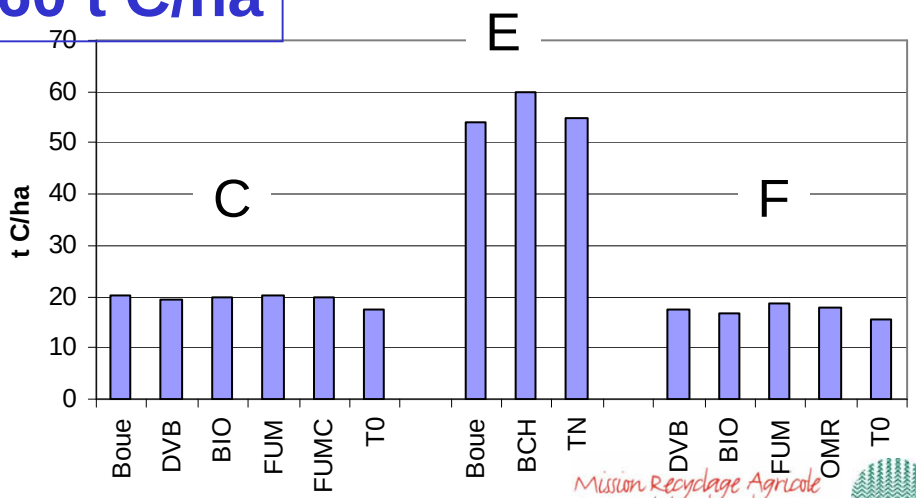
PRO Feucherolles > composts et FUM Colmar > Boues

C total et par épandage



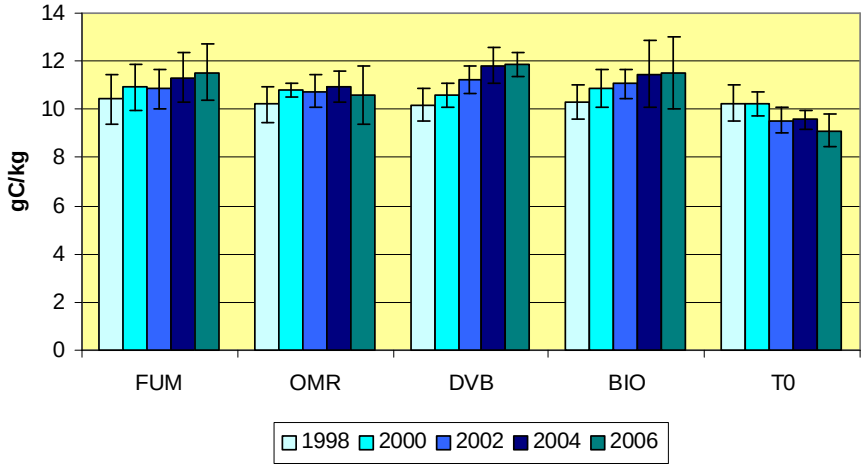
Résidus de Culture: 20 à 60 t C/ha

- **E >> C ≈ F**
- Peu de différences entre traitements



Evolution des teneurs en C dans les sols

Feucherolles: augmentation variable des teneurs en C

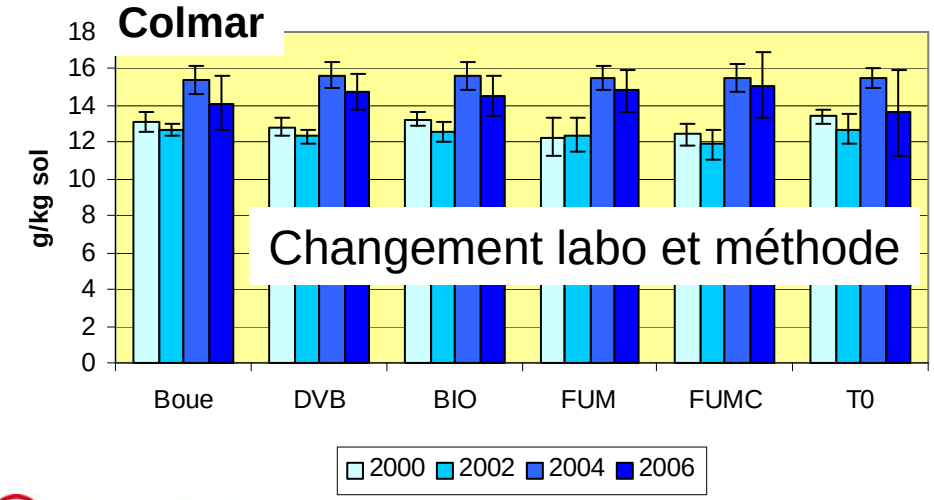


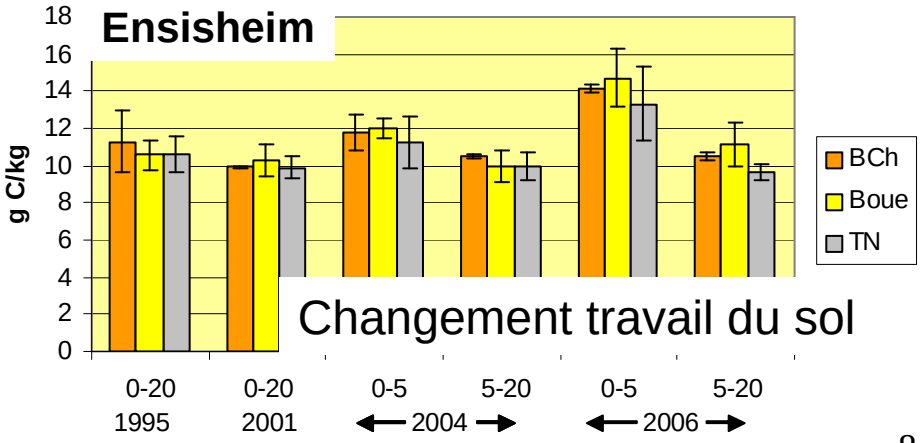
Evolution des teneurs (% départ)

%	DVB	FUM	BIO	OMR	T
+N	**20,2***	**20,0***	**14,4*****	**11,3**	**-6,4**
-N	**16,7****	**10,7**	**11,6***	**3,8**	**-11,1***

* p<0,05; ** p< 0,01; *** p<0,001

Colmar et Ensisheim: pas de différenciation des traitements





Bilan humique des épandages à Feucherolles

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

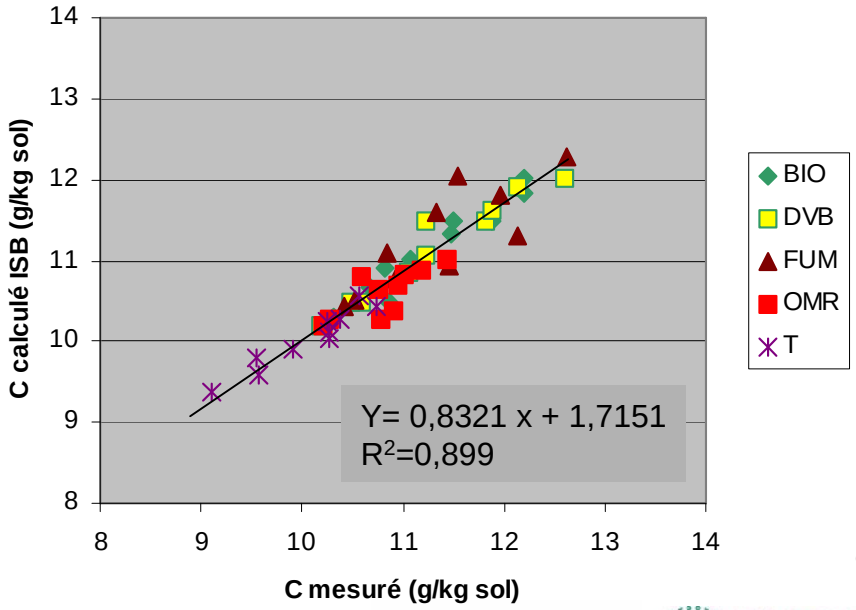
Marin-Laflèche, 1996)

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

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

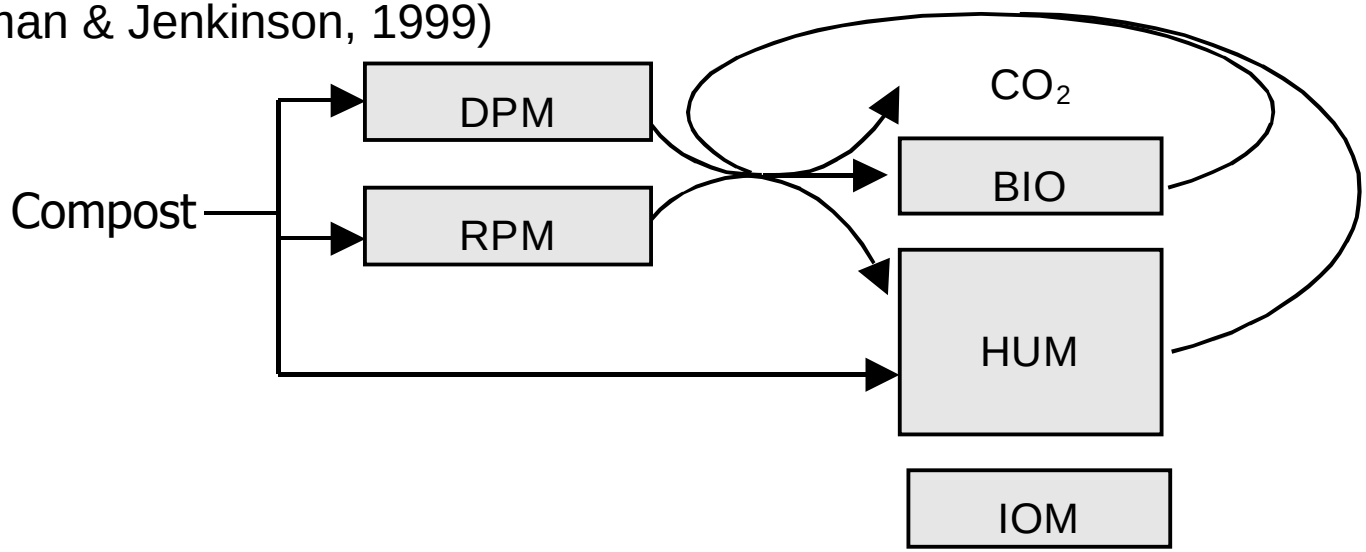
% C apporté	Simulé	mesuré	ISB
FUM	58	50	52
OMR	34	34	34
DVB	43	46	49
BIO	51	49	53

Comparaison C calculé - C mesuré



Le modèle ROTH C (1/2)

(Coleman & Jenkinson, 1999)

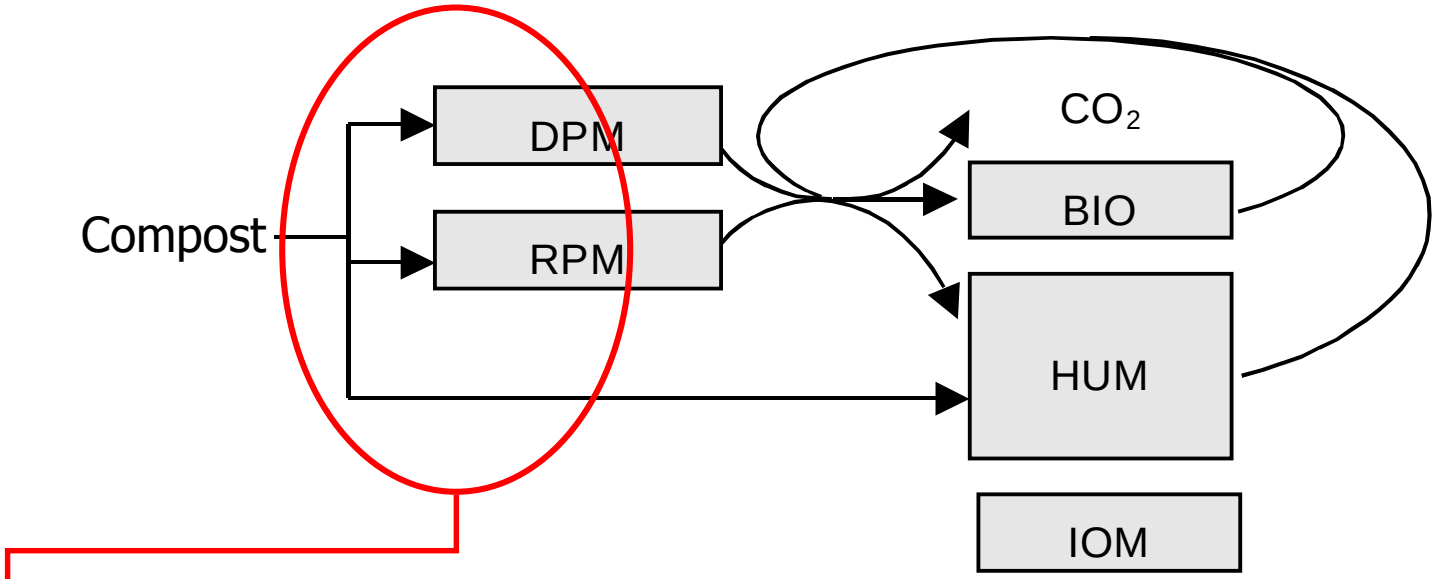


Compartiments (0-29 cm)	**Temps moyen de résidence**
DPM (Decomposable Plant Material)	1,2 mois
RPM (Resistant plant material)	3,3 ans
BIO (Microbial Biomass)	1,5 an
HUM (Humified and protected matter)	50 ans
IOM (Inert organic carbon)	infini

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

Le modèle ROTH C (2/2)

Objectifs de la modélisation



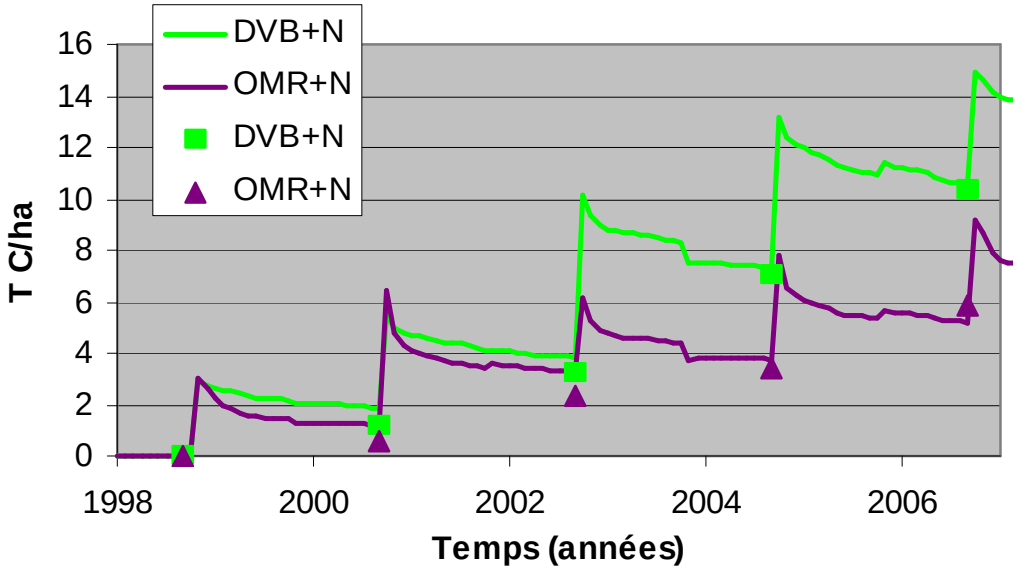
1. Partitionnement du C des composts en DPM, RPM, HUM

- 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

Evolution des stocks de C : Modélisation/mesures

Evolution des delta stocks de C dans les traitements OMR+N et DVB+N par rapport au témoin: résultats simulés et mesurés



R^2, coefficient de détermination des résultats ROTH C par rapport aux mesures

DVB	OMR	FFOM	Fumier
0,95	0,91	0,95	0,92

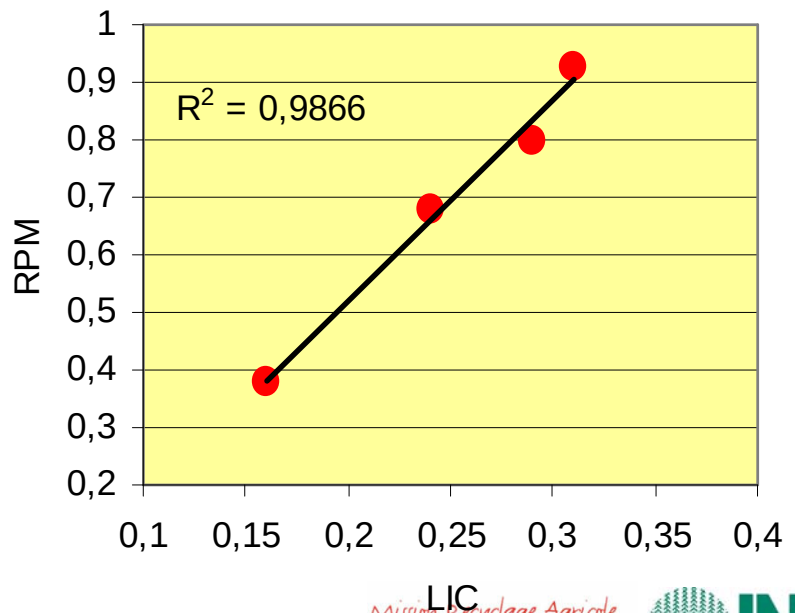
(P<0,001)

Simulations satisfaisantes avec ROTH C

Partition MO des composts par ROTH C

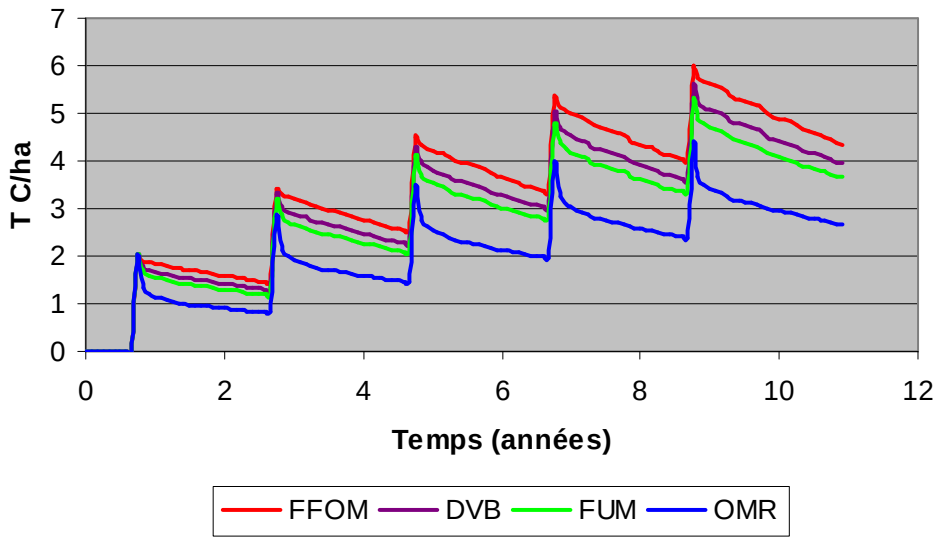
	DPM	RPM
OMR	0.62	0.38
FUM	0.32	0.68
DVB	0.20	0.80
BIO	0.07	0.93

- Pas d'incorporation directe dans HUM
- DPM et biodégradabilité reliée
- RPM augmente avec fraction lignine



MO des composts restant après 10 ans

Evolution C résiduel des composts (10 ans apport tous les 2 ans de 2 TC/ha)



	C restant
BIO	43%
DVB	41%
FUM	36%
OMR	27%

- BIO : RPM résiduel + important
- OMR: Incorporation dans HUM + Biomasse microbienne proportionnellement plus importante

Conclusions

✓ Les apports de PRO peuvent générer des augmentations de C dans les sols

✓ Apports conséquents nécessaires pour détection à moyen terme (10 ans): Feucherolles, différenciation des traitements

✓ A Colmar et Ensisheim: pas de différenciation des traitements; flux C via résidus de culture similaires dans ls traitements

✓ Méthodes de caractérisation de la MO des PRO: indicateurs du comportement dans le sol

✓Efficacité augmente avec leur degré de stabilité: BIO> DVB> FUM> OMR (lien avec teneur en lignine)

✓ Bilan humique (Hénin Dupuis) simule correctement après 8 ans l'évolution des stocks de MO dans les sols: 2 indicateurs satisfaisants ISB (20 à 50% MO) et ISMO (40 à 70%)

✓ ROTH C également et permet de préciser le devenir du C

- PRO dont la MO reste biodégradable (OMR): BIOMASSE et MO Humifiée ; valorisation d'autres effets (structure, dispo N…)
- PRO plus stables (BIO): proportion résiduelle supérieure dans RPM, non incorporée à la MO du sol

Perspectives

✓ Relation entre véritable nature chimique des PRO et comportement: recherche de marqueurs d'incorporation dans la MO du sol

✓ Finalisation de la typologie des PRO et validation d'indicateurs de caractérisation par rapport au comportement des PRO

✓ Analyse approfondie de l'incorporation de la MO de PRO dans la MO de sol pour valider les simulations par ROTH C (fractionnement granulomètrique de la MO)

✓ Utilisation des indicateurs pour simuler l'évolution du C dans les sols soumis à apports de PRO