

Utilisation des produits résiduaux organiques en Agriculture

Annie DUPARQUE
Agro-Transfert Ressources et Territoires
a.duparque@agro-transfert-rt.org



Partie 1 :

Estimation des valeurs agronomiques
« carbone » des PRO, adaptées au modèle AMG

Une collaboration avec l'INRA :
- S. Houot, INRA EGC, Grignon ;
- B. Mary, INRA Agro-Impact, Laon



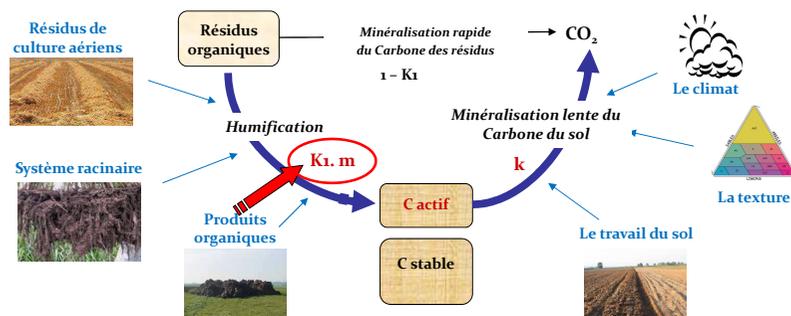
Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy - 9 février 2015

Le modèle AMG

Un modèle simple de calcul de bilan humique à la parcelle

Le modèle **AMG***

Les principes du calcul $dC/dt = K_1 \cdot m - k \cdot Ca$



*AMG, du nom de ses auteurs: Andriulo, Mary, Guérif- INRA de LAON

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy - 9 février 2015

Equation du modèle AMG : $dC/dt = K_1 \cdot m - k \cdot Ca$

Détermination de la quantité de carbone de l'humus
apportée par un PRO :

$K_1 \cdot m$ du PRO

m : Quantité de carbone organique «frais»
apporté par le PRO est fonction de :

- La dose d'apport
connue avec quelle précision ?
= f (type de matériel et son utilisation ; caract. physiques du PRO)
- La fréquence d'apport
- La teneur en Corg du PRO (kg/T de MB)
connue avec quelle précision ?
= f(variabilité de composition du PRO au cours du temps à la production ;
qualité de l'échantillonnage ; précision/répétabilité de l'analyse labo)

Quelle détermination du coefficient isohumique K_1 du PRO ?

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy - 9 février 2015

Determination du K1 des PRO pour le modèle AMG

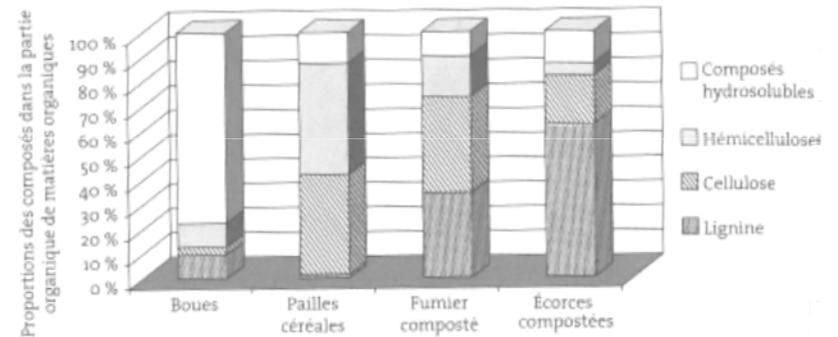
3 voies d'acquisition de références sur la valeur « Carbone » des PRO :

- 1) Caractérisation des résidus organiques par des analyses biochimiques
- 2) Caractérisation via des incubations en conditions contrôlées
- 3) Ajustement de valeurs par optimisation du paramètre k_1 d'AMG sur des données d'essais de longue durée avec apports de PRO

=> Une estimation passant par la combinaison des ces différentes voies

1 - Composition Biochimique des PRO

Exemple de répartition des fractions biochimiques dans diverses matières organiques



Source : Leclerc, 2001

1 - Composition Biochimique des PRO

Caractérisation Biochimique des Résidus organiques

Atouts

Méthode pratiquée en routine en laboratoires d'analyses de végétaux (fourrages) depuis longtemps

Permet de classer les résidus organiques en « plus ou moins récalcitrants » à la transformation dans le sol

Limites

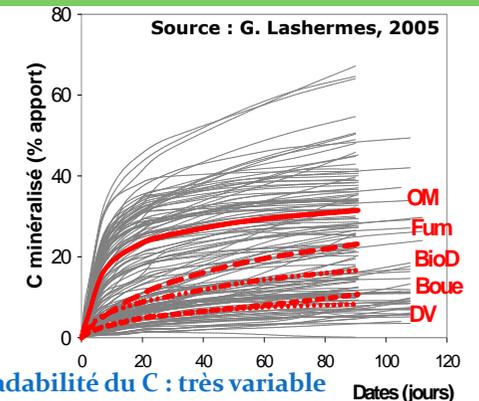
Impossibilité de prédire de façon quantitative la part de carbone stabilisée dans un sol sur la base de ces seuls résultats d'analyses

2 - Taux résiduel de Corg via des incubations

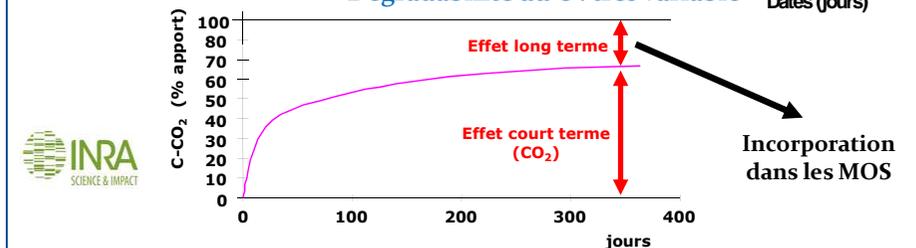


XPU 44-163 Incubations longues de sol en conditions contrôlées

S. Houot, INRA EGC Grignon



Dégradabilité du C : très variable



Caractérisation via des incubations en conditions contrôlées

Atouts

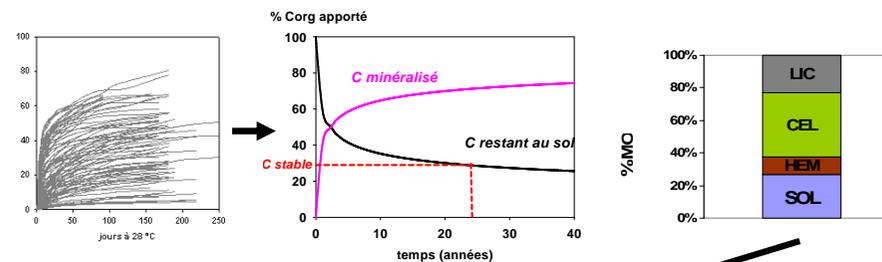
Donne une représentation réaliste du comportement du PRO au cours de sa transformation au contact du sol

Limites

Lourdeur de mise en œuvre et coût élevé : non généralisable à tous les PRO existants (constamment de nouveaux produits épandus)

Problème de transposition des résultats du laboratoire au champ

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy – 9 février 2015



Analyse statistique de la relation entre C_{stable} et fractions biochimiques



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

Proportion de matière organique susceptible d'entretenir le stock de matière organique du sol

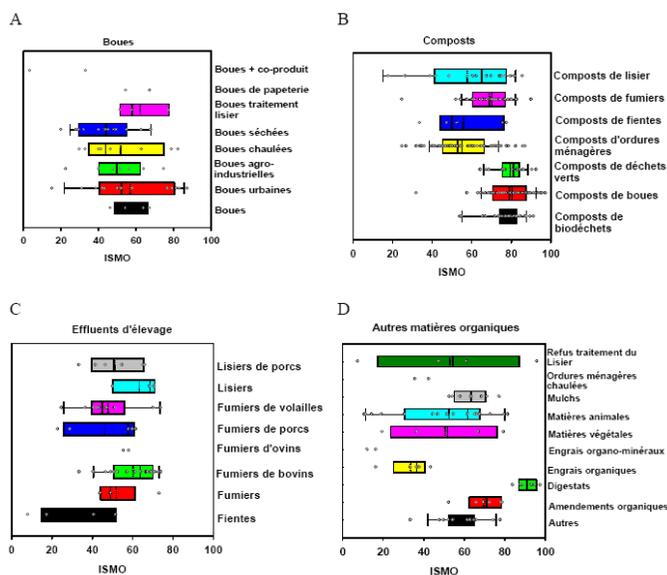
Source : Lashermes *et al.*, 2009

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy – 9 février 2015

ISMO pour une gamme large de PRO

BaseTYPO

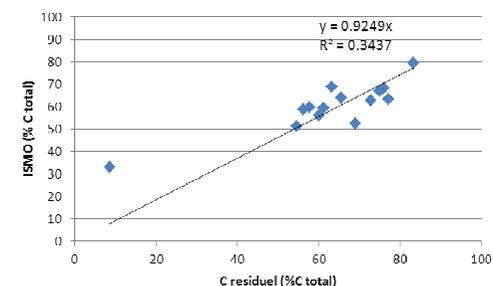
Boues	57
Composts urbains	194
Composts d'effluents	58
Digestats	6
Fumiers	48
Lisiers + Fientes	14
Matè res animales	6
Matè res végétales	17
Mulchs	7
Engrais	7
Autres	26
total	440



Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy – 9 février 2015

ISMO : quelle valeur pour nouveaux PRO ?

Exemple des digestats



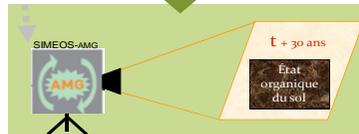
Source : S. Houot, INRA EGC Grignon



Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy – 9 février 2015

3 – Estimation du C résiduel d'après essais de LT

7 essais de LT
32 PRO utilisés
Cinétiques d'évolution du Corg du sol au champ



Optimisation

K1 AMG



G. Lashermes, et al., 2009



D. Jousseau et S. Houot, INRA Grignon ; B. Mary, INRA Laon et A. Duparque : Agro-Transfert-RT; 2010-2011

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy – 9 février 2015

3 – Estimation du C résiduel d'après essais de LT

Présentation des essais au champ

- 7 essais PRO de longue durée (10 ans à 50 ans)
 - mesures carbone (PRO et sol)
 - ITK et MS produites (grains et résidus)
- Différences de stocks entre Témoins sans apports et traitements avec apports



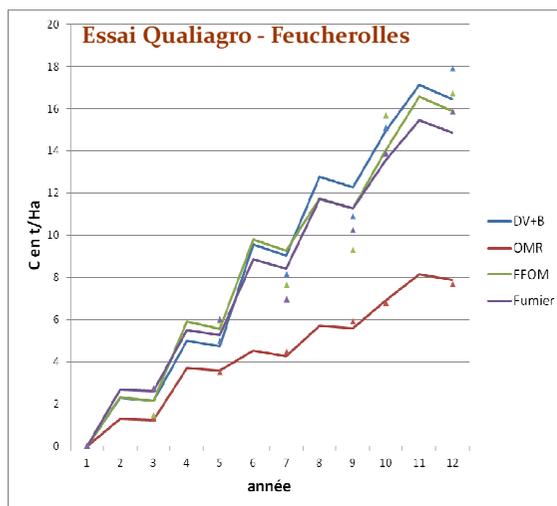
Localisation	Feucherolles	Brindas	Ultuna	Askov	La Jaillière	Jeu-les-Bois	Colmar
Pays	France	France	Suède	Danemark	France	France	France
Organisme	INRA Grignon	SINAIL	Swedish University of Agricultural Sciences	Danish Institute of Agricultural Sciences	Arvalis-Institut du végétal	OFRT des Bordes	INRA
Début données	1998	1995	1956	1956	1996	1999	2000
Fin données	2009	2009	2007	1987	2009	2009	2010
Cultures	Blé, maïs	Espèces maraichères	Blé, orge, avoine, maïs, colza, autres	Blé, orge, maïs, lin	Ray-grass	Ray-grass, fétuque	Maïs, blé, orge
PRO épandus	Compost de déchets verts, compost d'ordures ménagères, compost de biodéchets, fumier	Compost de déchets verts, fumier, fumier déshydraté, compost de tourteau de café enrichi, compost d'écorces enrichi	Paille, engrais vert, fumier, sciure, tourbe, boues, d'épuration	Fumier, paille, tourbe, sciure	Fumier bovin, fumier de volaille, fumier de porc, composts de fumier	Fumiers bovin, fumier de volaille, composts de fumier, lisier	Fumiers, composts de fumier, boue, boue compostée, compost de biodéchets

Source : Travaux de D. Jousseau et S. Houot ; INRA Grignon, 2011

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy – 9 février 2015

3 – Estimation du C résiduel d'après essais de LT

Exemple de simulation pour l'optimisation du K1 observé



RMSE

Ecart moyen résiduel entre simulé et observé

DV+B (Compost Déchets Verts + Boue) : 1,0

OMR (Compost Ordures Ménagères) : 0,2

FFOM (Compost de biodéchets) : 1,3

Fumier (Fumier de bovins) : 0,9



Source : Travaux de D. Jousseau et S. Houot ; INRA Grignon, 2011

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy – 9 février 2015

3 – Estimation du C résiduel d'après essais de LT

Premiers résultats

K1 AMG observés au champ

PRO	K1 Observés		
	Valeur	Effectif	Ecart-type
Boue urbaine	0,54	2	0,25
Compost BioD	0,83	2	0,09
Compost de boue	0,76	3	0,25
Compost OrdMén	0,42	1	
Compost Fumier	0,61	4	0,35
Fumier de bovin	0,52	9	0,15
Fumier de porc	0,53	1	
Fumier de volaille	0,40	2	0,21
Sciure	0,45	2	0,12
Tourbe	0,93	2	0,10



À confirmer et à compléter dans le cadre des travaux en cours

Projet CasDAR AMG (2009-2012)

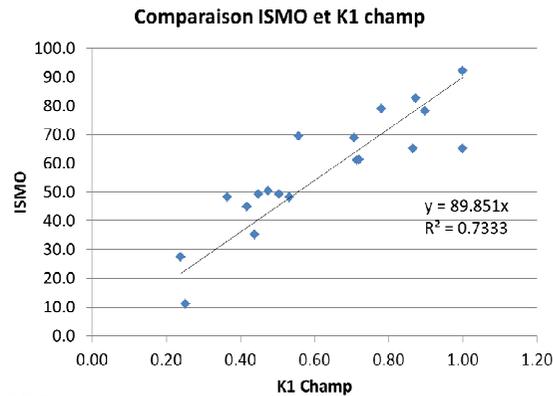
Source : Travaux de D. Jousseau et S. Houot ; INRA Grignon, 2011

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy – 9 février 2015

Premiers résultats

Comparaison K1 champ et ISMO

ISMO des PRO
épanchés au
champ



Source : Travaux de D. Jouseaume et S. Houot ; INRA Grignon, 2011



K1 des PRO : perspectives

- ✓ Des travaux importants à poursuivre pour parvenir à des valeurs validées des K1 pour une gamme suffisamment large de types de PRO
=> travaux financés en 2015 -2016
- ✓ Un enrichissement continu de ces références à prévoir pour les années qui suivront
- ✓ La nécessité d'une typologie opérationnelle des PRO intégrant ce critère



Partie 2 :

Simulation de l'effet « carbone » des PRO avec Simeos-AMG



Quels leviers agronomiques pour mieux gérer l'état organique des sols ?



Produits organiques :

Produits organiques : apport de C dans les sols

Quantité de C apportée dépend :

- de la nature du produit :
Richesse en C
Rendement en humification : K1 ou ISMO
- de ses doses et fréquence d'apport

Apport de C humifié par quelques produits organiques :

Produit organique	Quantité apportée (T ou m3 /ha)	Fourniture de C humifié (kg/ha)
Fumier de bovin	30	1100
Lisier	30	75
Fientes de volailles	6	250
Compost déchets verts	15	900
Pailles restituées	5	450

Quels leviers agronomiques pour mieux gérer l'état organique des sols ?



■ Produits organiques :

Le type de produit organique à apporter dépend de l'objectif :

➤ Objectif : « Fourniture de MO humifiée » : Amendement organique

(généralement d'origine végétale)

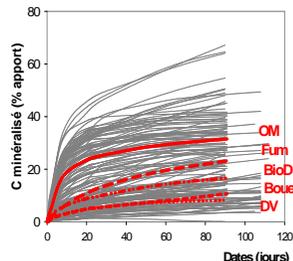
➔ Rechercher un produit stable, riche en C, K1 élevé
compost, (fumier), BRF

➤ Objectif : « Fourniture d'éléments nutritifs : produit de type engrais organique »

(généralement d'origine animale)

➔ Rechercher un produit qui se minéralise rapidement, 1 en N,P,K et à faible C/N
lisier, fientes, vinasse, boues

➤ Objectif : « Apport régulier de biomasse à décomposer pour alimenter l'activité biologique du sol



Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy - 9 février 2015

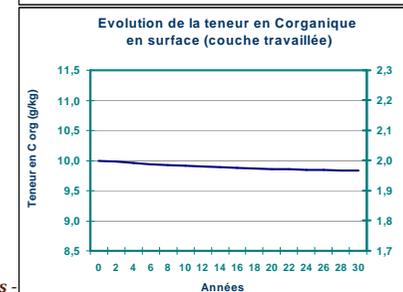
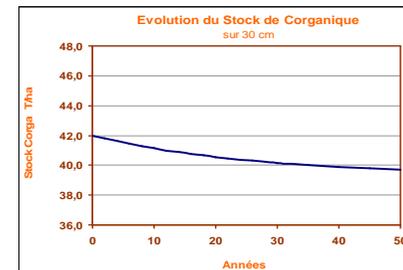
Apport de produits organiques (engrais de ferme)

Simulation d'un système céréale - betterave en sol limoneux

Système actuel :

Betterave - blé - orge - légume - blé

- Labour : 3 ans sur 5 à 25 cm
- Culture intermédiaire 1 année sur 5
- Pailles restituées
- 3 T/ha de vinasse tous les 5 ans



Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -

Apport de produits organiques (engrais de ferme)

Simulation d'un système céréale - betterave en sol limoneux

Système actuel :

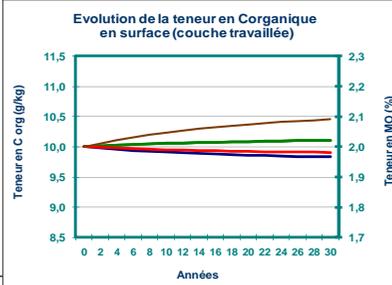
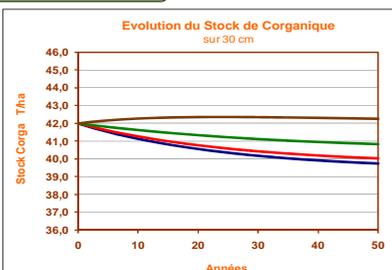
Betterave - blé - orge - légume - blé

- Labour : 3 ans sur 5 à 25 cm
- Culture intermédiaire 1 année sur 5
- Pailles restituées
- 3 T/ha de vinasse tous les 5 ans

30 m3 de lisier de porc tous les 5 ans

20 T/ha de fumier de bovin tous les 5 ans

20 T/ha de fientes de poule brutes tous les 5 ans



Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -

Quels leviers agronomiques pour mieux gérer l'état organique des sols ?

■ Cas particulier des échanges pailles-fumier :



$$1 \text{ T de paille} * \text{Teneur C} * K_1 = 1 * 0,37 * 0,21 = 79 \text{ Kg de C humifié}$$

$$1 \text{ T de fumier} * \text{Teneur C} * K_1 = 1 * 0,09 * 0,4 = 36 \text{ Kg de C humifié}$$

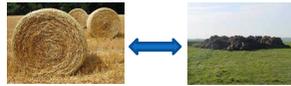
X 2,2

➔ En équivalent humus, 1 T de paille fraîche vaut 2,2 T de fumier

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy - 9 février 2015

Echanges Pailles-Fumier

Qu'est-ce qu'un échange paille-fumier équitable



1 T de paille en andain <-> 1,6 T de fumier à enlever sur site
<-> 1 T de compost de fumier

Echange équitable compte tenu de la valeur des produits en termes de :
- **quantité d'humus fournie**
et
- **d'éléments minéraux disponibles dans l'année**

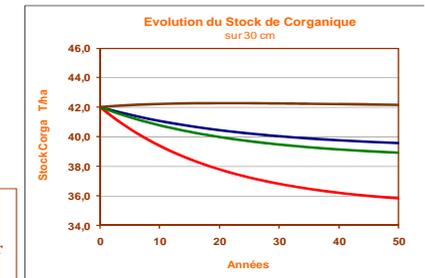
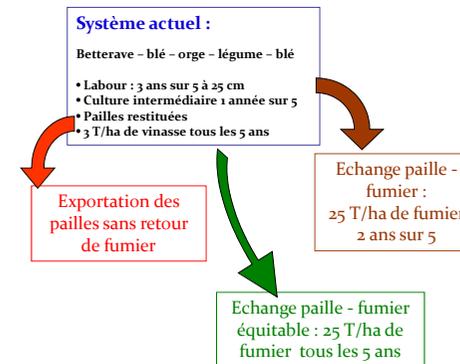
Sur 1 ha produisant 4,5 T de paille exportable, l'échange conduirait à un apport de :
→ 7 T de fumier
→ 4,5 T de compost de fumier

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy - 9 février 2015

Echanges Pailles-Fumier



Simulation d'un système céréale - betterave en sol limoneux



→ L'échange paille-fumier équitable économiquement ne permet pas, dans cette situation, d'équilibrer le bilan humique à long terme ;
Il faut doubler la fréquence de l'apport pour atteindre cet équilibre

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy - 9 février 2015

Conclusions et perspectives

La gestion des matières organiques sur les terres agricoles doit répondre à des objectifs multiples :

- ✓ Préservation des stocks de carbone organique des sols
= Objectif Long Terme
- ✓ Fourniture d'éléments minéraux aux plantes et aux organismes du sol et alimentation en énergie de ces organismes ; amélioration transitoire des propriétés physiques du sol (stabilité structurale)
= Rôles des MOS à Court et Moyen Termes

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy - 9 février 2015

Conclusions et perspectives

Rôles des apports de PRO :

- ✓ Ils doivent être raisonnés en combinaison avec les autres leviers de gestion de l'état organique du sol (Carbone) et de la fertilisation (N, P, K, ...)
- ✓ Des travaux importants sont en cours pour évaluer la valeur agronomique des PRO (sur N et C, en particulier)

⇒ Constats :

- Une très grande variété de PRO ;
- Une forte variabilité de leurs caractéristiques et comportements en cours de décomposition
- Des questions importantes posées quant à la transposition au champ des résultats de « valeur agronomique » estimée au laboratoire

=> projet PROLAB AAP ADEME DOSTE 2013

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy - 9 février 2015



*Merci pour
votre attention*

Gestion de l'Etat Organique des sols cultivés -Tilloy - 9 février 2015