

GESTION DE L'ÉTAT ORGANIQUE DES SOLS AVEC SIMEOS-AMG

Vincent Tomis
Agro-Transfert RT
v.tomis@agro-transfert-rt.org



Projet GCEOS : GESTION ET CONSERVATION DE L'ETAT ORGANIQUE DES SOLS

Un projet de recherche-développement

Lancé à la demande des chambres d'Agriculture de Picardie, face
aux interrogations des agriculteurs sur la gestion de leurs MO

En partenariat avec

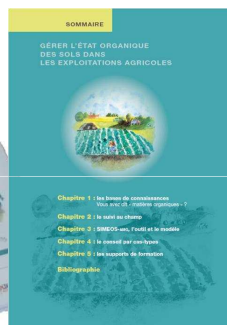


* avec le soutien financier de :

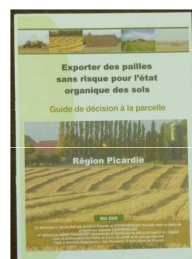


Sorties du projet GCEOS

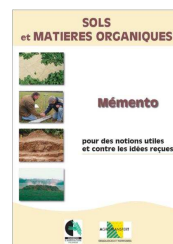
Le classeur de synthèse des résultats du projet :



Guides de décision :



Un Mémento :



L'outil SIMEOS-AMG :

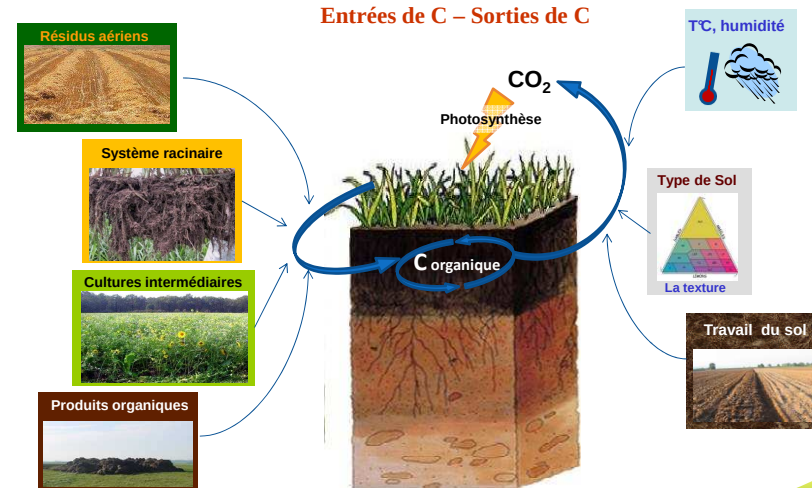


Pour en savoir plus : <http://www.agro-transfert-rt.org/>

Gérer l'état organique du sol à l'aide d'un outil de simulation

Principe d'un bilan humique

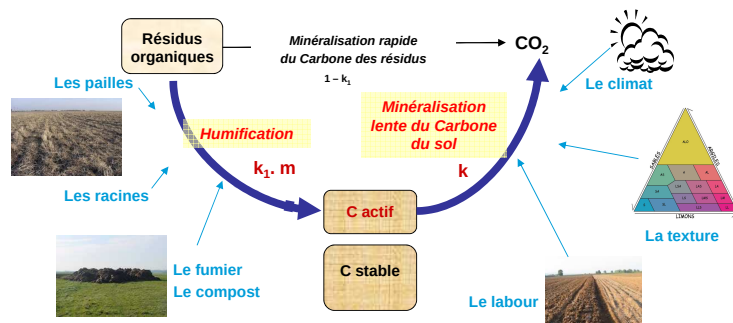
Entrées de C – Sorties de C



Le modèle **AMG***

Les principes du calcul

$$dC/dt = k_1 \cdot m - k \cdot C_a$$

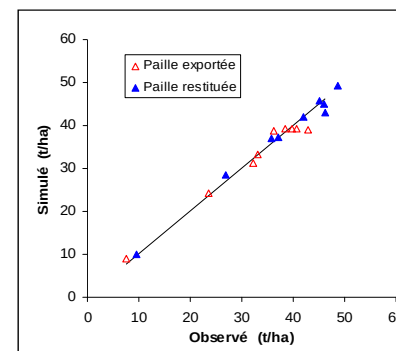


*AMG, du nom de ses auteurs:
Andriulo, Mary, Guérif - INRA de LAON

- Développement/amélioration d'AMG dans le cadre de CARTOPAILLES (K. Saffih & B. Mary; 2008)

Synthèse sur les 9
essais
internationaux
Stocks C simulés
en fin d'essai

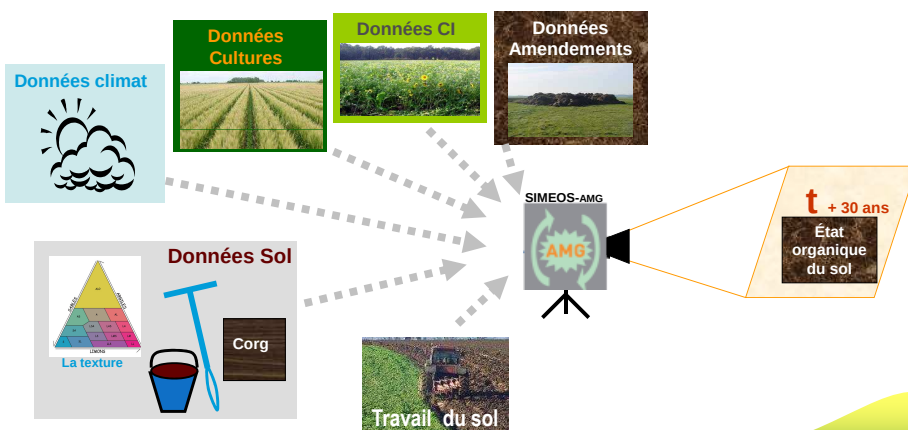
Saffih et Mary, 2008



- Et dans le cadre du projet GCEOS (toujours en cours)

SIMEOS-AMG : outil de SIMulation de l'Etat Organique des Sols fondé sur le modèle AMG

Adaptation du modèle AMG
aux problématiques de gestion des MO rencontrées en Picardie



Système Légumier en limon

Rotation culturale :

Pomme de Terre / Blé / Pois conserve / Betteraves / Blé / Carottes

Système actuel :

- Labour : 2 ans sur 3
- Prof. de labour : 28 cm
- Engrais vert : 1 an/3

Scénario C

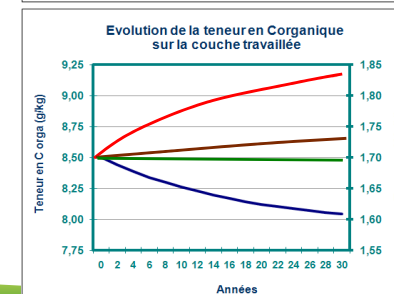
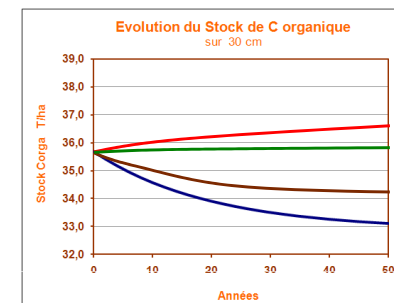
- Apport de 10 T/ha de compost de déchets verts/6ans
- Suppression d'un labour et réduction de prof. Labour à 22 cm

Scénario A

- (réduction des pertes de C)
- Suppression d'un labour (1 an sur 2)
- Réduction de la profondeur de labour à 22 cm

Scénario B

- (augmentation des restitutions humiques)
- Apport de 10 T/ha de compost de déchets verts /6ans
- Engrais vert : 1 an sur 2



Les sorties de SIMEOS-AMG : indicateurs utilisés

Effet **TENEUR** ≠ Effet **STOCK** ≠ Effet **FLUX** de MO fraîche

Comportement physique

- Stabilité structurale
- Résistance à la battance
- Résistance à l'arrachement (érosion)
- Résistance au compactage
- « Travaillabilité » : Amélioration de la friabilité

Stockage et fourniture d'éléments (N, S, P, K)

- CEC
- Augmentation de la rétention d'eau
- Séquestration de carbone (puits de C)

Activité biologique : nourriture pour les vdt

- Stabilité structurale lors de la décomposition des MO fraîches
- Fourniture d'éléments minéraux

Les sorties de SIMEOS-AMG : indicateurs utilisés

illustration de l'effet **TENEUR** en MO :

→ Stabilité structurale :



Croute de battance compromettant la levée des cultures :



Crédit photo : D. Gassen

Crédit photo : <http://agroecologie.cirad.fr>

illustration de l'effet **TENEUR** en MO :

Levée de blé sur parcelle remembered :

Parcelle voisine avec faible restitution organique

(Battance, pertes à la levée, moindre développement du blé...)



Ancienne parcelle enrichie par du fumier (+ riche en MO)



Crédit photos : V. Tomis, Agro-Transfert

Les sorties de SIMEOS-AMG : indicateurs utilisés

illustration de l'effet **TENEUR** en MO :

→ Travaillabilité :

Labour en argile limoneuse :



Bande de labour collante ('lards' remontés par le labour)

Bande de labour en bordure (sol plus riche en MO) : émiettement et fragmentation + important

Crédit photo : V. Tomis, Agro-Transfert

illustration de l'effet **STOCK** de MO :

→ Fourniture d'azote par minéralisation des MO humifiées :

Blé précédent betteraves (même variété, même niveau de fertilisation)
Parcelle anciennement divisée avant l'échange de terre :

Historique parcelle :
- Engrais verts fréquents

- Restitution systématique des pailles

Stock de MO : 96T /ha
(2,3 % de MO)



Historique parcelle :
- jamais de cultures intermédiaires

- Exportation fréquente des pailles

Stock de MO : 70T /ha
(1,7 % de MO)

Crédit photo : V. Tomis, Agro-Transfert

13

illustration de l'effet **FLUX** de MO fraîches :

→ Fourniture d'azote par décomposition des MO fraîches :

Maïs en agriculture biologique :

Sans engrais vert :



Avec engrais vert (vesce) :



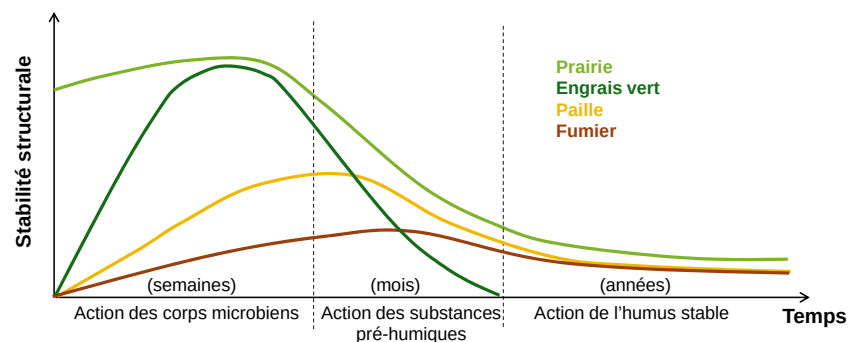
Crédit photos : G. Salitot CA60

14

illustration de l'effet **FLUX** de MO fraîches :

→ Effet sur la stabilité structurale :

Effet des métabolites issus de l'activité microbienne sur la stabilité structurale



Action des différentes formes de MO du sol sur la stabilité structurale
(d'après Monnier, 1965)

→ Engrais vert : action rapide et intense mais de courte durée

15

illustration de l'effet **FLUX** de MO fraîches :

→ Effet sur la stabilité structurale :

Même parcelle, même type de sol, même mode d'implantation, même date de semis
30 mm de pluie après le semis :



Levée de betteraves en non labour avec couvert de phacélie détruit 3 mois avant semis

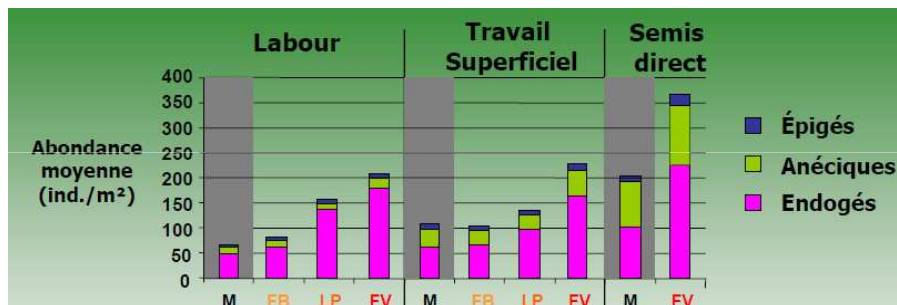
Levée de betteraves en non labour avec couvert de phacélie détruit 20 jours avant semis

16

illustration de l'effet **FLUX** de MO :

→ Effet sur l'activité biologique du sol :

Effet du travail du sol et du mode de fertilisation sur la population de lombriciens (station de Kerguéhenec) :



M : fertilisation Minérale

FB : Fumier de Bovins tous les 4 ans

LP : Lisier Porc tous les ans

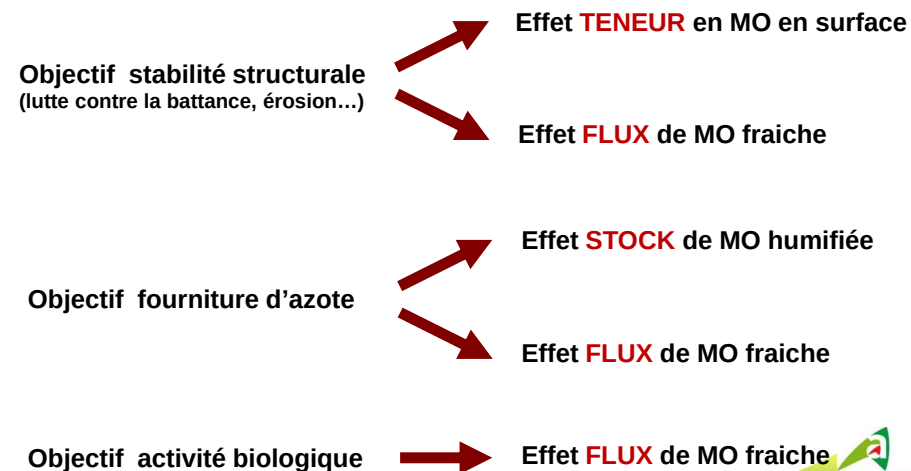
FV : Fumier de Volaille tous les ans

Source : Piron et al., 2009

→ Effet important de l'apport de MO fraîche sur la population de vers de terre

17

L'effet à viser dépendant des objectifs recherchés :



L'effet à viser dépendant des objectifs recherchés :

Effet CT ≠ **Effet LT**

« Chiffre d'affaire »

Matières organiques labiles :

- Activité biologique
- Décomposition des MO fraîches et fourniture d'éléments

Effet **FLUX** de MO fraîche

« Capital »

Matière organique humifiée stable :

- CEC
- Rétention d'eau
- Puits de carbone

Effet **TENEUR** ou **STOCK** de MO

Une version de démonstration de l'outil est accessible sur Internet

Lien direct de l'outil : www.simeos-amg.org



Principe d'utilisation :

Etape 1 : Saisie du système de culture et des conditions pédoclimatiques

Cultures:

Culture	Rendement aux normes	Fréquence de restitution des résidus	Type travail du sol	Prof Travail du sol (cm)	Irrig. moy. (mm/ha/an)
1 Betterave sucrière (t/ha)	75	Toujours restitués	Labour	25	0
2 Blé hiver (q/ha)	80	Toujours restitués	Non Labour	10	0
3 Féverole (q/ha)	45	Toujours restitués	Labour	25	0
4 Blé hiver (q/ha)	85	Toujours restitués	Non Labour	15	0
5					
6					
7					
8					
9					
10					

☐ Saisie des fréquences de cultures (optionnel)

Cultures intermédiaires:

espèce	Biomasse	Fréquence
1 Moutarde	Faible (<1,5 T)	1 an sur 4
2		
3		
4		

Cultures dérobées:

Espèce	Rendement	Fréquence
1		
2		
3		
4		

21

Principe d'utilisation :

Etape 1 : Saisie du système de culture et des conditions pédoclimatiques

Saisie des amendements organiques :

Produits organiques:

Type	Dose	Fréquence
1 Vinasse (t/ha)	3	1 an sur 4
2		
3		
4		

22

Principe d'utilisation :

Etape 1 : Saisie du système de culture et des conditions pédoclimatiques

Saisie des données sol et climat :

Données sol:

Type de sol: Limon moyen

Argile (g/kg): 165

CaCO3 (g/kg): 5

Cailloux (%): 0

Densité apparente: 1.4

C organique (g/kg): 10

Teneur MO (%): entre 1,72 et 2

Profondeur de prélèvement pour l'analyse de terre (cm): 30

Climat:

Poste climatique: Picardie (St Quentin)

ETP Annuelle (mm): 640

Pluie Annuelle (mm): 680

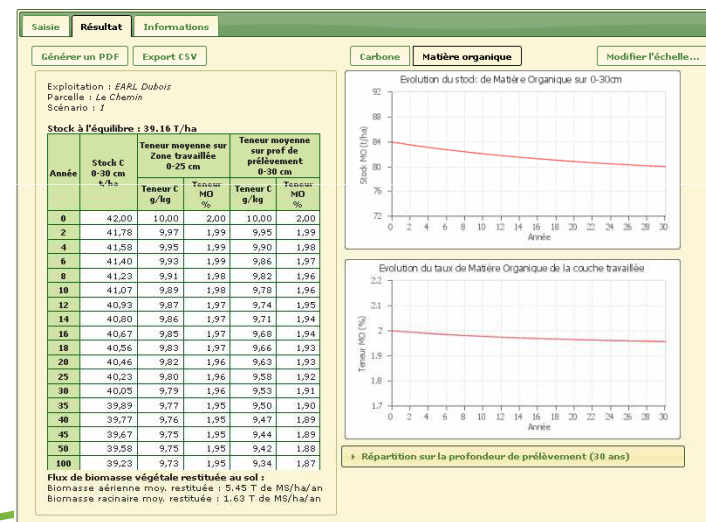
Température moyenne annuelle (°C): 10.8

23

Principe d'utilisation :

Etape 1 : Saisie du système de culture et des conditions pédoclimatiques

Etape 2 : Visualisation des résultats et diagnostic du système de culture



24

L'outil SIMEOS-AMG

Principe d'utilisation :

Etape 1 :

Saisie du système de culture et des conditions pédoclimatiques

Etape 2 :

Visualisation des résultats et diagnostic du système de culture

Etape 3 :

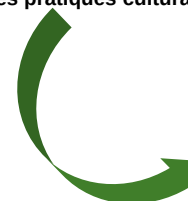
Ajuster les pratiques culturales pour mieux gérer l'état organique du sol en testant l'impact de nouvelles pratiques

25

L'outil SIMEOS-AMG

La dynamique d'évolution des MO du sol dépend :

- de la succession culturale
- du type de sol
- du taux de MO initial
- de la productivité
- des pratiques culturales



Leviers agronomiques mobilisables

26

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

Des fiches techniques sur les leviers agronomiques mobilisables :



■ Produits organiques



■ Succession culturale



■ Cultures intermédiaires



■ Gestion des résidus de récolte



■ Travail du sol :

- Labour/non labour
- Profondeur de travail

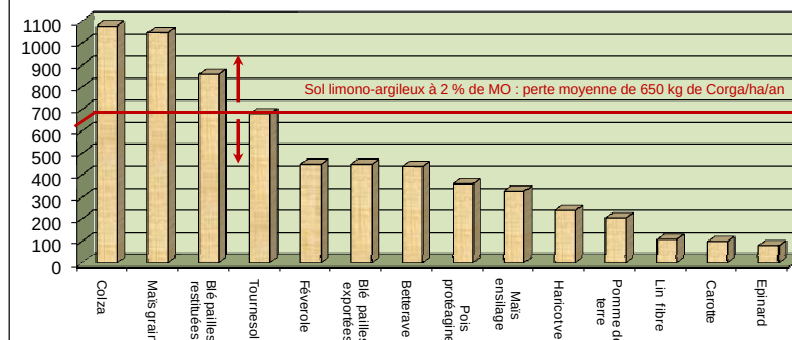
27

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



■ Succession culturale :

Fourniture de C humifié par les résidus de culture (en kg/ha)



Exemple de perte d'humus annuel par minéralisation :
Soit un sol limono-argileux à 2 % de MO (environ 40 T de C orga/ha) : il minéralise en moyenne 4,5 % du pool de carbone actif par an (variable en fonction du climat et du travail du sol), soit 650 kg de C orga/ha/an

Source : Simulations avec SIMEOS-AMG

AGRO-TRANSFERT DES AGRICULTEURS ENTRE ETOILES

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



■ Implantation de cultures intermédiaires :

=> Source supplémentaire de fourniture de carbone de l'humus

Augmentation de la production de biomasse, source de C organique, en optimisant la photosynthèse durant l'interculture :

L'effet des cultures intermédiaires sur les apports organiques au sol dépend de plusieurs paramètres :

- de la biomasse aérienne & racinaire produite
 - de la fréquence de retour dans la rotation
 - de l'espèce implantée :
- Quantité de C plus ou moins importante restituée au sol

NB : Biomasse racinaire très variable entre les espèces

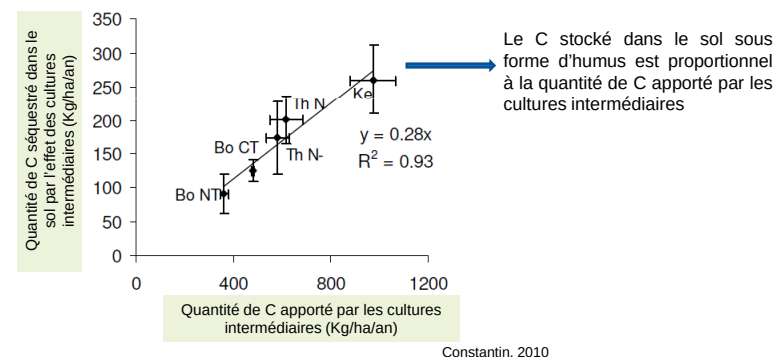
AGRO-TRANSFERT DES AGRICULTEURS ENTRE ETOILES

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



■ Implantation de cultures intermédiaires :

→ Ajustement de la valeur du K1 à partir des résultats de 3 essais longue durée (Thibie, Boigneville, Kerlavic) :



→ Un rendement en humus élevé

30

AGRO-TRANSFERT DES AGRICULTEURS ENTRE ETOILES

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



■ Implantation de cultures intermédiaires :

Implantation d'une culture intermédiaire à biomasse moyenne (2 T de MS/ha) : apport de 300 kg de C humifié /ha

→ Equivalant à 3 T de pailles
5 T de compost

→ Si on veut compenser l'exportation d'une paille, il faut planter une culture intermédiaire à forte biomasse (semée tôt derrière légumineuse ou avec apport d'engrais organique)

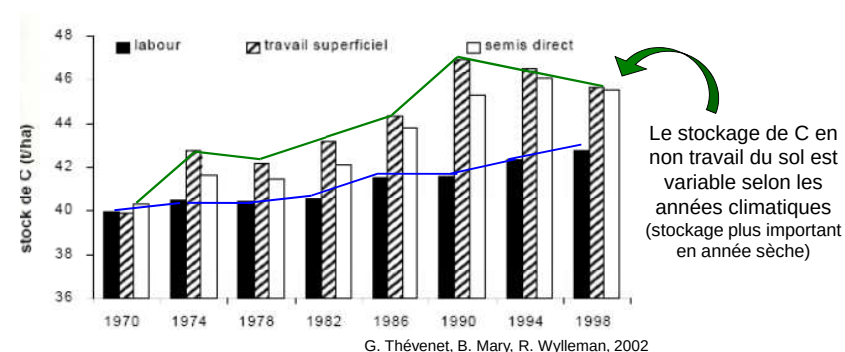
AGRO-TRANSFERT DES AGRICULTEURS ENTRE ETOILES

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



■ Travail du sol : Minéralisation et répartition des MO dans le sol

Evolution du stock de C en fonction du travail du sol sur l'essai de Boigneville :

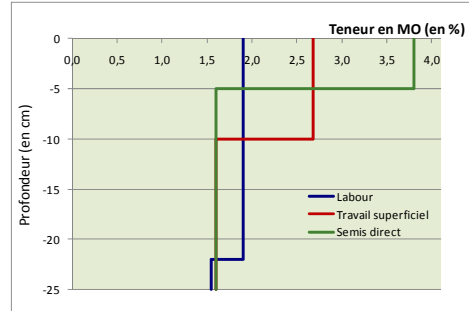


Stockage supplémentaire de C en non travail du sol : 150 kg/ha/an en moyenne sur 30 ans

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

Travail du sol :

Effet sur la répartition de la MO dans le profil :

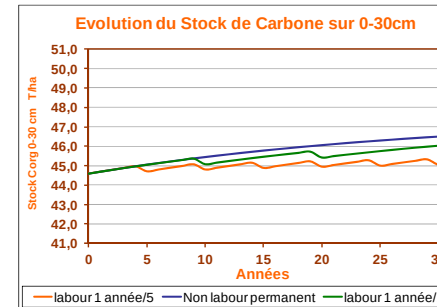


Teneur en MO après 28 ans de travail du sol différencié à Boigneville (Labreuche, 2001)

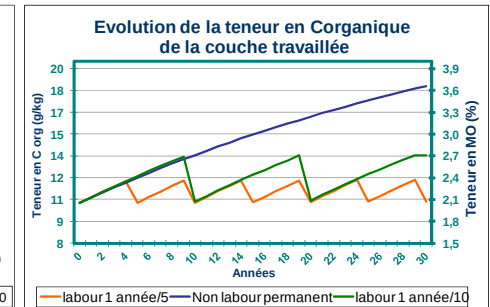
Quels leviers agronomiques pour mieux gérer l'état organique des sols ?

Travail du sol :

Effet d'un labour occasionnel sur le stock et la teneur en MO :



→ Peu de différence sur le stock



→ Différence importante sur la teneur via l'effet dilution par le labour

Illustration de la mobilisation de SIMEOS-AMG pour le conseil sur la gestion de l'état organique du sol

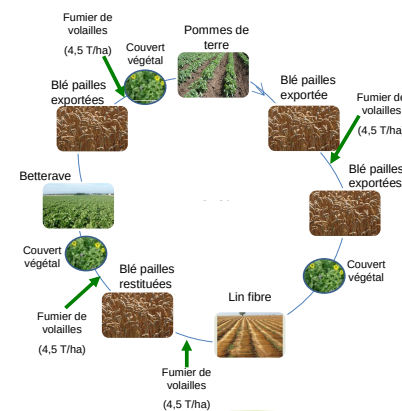
Exemple exploitation EARL Grujon

Gestion de l'état organique des sols avec SIMEOS-AMG

Caractéristiques de l'exploitation EARL Grujon

Système spécialisé (pommes de terre, betterave, lin fibre)
Labour très occasionnel (seulement si nécessaire, peu profond)
Sols : sables argilo-limoneux et argile-limoneux

Rotation culturale type :



Problèmes rencontrés :

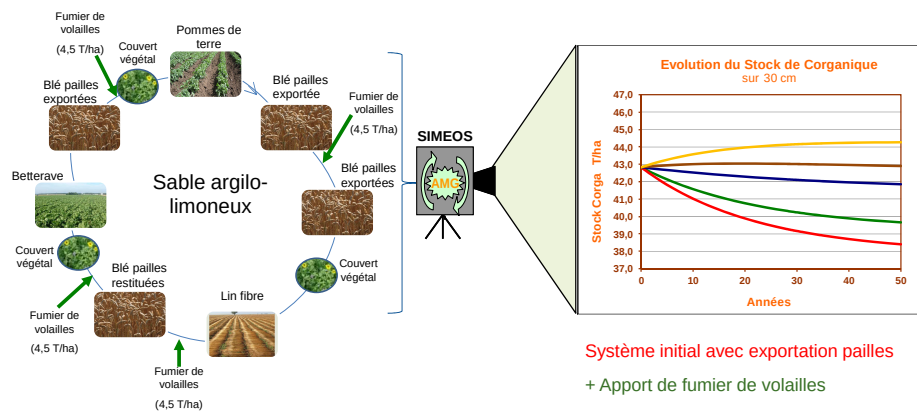
- Par sécurité pour la qualité de présentation des pommes de terre (pdt lavables, pour le marché du frais) : exportation des pailles avant pdt et lin fibre (sol creux)
- Moisson tardive, ne permettant pas l'implantation de CI précoce : faible biomasse produite
- Faible rétention de l'eau et des éléments minéraux dans les sols sableux

Description de la demande :

- Les pratiques actuelles (apport de fumier de volaille, CI) permettent-elles de compenser l'exportation des pailles ?
- Comment améliorer la fertilité des terres sableuses ?

Exploitation EARL Grujon

Diagnostic de l'évolution de l'EOS avec SIMEOS-AMG :



→ L'achat de fumier de volailles ne permet pas de compenser l'exportation des pailles de blé

Test de pratiques alternatives :
Restitution des pailles avant pdt et lin
+ CI forte biomasse
Echange paille-fumier avec un éleveur de bovins

MERCI