

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

Vincent Tomis
Agro-Transfert RT

v.tomis@agro-transfert-rt.org



Vincent Tomis - Parc Naturel des Plaines de l'Escaut 19/04/2016

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

Annie Duparque – Vincent Tomis

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

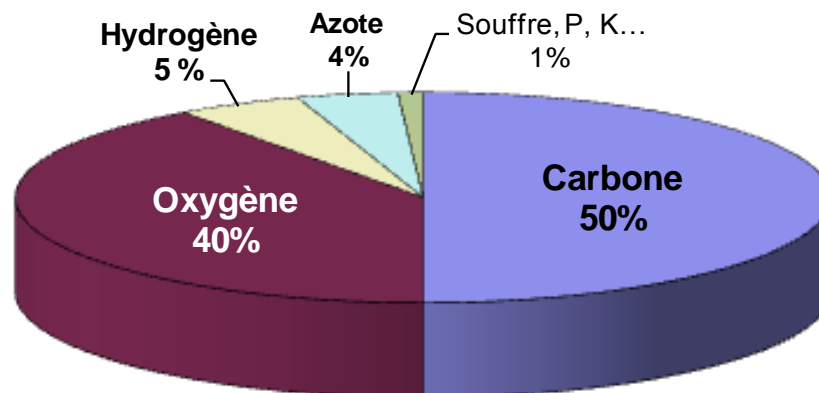


* avec le soutien financier de :



Les Matières Organiques du sol

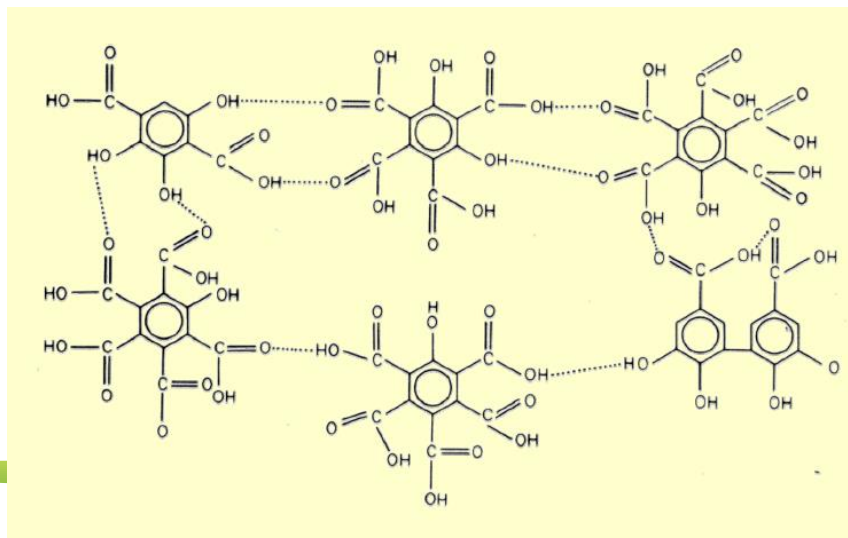
Composition des MO du sol



Source : Chenu et Balabane

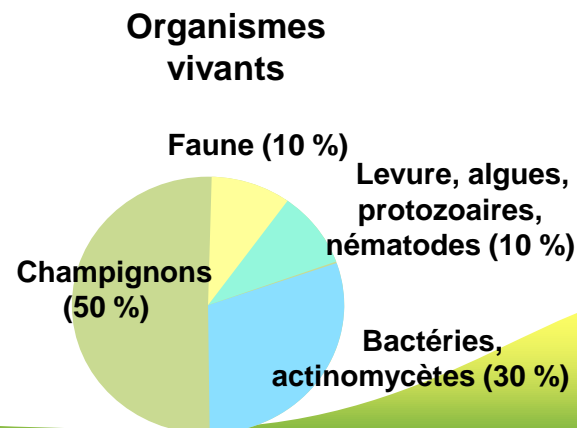
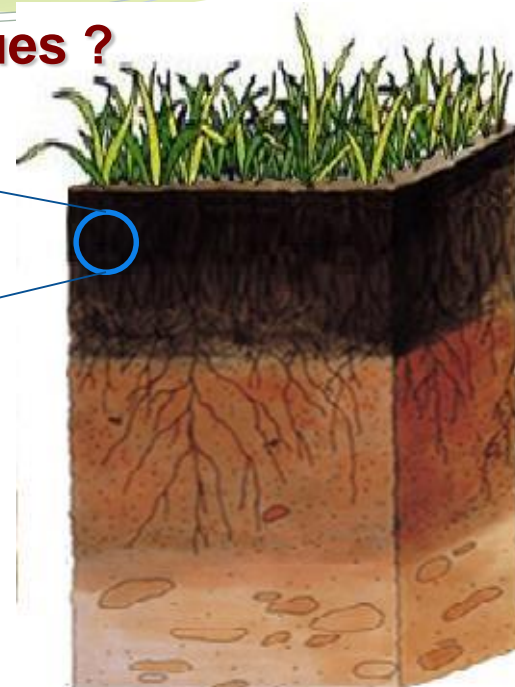
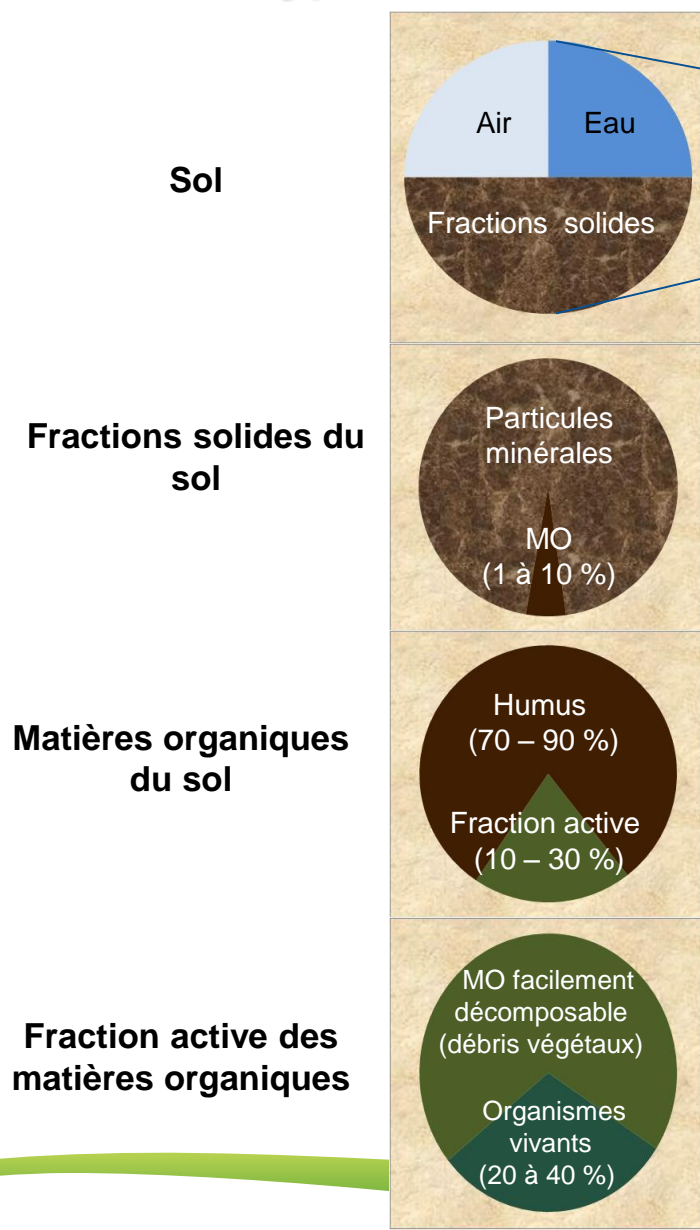
→ C/N du sol ≈ 10

Représentation d'une molécule d'acide humique :



Les Matières Organiques du sol

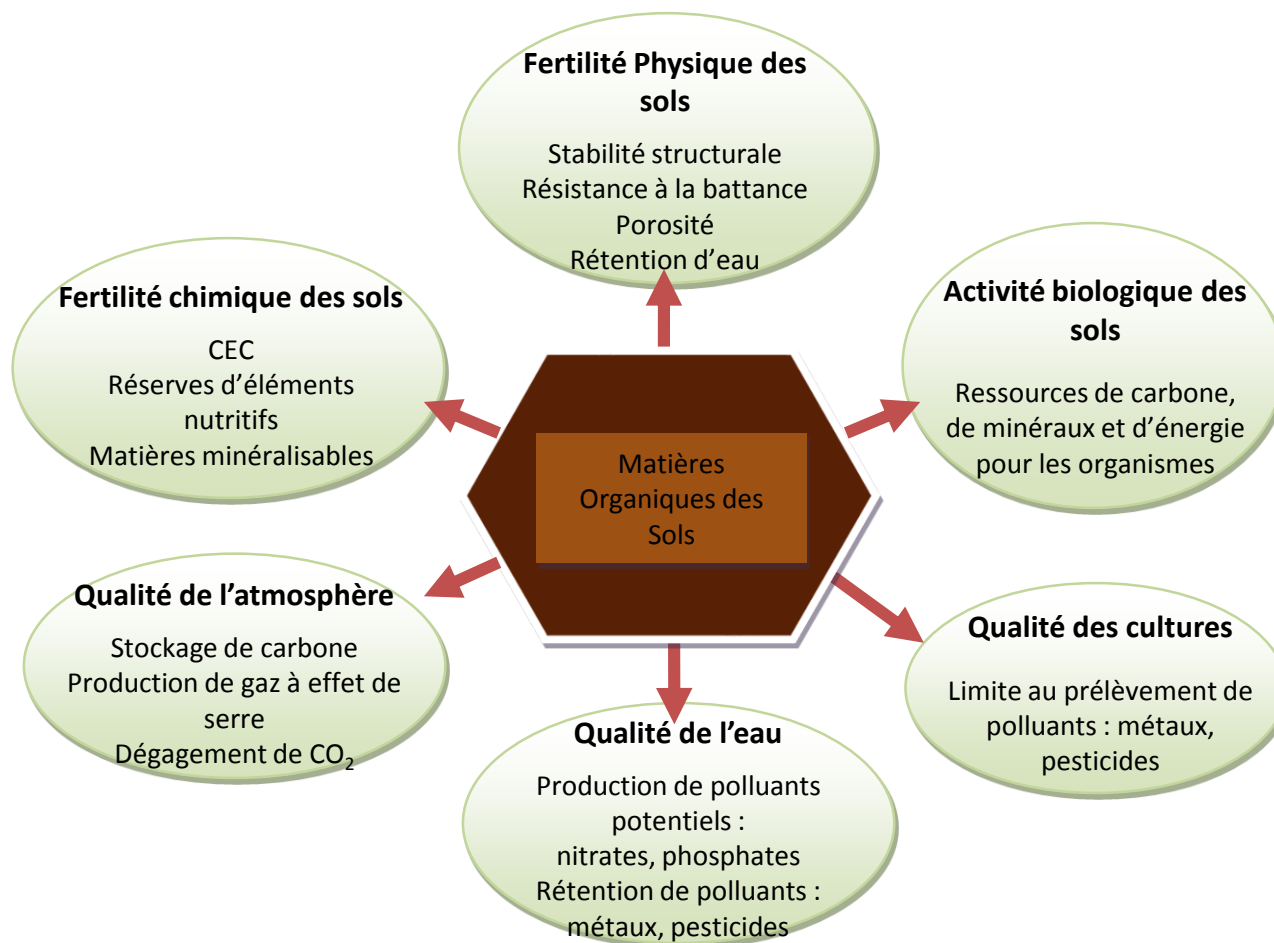
Quelles types de matières organiques ?



D'après Gaillard, 2001

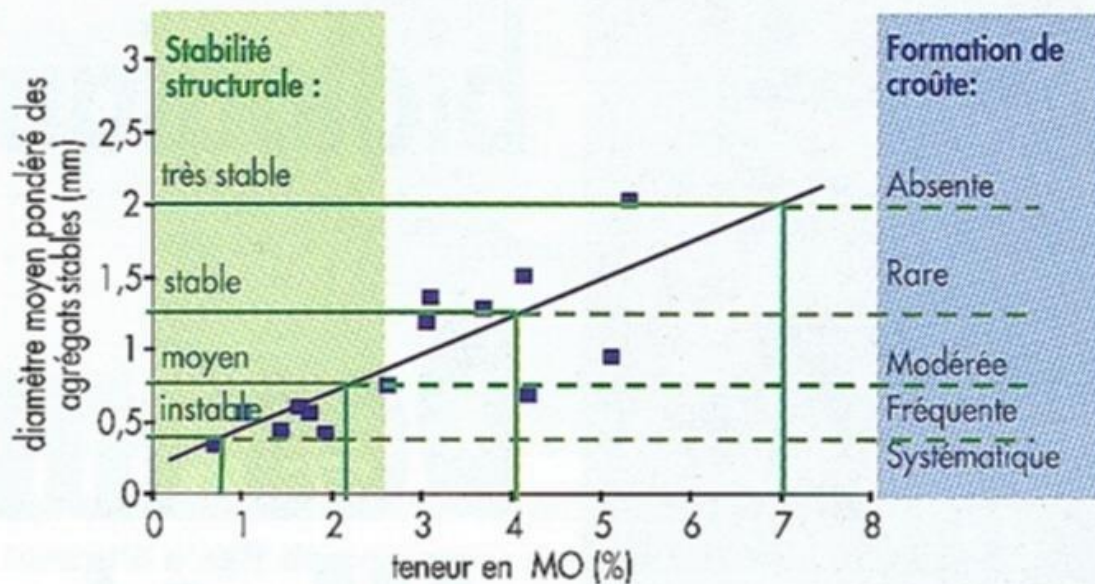
Les Matières Organiques du sol

Quels rôles, quelles fonctions ?



Matières Organiques – rôle physique

Relation entre stabilité structurale et teneur en matières organiques des sols pour des sols limoneux cultivés (d'après le Bissonais et Arrouays, 1997 ; Chenu et al., 2000) (figure 6)



Ce type de relation permet de définir les teneurs en matières organiques à atteindre pour améliorer les propriétés du sol.

Effet sur la stabilité des agrégats :

Crouete de battance compromettant la levée de la culture :



Crédit photos : D. Gassen

MO et comportement du sol

Croute de battance compromettant la levée de la culture :



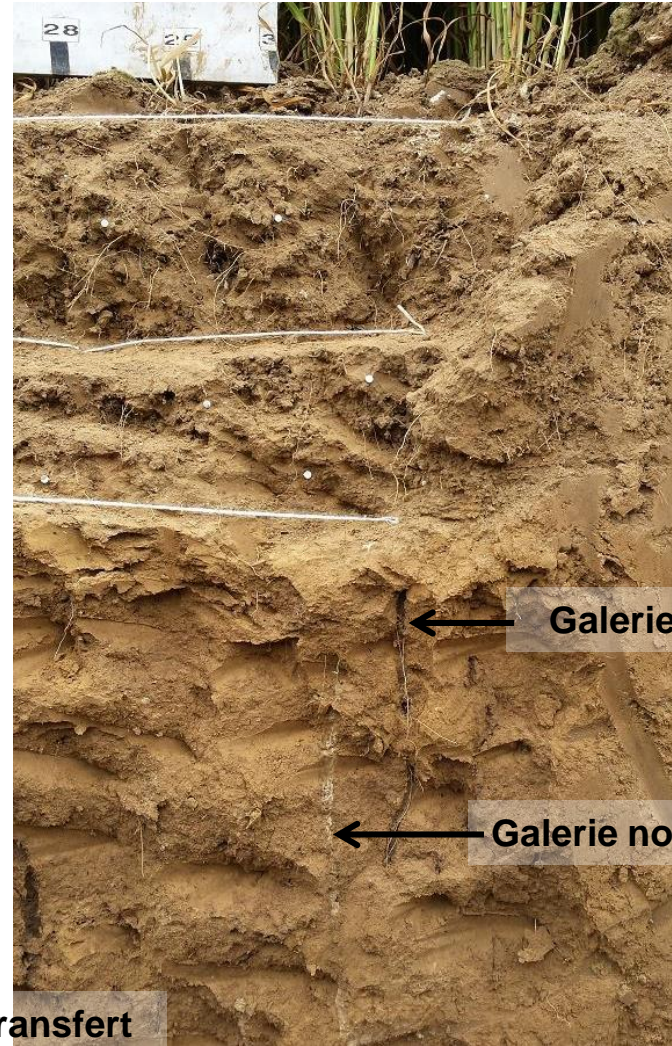
Crédit photo : A2C

Limon désagrégé (sans cohésion) : croute de battance enfouie :



Photos : V. Tomis, Agro-Transfert

Descente de limon qui comble la porosité biologique :



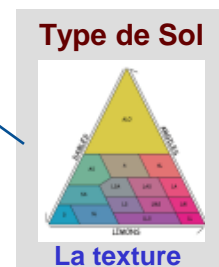
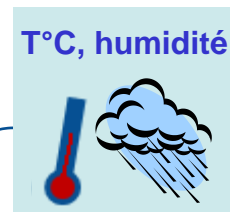
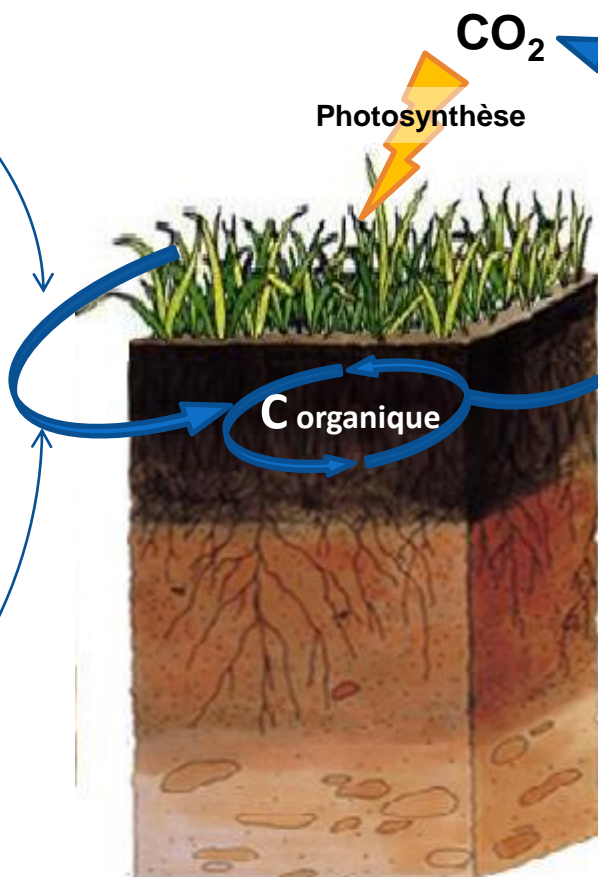
Photos : Agro-Transfert

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

- Principe du bilan humique et de l'outil SIMEOS-AMG
- Impact des pratiques culturales
- Quels leviers agronomiques pour gérer l'état organique du sol

Principe d'un bilan humique

Entrées de C – Sorties de C

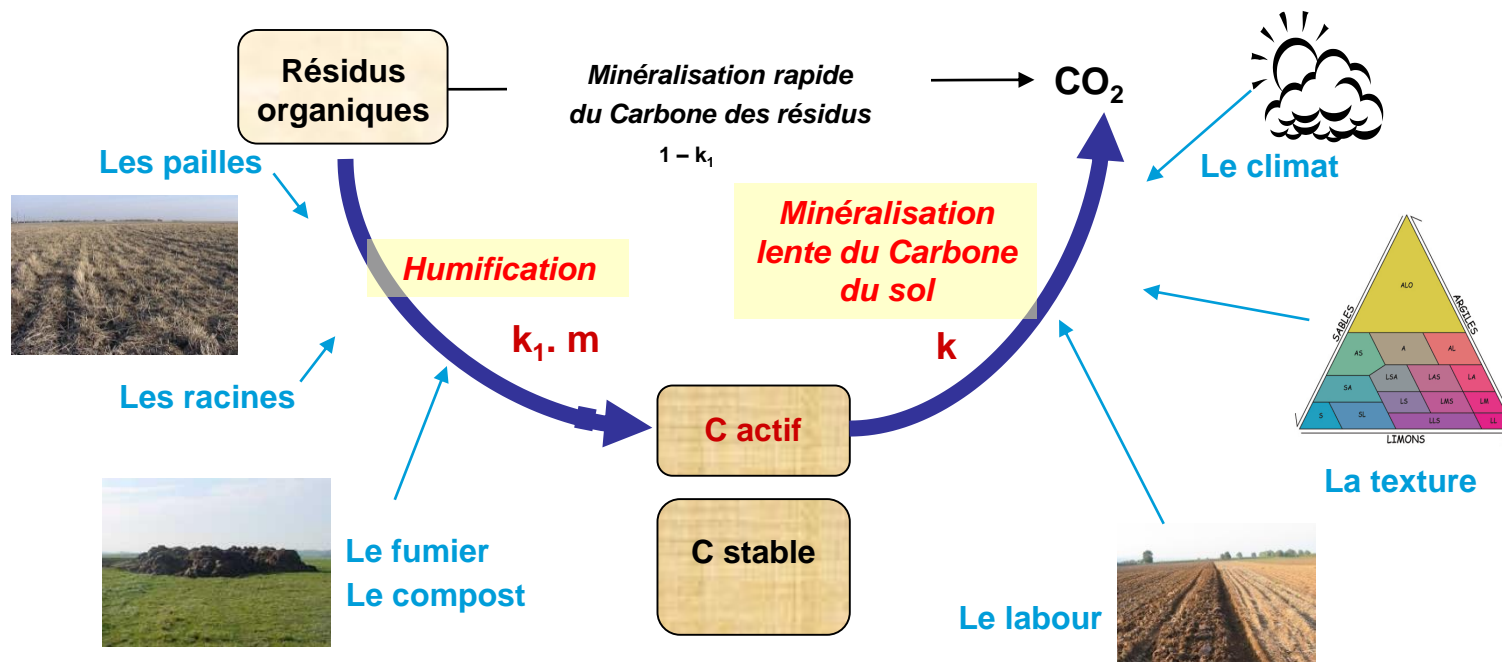


Un modèle simple de calcul de bilan humique à la parcelle

Le modèle **AMG***

Les principes du calcul

$$dC/dt = k_1.m - k.C_a$$



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

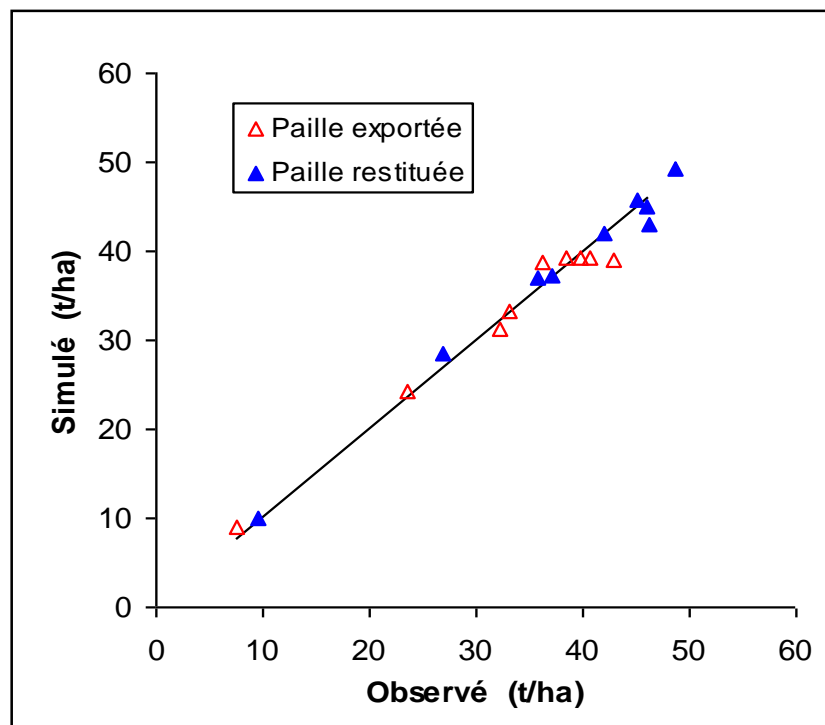
Test du modèle AMG

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

Synthèse sur les 9
essais
internationaux

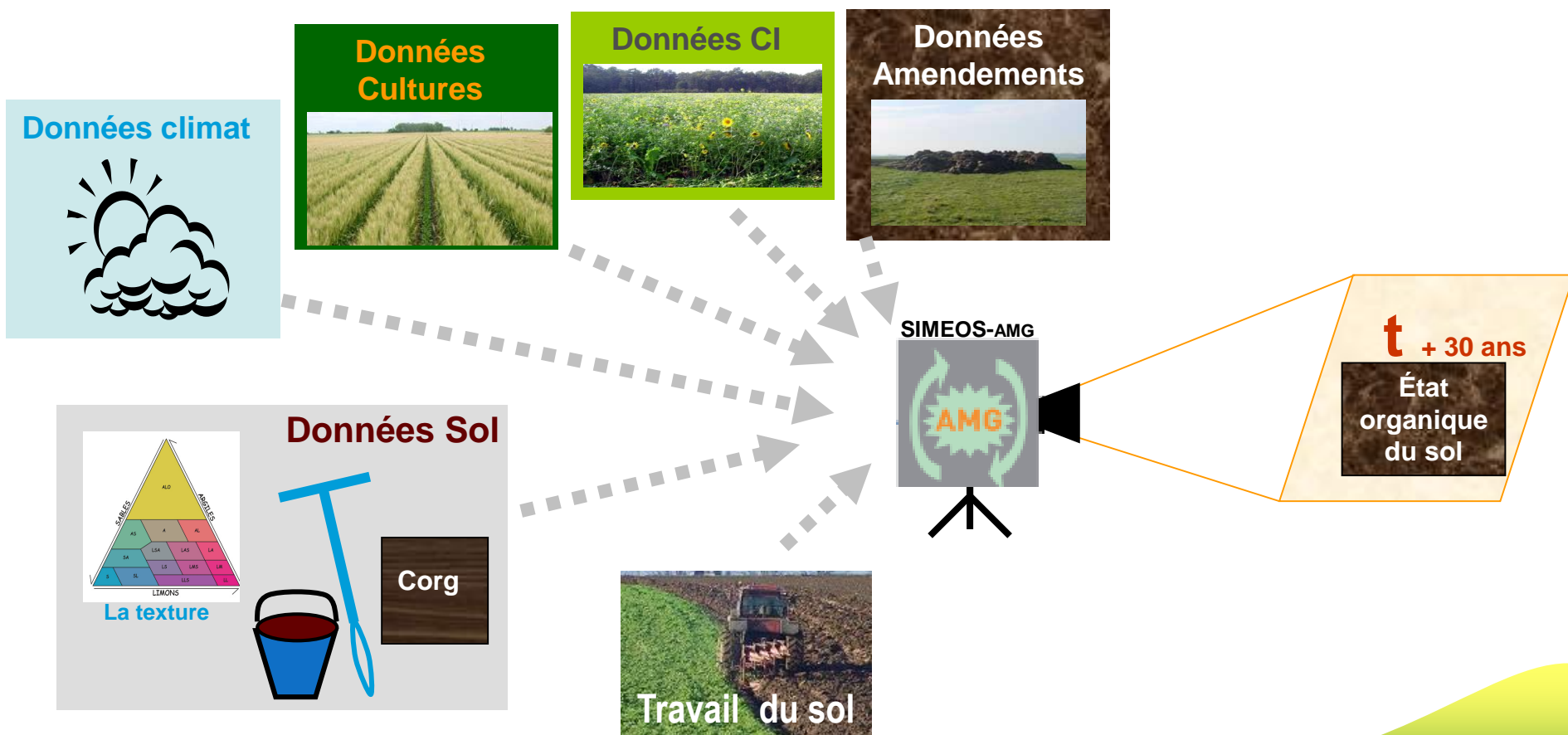
Stocks C simulés
en fin d'essai

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



Un outil d'aide à la décision

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 A

(réduction des pertes de C)

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

Scénario C

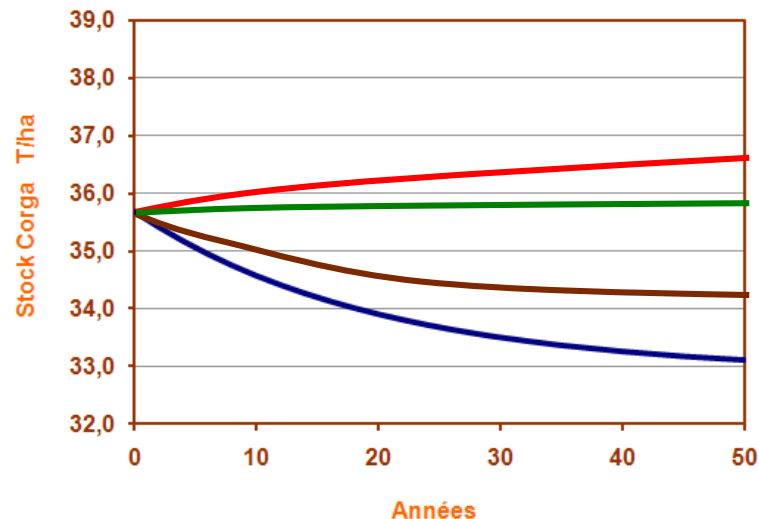
- Apport de 10 T/ha de compost de déchets verts/6ans
- Suppression d'un labour et réduction de prof. Labour à 22 cm

Scénario B

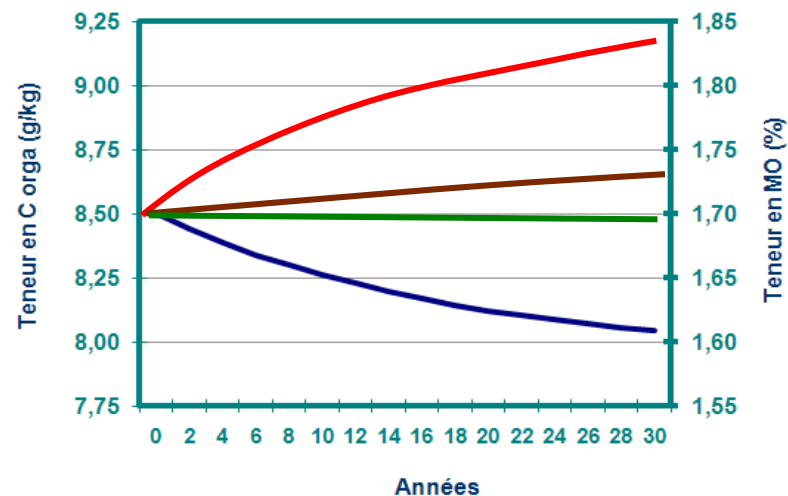
(augmentation des restitutions humiques)

- Apport de 10 T/ha de compost de déchets verts /6ans
- Engrais vert : 1 an sur 2

Evolution du Stock de C organique sur 30 cm



Evolution de la teneur en C organique sur la couche travaillée



Les sorties de SIMEOS-AMG : indicateurs utilisés

Effet TENEUR \neq **Effet STOCK** \neq **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 la faune du sol (vdt)
- Stabilité structurale lors de la décomposition des MO fraîches
- Fourniture d'éléments minéraux

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

→ Stabilité structurale :



1.9 % MO

3,4 % MO

Croute de battance compromettant la levée des cultures :



Crédit photo : D. Gassen

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

Levée de blé sur parcelle remembrée :

Parcelle voisine avec
faible restitution
organique

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



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



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

→ Effet sur la travaillabilité en sols argileux :



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

→ Effet sur la 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

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

→ Fourniture d'azote par minéralisation des MO humifiées :

Blé précédant 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)

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

→ Fourniture d'azote par minéralisation des MO humifiées :



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

→ Fourniture d'azote par minéralisation des MO fraîches :

Maïs en agriculture biologique :

Sans engrais vert :

Avec engrais vert (vesce) :



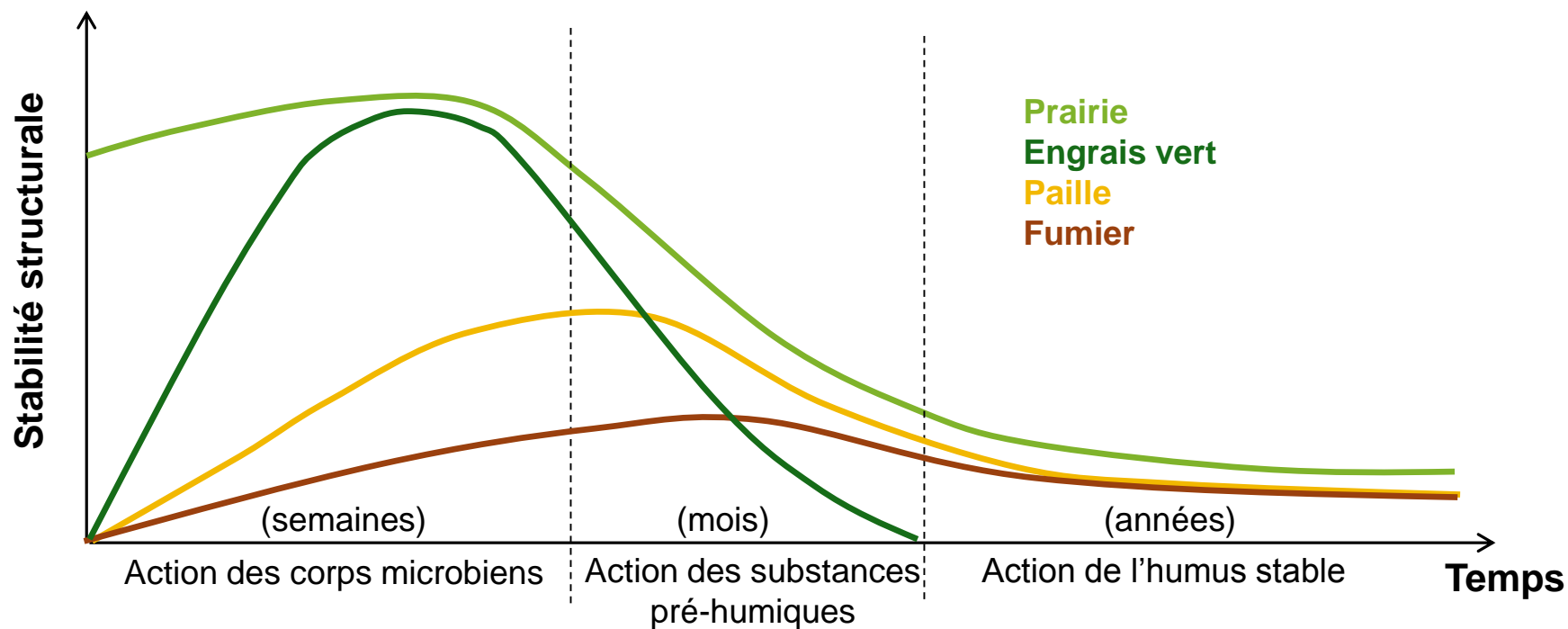
Crédit photos : G. Salitot CA60

→ Effet intéressant en cas de printemps sec (mauvaise valorisation des engrais de synthèse)

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

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

→ 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 :



Photo : Agro-Transfert-RT

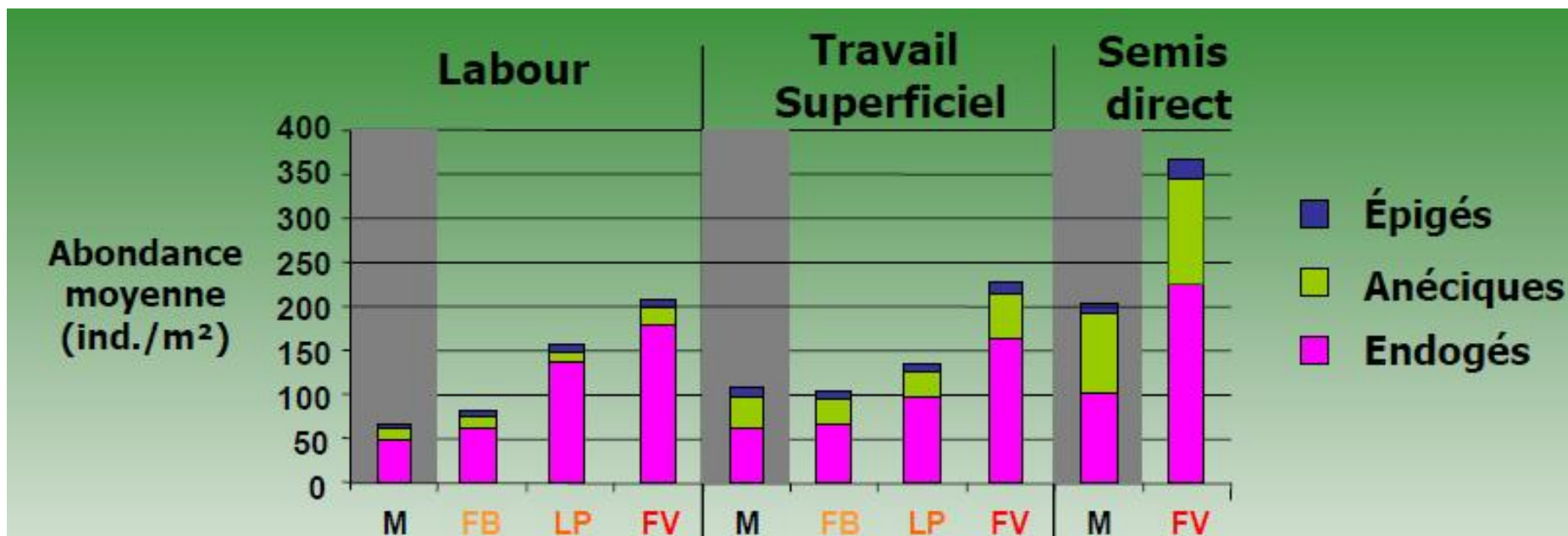
Levée de betteraves en non labour avec couvert
de phacélie **détruit 3 mois avant semis**

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

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 Kerguéhennec) :



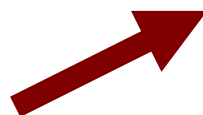
M : fertilisation Minérale
 FB : Fumier de Bovins
 LP : Lisier Porc
 FV : Fumier de Volaille

Source : Piron et al., 2009

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

A chaque objectif ses seuils d'interprétation :

Objectif **stabilité structurale**
(lutte contre la battance, érosion...)



Effet **TENEUR** en MO



Effet **FLUX** de MO fraîche

Objectif **fourniture d'azote**



Effet **STOCK** de MO humifiée



Effet **FLUX** de MO fraîche

Objectif **activité biologique**



Effet **FLUX** de MO fraîche

Les sorties de SIMEOS-AMG : indicateurs utilisés

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

L'outil SIMEOS-AMG

Une version de démonstration de l'outil est accessible sur Internet
Lien direct de l'outil : www.simeos-amg.org


SIMEOS AMG
Aucun utilisateur connecté

Outil réalisé par :




En partenariat avec :



Accès utilisateurs

Identifiant :

Mot de passe :

SIMEOS-AMG est un outil de simulation de l'évolution des teneurs et stocks en C organique du sol fondé sur le modèle de calcul du bilan humique AMG de l'INRA de Laon.

www.agro-transfert-rt.org

Contact : v.tomis@agro-transfert-rt.org

Avec le concours financier de :



Documents PDF :




Dépliant Simeos
Guide utilisateur

SIMEOS AMG - version 1.0.2 - Propriété Agro-Transfert Ressources et Territoires & INRA

<http://www.agro-transfert-rt.org/>

L'outil SIMEOS-AMG

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			

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	▼		▼

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: ?

Argile (g/kg):

CaCO₃ (g/kg):

Cailloux (%): ?

Densité apparente:

C organique (g/kg):

Teneur MO (%): ?

Climat:

Poste climatique: ?

ETP Annuelle (mm):

Pluie Annuelle (mm):

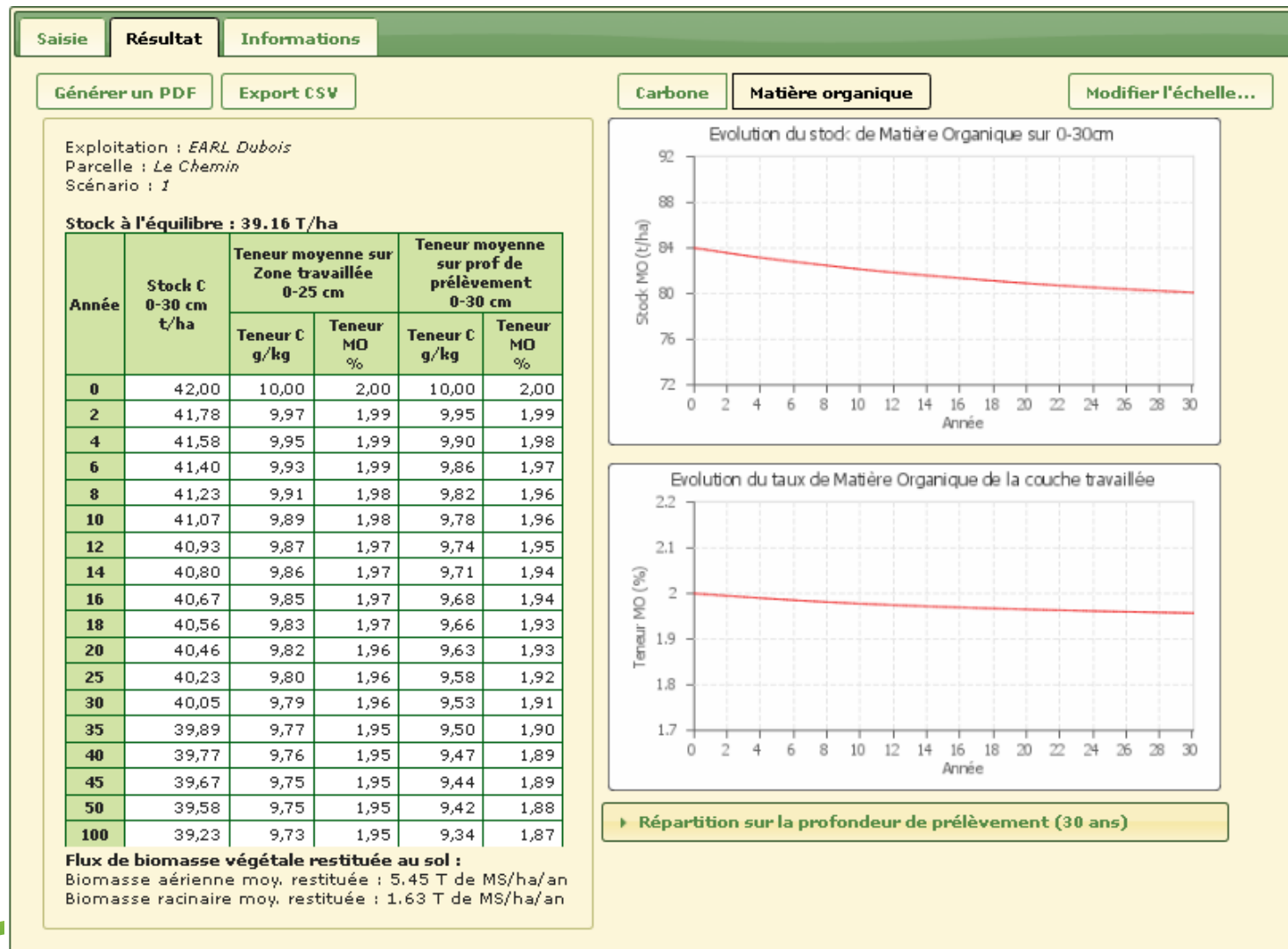
Température moyenne annuelle (°C):

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

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



L'outil SIMEOS-AMG

Principe d'utilisation :

Etape 1 :

Saisie du système de culture et des conditions pédoclimatiques

Etape 2 :

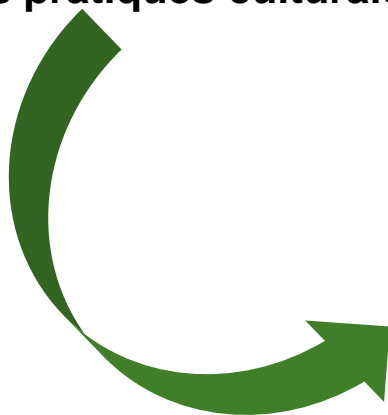
Visualisation des résultats et diagnostic du système de culture

Etape 3 :

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

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

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



- Produits organiques



- Succession culturale



- Cultures intermédiaires



- Gestion des résidus de récolte



- Travail du sol :
 - Labour/non labour
 - Profondeur de travail

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, riche en N,P,K et à faible C/N
lisier, fientes, vinasse, boues

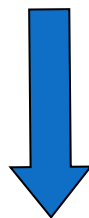
Quels leviers agronomiques pour mieux gérer l'état organique des sols ?

Etude INRA – AGT pour estimer le K1 des PRO

Outils diagnostics analytiques pour évaluer l'efficacité des MO

➤ Fractionnement biochimique de la matière organique (XPU 44-162) :

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



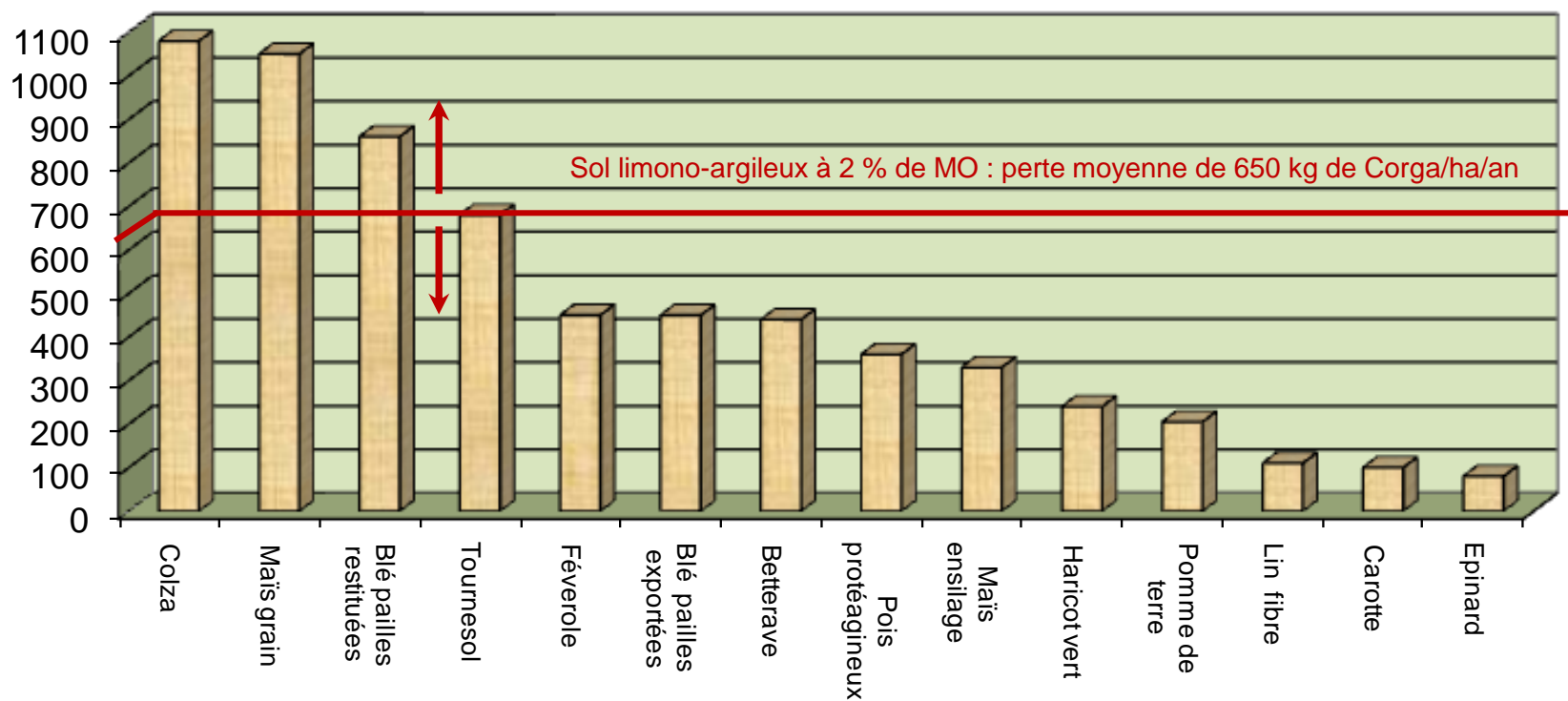
➤ Calcul de l'Indice de Stabilité de la Matière organique (ISMO, indicateur du rendement en humification) :

$$\text{ISMO} = 44.5 + 0.5 \text{ SOL} - 0.2 \text{ CEL} + 0.7 \text{ LIC} - 2.3 \text{ MinC3}$$

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**

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

■ Succession culturale :

Conversion de terres labourées en prairie permanentes :
stockage de C annuel moyen = 0,5 T de C/ha/an (*Arrouays et al, 2002*)



→ Renouvellement racinaire important (rhizodéposition)

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

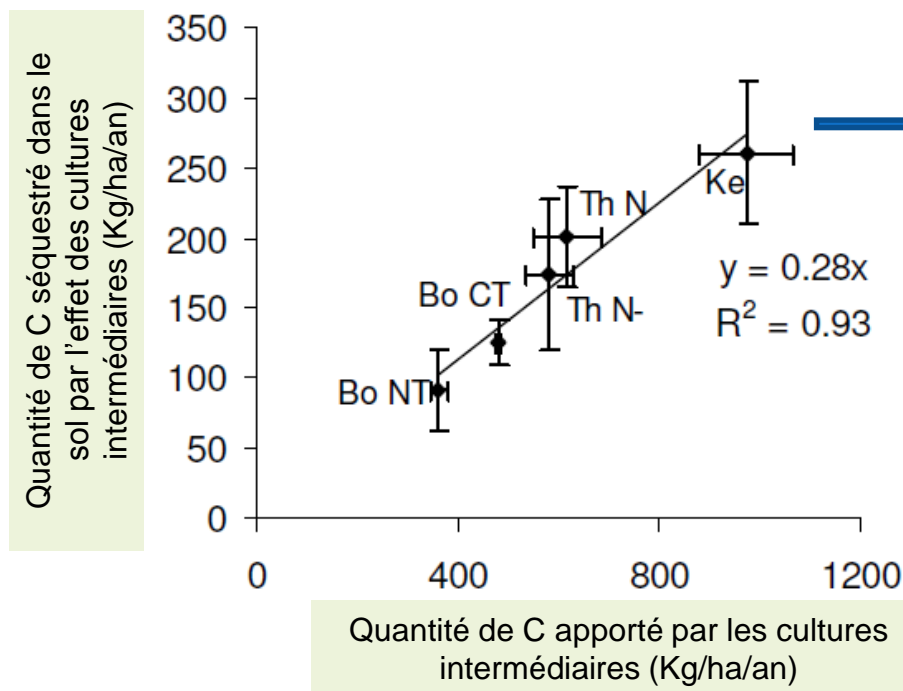
↪ NB : Biomasse racinaire très variable entre les espèces

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) :



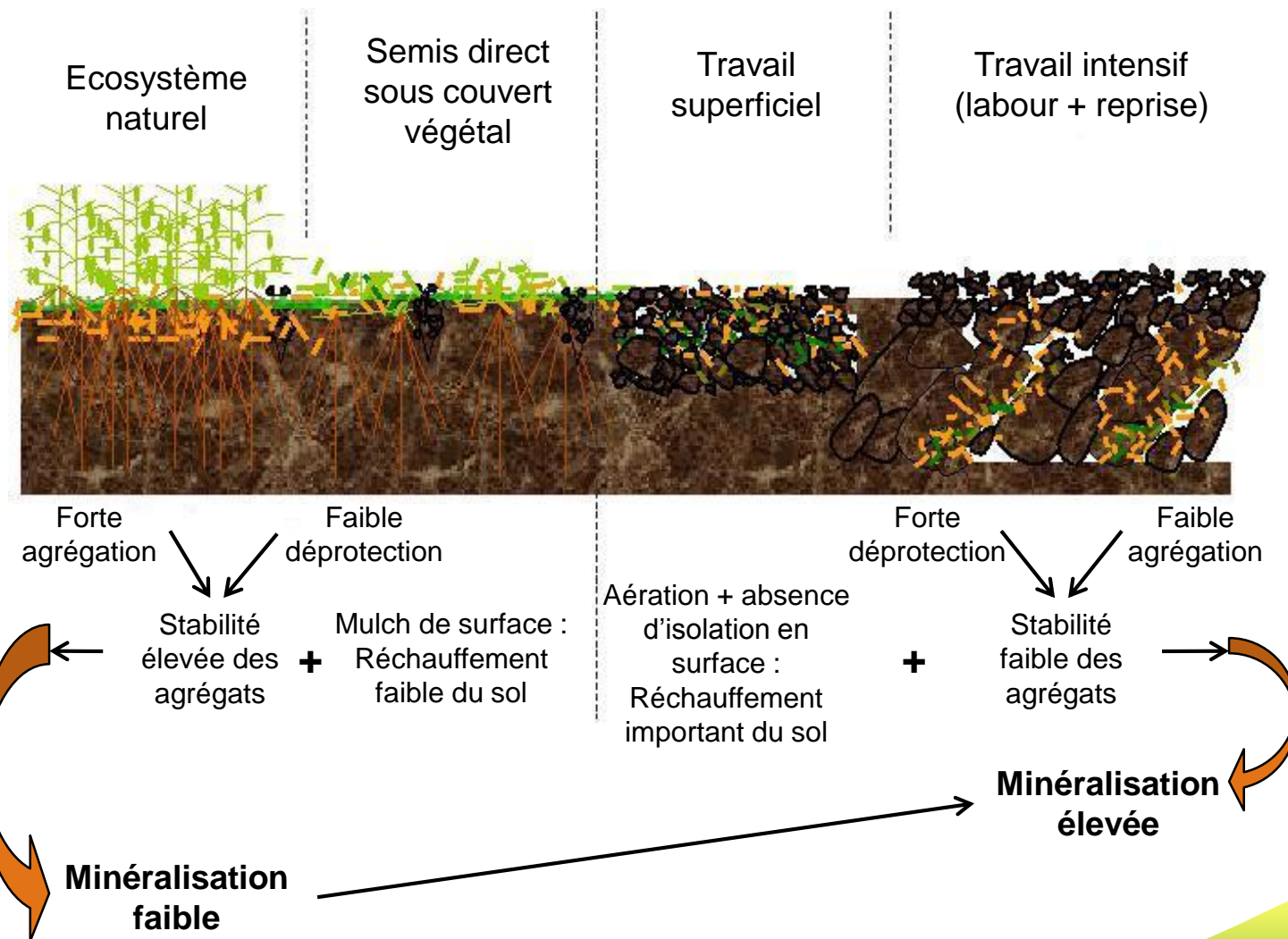
Le C stocké dans le sol sous forme d'humus est proportionnel à la quantité de C apporté par les cultures intermédiaires

Constantin, 2010

→ Un rendement en humus élevé

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

■ Travail du sol :

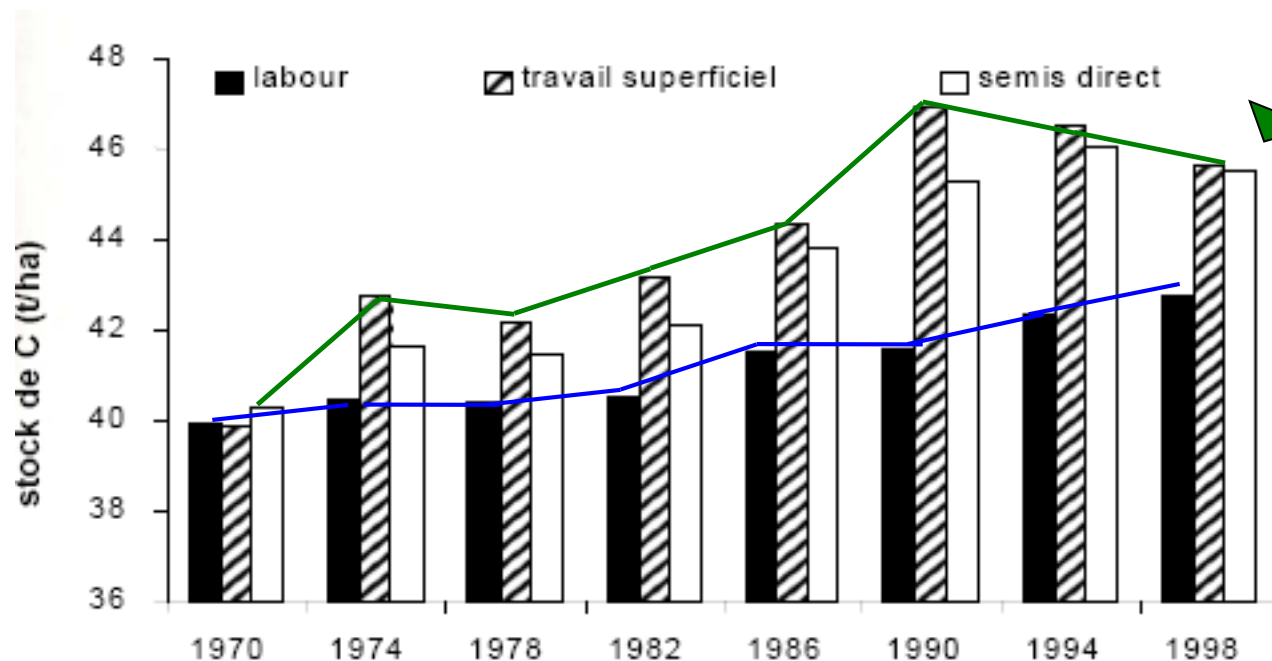


Quels leviers agronomiques pour mieux gérer l'état organique des sols ?

■ Travail du sol :



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



Le stockage de C s'estompe sur le long terme en non travail du sol

G. Thévenet, B. Mary, R. Wylleman, 2002

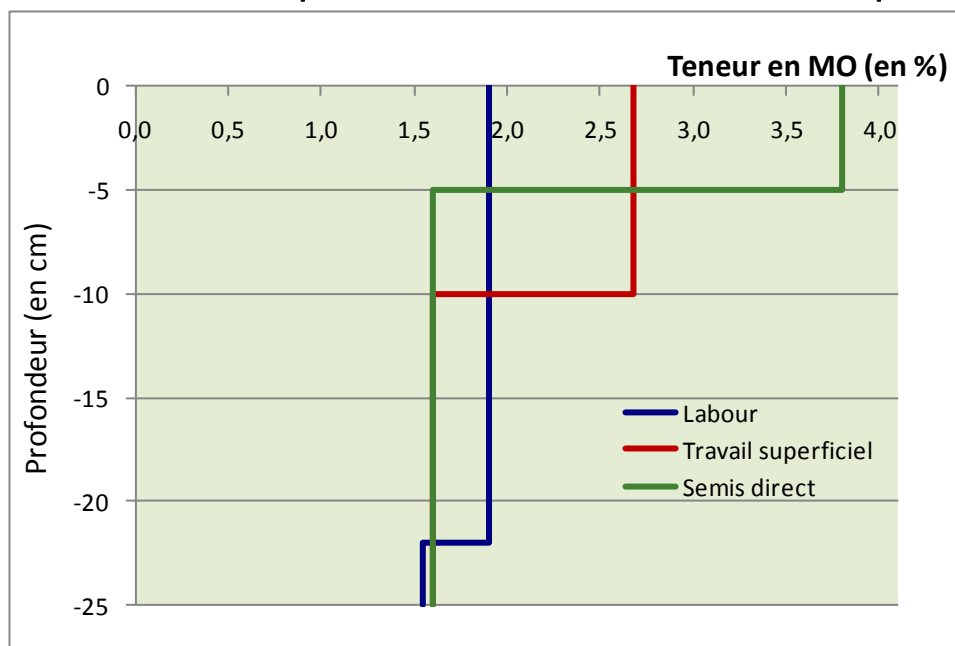
Stockage supplémentaire de C en non travail du sol : 150 kg/ha/an en moyenne

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)

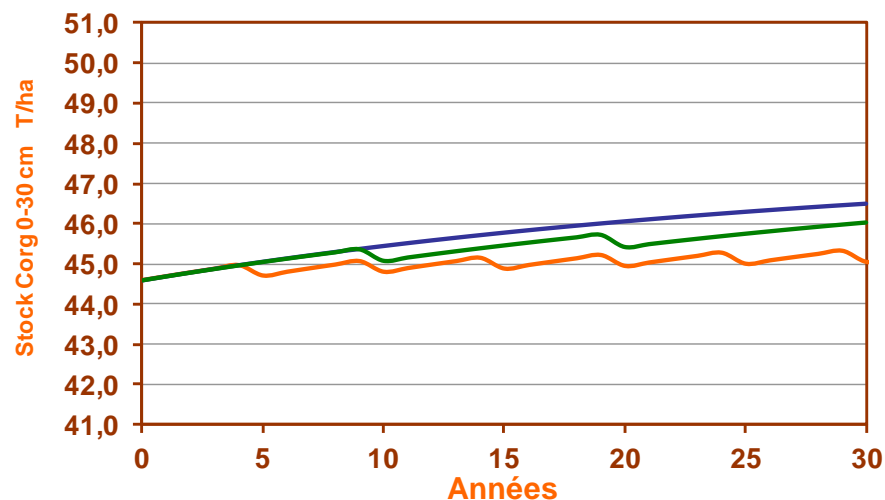
Quels leviers agronomiques pour mieux gérer l'état organique des sols ?

■ Travail du sol :

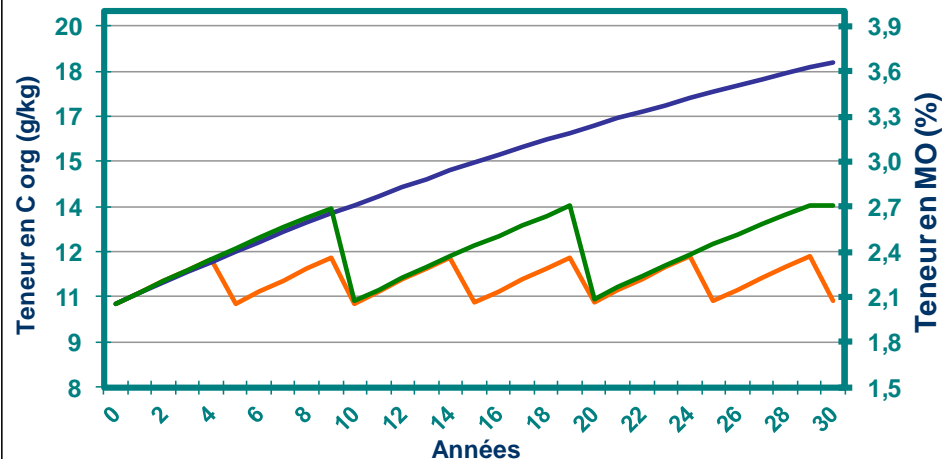


Effet d'un labour occasionnel sur le stock et la teneur en MO :

Evolution du Stock de Carbone sur 0-30cm



Evolution de la teneur en Corganique de la couche travaillée



→ Peu de différence sur le stock

→ Différence importante sur la teneur

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

■ Gestion des résidus de culture :

Retour organique 'gratuit'

Comment compenser l'exportation des pailles ?

	Gain ou perte de C humifié (kg/ha)
Exportation des pailles	- 450
Apport de 15 T/ha de compost	+ 900
Apport de 15 T/ha de fumier	+ 550
Implantation d'une culture intermédiaire (2 T de MS/ha)	+ 300
Passage au semis direct	+ 100 à 150

Possibilité d'évaluer l'adaptation des pratiques pour compenser l'exportation avec SIMEOS-AMG

L'outil SIMEOS-AMG

Une version de démonstration de l'outil est accessible sur Internet
Lien direct de l'outil : www.simeos-amg.org


SIMEOS AMG
Aucun utilisateur connecté

Outil réalisé par :




En partenariat avec :



Accès utilisateurs

Identifiant :

Mot de passe :

SIMEOS-AMG est un outil de simulation de l'évolution des teneurs et stocks en C organique du sol fondé sur le modèle de calcul du bilan humique AMG de l'INRA de Laon.

www.agro-transfert-rt.org

Contact : v.tomis@agro-transfert-rt.org

Avec le concours financier de :



Documents PDF :




Dépliant Simeos Guide utilisateur

SIMEOS AMG - version 1.0.2 - Propriété Agro-Transfert Ressources et Territoires & INRA

<http://www.agro-transfert-rt.org/>