

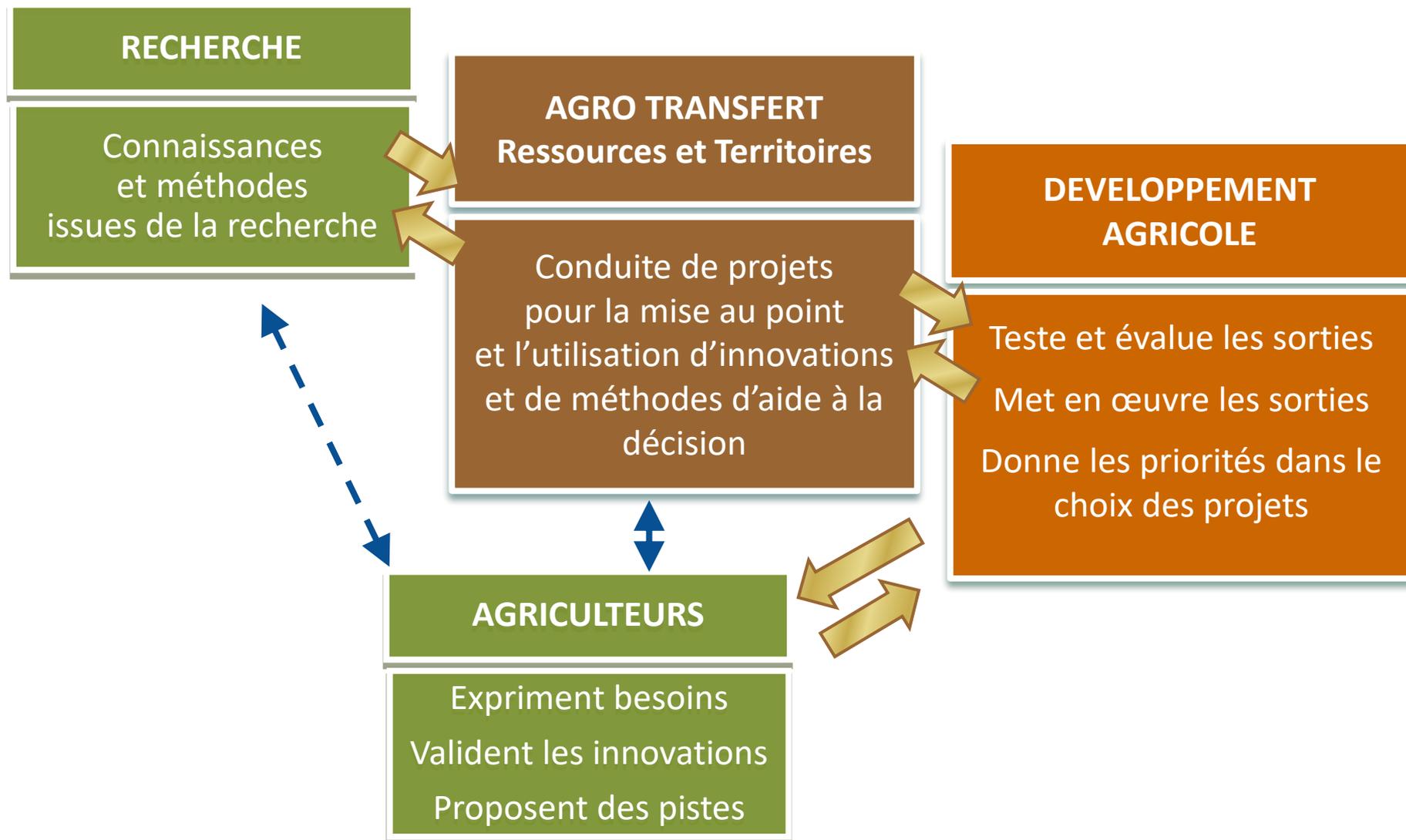
# La matière organique des sols, une richesse à cultiver...

**Annie DUPARQUE**  
**Agro-Transfert Ressources et Territoires**  
[a.duparque@agro-transfert-rt.org](mailto:a.duparque@agro-transfert-rt.org)

En collaboration avec Vincent TOMIS, Agro-Transfert-Ressources et territoires  
et le groupe « Sols et MOs » des chambres d'agriculture de Picardie



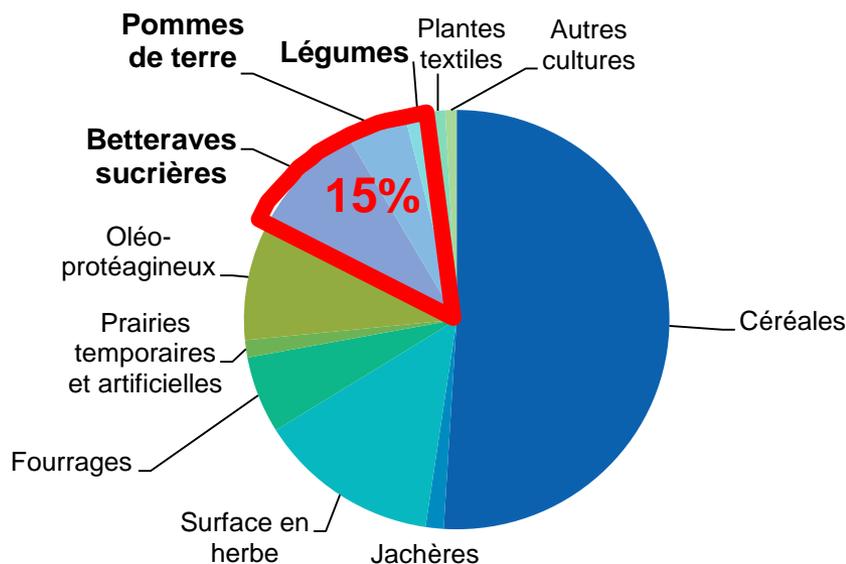
## Le fondement de la démarche





- Première région de France productrice de ...  
Betterave sucrière,  
Pommes de terre (consommation, fécule, plant)  
Légumes plein champ (haricot vert, pois conserve, endive)
- Part importante de ces cultures dans l'assolement de la région

Occupation de la SAU totale  
des exploitations  
en région Hauts-de-France  
(en hectare)



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

Un projet de recherche-développement (2004-2011)

lancé à la demande des chambres d'agriculture de la région,  
face aux interrogations des agriculteurs

Porté par Agro-Transfert - *Chargée de projet : A. Duparque*  
*Assistant chargé de projet : V. Tomis*



En partenariat avec



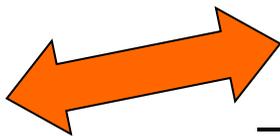
F/R/C/A  
PICARDIE

*Animation scientifique : B. Mary, INRA Laon*

• avec le soutien financier du FEDER et du Conseil Régional de Picardie

# LA DEMANDE

## relayée par les chambres d'agriculture de Picardie

- Les préoccupations des agriculteurs
    - Les teneurs baissent-elles ? Est-ce que c'est grave ?
    - Lien avec battance, l'érosion ?
    - La bonne teneur , c'est quoi ?
    - Comment choisir les amendements organiques ?
    - Exporter des pailles pour la vente ?
    - Les Techniques Culturelles Sans Labour sont elles conseillées ?
  - Les pressions extérieures
    - Discours catastrophiste lié à la diminution annoncée des teneurs en MO
    - Incitation à l'épandage agricole des boues ou composts urbains.
    - Lutte contre effet de serre : puits de C ou valorisation énergétique des pailles.
- 

# Objectifs généraux du programme

Rendre accessibles aux agriculteurs des connaissances :

sur la dynamique et les rôles des matières organiques dans les sols

Leur fournir des outils d'aide à la décision :

- pour diagnostiquer l'état organique des sols,
- pour prévoir des effets des pratiques culturales sur l'évolution de l'état organique du sol

## Développer une démarche de conseil

pour donner aux agriculteurs de Picardie, les moyens de gérer  
les matières organiques de leurs sols

sur le long terme

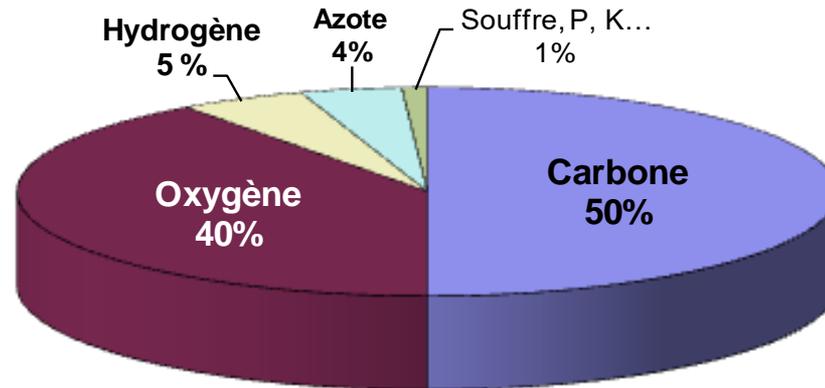
à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation

# Vous avez dit « Matières organiques » ?

Composition, nature,  
Rôles, fonctions  
des matières organiques  
des sols cultivés

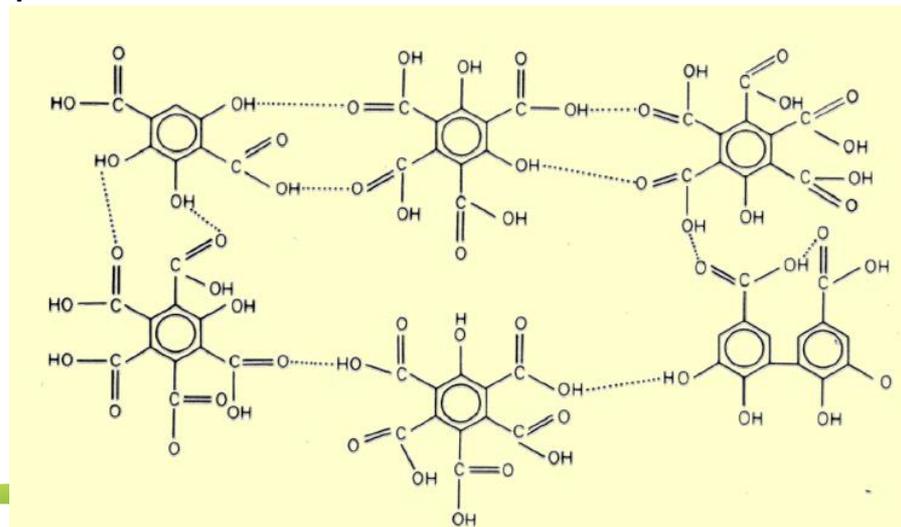


## Composition des MO du sol



Source : Chenu et Balabane

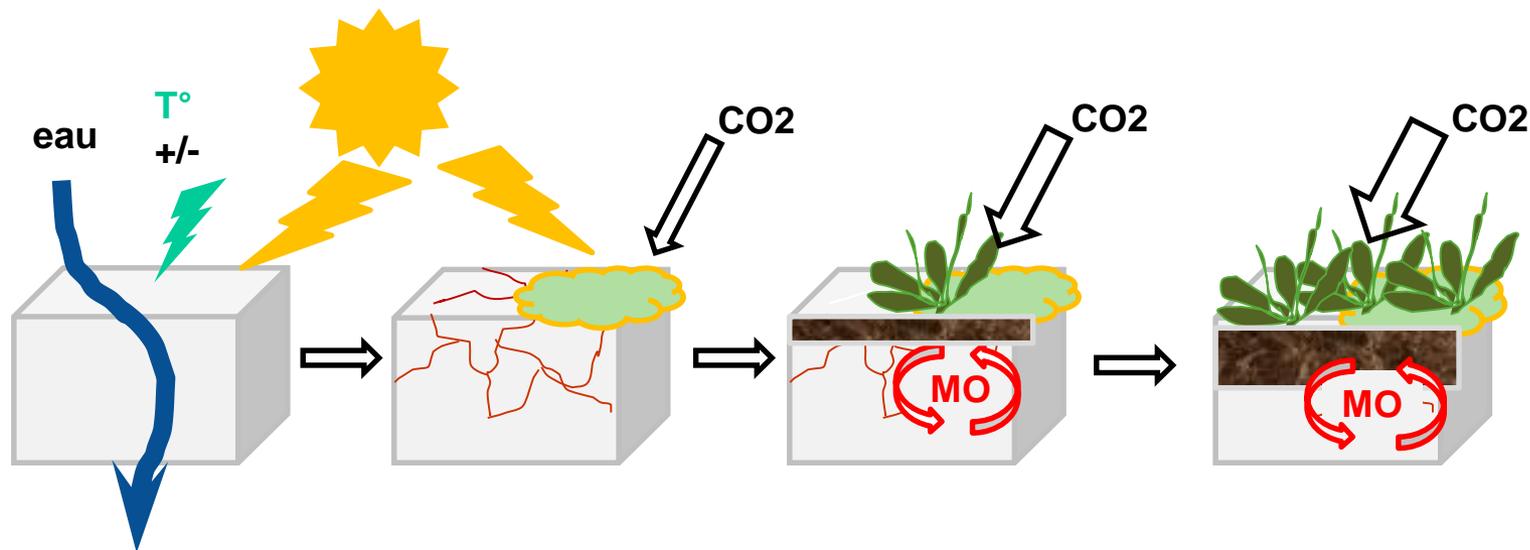
Représentation d'une molécule d'acide humique :



## Il n'y a pas de sol sans matière organique !

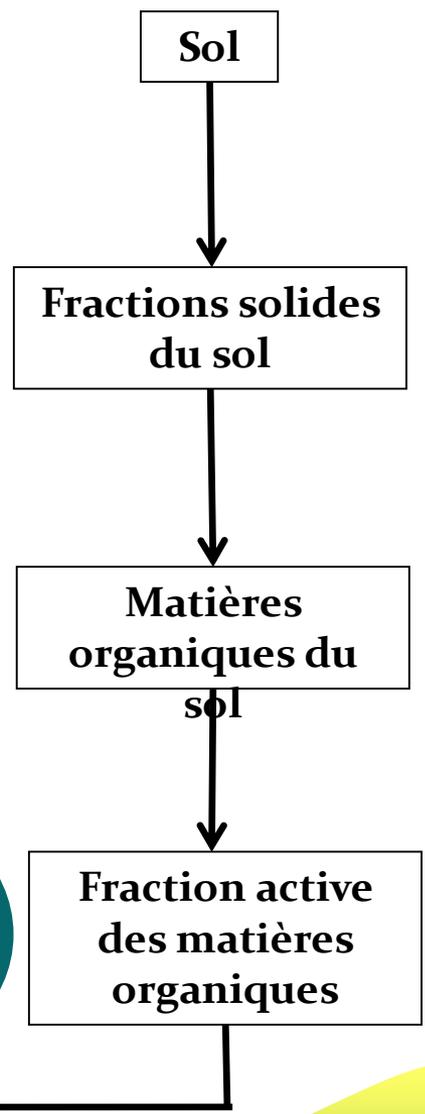
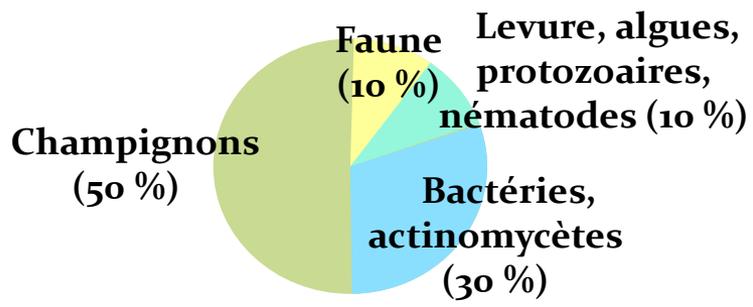
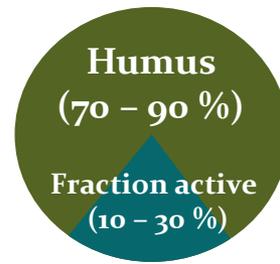
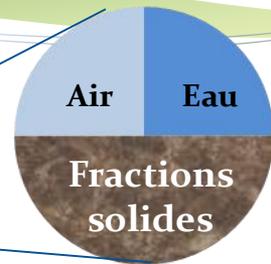
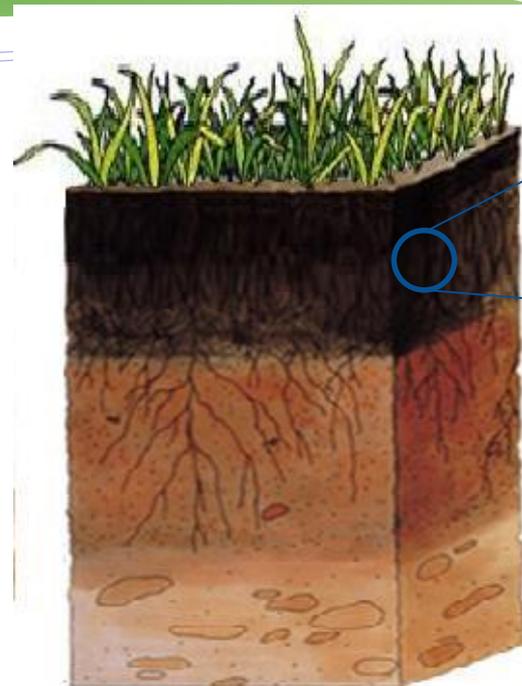
**Au début, il y a la roche...**

et les facteurs physiques, qui favorisent sa décomposition, fragmentation,



- ⇒ libération d'éléments minéraux assimilables par des organismes vivants pionniers « équipés » pour cela : les lichens = algue (photosynthèse => Carbone ) + champignon (eau et minéraux)
- ⇒ Puis des organismes plus évolués : mousses, des plantes à rosette, des graminées.... (leurs racines accélèrent l'altération de la roche)
- ⇒ entrée de plus en plus importante de **matières carbonées qui s'associent à la matière minérale** issue de la roche => un sol en formation

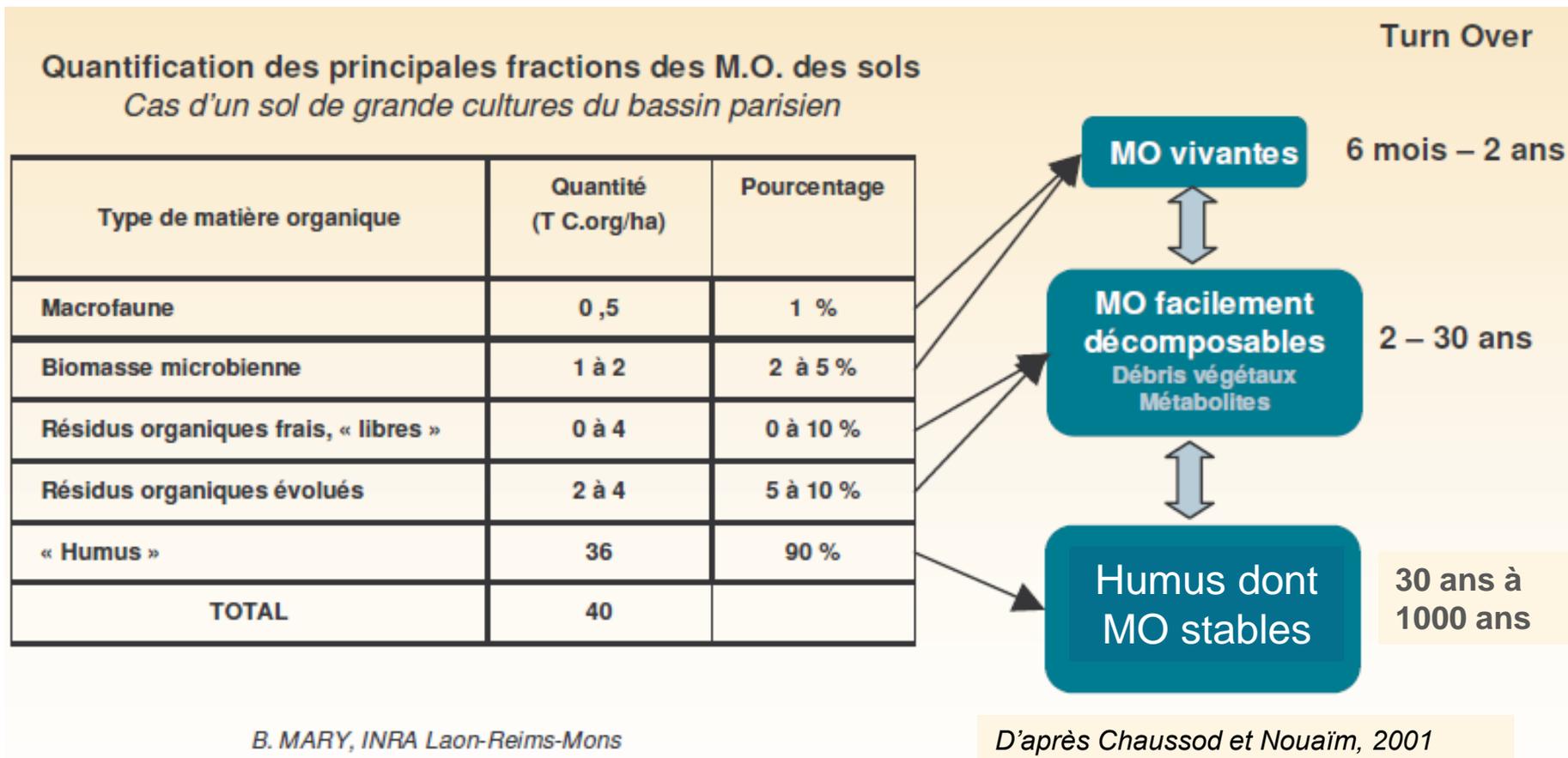
# Quelle place des matières organiques dans les sols ?



**Organismes vivants**

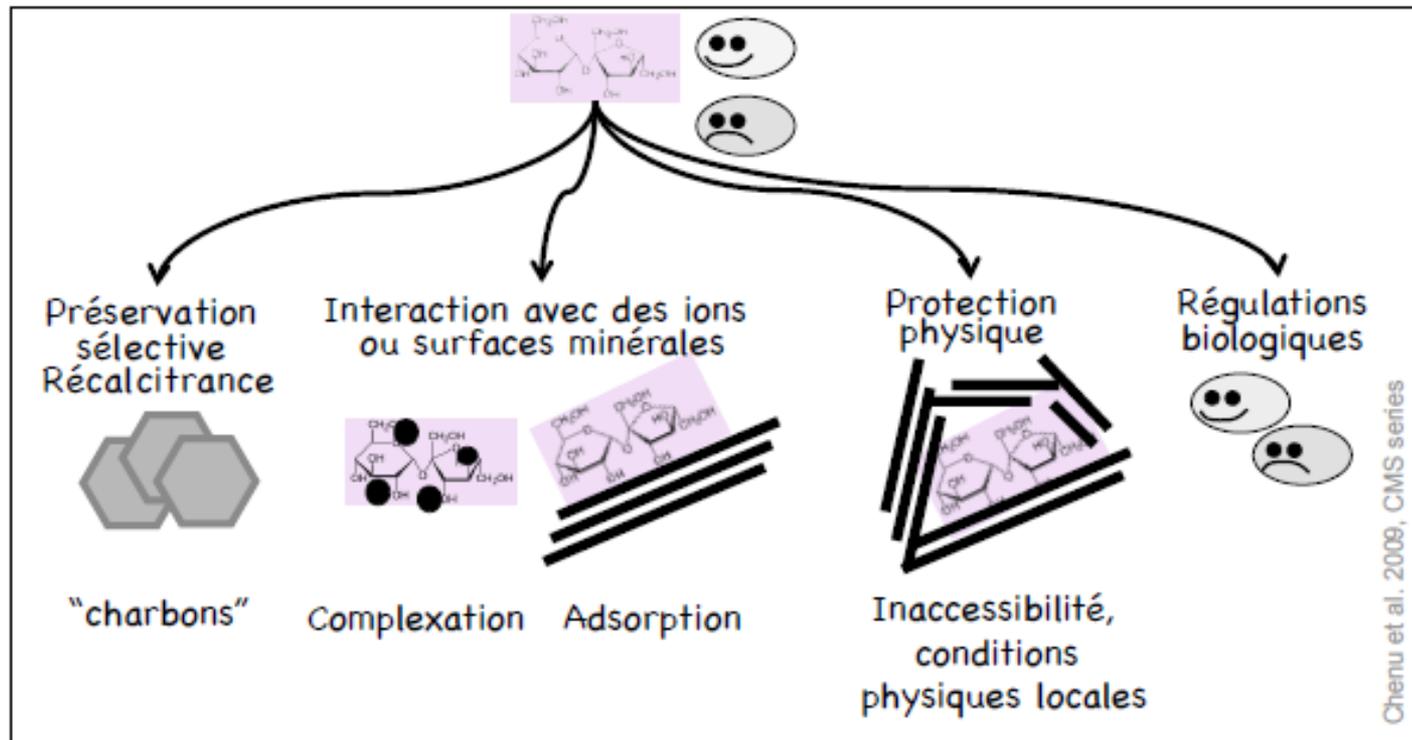
*D'après Grégorish et al, 1995 et Chassin, 2008*

# Des fractions de Matières Organiques du sol aux durées de vie variables



# Qu'est ce qui contrôle la persistance des matières organiques ?

## Différents processus en interaction



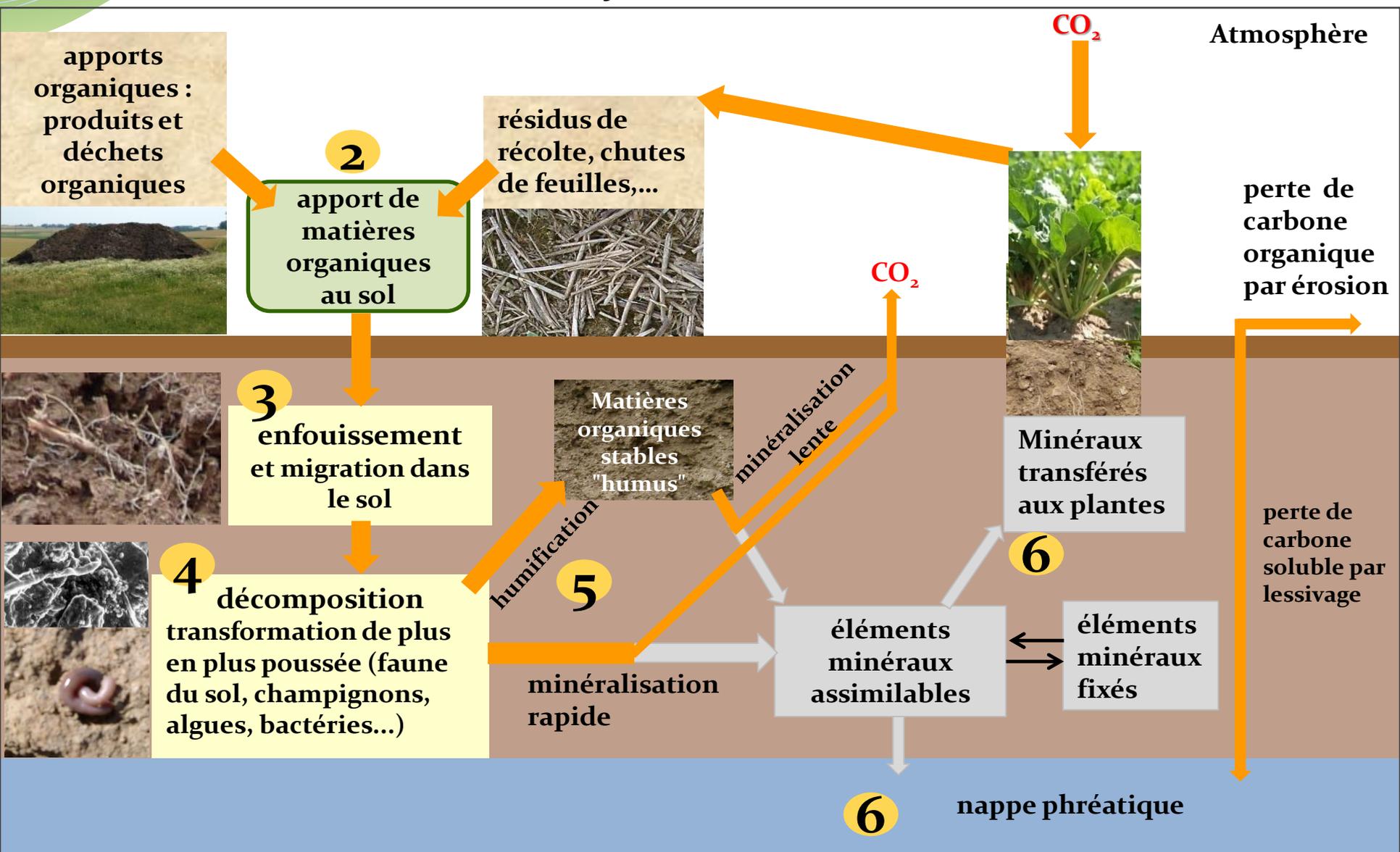
« Soil organic matter persistence is an ecosystem property »

Schmidt et al. 2011

« La persistance de la MO dans le sol est une propriété de l'écosystème »

# Les Matières Organiques du sol

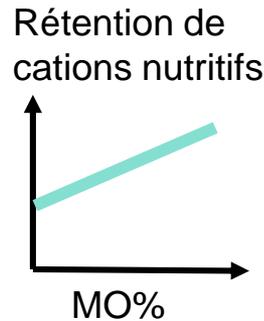
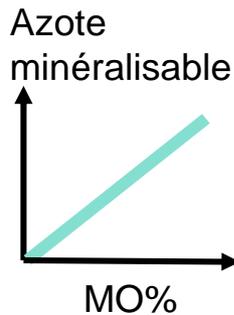
## Cycle du carbone :



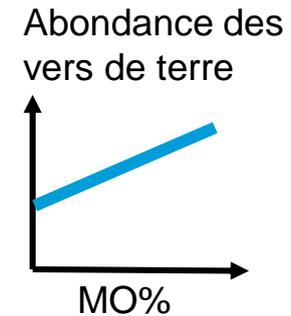
# Matières Organiques et propriétés du sol

- Des tendances connues

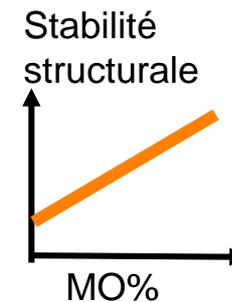
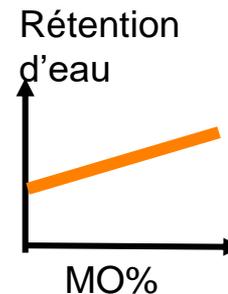
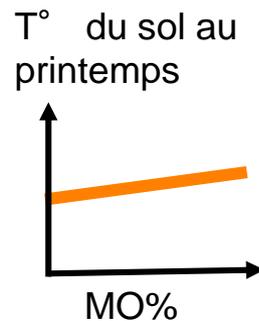
## fertilité chimique



## fertilité biologique



## fertilité physique



Source : C. Chenu et al, 2011

## Effet sur la stabilité des agrégats :

Croute de battance compromettant la levée de la culture :



Crédit photos : D. Gassen

Croute de battance compromettant la levée de la culture :



Crédit photo : A2C

# Effet de l'entretien organique sur le comportement du sol :

Levée de blé sur parcelle remembrée :



Parcelle voisine avec faible restitution organique  
(Battance, pertes à la levée, moindre développement du blé...)

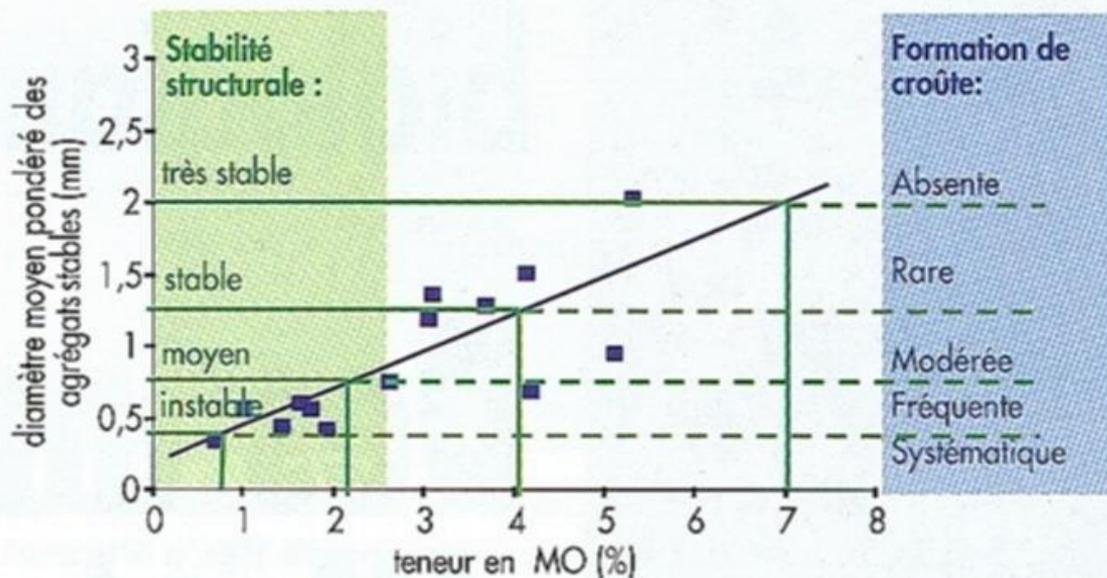
Ancienne parcelle enrichie par du fumier  
(+ riche en MO)

Source : V. Tomis



# 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.**

## → Travaillabilité :

En sol argileux (> 35% A) le comportement collant de la terre s'exprimera d'autant plus que le sol sera pauvre en matière organique.



# MO et fertilité chimique

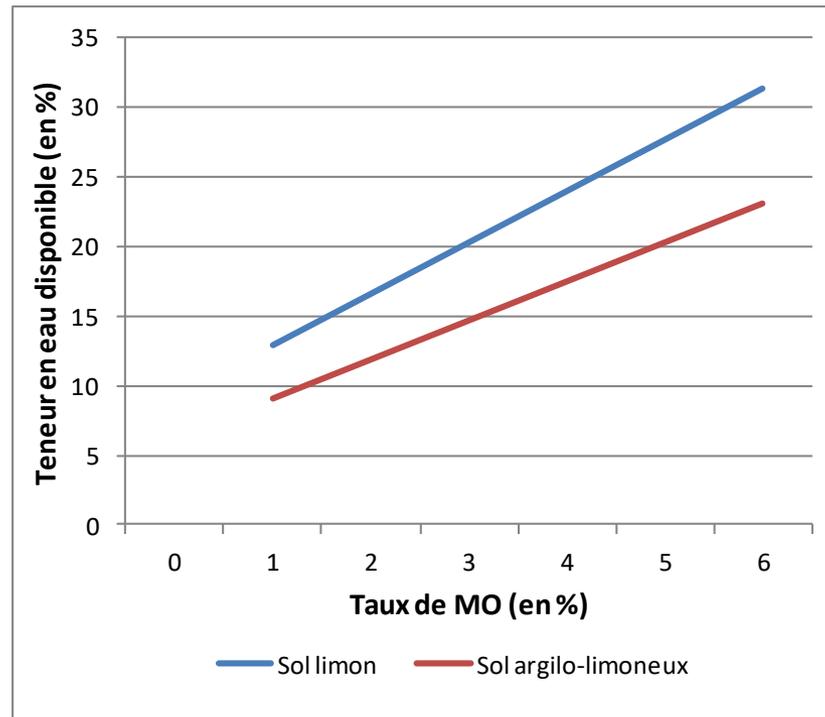
## Fourniture d'éléments minéraux aux cultures

→ Fourniture d'azote par minéralisation de l'humus :



# Matières Organiques et capacité de rétention en eau

La teneur en MO du sol est reliée :  
à la capacité de rétention de l'eau du sol

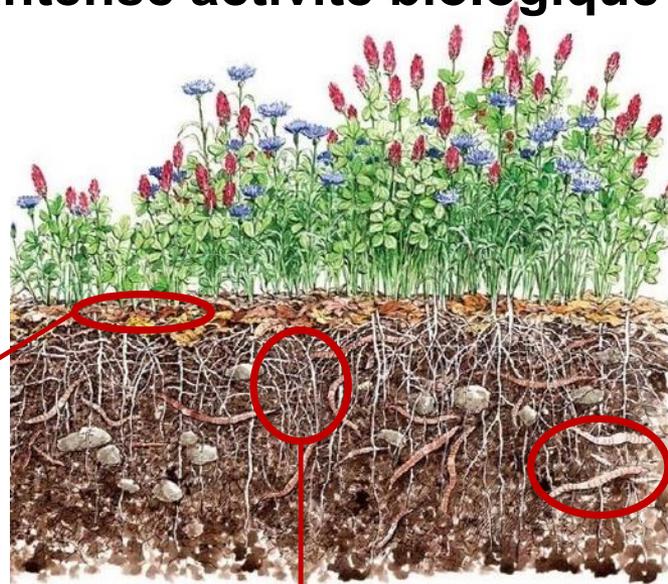


Source : Berman Hudson, 1994. JSWC 49:189-194

→ La MO du sol augmente la capacité de rétention de l'eau du sol

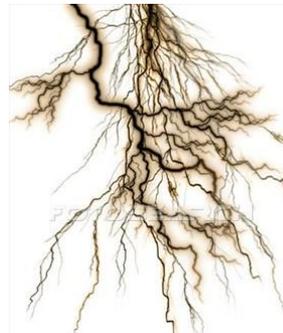
# MO vivante - activité biologique

3 hot spots d'activité biologique  
(zones d'intense activité biologique dans le sol) :



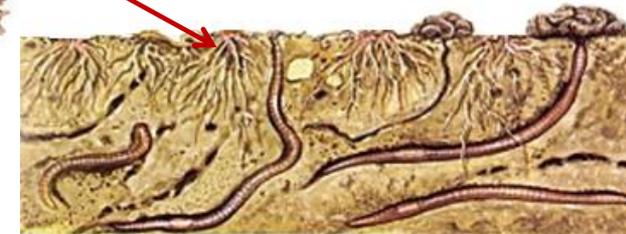
## Résidusphère :

Zone de décomposition  
des résidus (litière)



## Rhizosphère :

Zone sous l'influence des racines



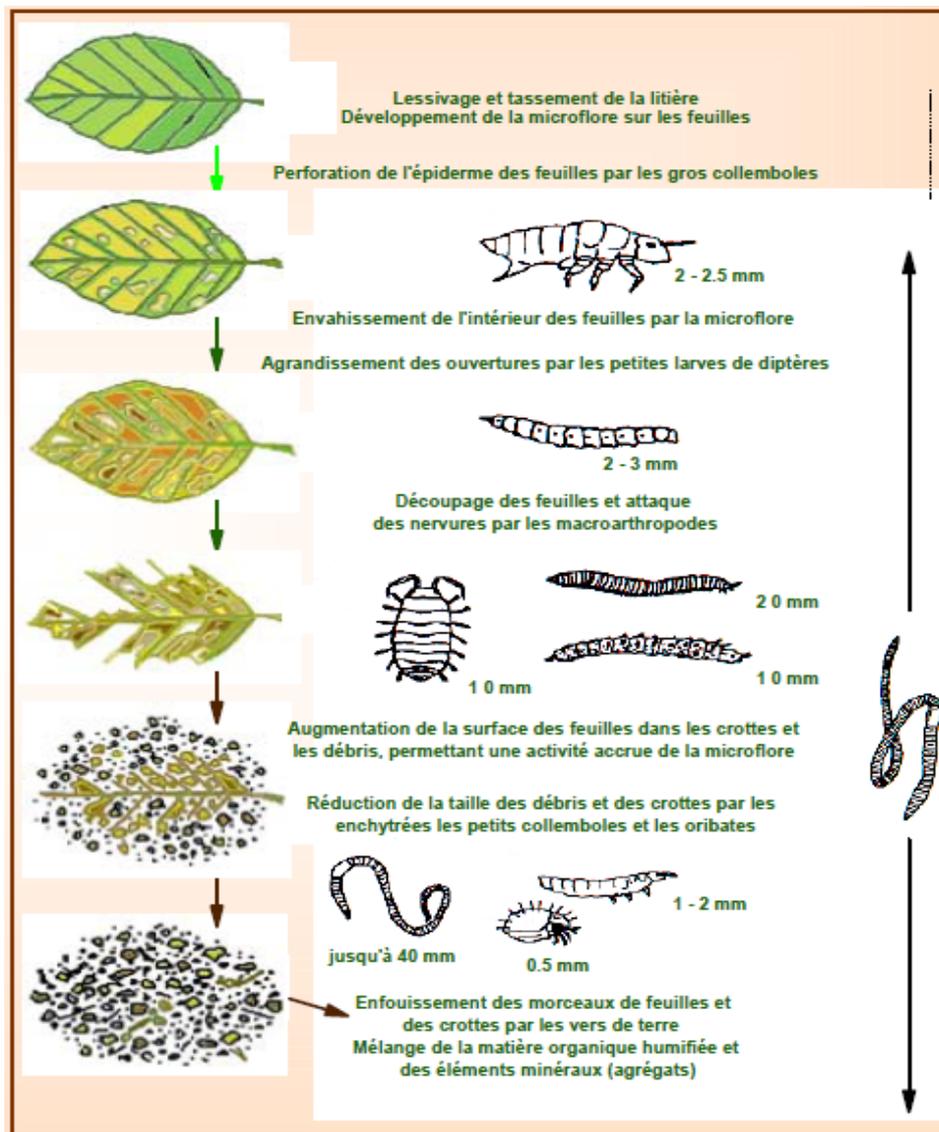
## Drilosphère :

Zone sous l'influence des  
vers de terre dans le sol  
(galeries, déjections)

→ **Activité biologique intense si beaucoup de racines, de résidus et de vdt**

# MO vivante - activité biologique

Séquence de transformation d'une feuille de hêtre par les organismes décomposeurs (Gobat et al., 2003)



Décomposition de la matière organique :

- Fragmentation par la macrofaune (insectes, cloportes, myriapodes ...) puis la mésofaune (acariens, collemboles...)
- Décomposition par les micro-organismes du sol (bactéries, champignons) et fourniture des éléments nutritifs disponibles pour les plantes

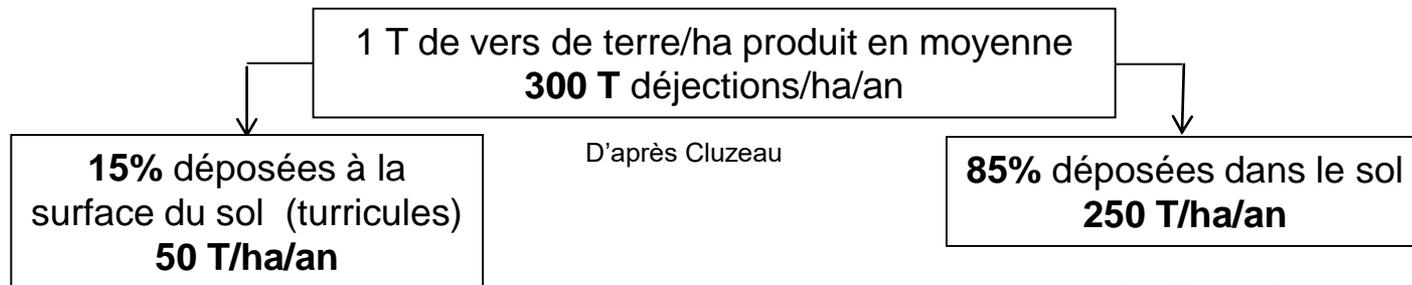
Vitesse et degré de décomposition des résidus :  
*indicateur du fonctionnement biologique du sol*

Importance de la diversité  
pour la complémentarité

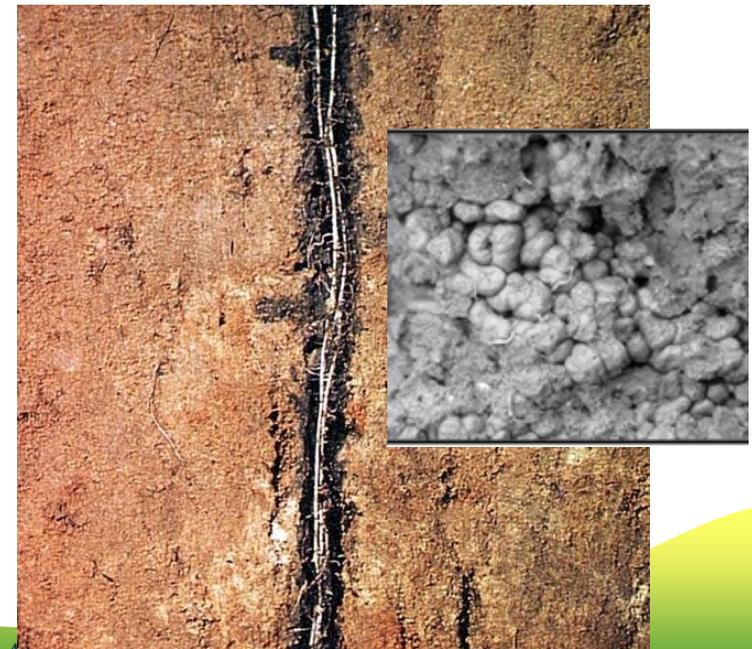
# MO vivante - activité biologique

## Rôle des lombriciens dans le fonctionnement du sol :

- Recyclage de la MO
- Brassage MO et matières minérales et transfert dans le sol
- Répartition du C et des micro-organismes dans le sol via les galeries
- Structuration du sol (porosité biologique)



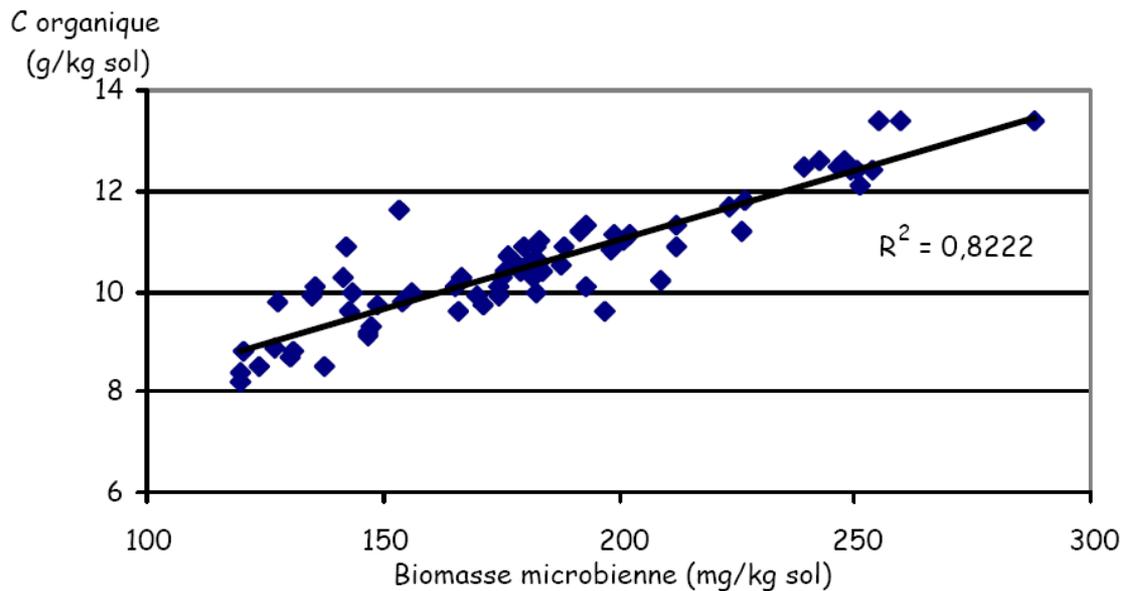
Les turricules sont plus concentrés en éléments minéraux par rapport à la terre d'origine



# MO et activité biologique

## Activité biologique

Lien entre biomasse microbienne et teneur en MO d'un sol



(Houot et Chaussod, 1995)



# Comment diagnostiquer l'état organique d'une parcelle agricole ?

Teneurs ou Stocks ?

Etat des stocks de C organique en France

Précautions à prendre pour suivre l'évolution de l'EOS d'une parcelle



# Comment diagnostiquer l'état organique du sol d'une parcelle ?

## - L'observation au champ :

- battance/stabilité structurale ;
- fourniture d'azote ;
- Facilité de travail du sol (travaillabilité) ;
- Décomposition des résidus ;
- Asphyxie

## - L'analyse de terre « classique » :

- Taux de Carbone organique ou Taux de Matières Organiques
- Rapport C/N

## - D'autres analyses :

- Fractionnement des MOS, indice d'activité biologique

# L'analyse de terre

## TEXTURE :

16% A  
77% L  
7% S

pH : 7.8

CaCO3 total : 3 g/kg

## Extrait d'un bulletin d'analyse « Agren »

| CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE       |                          |                          |                          |                      |         |         |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|---------|---------|
| <b>CEC : 7.46</b>                   |                          | Taux de saturation %     | Répartition des éléments |                      |         |         |
| en méq/100g de Terre Fine (T.F.)    |                          |                          | Résultat                 | K <sub>2</sub> O/CEC | MgO/CEC | CaO/CEC |
|                                     |                          |                          | 172                      | Correct              | Faible  | Correct |
|                                     |                          | Teneur souhaitable       | 176                      |                      |         |         |
| petite                              | moyenne                  | grande                   | Elevé                    |                      |         |         |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Correct                  |                      |         |         |
| <10                                 | 10-15                    | >15                      | Faible                   | 5.86 %               | 4.69 %  | 161 %   |

| ETAT ORGANIQUE     |                     |                     |               |           |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------|-----------|
|                    | Matière Organique % | Carbone Organique % | Azote Total ‰ | C / N     |
| Résultat           | 17.30               | 10.00               | 1.1           | 9.1       |
| Teneur souhaitable | 18 à 20             |                     |               | 8.5 à 9.5 |
| Elevé              |                     |                     |               |           |
| Correct            |                     |                     |               |           |
| Faible             |                     |                     |               |           |

rapport C/N : indicateur du degré de décomposition des matières organiques du sol

Valeurs issues de mesures

## NATURE ET COMPORTEMENT DU SOL:

Sol à petite CEC ne pouvant pas fixer beaucoup d'éléments ("petit réservoir") mais les libèrent facilement. Pour tenter d'augmenter la CEC et de maintenir un niveau de matière organique correct, éviter les bilans humiques déficitaires.

Rapport C/N correct: bon état de décomposition des matières organiques.

Sol à texture moyenne (limoneuse). Sol très battant à structure très fragile.

Structure instable à risque de battance ou prise en masse élevé. Une augmentation du niveau organique du sol permettra d'améliorer la stabilité.

Valeurs issues de calculs

Teneur en MO = 1,72 (ou 2) x Teneur en C organique

Valeur souhaitable indicative (≠ norme)

# Etat Organique du Sol

## Teneurs et Stocks de MO, de C org, d'N total

Calcul du stock (pour une couche de sol) :

$$\text{Stock de C organique} = \text{Teneur en C org} * \text{Masse de terre fine}$$

Avec **Masse de terre fine**

$$= 1000 * \text{prof. de prélèvement} * \text{densité apparente} * (1 - \% \text{cailloux})$$

→ Un sol à 2 % de MO sur 30 cm (4000 T de terre) contient environ 80 T de MO/ha

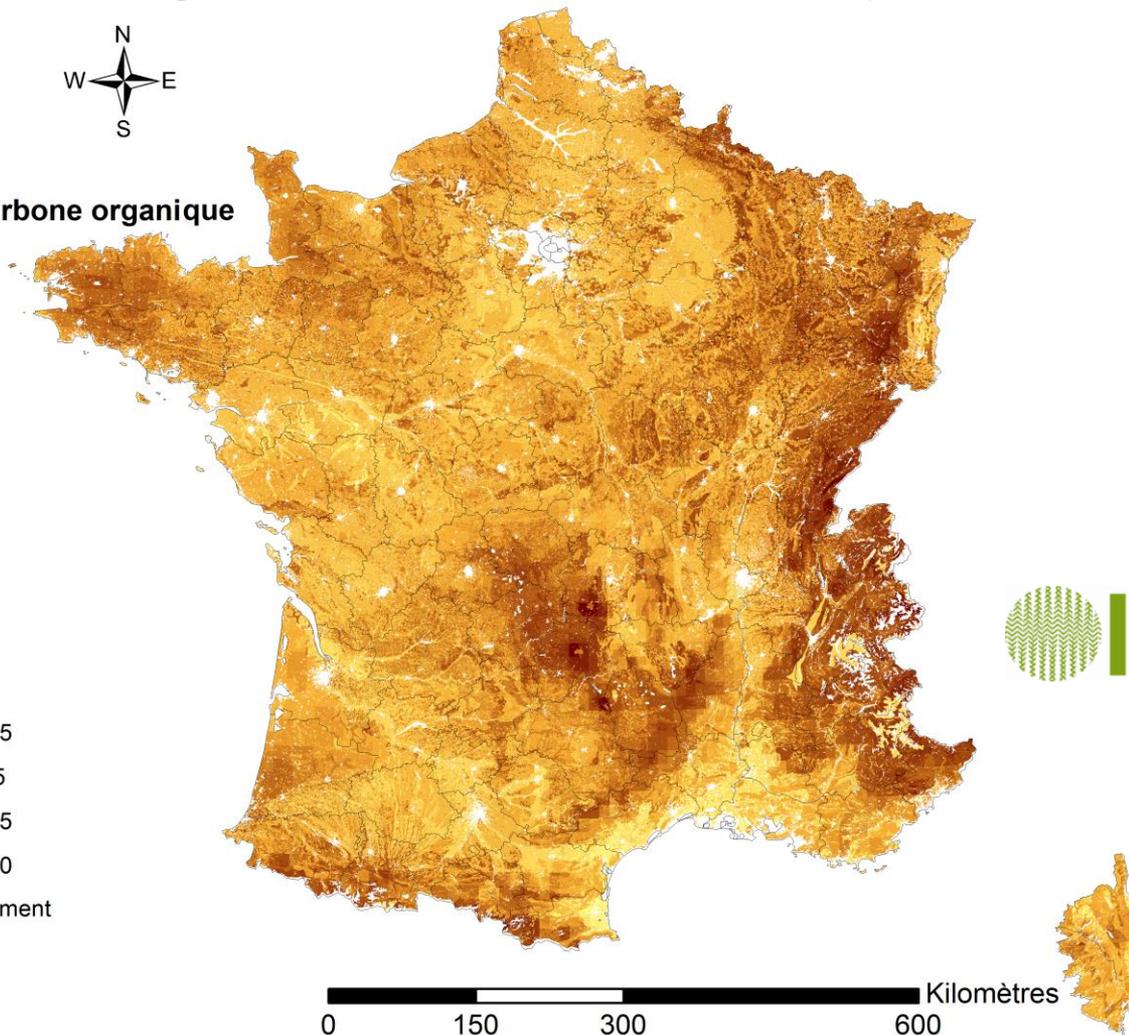
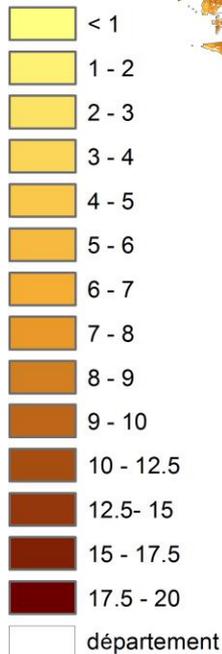
# Stocks de C organique dans les sols de France

Etat des lieux à l'échelle nationale (2012)

3 à 4 Mt Corg sur 0-30 cm dans les sols français



Stock de carbone organique  
kg/m<sup>2</sup>



1 kg Corg / m<sup>2</sup>

=

10 t Corg/ha

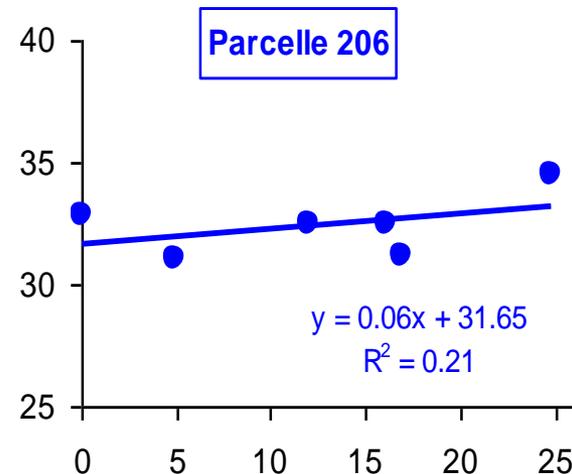
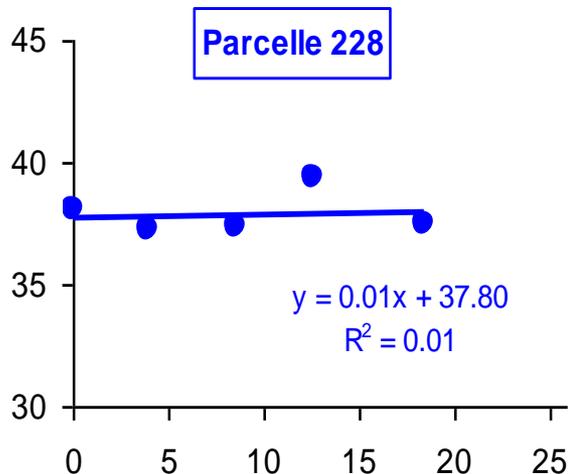
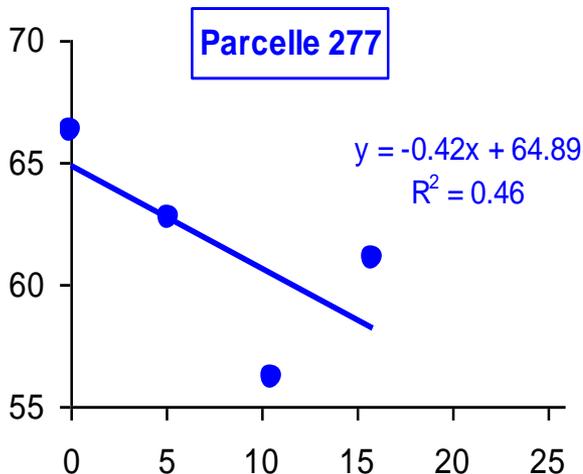
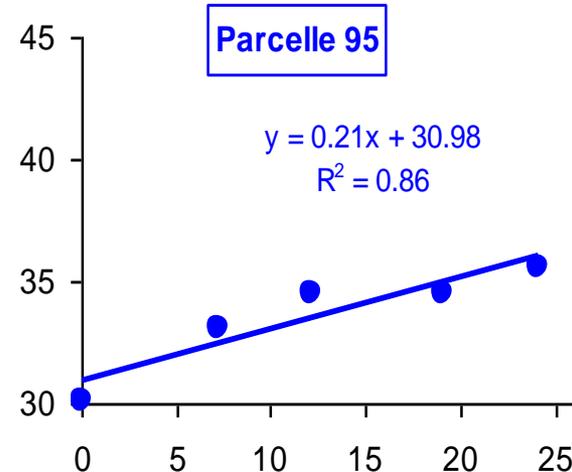
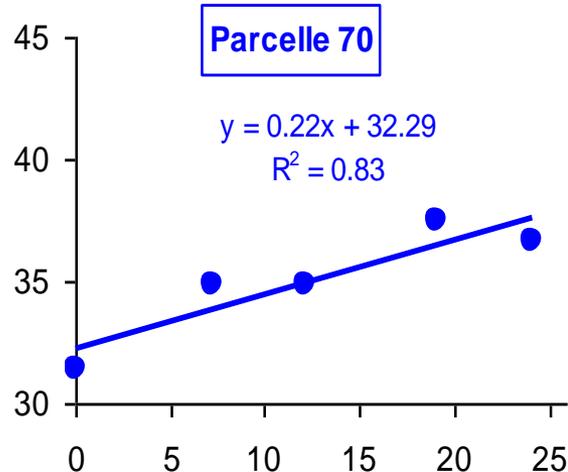
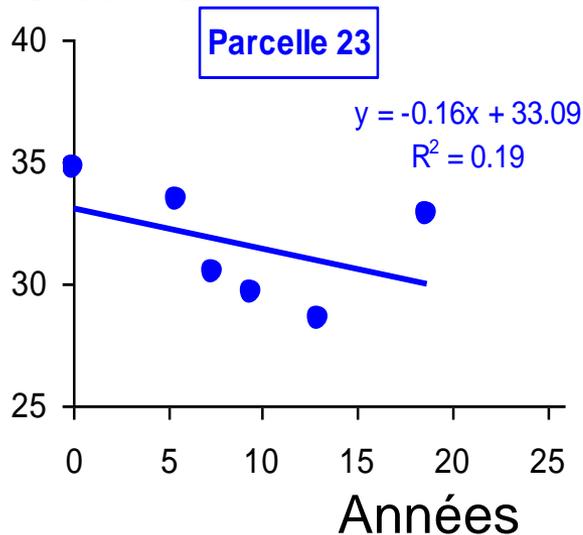
=

18 à 20 t MO/ha

Meersmans, et al, 2012.

# Exemples d'évolution des stocks (1970-1997)

## Stock C



Wylleman et Mary, 1999

# Pour un prélèvement de terre de qualité

## Trois points clefs à respecter

### 1. Bien choisir la période de prélèvement et s'y tenir

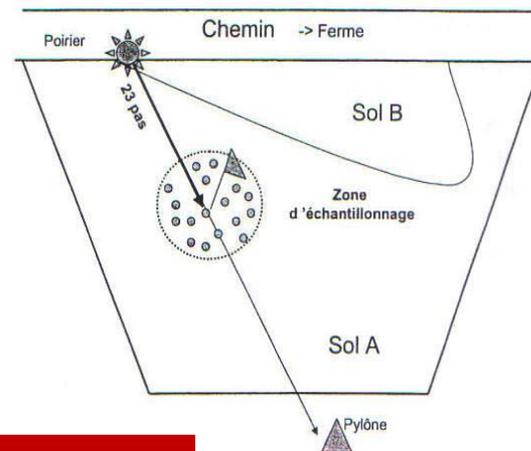
Une période privilégiée: juste après récolte et avant déchaumage

Une période possible : la sortie d'hiver

### 2. Sélectionner attentivement la zone d'échantillonnage

→ **Bonne représentativité de la parcelle: choix de zones homogènes et représentatives**

→ **Repérer précisément afin de revenir au même endroit (GPS)**



**NB: En général, la variabilité intra parcellaire des teneurs en C organique du sol est plus grande que la variation de cette teneur en un point donné d'une parcelle sur une période de 3 à 5 ans !**

# Pour un prélèvement de terre de qualité

## Trois points clefs à respecter

### 1. Bien choisir la période de prélèvement et s'y tenir

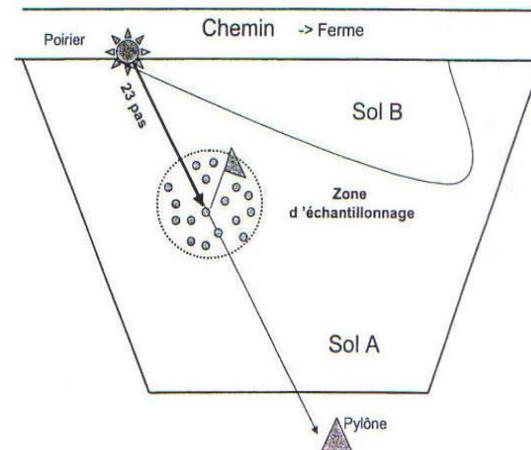
Une période privilégiée: juste après récolte et avant déchaumage

Une période possible : la sortie d'hiver

### 2. Sélectionner attentivement la zone d'échantillonnage

→ **Bonne représentativité de la parcelle: choix de zones homogènes et représentatives**

→ **Repérer précisément afin de revenir au même endroit (GPS)**



### 3. Respecter une profondeur de prélèvement stable dans le temps (par exemple normalisée à 30 cm ) pour limiter les biais dans le suivi de l'évolution du stock de MOS

## Indicateurs de qualité des MO du sol

### Fractionnement granulométrique de la MO

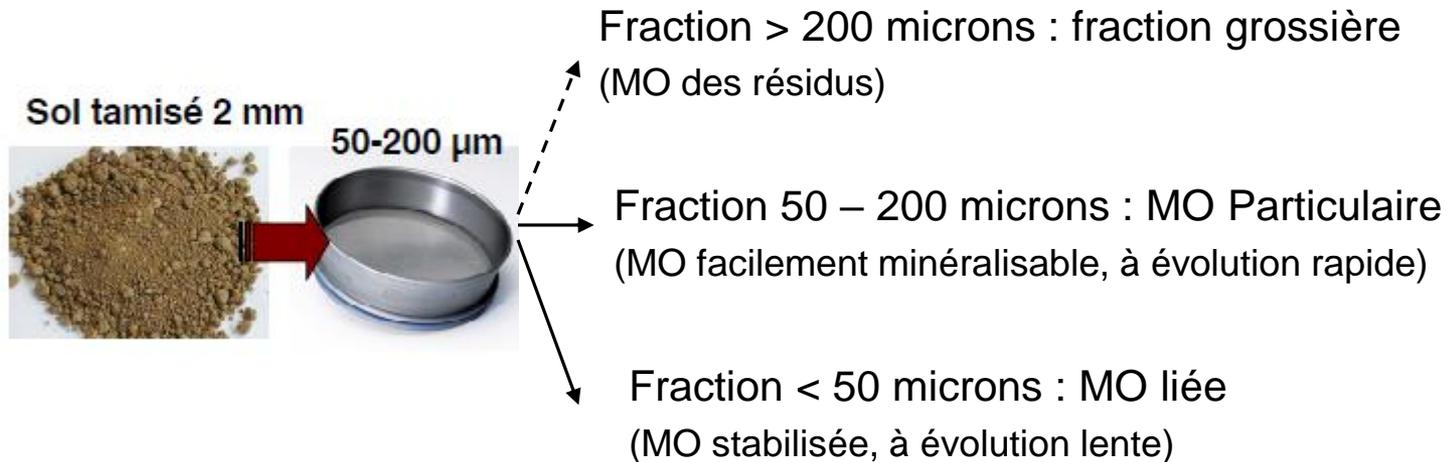


Photo : SAS Laboratoire

La fraction MOP varie de 10 à 40 % selon les situations

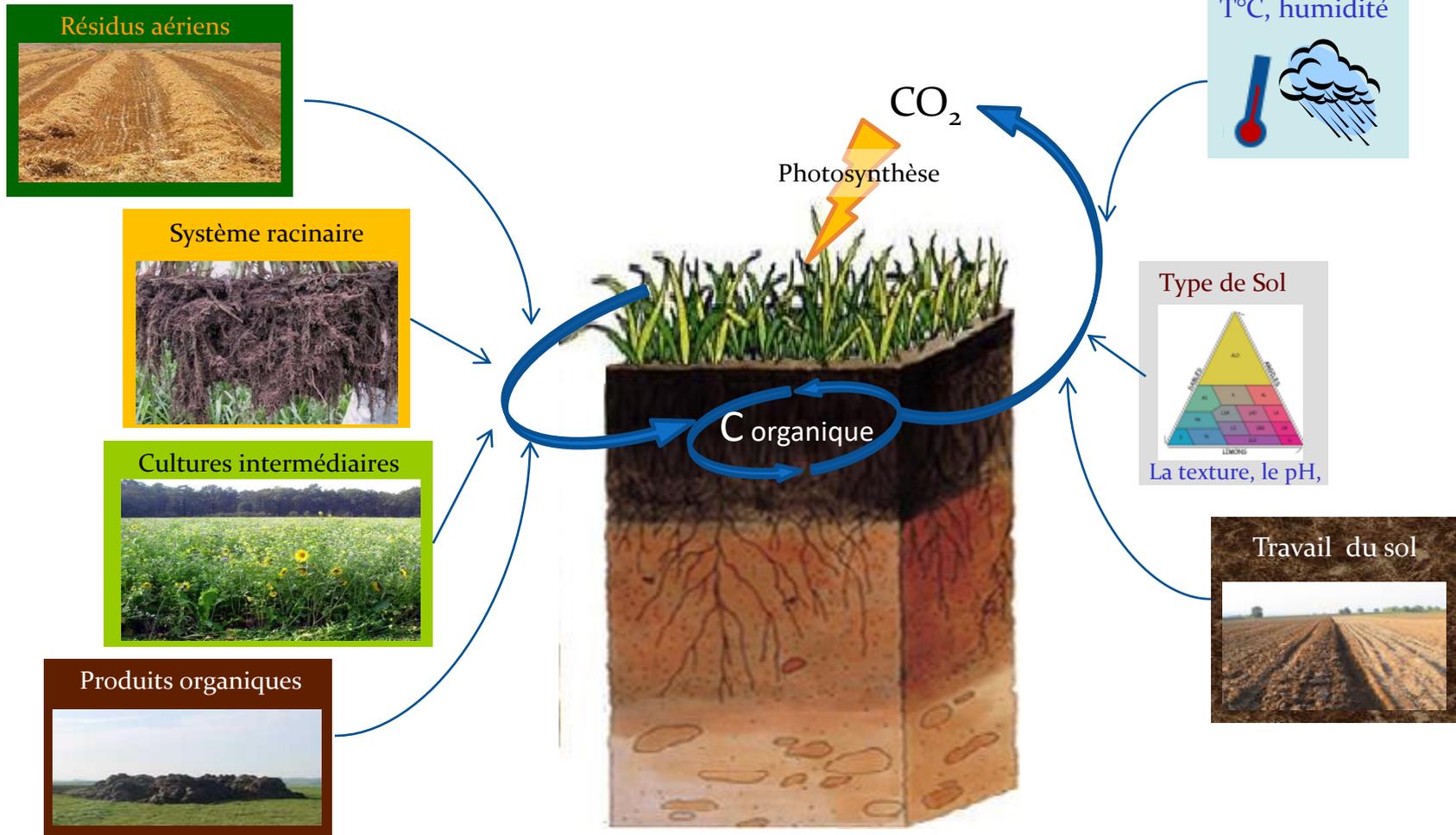
→ **Référentiel à construire pour l'interprétation**



## Pilotage dynamique des stocks de carbone organique des sols : l'outil SIMEOS-AMG

# Principe d'un bilan humique

Entrées de C – Sorties de C

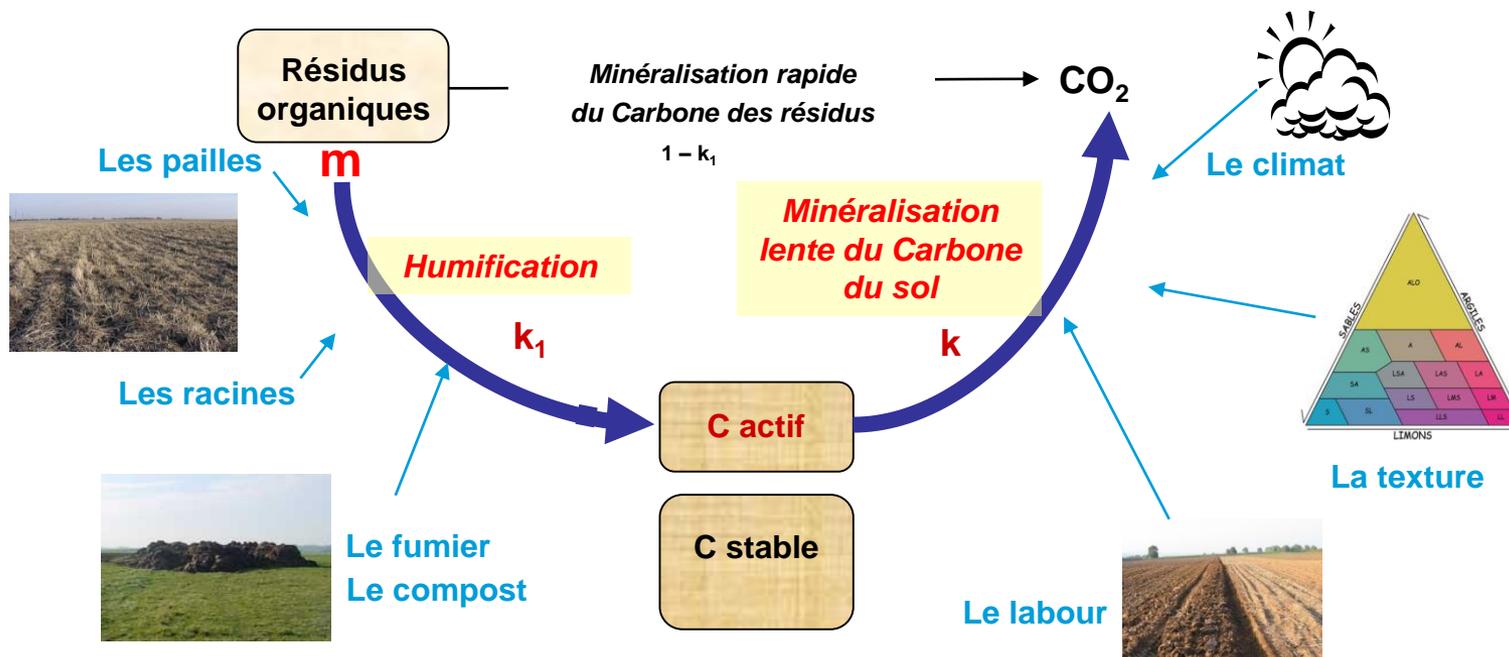


# Un modèle simple de calcul de bilan humique à la parcelle

## Le modèle **AMG\***

### Les principes du calcul

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



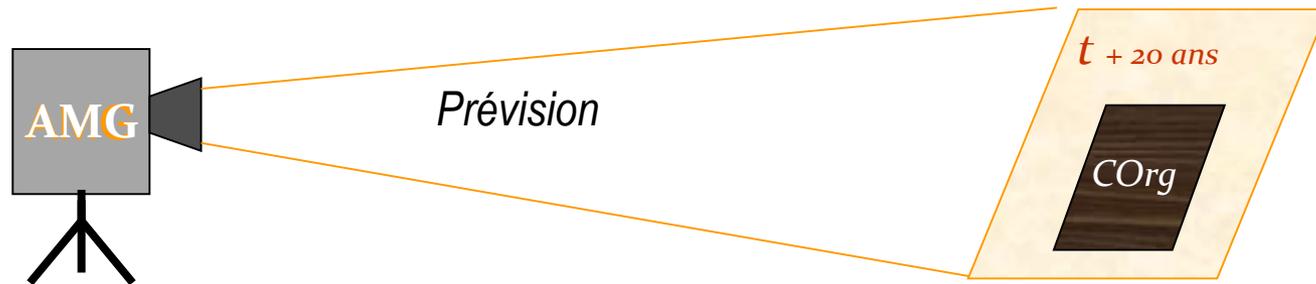
\*AMG, du nom de ses auteurs:  
Andriulo, Mary, Guérif - INRA de LAON

## Gérer l'EOS à l'aide d'un outil de simulation

**Simuler** l'effet des pratiques de culture sur l'évolution à long terme des stocks et des taux de C organique du sol

= une aide au choix des pratiques d'aujourd'hui pour préserver le sol de demain

### Simeos-AMG



Un outil basé sur le modèle de calcul de bilan humique  
AMG (Inra Laon)

## L'outil en ligne SIMEOS-AMG :

Outil réalisé par :



En partenariat avec :



Avec le concours financier de :



**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](http://www.agro-transfert-rt.org)

Contact : [v.tomis@agro-transfert-rt.org](mailto:v.tomis@agro-transfert-rt.org)  
[a.duparque@agro-transfert-rt.org](mailto:a.duparque@agro-transfert-rt.org)

Documents PDF :



Dépliant Simeos



Guide utilisateur

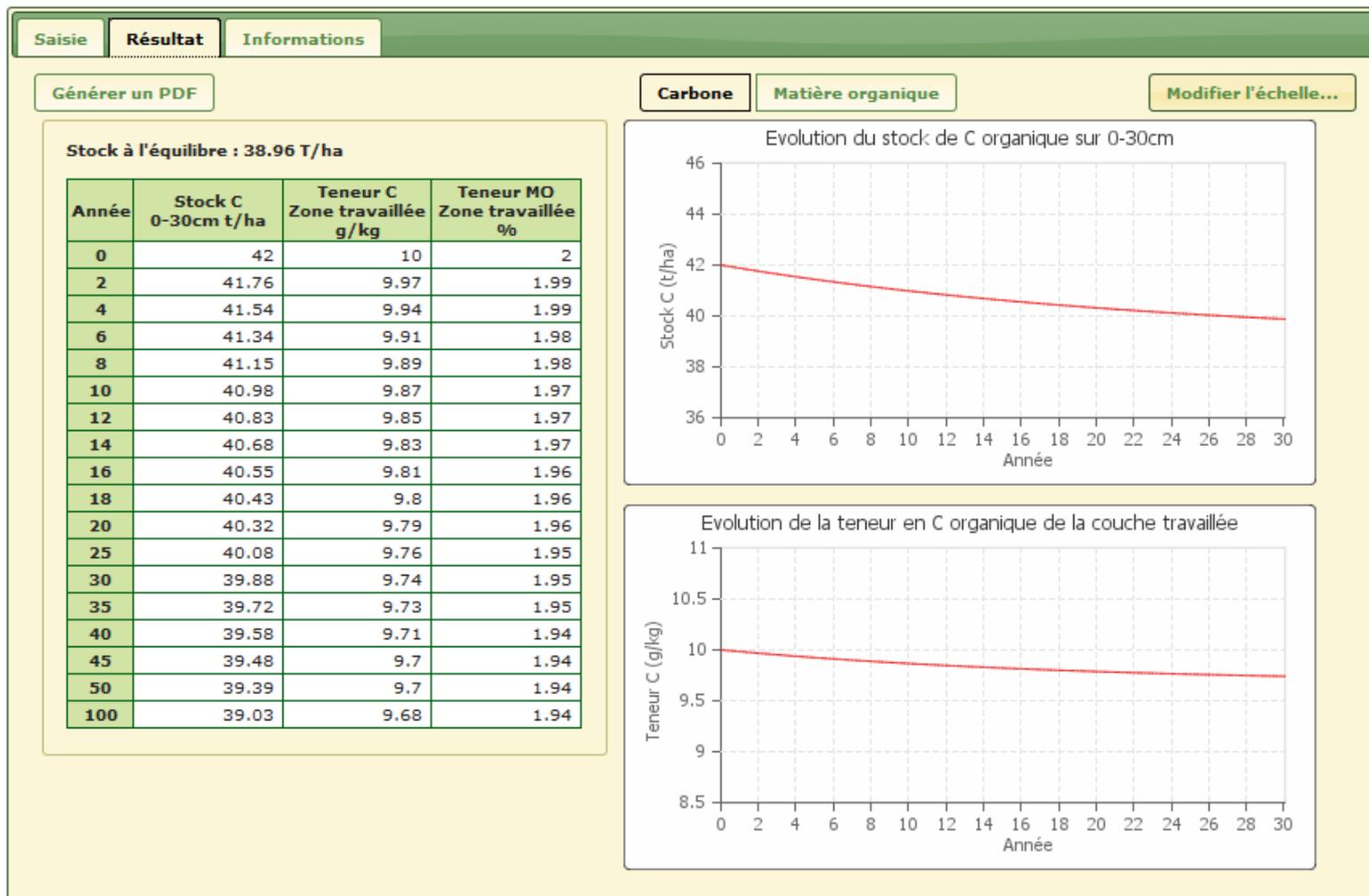
Mis au point dans le cadre du projet GCEOS, Agro-Transfert-RT, (2004-2011)

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

## 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



# Simeos-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

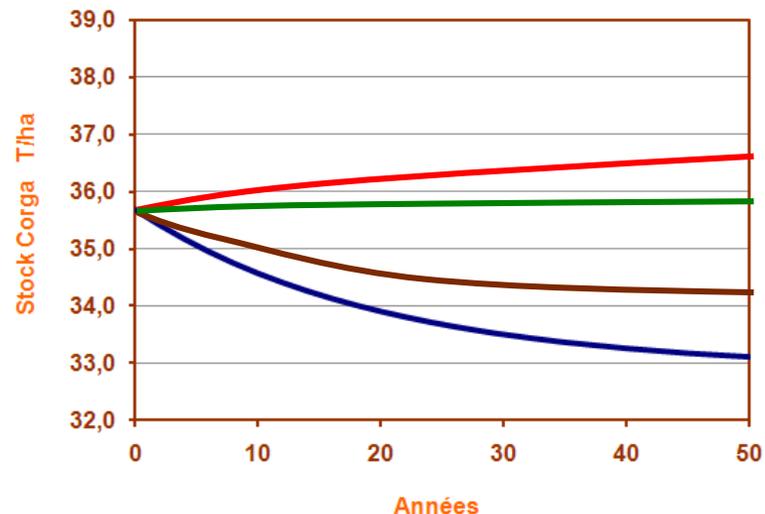
- Apport de 10 T/ha de compost de déchets verts/6ans
- Suppression d'un labour et réduction de prof. Labour à 22 cm

### Scénario B

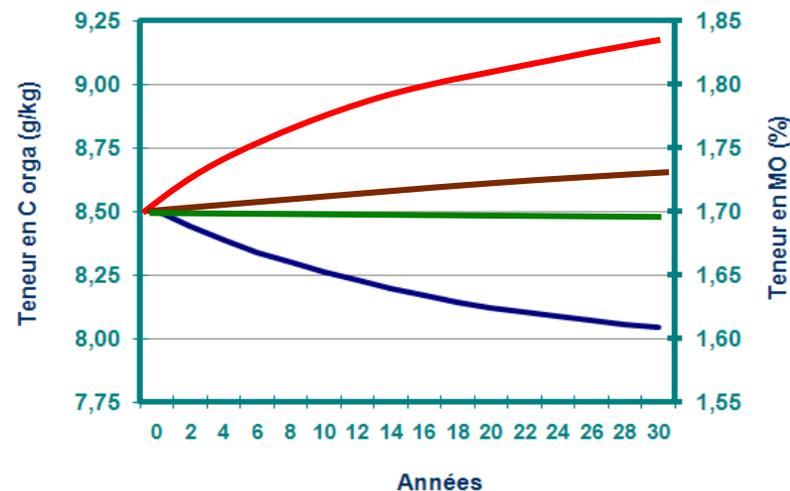
(augmentation des restitutions humiques)

- 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

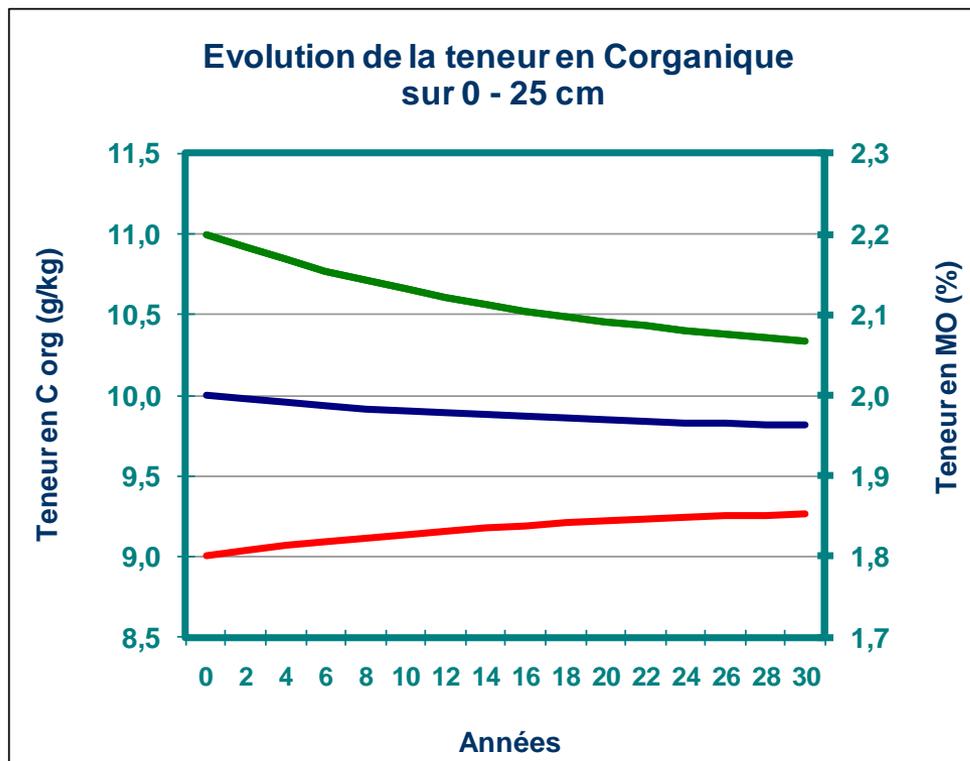


Evolution de la teneur en C organique sur la couche travaillée



La dynamique d'évolution des MO du sol dépend :

- du type de sol
- du taux de MO initial



Taux de MO initial :

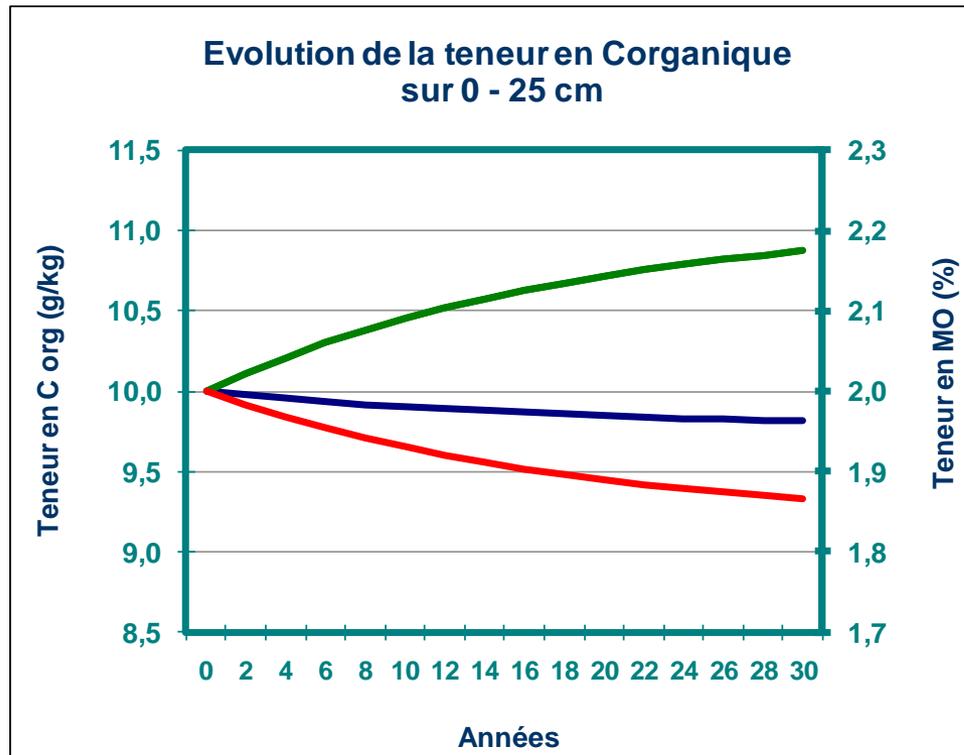
2,2 % de MO initial

2 % de MO initial

1,8 % de MO initial

Simulation réalisée à partir d'une rotation betterave – blé – féverole – blé en sol limoneux  
Labour 1 an/2 à 25 cm ; pailles restituées, cultures intermédiaires 1 an/4

La dynamique d'évolution des MO du sol dépend :  
- de la succession culturale



Rotations culturales :

Colza – blé – orge

Bett – blé – féverole – blé

Bett – pdt – blé – haricot – blé

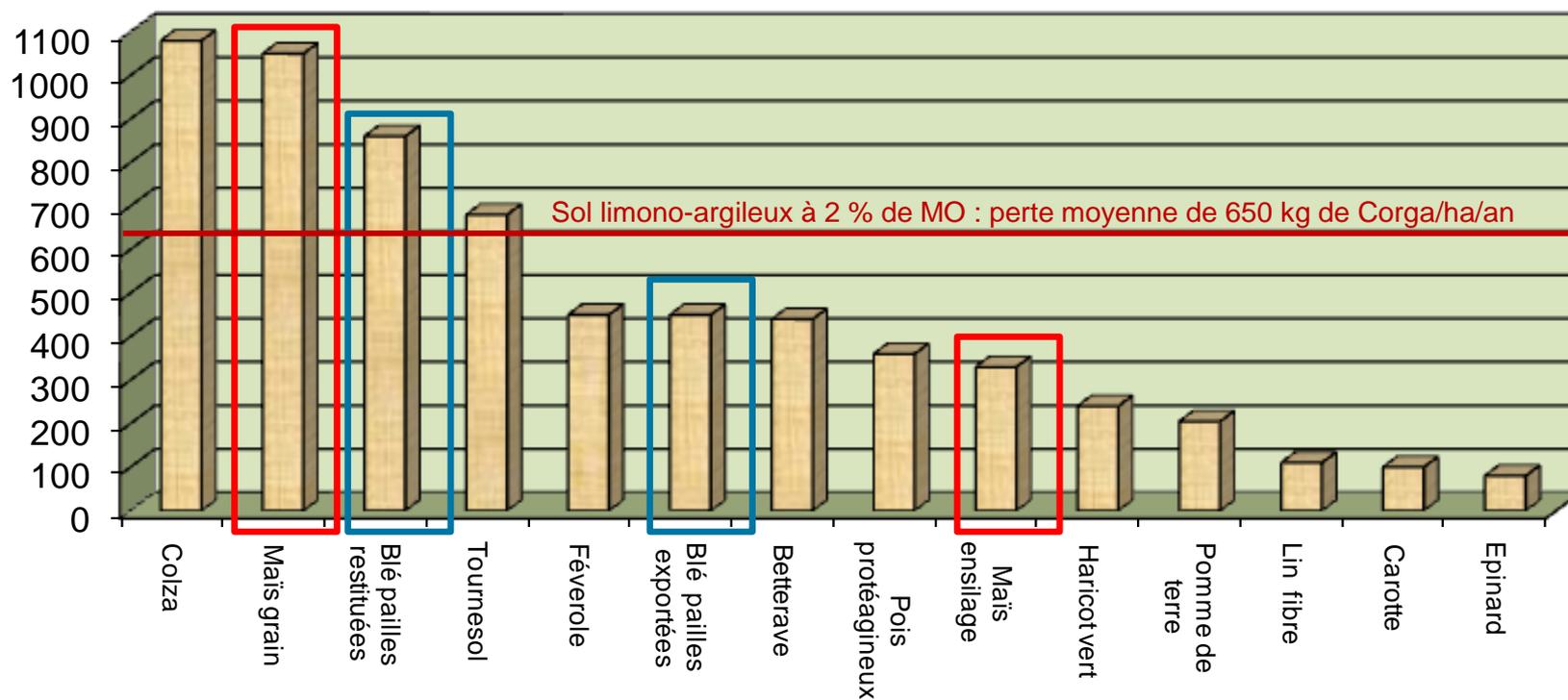
Simulation réalisée sur un sol limoneux

Labour 1 an/2 à 25 cm ; pailles restituées, cultures intermédiaires 1 an/4

# Calcul des entrées par les résidus de cultures

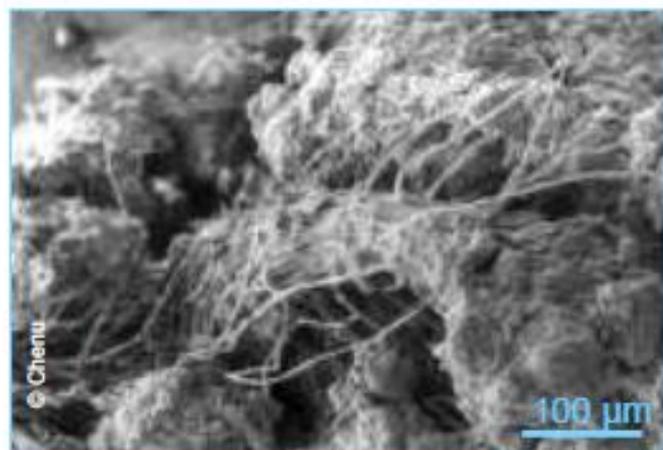
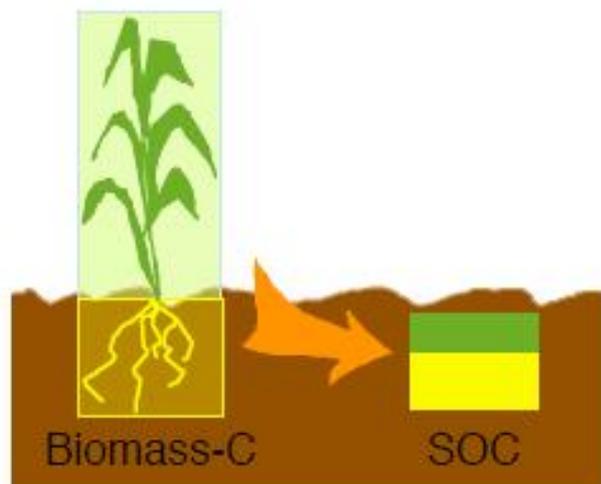
## ■ Succession culturale :

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



## Stocker... par la racine

---



Le « rendement » en carbone du sol est plus élevé pour le C rhizodéposé que pour les résidus des parties aériennes ( $\approx \times 2,4$ )

*Rasse et al. 2005*  
*Katterer et al. 2011*

=> Augmenter les apports de C au sol par voie racinaire

# Calcul des entrées par les cultures intermédiaires



## Production de C organique par la photosynthèse durant l'interculture :

→ Source supplémentaire de restitution humique et enrichissement du sol en C organique.

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

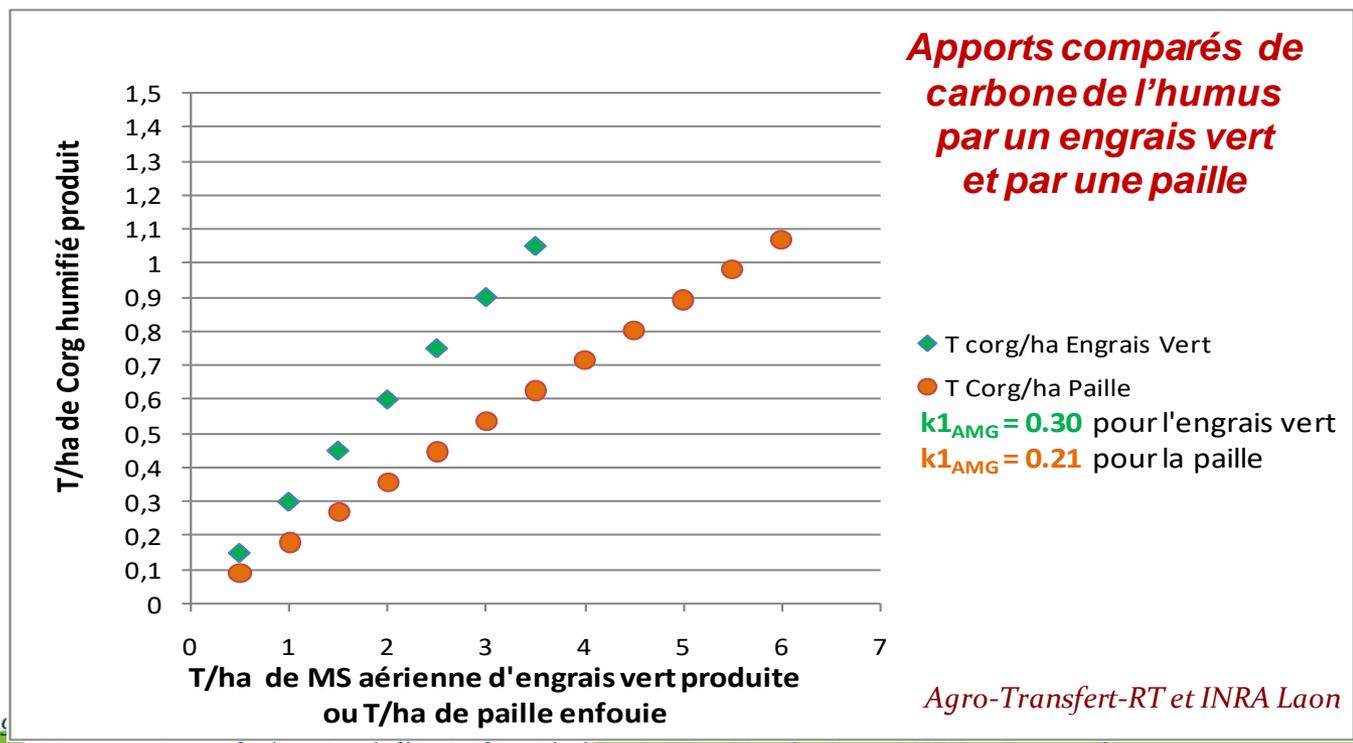
- de la biomasse produite
- de la fréquence de retour dans la rotation
- de l'espèce implantée :



Quantité de C plus ou moins importante restituée au sol



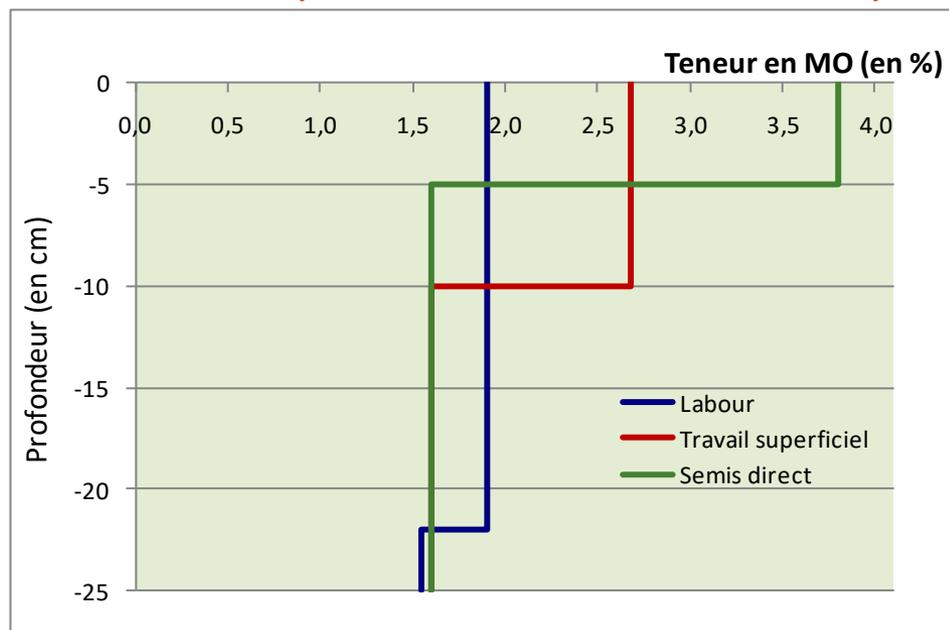
Rapport Biomasse racinaire/ biomasse totale différent selon les espèces





# Module "Travail du sol"

Effet sur la répartition de la MO dans le profil :



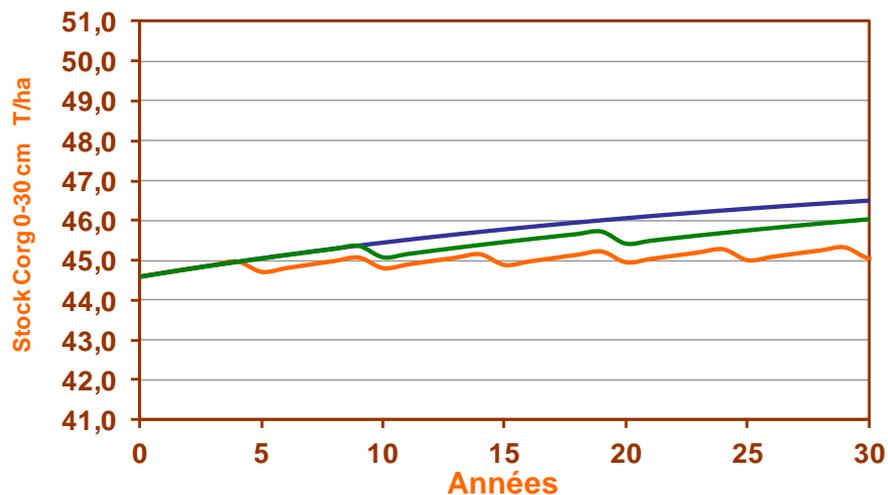
Teneur en MO après 28 ans de travail du sol différencié à Boigneville  
(Labreuche et al., 2001)



# Module "Travail du sol"

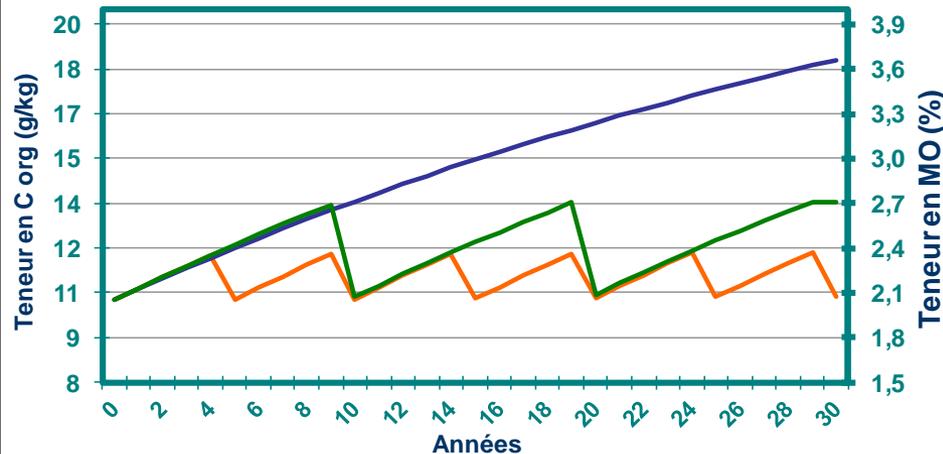
Effet d'un labour occasionnel sur le stock et la teneur en MO :

Evolution du Stock de Carbone sur 0-30cm



labour 1 année/5 Non labour permanent labour 1 année/10

Evolution de la teneur en Corganique de la couche travaillée



labour 1 année/5 Non labour permanent labour 1 année/10

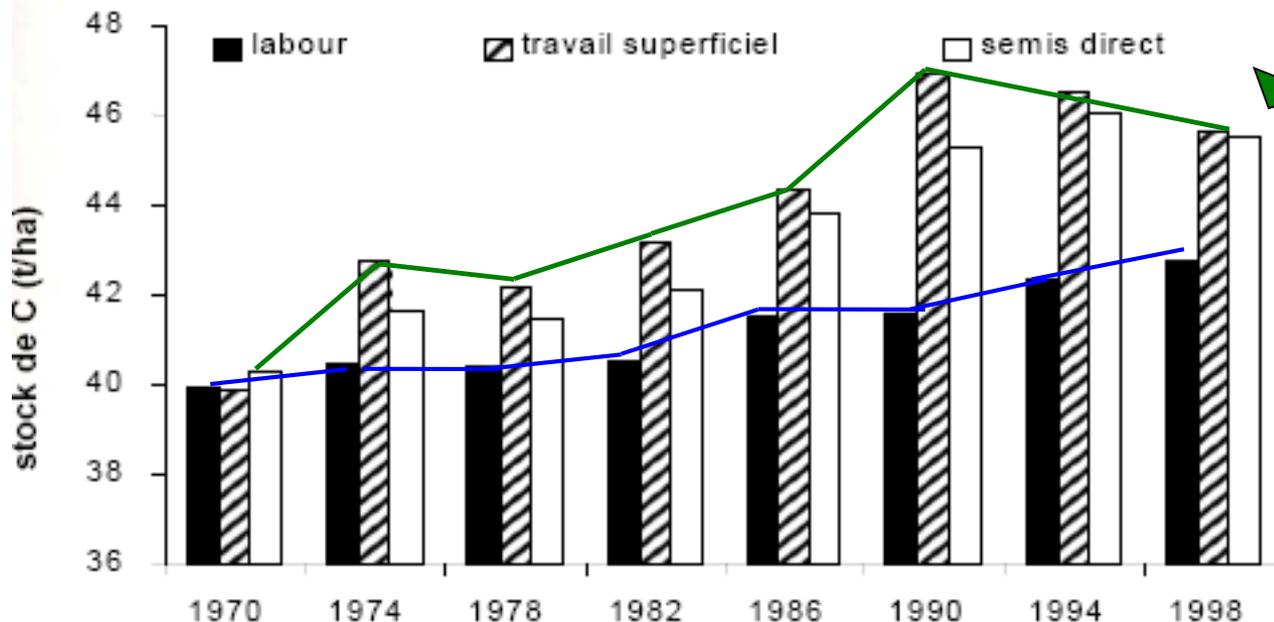
→ Peu de différence sur le stock

→ Différence importante sur la teneur



## Module "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

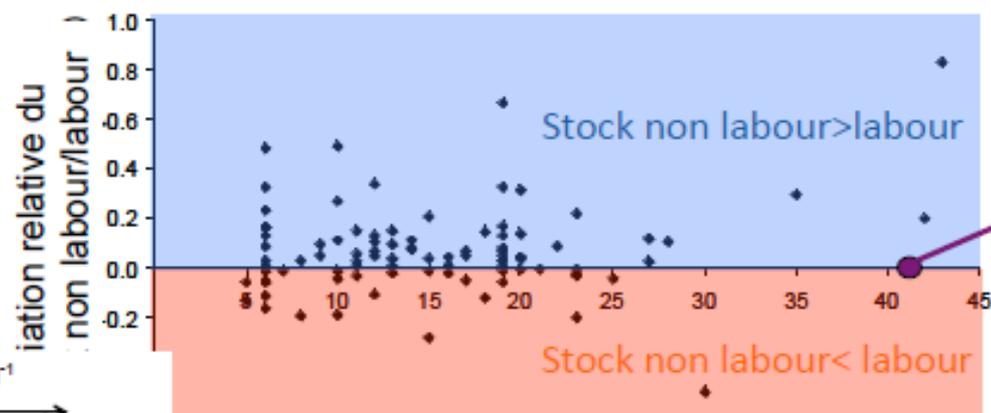
Stockage supplémentaire de C en non travail du sol : 200 kg/ha/an en moyenne

# Non labour



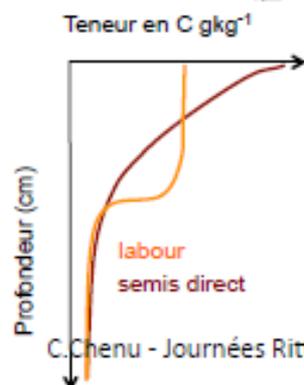
- Ré-évaluation des effets sur le stockage de carbone *Angers & Eriksen Hamel 2008, Luo et al. 2010, Virto et al. 2012, Dimassi et al. 2014, Powlson et al. 2014*
- Moins qu'anticipé ( $\approx 0-0.2 \text{ t C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ) et très variable

92 paires de parcelles en non labour (NT) ou labour (FIT)  
Stocks de C 0-30cm



Essai Boigneville, Arvalis  
Dimassi et al., 2013

Durée (années) *Virto et al. 2012, Biogeochemistry*

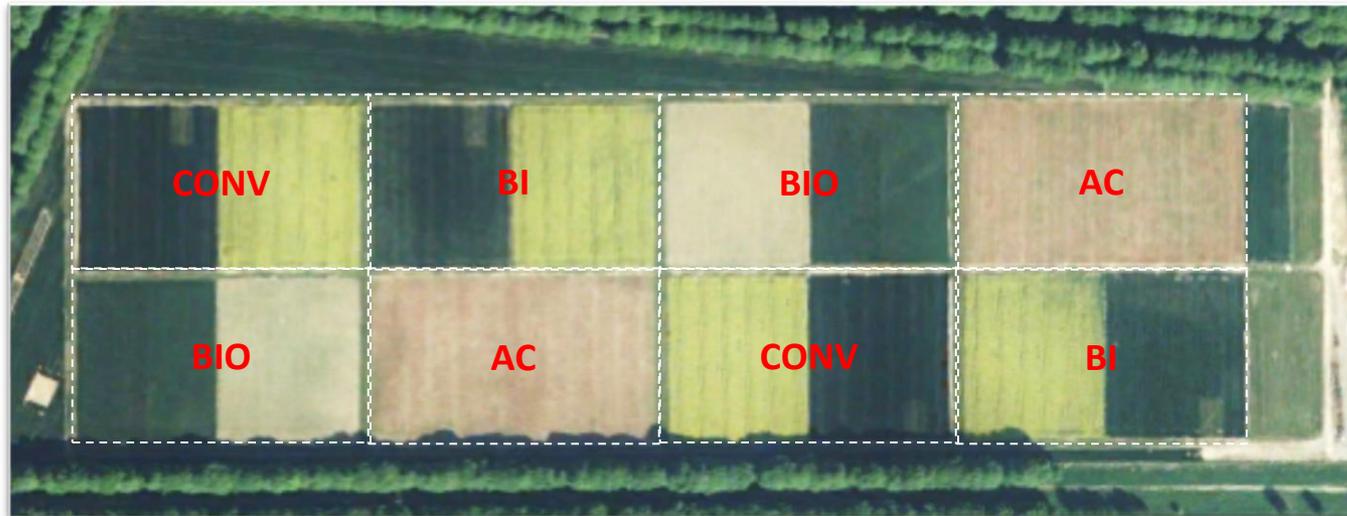


C. Chenu - Journées Rittmo - Colmar 13/06/2017

- Origine de la variabilité ?
- Processus sous-jacents ?

# Etude expérimentale

- Essai « La Cage », Versailles
- mis en place en 1998, toujours en cours
- suivi par UMR Agronomie Grignon
- 4 systèmes de culture



Sources : B. Autret et al , 2016, AEE

ORGANISÉ PAR



EN PARTENARIAT  
AVEC



PARTENARIAT



PARRAINAGES



AVEC LE SOUTIEN DE NOS PARTENAIRES INSTITUTIONNELS PRÉSENTS SUR LE SALON





Essai « La Cage » : Systèmes de culture alternatifs , INRA Versailles



## Les systèmes de culture étudiés

|  | conventionnel      | bas intrant        | agriculture de conservation | agriculture biologique |
|--|--------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------|
|  | CONV               | BI                 | AC                          | BIO                    |
| <b>Rotation</b>  | Blé-pois-blé-colza | Blé-pois-blé-colza | Blé-pois-blé-colza          | Blé-luz-luz-blé        |
| <b>Couvert végétal</b>   |                    |                    | luzerne                     |                        |
| <b>Labour</b>  | Tous les ans       | Tous les 2 ans     | Semis direct                | 3 années sur 4         |
| <b>Fertilisation azotée (kg N ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>)</b> | 150                | 114                | 107                         | 9                      |
| <b>Rendement blé (t ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>)</b>           | 9.5                | 8.7                | 7.1                         | 5.5                    |

Sources : B. Autret et al , 2016, AEE

ORGANISÉ PAR

EN PARTENARIAT AVEC

PARTENARIAT

PARRAINAGES

AVEC LE SOUTIEN DE NOS PARTENAIRES INSTITUTIONNELS PRÉSENTS SUR LE SALON

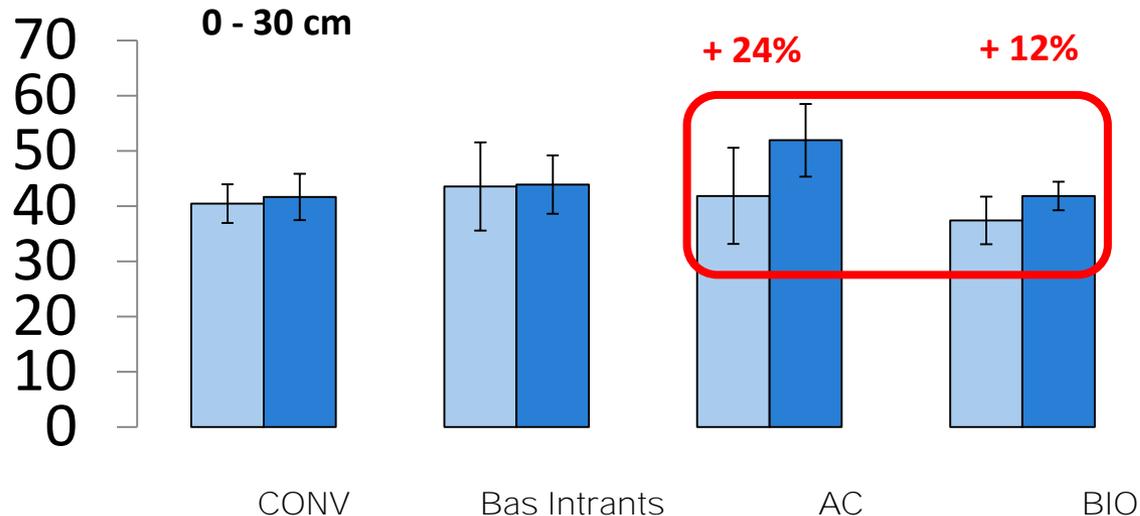




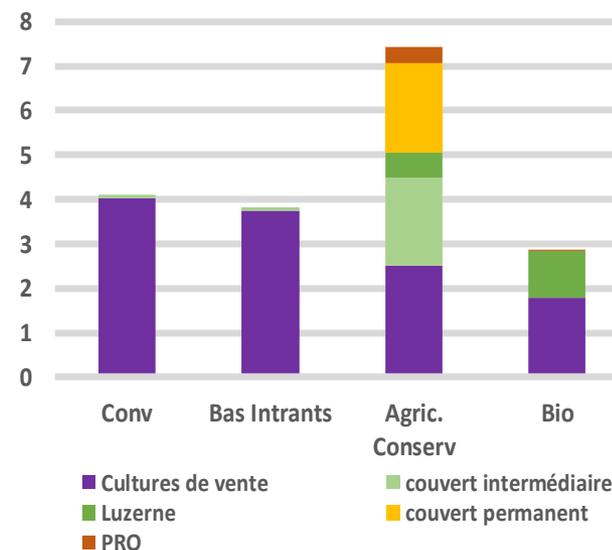
# Stockage de C

1998 2014

Stock de carbone du sol (t C/ha)



Carbone entrant (t/ha/an)



- Les systèmes **AC et BIO** ont permis de **stocker beaucoup de C** dans le sol
- Ce stockage est lié aux **entrées importantes de MO** : grâce aux **couverts permanents (AC)** ; par la **luzerne avec retour de fauches (BIO)**
- La **vitesse de minéralisation du C org du sol ne varie pas** entre CONV et AC ou BIO

Sources : B. Autret et al, 2016, AEE ; Autret, Mary, Beaudouin, 2017

ORGANISÉ PAR

EN PARTENARIAT AVEC

PARTENARIAT

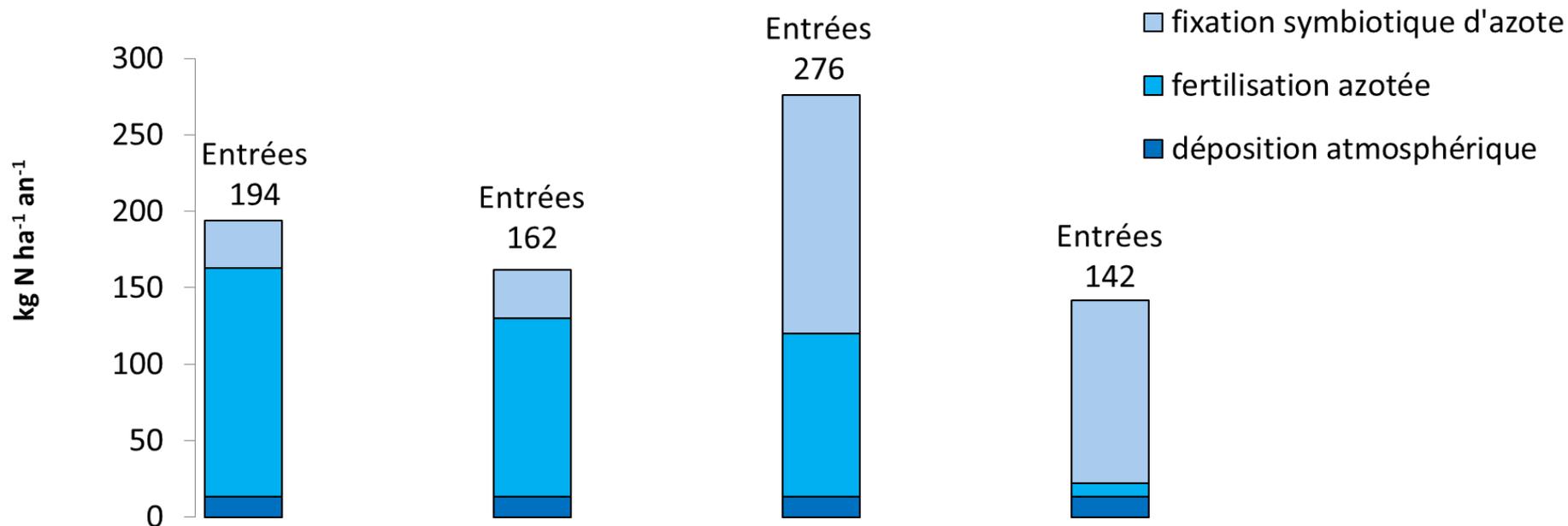
PARRAINAGES

AVEC LE SOUTIEN DE NOS PARTENAIRES INSTITUTIONNELS PRÉSENTS SUR LE SALON





# Entrées N



Sources : B. Autret et al , 2016, AEE

ORGANISÉ PAR

EN PARTENARIAT AVEC

PARTENARIAT

PARRAINAGES

AVEC LE SOUTIEN DE NOS PARTENAIRES INSTITUTIONNELS PRÉSENTS SUR LE SALON





## Comment interpréter les sorties des simulations ?

Les indicateurs utilisés

Quelle teneur rechercher ?

# Simeos-AMG : un outil d'aide à la décision

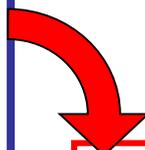
## Système Légumier en limon

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 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

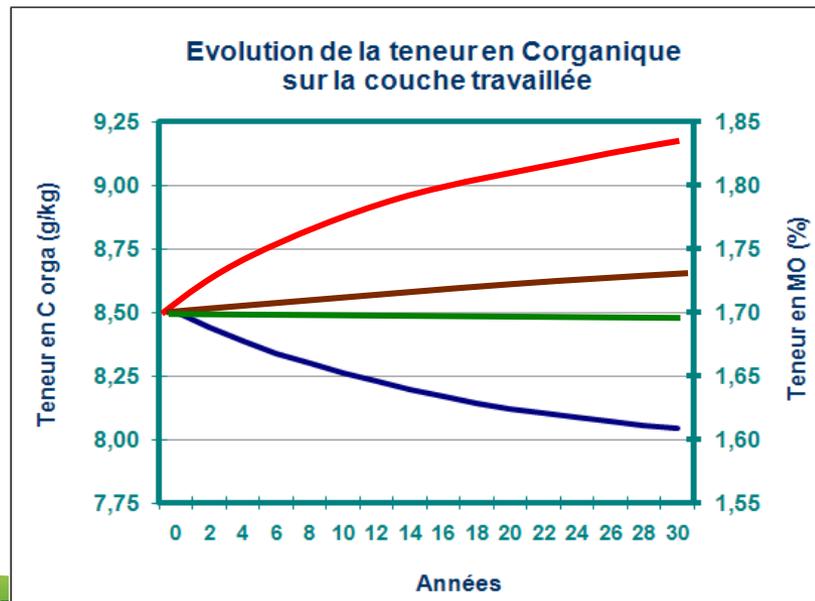
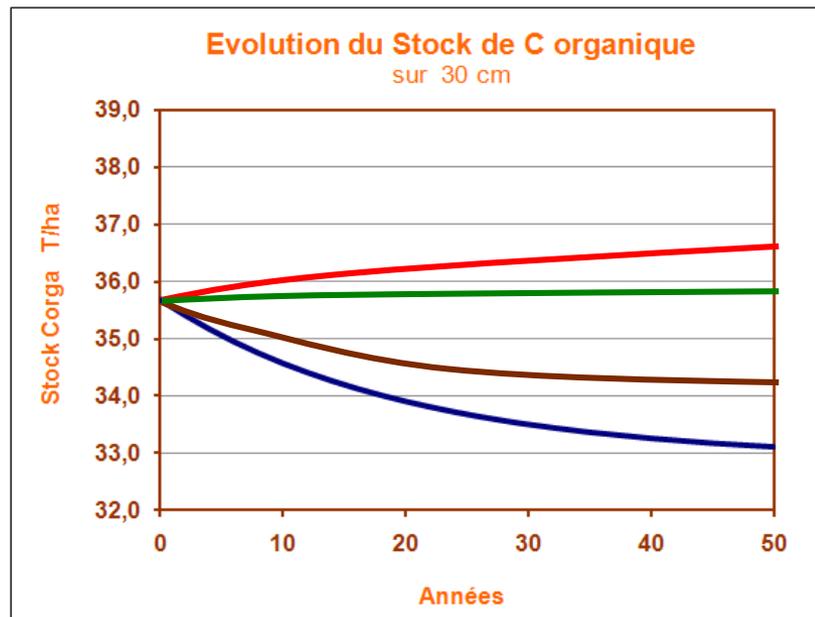
(augmentation des restitutions humiques)

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

### Scénario A

(réduction des pertes de C)

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



# Les sorties de SIMEOS-AMG : indicateurs utilisés

## Effets TENEUR $\neq$ Effets STOCK

*Effets liés à la MO humifiée du sol*



- 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) à MT et LT
- CEC
- Augmentation de la rétention d'eau
- Séquestration de carbone (puits de C)

## 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)

# Les sorties de SIMEOS-AMG : indicateurs utilisés

**Effets TENEUR**  $\neq$  **Effets STOCK**  $\neq$  **Effets FLUX**

*Effets liés à la MO humifiée du sol*

*Effets liés à la MO fraîche apportée au sol*



- 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 **FLUX** issus 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)

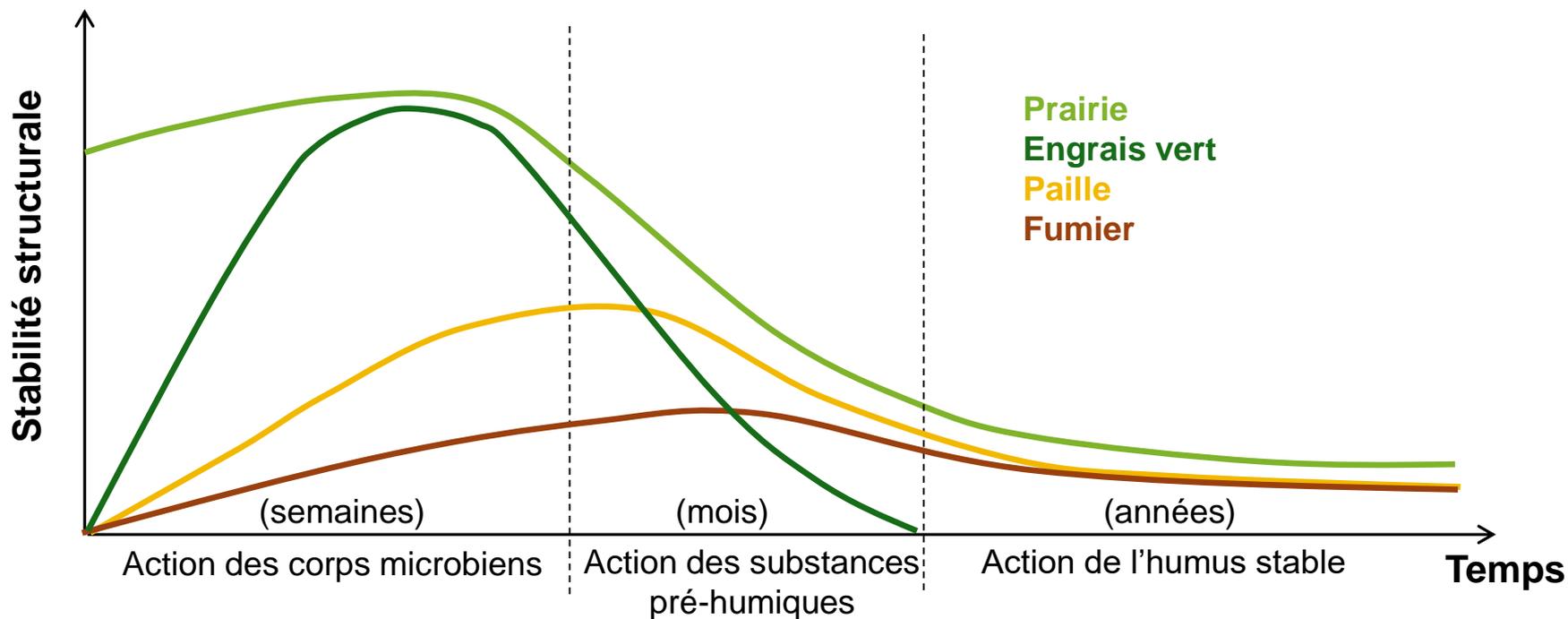
A. Duparque, Agro-Transfert-RT,

Colloque « La matière organique : clé de voûte de l'agriculture de demain ? Les Bios du Gers - AUCH - 28 novembre 2017

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

→ Effet sur la stabilité structurale :

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



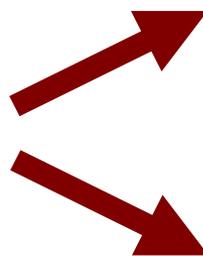
**Action des différentes formes de MO du sol sur la stabilité structurale**  
(d'après Monnier, 1965)

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

## Les sorties de SIMEOS-AMG : indicateurs utilisés

L'effet à viser dépendant des objectifs recherchés :

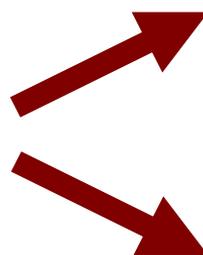
**Objectif stabilité structurale**  
(lutte contre la battance, érosion...)



Effet **TENEUR** en MO

Effet **FLUX** de MO fraîche

**Objectif fourniture d'azote**



Effet **STOCK** de MO humifiée

Effet **FLUX** de MO fraîche

## 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

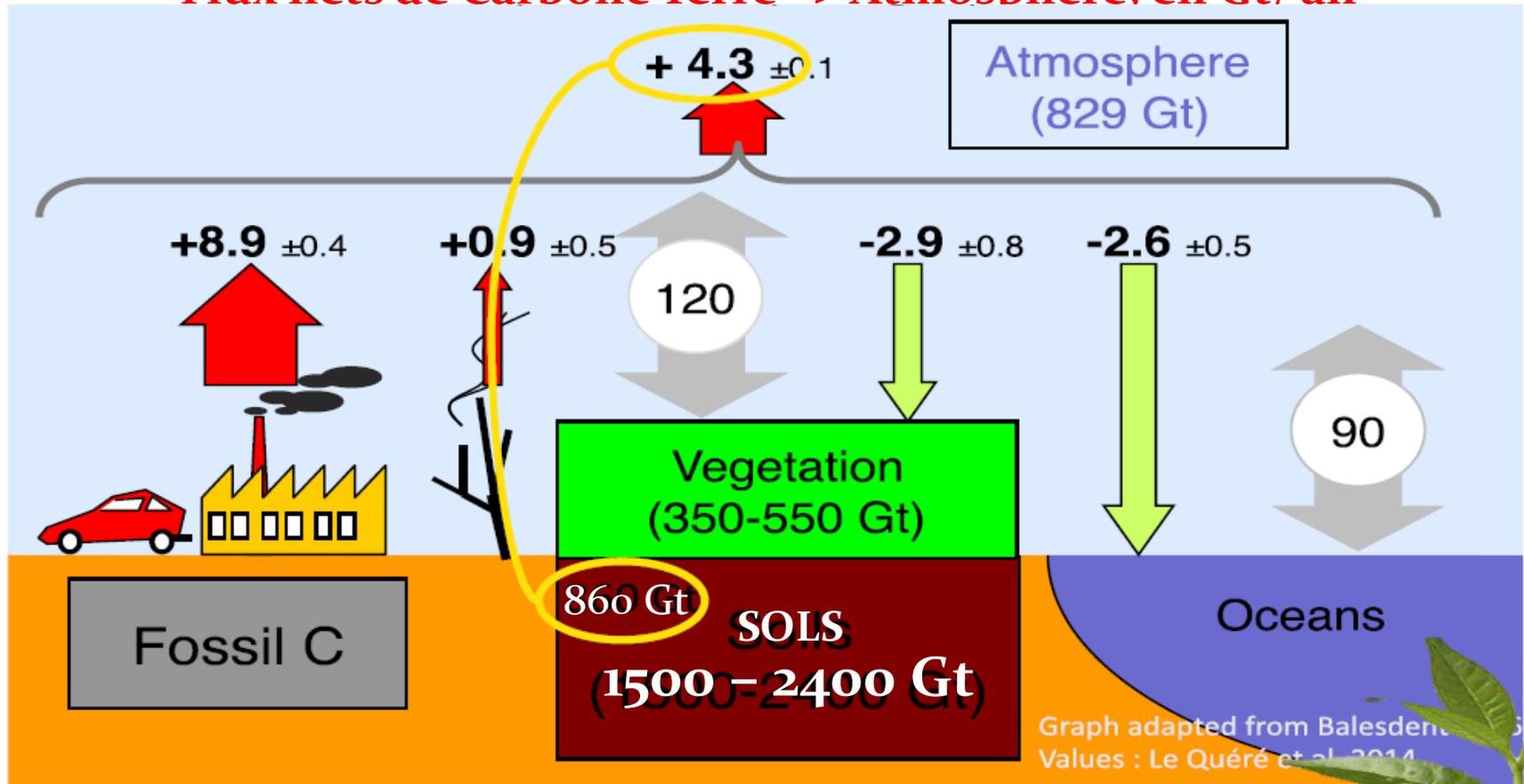
Effet **TENEUR** ou **STOCK** de MO



**Vous avez dit  
« 4 pour 1000 » ?**

# D'où vient l'initiative 4 pour 1000 ?

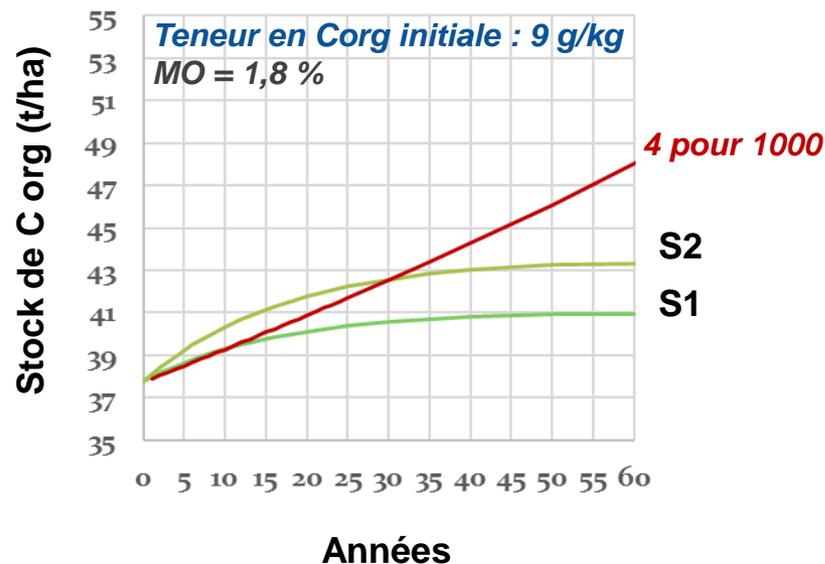
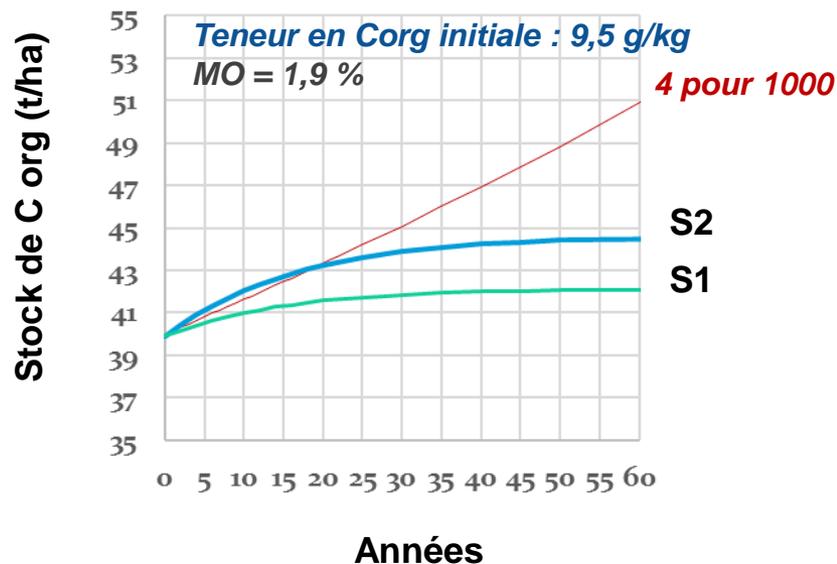
Flux nets de Carbone Terre => Atmosphère, en Gt/ an



Une **augmentation annuelle de 4 %** du stock de C sur 0-30 cm, de la surface totale des sols à l'échelle de la planète compenserait la majeure partie de l'augmentation annuelle actuelle du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère ( $860 \times 0,004 = 3,44 \text{ Gt}$  vs  $4,3 \text{ Gt}$ )

Source : P. Luu, *Rencontres RITTMO, Colmar 13 juin 2013* ; Schéma adapté de Balesdent ; Valeurs : Le Quéré et al. 2014

## Comparaison de la dynamique d'évolution du stock de C organique en parcelle agricole à la dynamique théorique d'augmentation annuelle de 4 pour 1000 pour différentes situations agronomiques



**Système : Sol limoneux**

**Climat Saint-Quentin**

**Rotation : Betterave-Blé-Orge printemps-Féverole-Blé Labour = 2 ans/5**

**Amendement organique : 10 t compost DV 1 an/5**

**Culture intermédiaire : Moutarde S1 : 2 ans/5 avec biomasse 1 à 2 t MS/ha**

**S2 : 3 ans/5 avec biomasse 2 à 3 t MS/ha**

**Source : Agro-Transfert-RT, 2016 Simulations réalisées avec Simeos-AMG**



**Merci pour  
votre  
attention**

**Remerciements :**

à Bénédicte Autret (INRA Agro-Impact, Laon), Claire Chenu (AgroParisTech) et Manuel Martin (INRA InfoSol, Orléans) pour l'apport de supports, intégrés à cette présentation