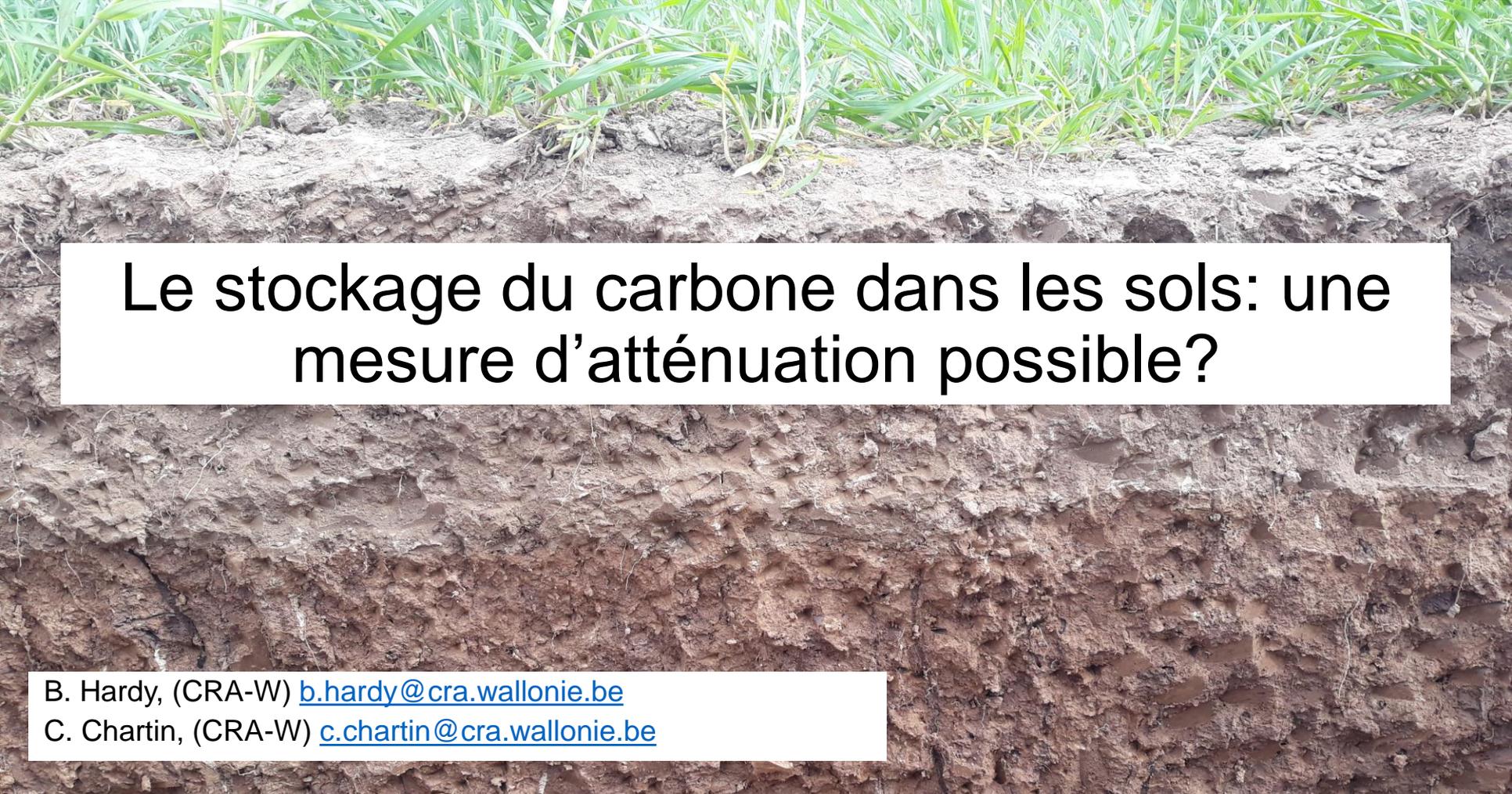


24 novembre 2023

Changement climatique – Comment
l'agriculture fait partie des solutions ?

CELAGRI.be
CELLULE D'INFORMATION AGRICULTURE

 COLLÈGE des
PRODUCTEURS



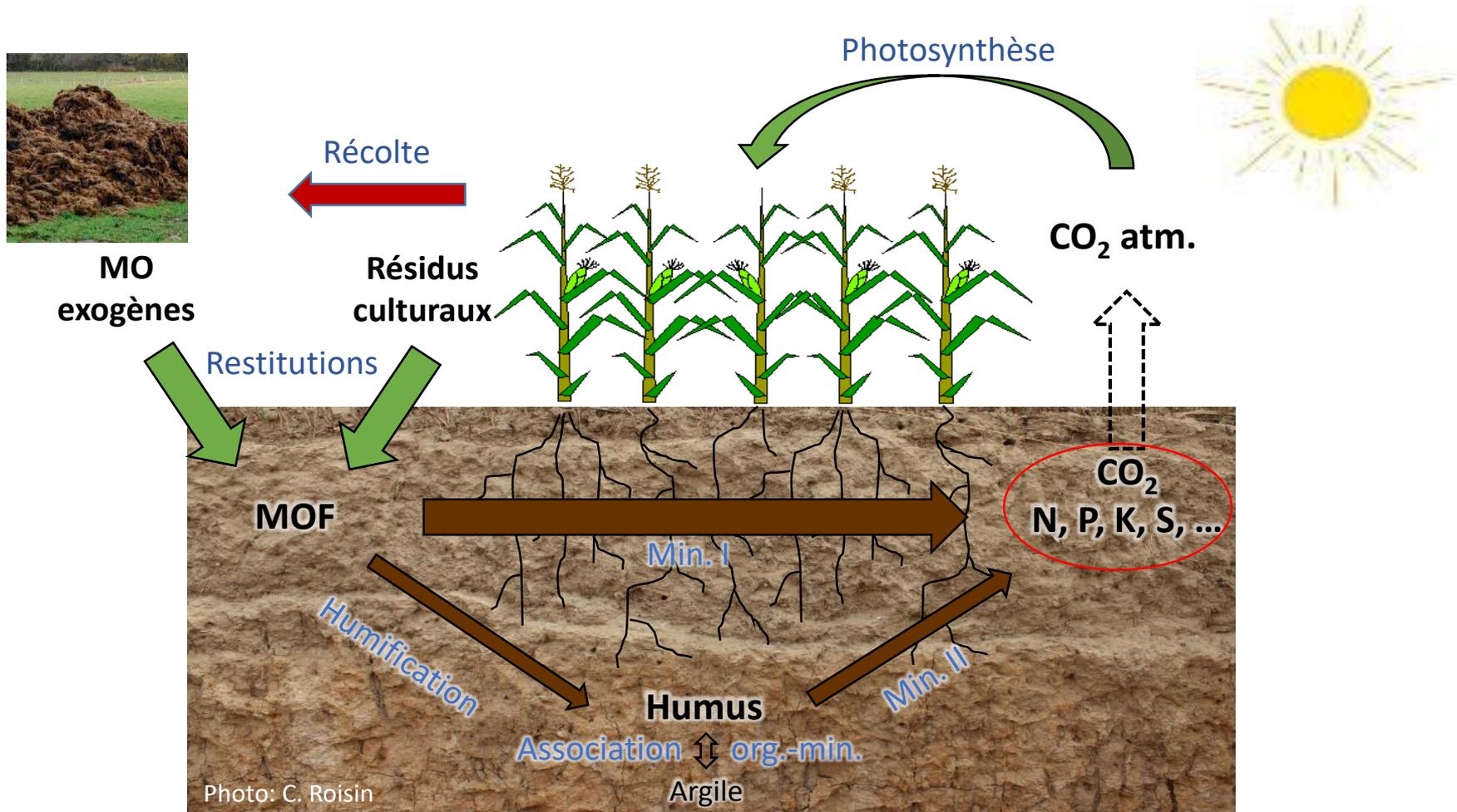
Le stockage du carbone dans les sols: une mesure d'atténuation possible?

B. Hardy, (CRA-W) b.hardy@cra.wallonie.be

C. Chartin, (CRA-W) c.chartin@cra.wallonie.be

Il vient d'où, ce carbone?

Le cycle de la matière organique dans les sols agricoles



La gestion des sols peut-elle sauver le climat?

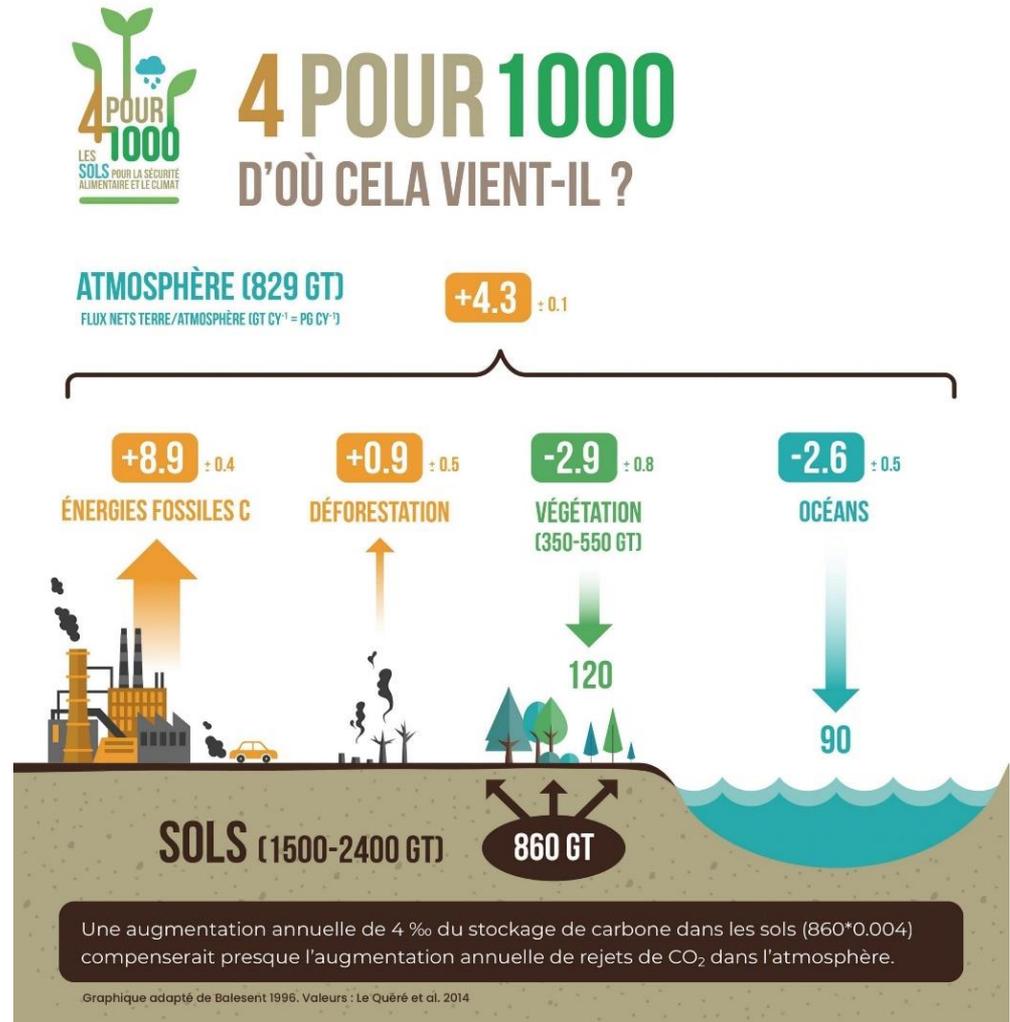
L'initiative 4 pour 1000

« L'initiative 4 pour mille vise à montrer que l'agriculture, et en particulier **les sols agricoles peuvent jouer un rôle crucial pour la sécurité alimentaire et le changement climatique** »

L'objectif: faire connaître ou mettre en place des **actions concrètes sur le stockage de carbone dans les sols et le type de pratiques pour y parvenir** (agroécologie, agroforesterie, agriculture de conservation, de gestion des paysages ...)

<https://4p1000.org/decouvrir/>

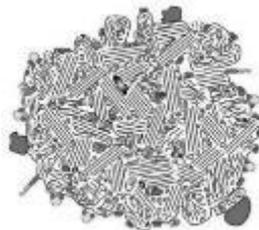
Visité le 23/03/2023



Au-delà du climat, la fertilité...

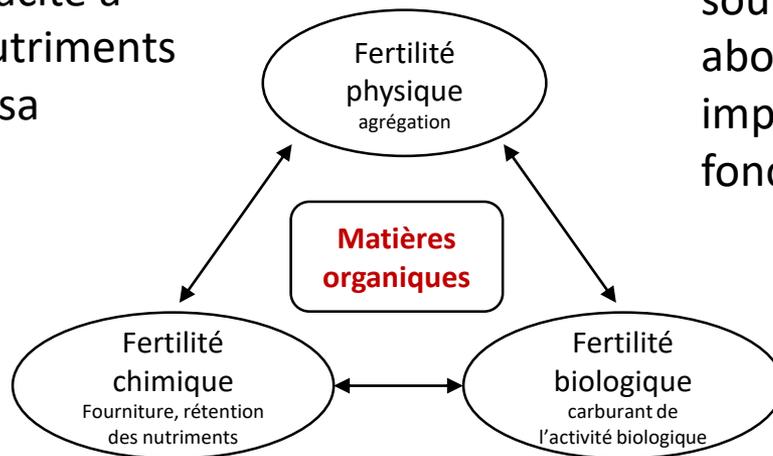
La matière organique est la pierre angulaire de la fertilité

Fertilité physique : Capacité à réguler les transferts d'air, d'eau et de nutriments et à assurer la pénétration racinaire via la porosité du sol



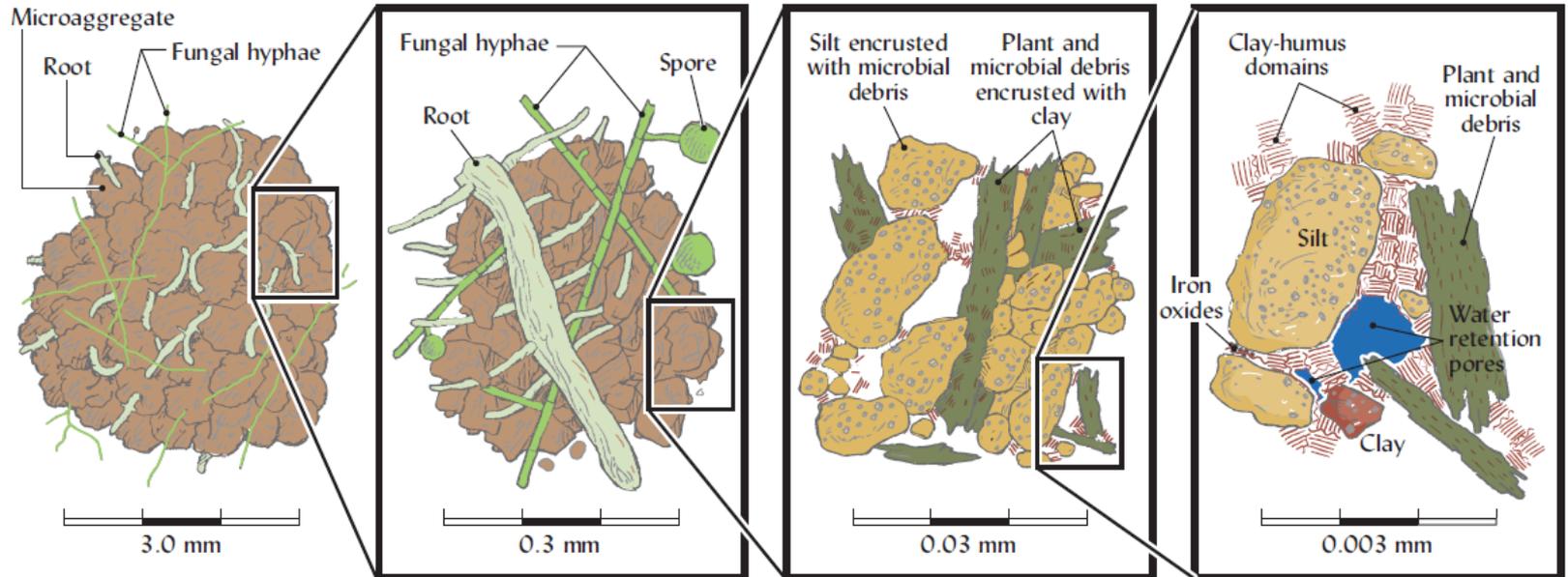
Fertilité chimique : Capacité à fournir à la plante les nutriments dont elle a besoin pour sa croissance

Fertilité biologique : Capacité à soutenir l'activité d'organismes abondants et divers qui ont une importance cruciale pour le bon fonctionnement du sol



Stabilisation de la matière organique...

Association organo-minérale et protection physique



Weil & Brady
(2017)

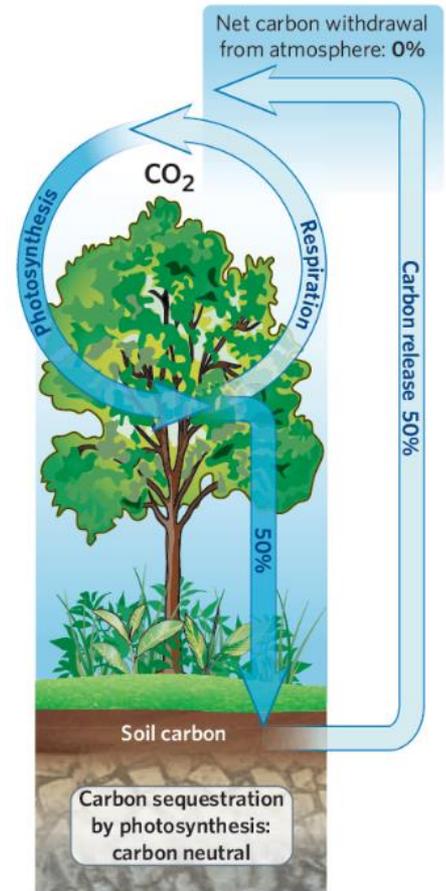
Motte > Macroagrégat > Microagrégat > Cluster > Particules élémentaires
(Compaction!)

- La MO du sol comprend tout type de résidu organique d'origine végétale, animale ou microbienne
- Deux mécanismes de stabilisation de la MO:
 - Association organo-minérale (acides fulviques)
 - Protection physique au sein des agrégats

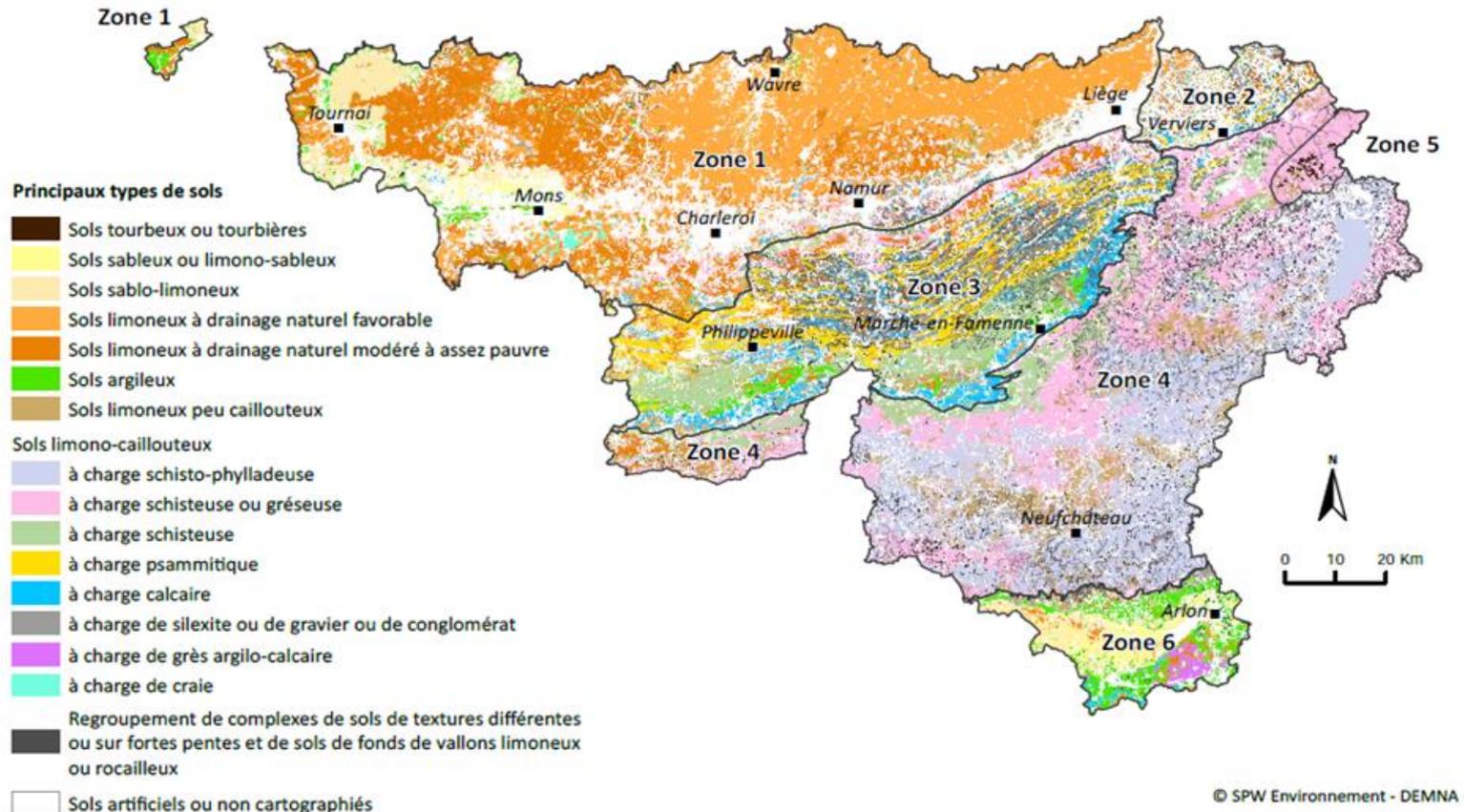
Stockage et séquestration de carbone...

Pour le climat, seuls les flux nets comptent!

- Les sols représentent des **stocks de carbone** importants, tout comme les forêts
- Dans un système à l'**état stationnaire**, les entrées de carbone (*humification*) sont compensées par les sorties (*minéralisation*)
- **Séquestration** : flux net de carbone vers le sol (**puits de carbone**) entraîné par un changement de gestion (ex. installation de forêt ou de prairie sur une terre arable)
- Principe de base dans la lutte contre les changements climatiques:
 - Préserver les stocks (ex. préserver les tourbières, les sols de prairies, les forêts) !
 - Créer des puits de carbone (installer des prairies, des forêts, ...)!



Etat des lieux des stocks de carbone dans les sols wallons



Principaux types de sols de Wallonie

Comment quantifier le carbone des sols ?

Des teneurs aux stocks



- Carbone organique ~ 50% de la Matière Organique
- **Teneurs** = concentration (% ou g / kg)
- Proportion de Carbone Organique dans la terre fine ($\varnothing < 2\text{mm}$)

$$\begin{array}{l} V \text{ (m}^3\text{/ha)} \quad \text{Stocks (t / ha)} \\ \underbrace{\hspace{10em}} = \\ \text{Prof (m)} * \text{S (m}^2\text{/ha)} * \text{pb (kg/m}^3) * \text{Corg (\%)} / 100 / 1000 \end{array}$$

Exemple : pour une couche de labour de 30 cm, 1 % de Corg :

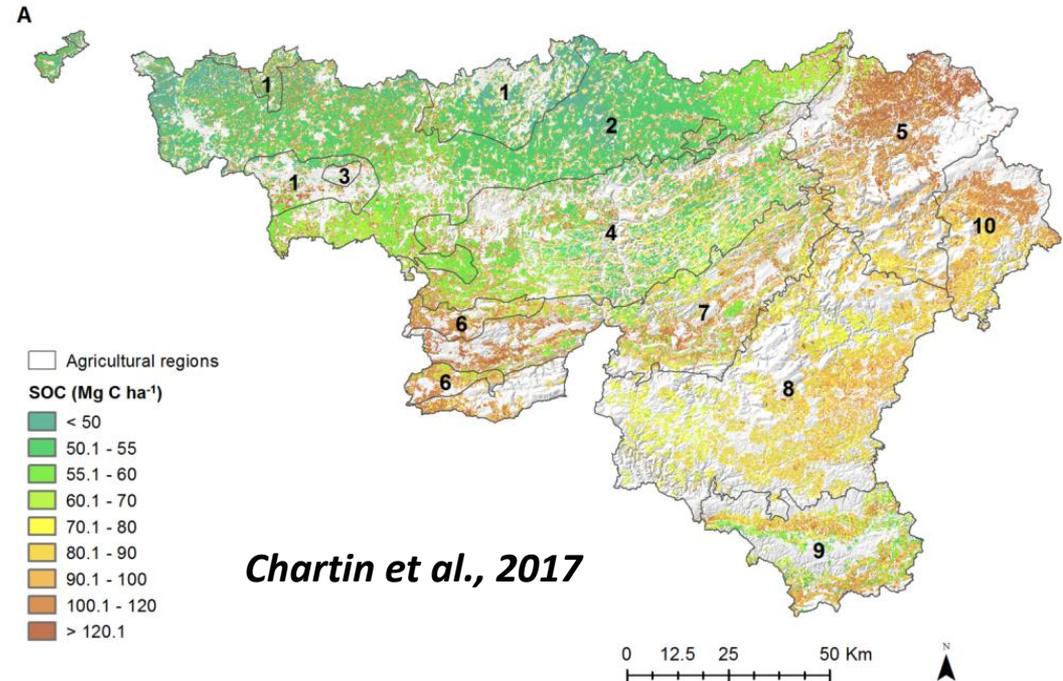
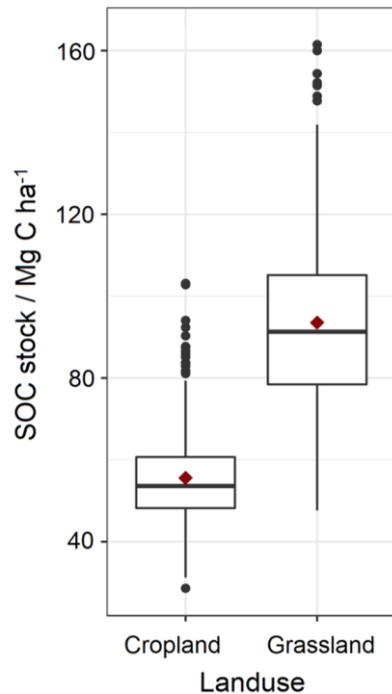
$$0,3 * 10\ 000 * 1350 * 1 / 100 / 1000 = 40,5 \text{ t/ha}$$

- Le cas échéant, prise en compte de la proportion de cailloux

FAO, 2015 - modifiée

Cartographie du carbone des sols

Prédiction par modélisation



Moyennes

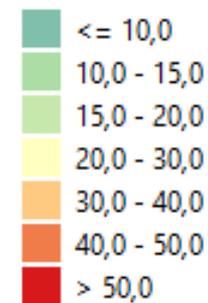
Cultures: 55.3 Mg C ha⁻¹

Prairies: 91.3 Mg C ha⁻¹

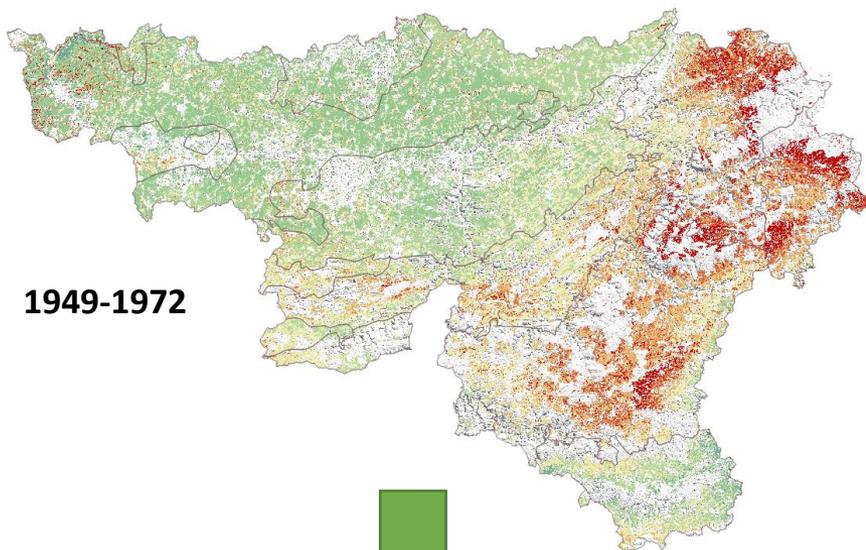
- Données de C_{org} géospatialisées
- Relation avec des covariables (occupation, type de sol, texture, climat, ...)
- Prédiction via un modèle

Evolution du carbone du sol

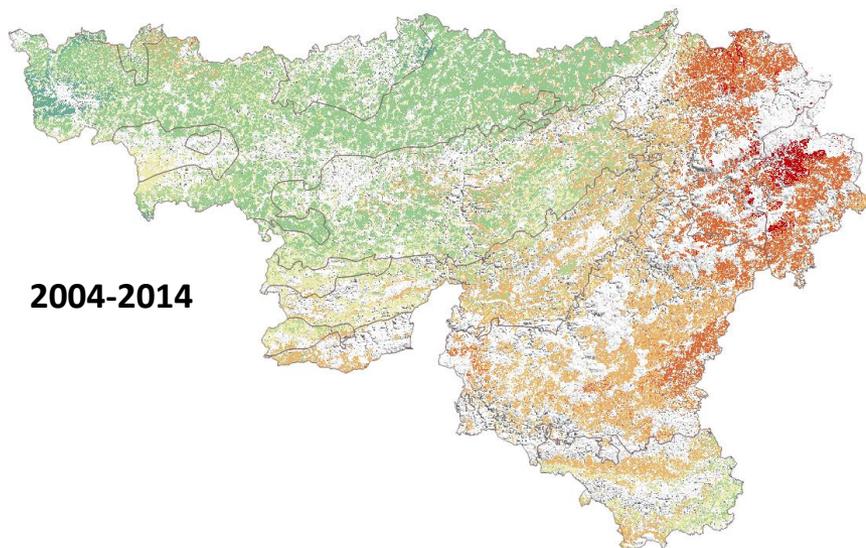
Teneurs (g/kg)



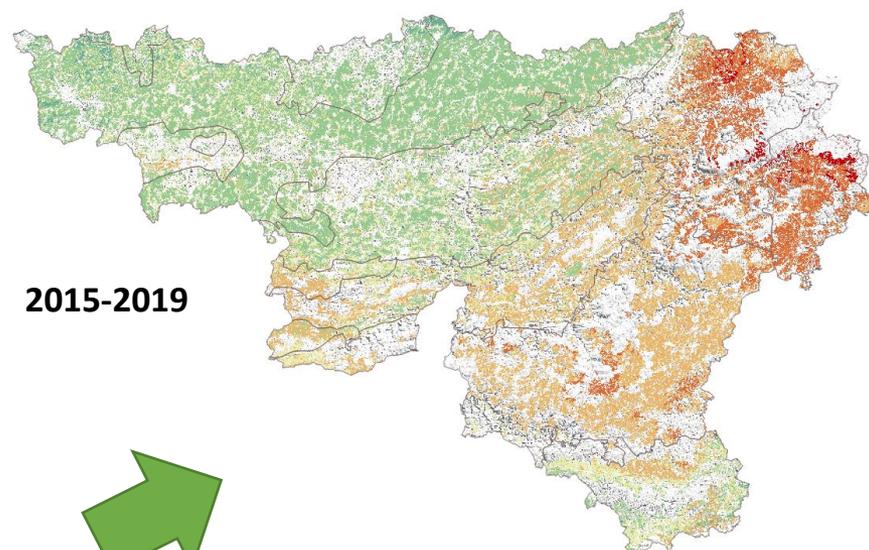
1949-1972



2004-2014

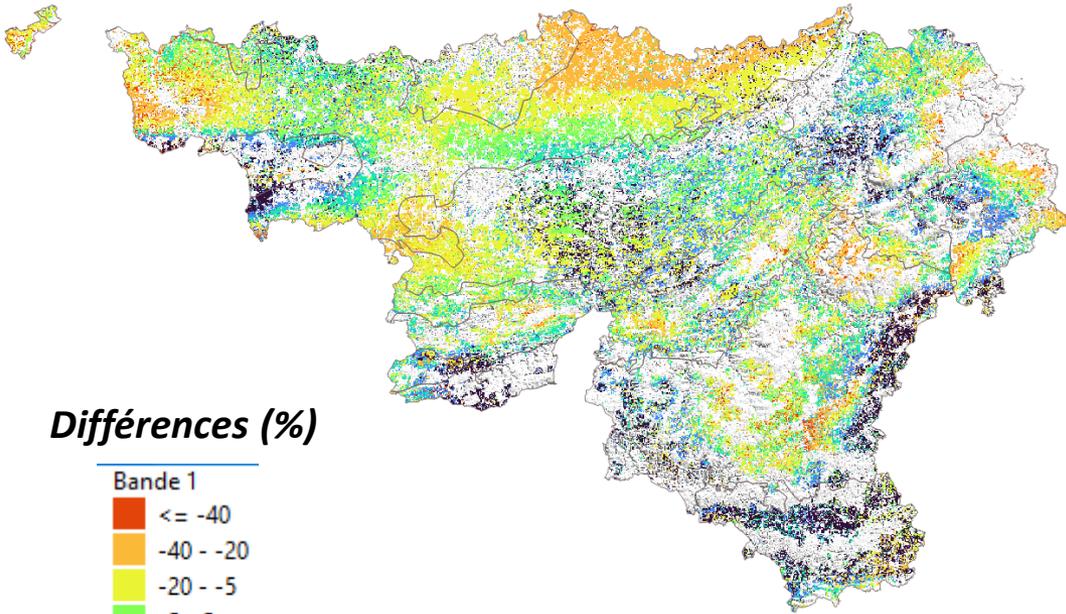


2015-2019

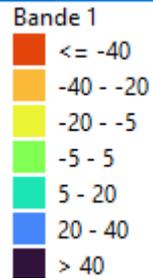


omiques

pour les défis de demain



Différences (%)



De 2004-2014 À 2015-2019

- Quasi status-quo en terres arables
- Début de baisse des teneurs et stocks en prairies

	Mean SOCst.30 (MgC/ha)*	
	Cropland	Grassland
T1 (2004-2014)	51.12	88.18
T2 (2015-2019)	51.02	86.46

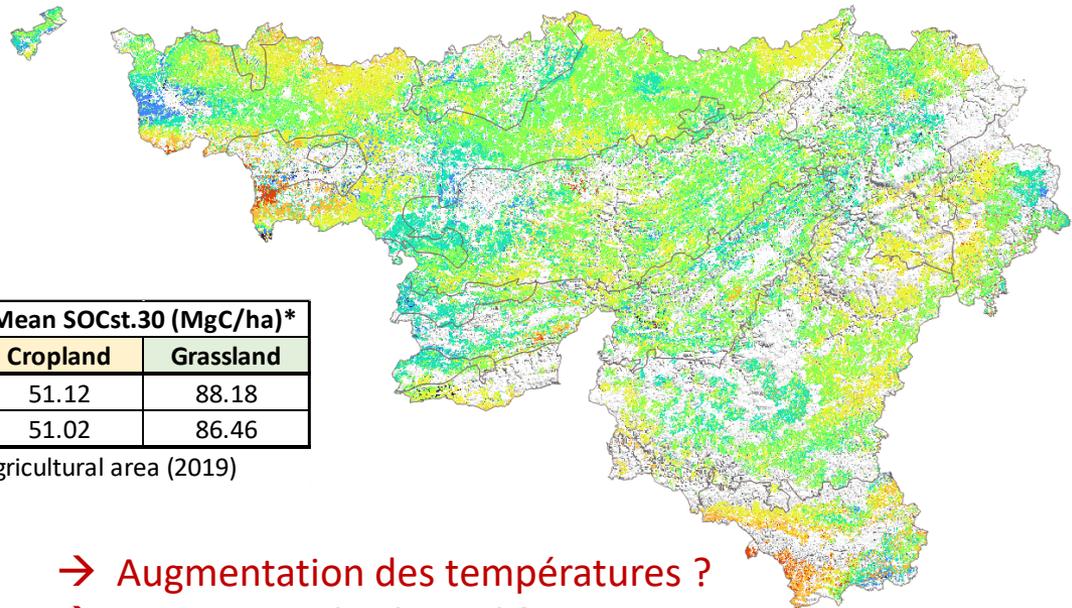
*weighted by actual agricultural area (2019)

De 1949-1972 À 2004-2014 :

- De 9% à 22% des terres arables en carence de Matière Organique (EEW, 2018)
- 3,5 t/ha en moyenne (CARBIOSOL I, 2015)
- Teneur en hausse dans les prairies : +11% en moyenne
- Bilan net ~nul

→ Augmentation des profondeurs de labour

→ Changement de spéculation des fermes



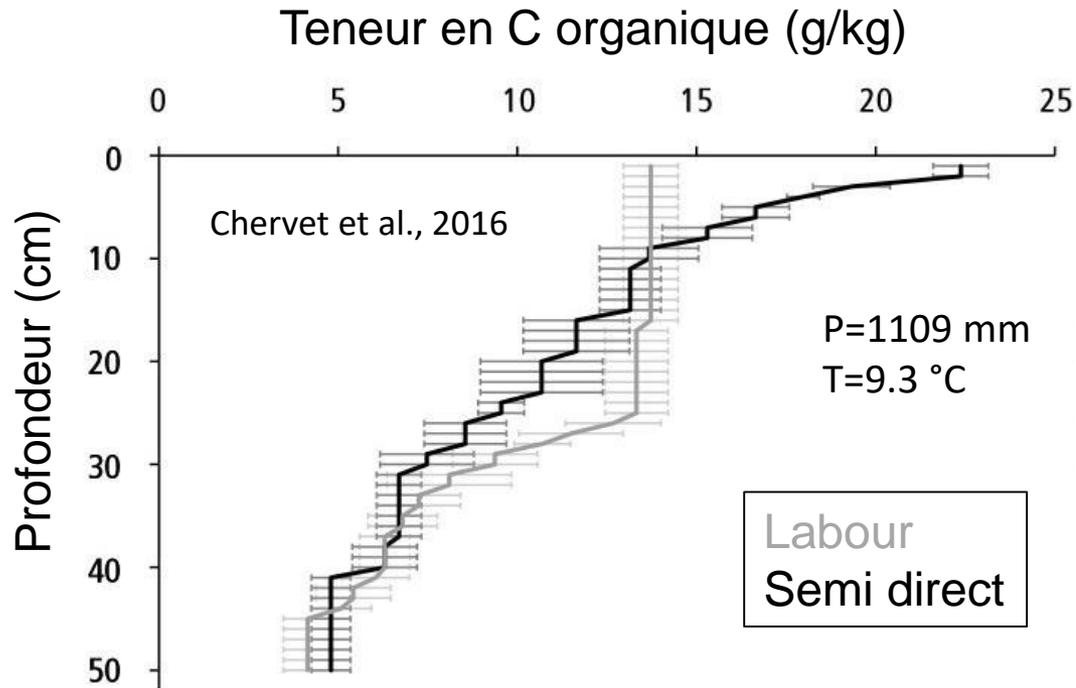
- Augmentation des températures ?
- Diminution du cheptel ?

Quel effet des pratiques sur le carbone du sol?



La réduction du travail du sol stocke-t-elle du carbone?

Une mesure de conservation plutôt que de séquestration



- **Essai long terme (20 ans)
Oberacker, Berne, Suisse**

→ Redistribution du C organique (et des nutriments) dans le profil

→ Protection contre la battance, l'érosion!

→ Les techniques de NL préservent le sol de surface, riche en MO

→ Le NL n'entraîne aucun stockage additionnel sous nos latitudes

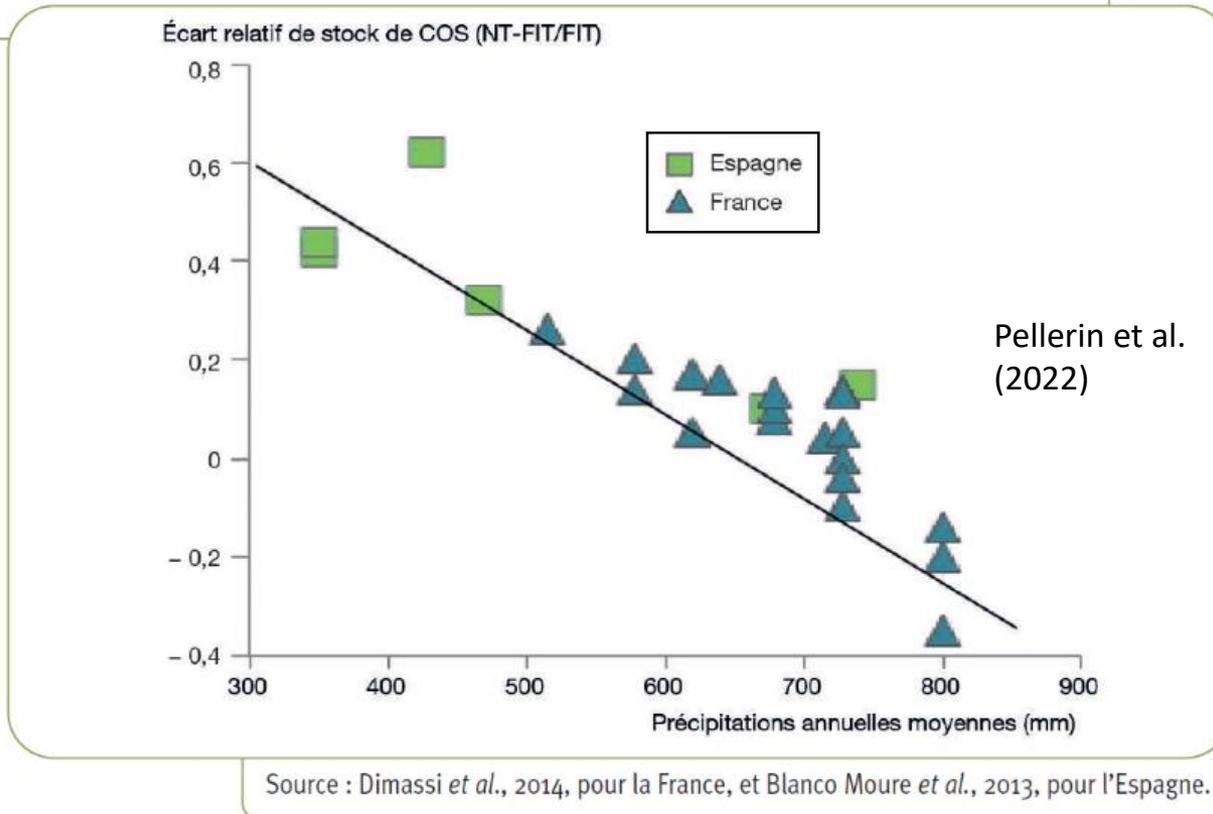
La réduction du travail du sol stocke-t-elle du carbone?

Un facteur important, le climat/la météo!

Figure 4-21. Effet du climat sur la variation de stock de carbone organique des sols quand on passe du labour (FIT) au non-labour (NT).

NT = No-till

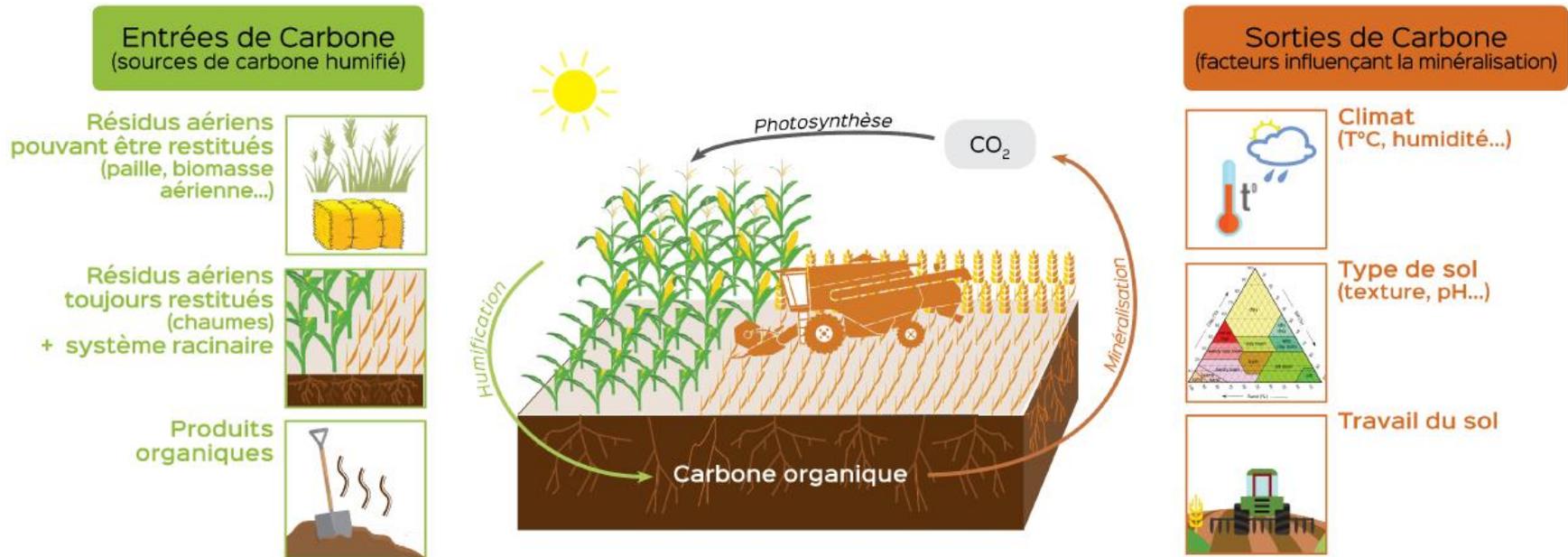
FIT = Full inversion tillage



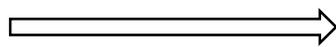
→ Le NL peut contribuer à stocker du C additionnel sous climat sec

Raisonner la rotation pour compenser les pertes

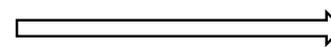
Principe du bilan humique



Les entrées :
 $\sum MOF_i \times k_{h,i}$



Humus



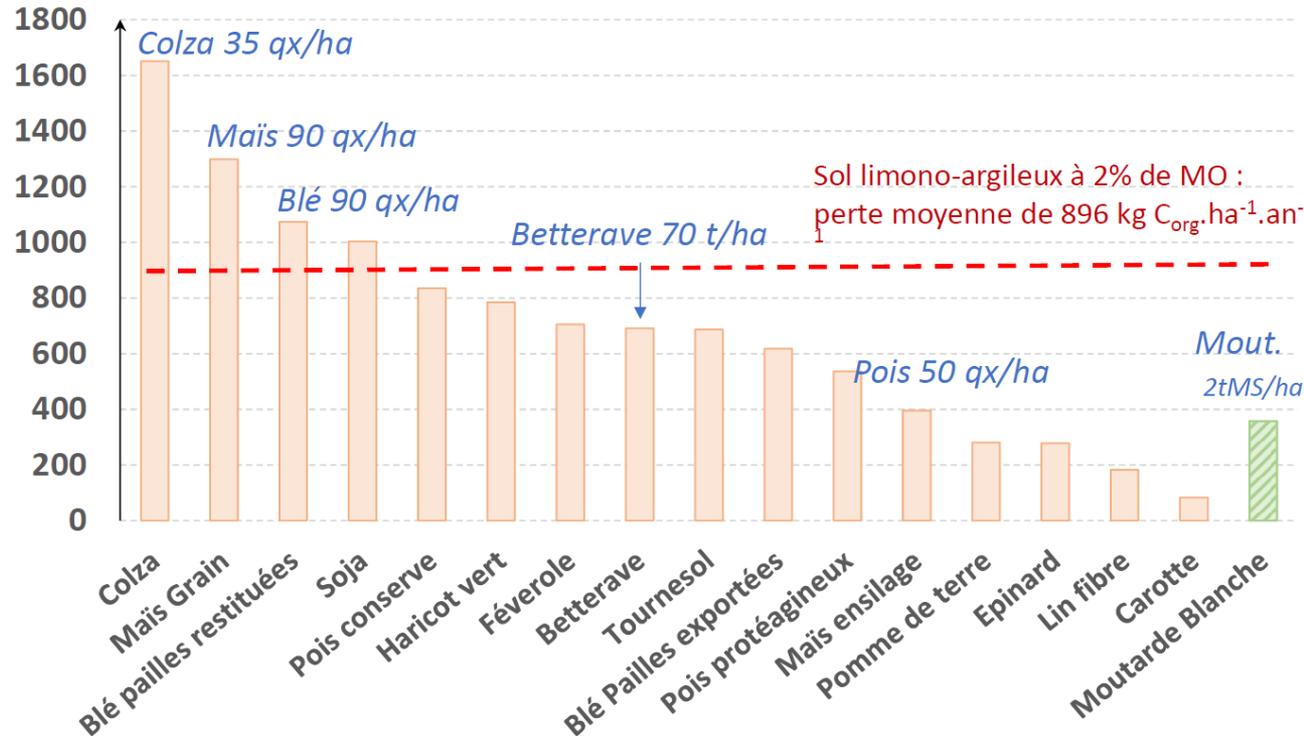
Les sorties :
Humus $\times k_m$

- Entrées = sorties → **état stationnaire** (entrées = sorties)
- Entrées > sorties → **puits de CO₂** (entrées > sorties)
- Entrées < sorties → **source de CO₂** (sorties > entrées)

Raisonner la rotation pour compenser les pertes

Compenser la minéralisation via les cultures, EV et effluents...

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



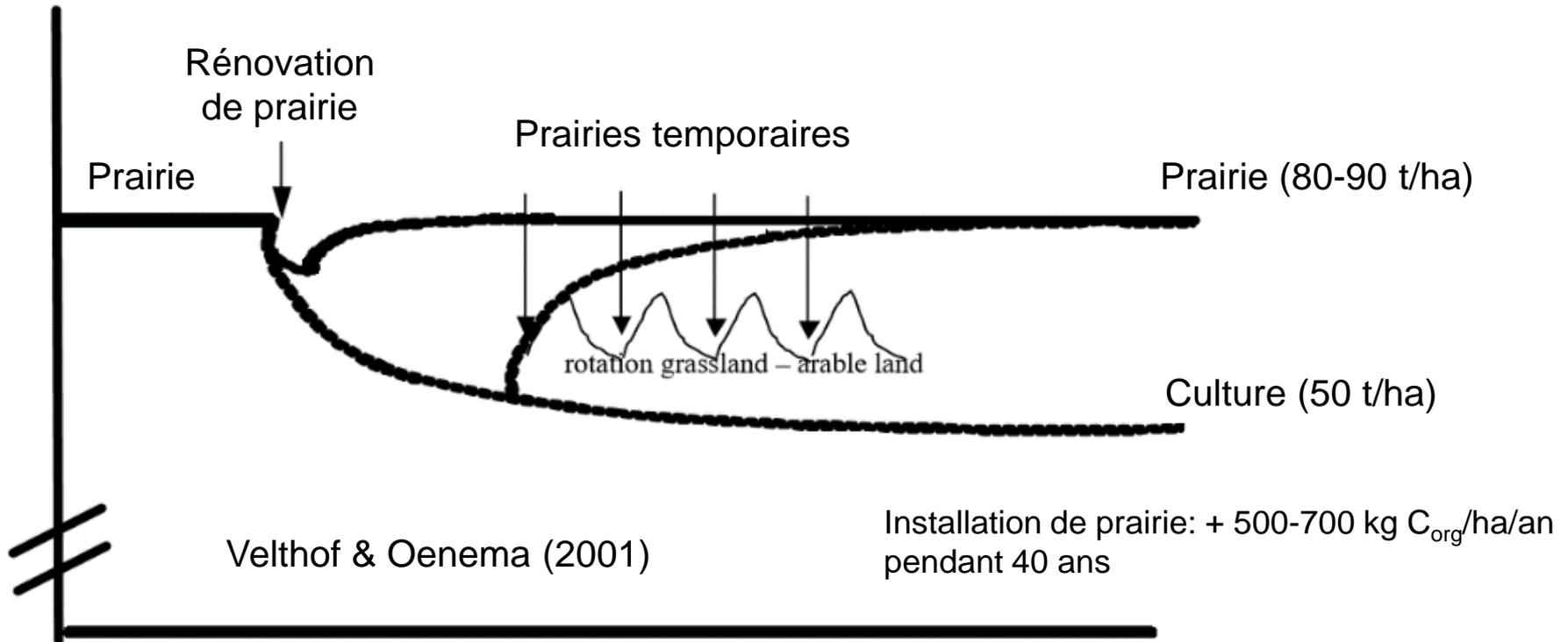
- Prairie temporaire:
+ 660 kg_C/ha (année 1)
+ 1440 (année 2)
- 30 t/ha de fumier composté
+ 1400 t_C/ha/3 ans
- 30 cm d'engrais vert
~ 2 t MS/ha
~ 350 kg_C/ha

Source: Jean-Christophe Mouny, Agrotransfert R&T; Colloque - Paris - 7.12.2018

Valoriser plus de biomasses agricoles dans les filières de la bioéconomie et stocker du carbone dans les sols : est-ce compatible ?

La plante pour alimenter le sol en carbone...

L'exemple de la prairie temporaire



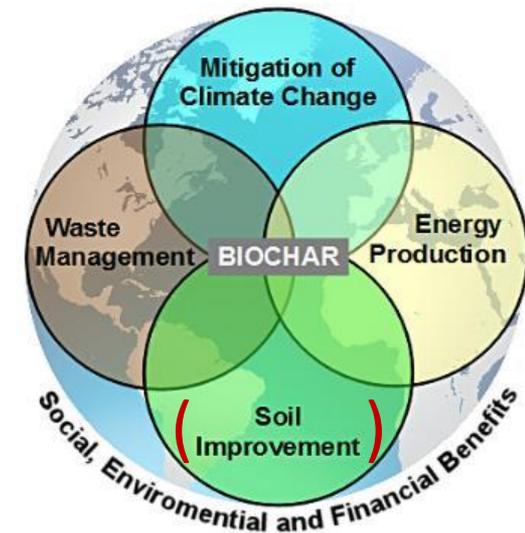
La permanence du couvert, via les cultures principales, les cultures associées ou la gestion de l'interculture, est un principe clé pour favoriser le retour de MO vers le sol

Et à part les leviers classiques?

Les amendements biochar : réinjecter du carbone du cycle court vers le cycle long



- Le **biochar**: tout type de biomasse transformée par pyrolyse dans le but d'être utilisé comme amendement de sol pour en améliorer les propriétés... et séquestrer du carbone à long terme dans le sol!



International Biochar Initiative (IBI)

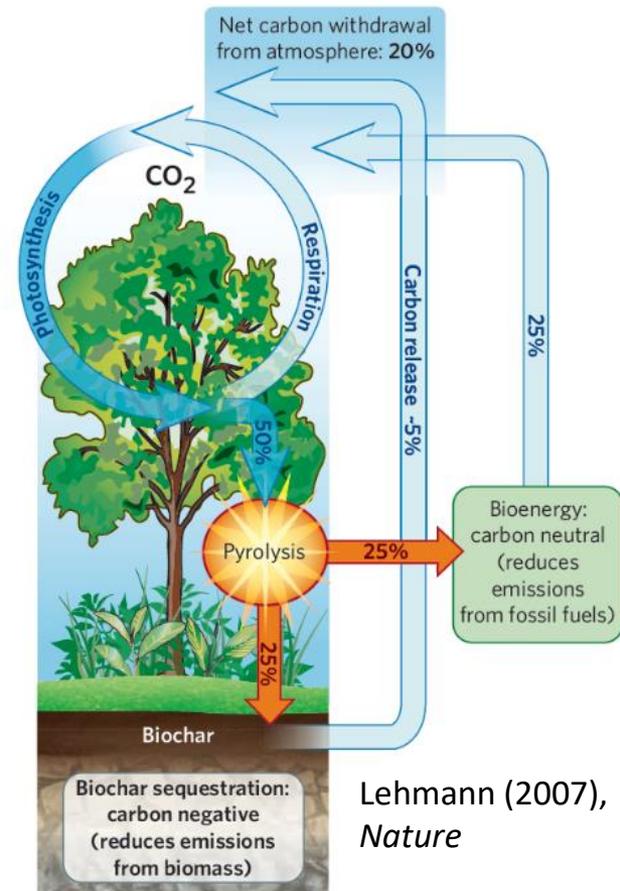
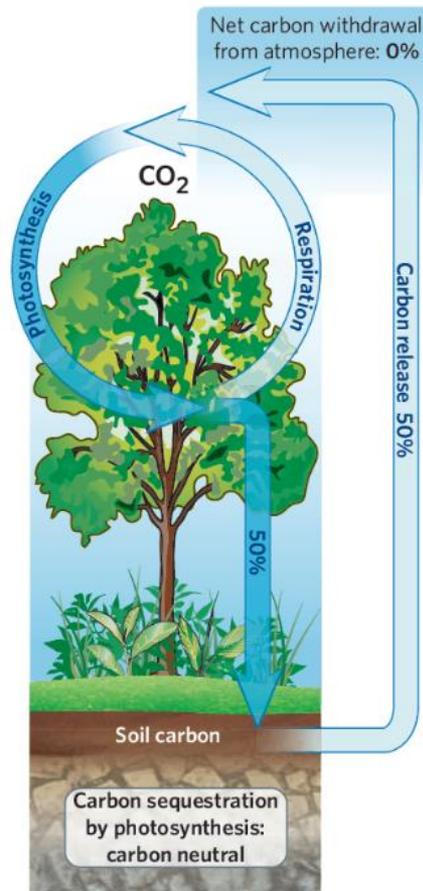
Le biochar en agriculture

Opportunités et enjeux

Les enjeux du développement d'une filière « biochar »

- Disponibilité de la biomasse ?
- Analyse de cycle de vie ?
- Retour sur investissement ?
- Préconisations d'usage ?
- Effets à moyen, long terme ?
- ...

<https://agriculture-de-conservation.com/Le-biochar-enjeu-climatique-potential-agronomique-et-levers-pour-une.html>



Lehmann (2007),
Nature

Les sols agricoles vont-ils sauver le climat?

Minute, papillon...

On doit faire mieux, mais...

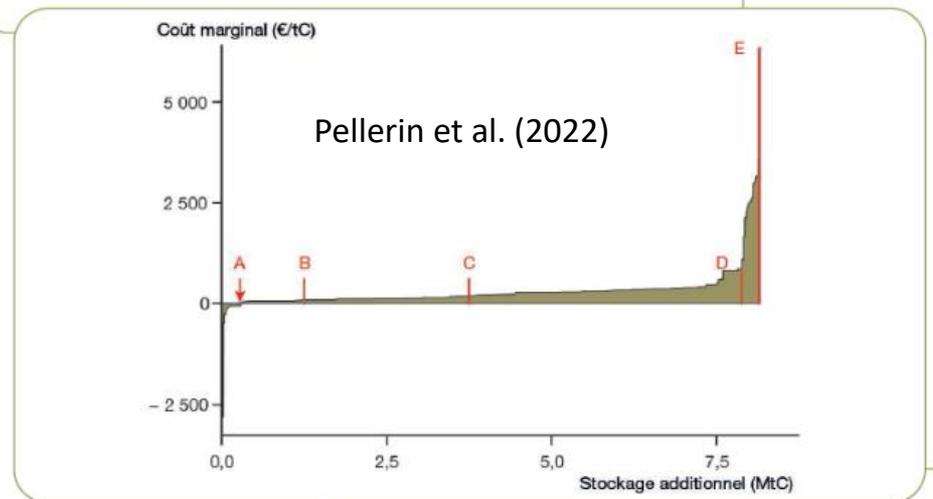
- L'essentiel de la matière organique du sol se décompose rapidement
- Le stockage est réversible, si la pratique est arrêtée, on retourne au point de départ
- Au plus on veut stocker, au plus le coût de la tonne de C augmente!

→ **Combien est-on prêt à payer pour que l'agriculture participe à l'effort climatique?**

Allocation coût-efficace de l'effort de stockage

Les assiettes maximales techniques (AMT), les coûts techniques unitaires et les valeurs de stockage additionnel par hectare ont été utilisés¹³ pour générer une courbe de coût marginal de stockage en France métropolitaine (figure 4-58)¹⁴. La figure 4-59 représente l'évolution du coût total de stockage pour les agriculteurs, en fonction de la cible nationale de stockage. Le stockage additionnel utilisé est celui sur l'ensemble du profil de sol.

Figure 4-58. Courbe de coût marginal de stockage dans le sol (sur l'ensemble du profil de sol).



A : coût ≤ 0 €/tC ; B : 91,75 €/tC = 25 €/tCO_{2,e} ; C : 201,7 €/tC = 55 €/tCO_{2,e} ; D : 917,50 €/tC = 250 €/tCO_{2,e} ; E = stockage additionnel maximal.

La MAEC-sol



La MAEC-sol

Présentation

- [MAEC Sol à partir de 2024 - Portail de l'agriculture wallonne \(wallonie.be\)](https://www.wallonie.be/maec-sol)
- Nouvelle Mesure Agro-Environnementale et Climatique **applicable à l'ensemble de l'exploitation**
- Intervention surfacique **volontaire orientée résultat** (pas d'intervention d'expert)
- **Objectif:** « compenser les coûts d'amélioration et de maintien du taux de carbone organique dans les sols de l'exploitation à un niveau qui reflète une situation favorable en termes de qualité du sol (stabilité structurale, statut organique, activité biologique ...). »
- Les pratiques agricoles qui permettent d'atteindre ce résultat sont **librement choisies par l'agriculteur** (pas de cahier des charges défini)

L'indicateur Corg:argile

Un proxy de la stabilité structurale

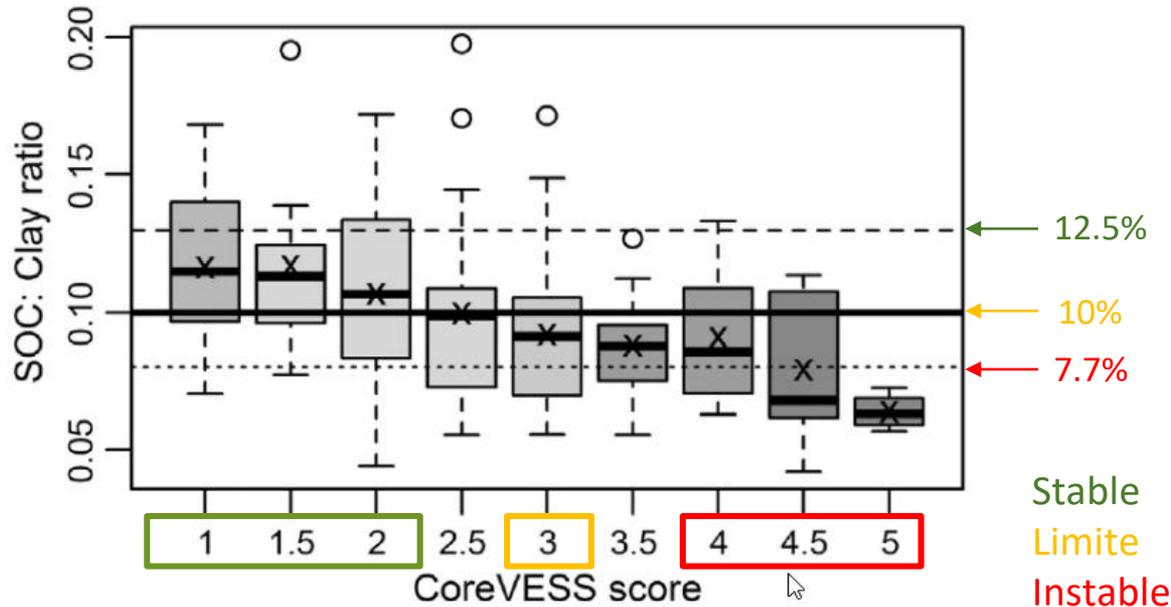


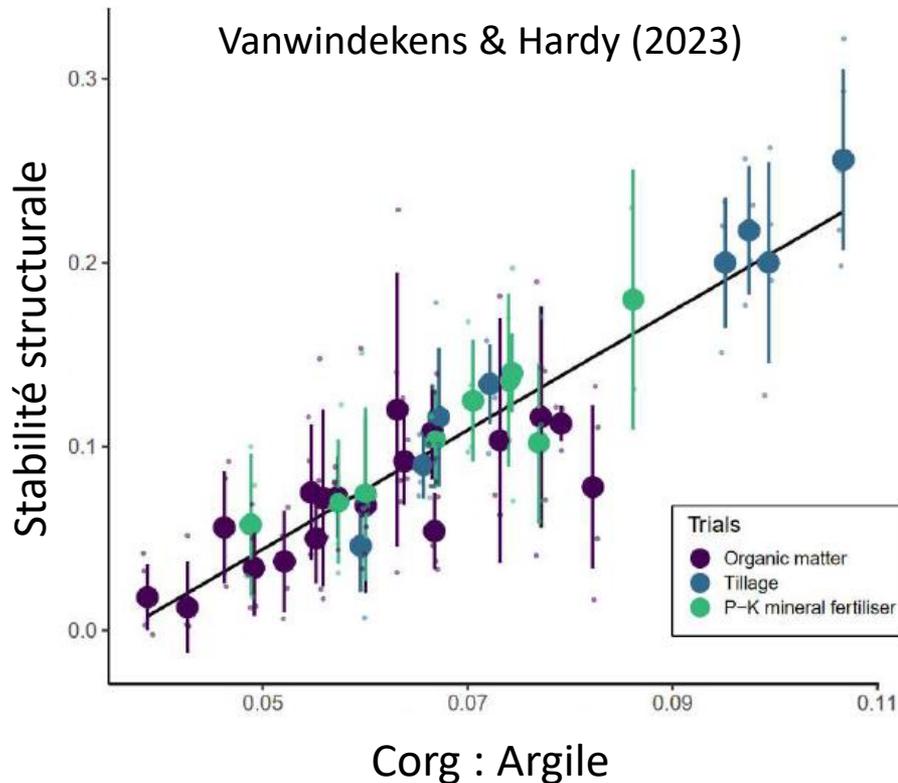
Fig. 5. Boxplots of soil organic carbon (SOC) to clay ratio for different CoreVESS scores. Boxplots show mean values (cross), median values (solid horizontal line), 50th percentile values (box outline), minimum and maximum values (whiskers) and outliers (open circles). The dashed line indicates a SOC:clay ratio of 1:8, the full line a SOC:clay ratio of 1:10, and the dotted line a SOC:clay ratio of 1:13.

Johannes et al., 2017 - Geoderma

- Ouest de la Suisse (cultures et prairies)
- Lien direct entre le Corg:argile et l'état structural des sol
- Relation vérifiée dans d'autres contextes européens
- Normalisation entre les différents types de sol

L'indicateur Corg : Argile

En Wallonie



- Le lien entre Corg:argile et structure du sol a été confirmé pour le contexte Wallon
- Mesure du taux de saturation du sol en matière organique (**statut organique**)
- Estimation du **potentiel de stabilité structurale** du sol
- Paramètres mesurés en routine
- Indicateur de perte en MO choisi par l'Europe

La MAEC-sol

Concrètement

- Engagement sur 5 ans, avec un bilan de l'indicateur pour :
 - La 1^{ère} année
 - La dernière année
- En fonction du résultat obtenu pour l'indicateur, les parcelles sont classées en situation défavorable, de transition ou favorable selon les seuils suivants :

Type de sol (% argile)	Rapport COT/argile Défavorable	Rapport COT/argile Transition	Rapport COT/argile Favorable
Léger (< 12%)	< 14%	14 – 17%	> 17%
Moyen (12 – 19%)	< 8%	8 - 10%	> 10%
Lourd (> 19%)	< 6%	6 – 9%	> 9%

- Les pratiques agricoles qui permettent d'améliorer le bilan sont **librement choisies par l'agriculteur**
(pas de cahier des charges défini)

Merci de votre attention!

