

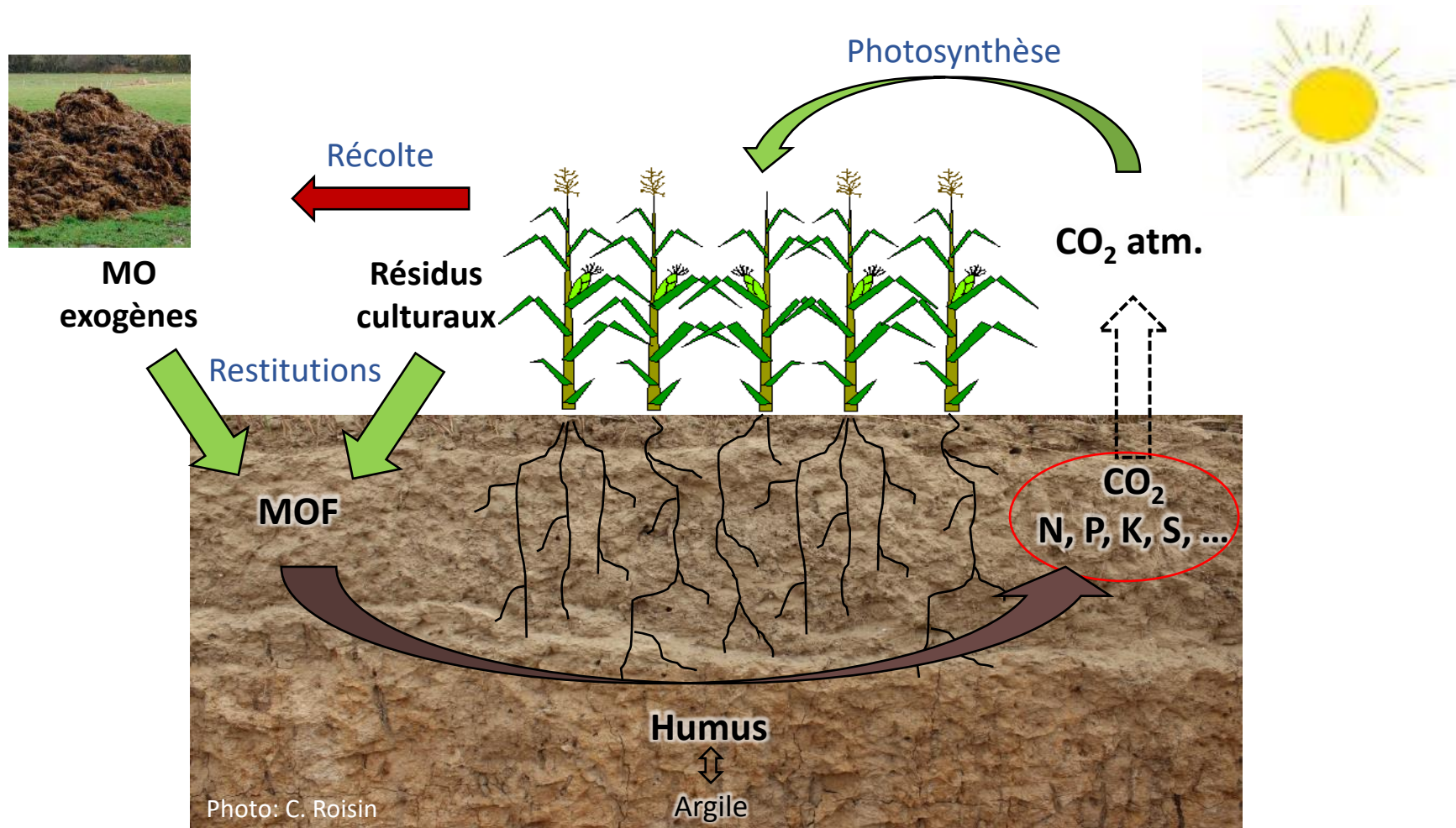
Le rôle de la matière organique du sol : enjeux climatiques et agronomiques

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



Il vient d'où, le carbone du sol ?

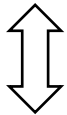
Le cycle de la matière organique



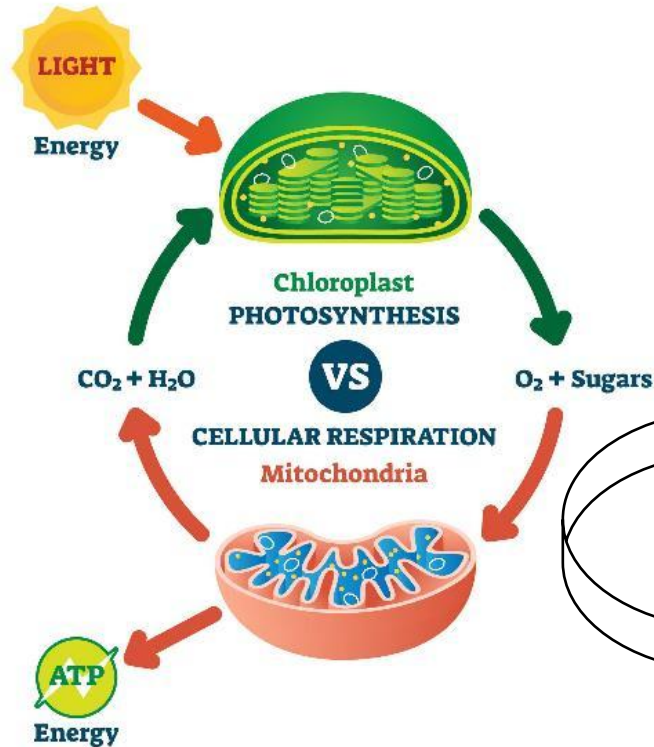
Le cycle de la matière organique

Photosynthèse vs respiration ...

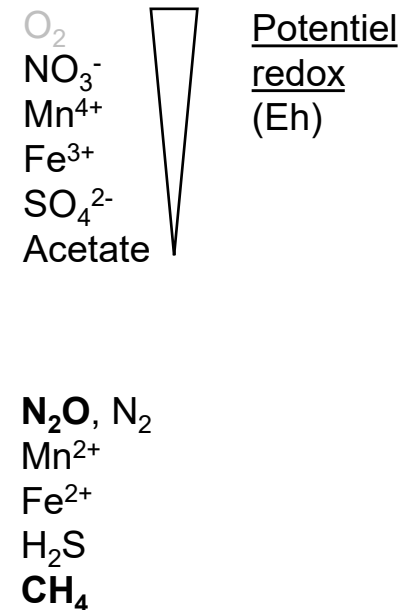
- Le règne **autotrophe** fixe du CO_2 atmosphérique par **photosynthèse**, grâce à l'énergie du soleil



- Le règne **hétérotrophe** décompose la matière organique par les processus de **respiration** pour en extraire de l'énergie, libérant du CO_2



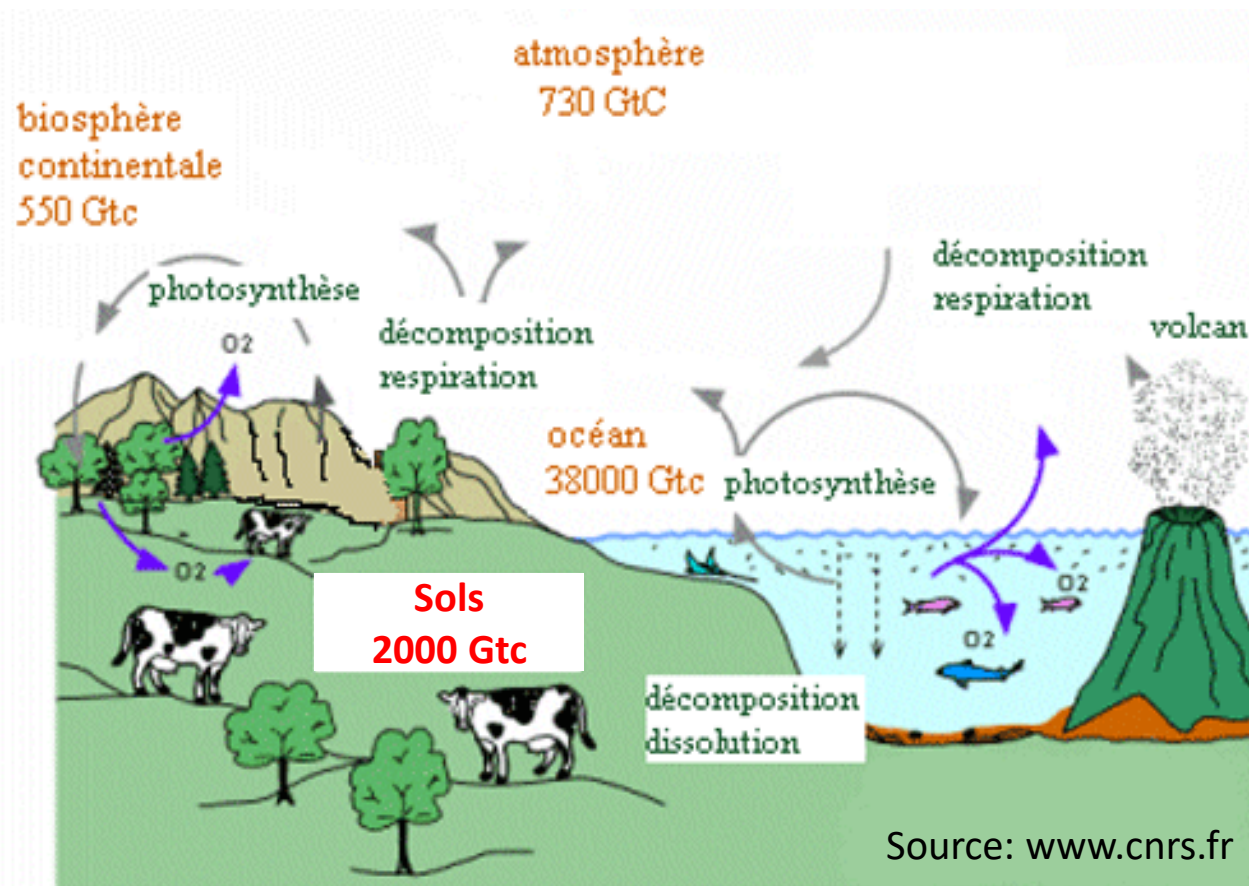
Emissions de N_2O , CH_4
→ Voies respiratoires alternatives, en absence d' O_2



<http://www.moomoomathblog.com/2020/04/relationship-between-photosynthesis-and.html>; Consulté le 25/02/2022

Sols et climat...

Le sol, régulateur du climat

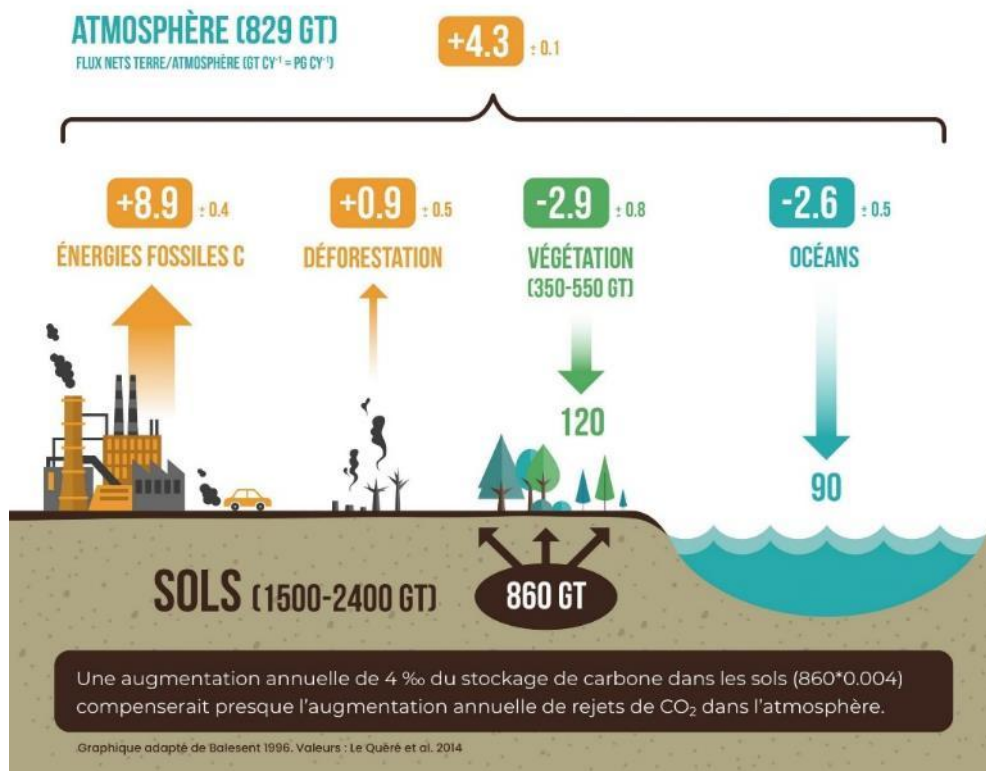


- La MO du sol contient 3 x plus de C que l'atmosphère!
- Grâce au sol, le secteur agricole a le potentiel d'être neutre en carbone!
- Arme à double tranchant : mal gérés, les sols sont émetteurs de GES

Les sols peuvent-ils 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 »



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

Visité le 23/03/2023

Au-delà de l'enjeu climatique...

La matière organique, pilier du fonctionnement du sol



Gembloux, 18/02/2025 (crédit: H. van der Smissen)

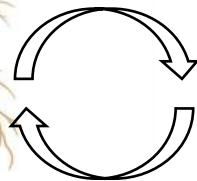
La matière organique et vie du sol

Une chaîne alimentaire alimentée par la plante

Plantes
(+ Algues
cyanobactéries)

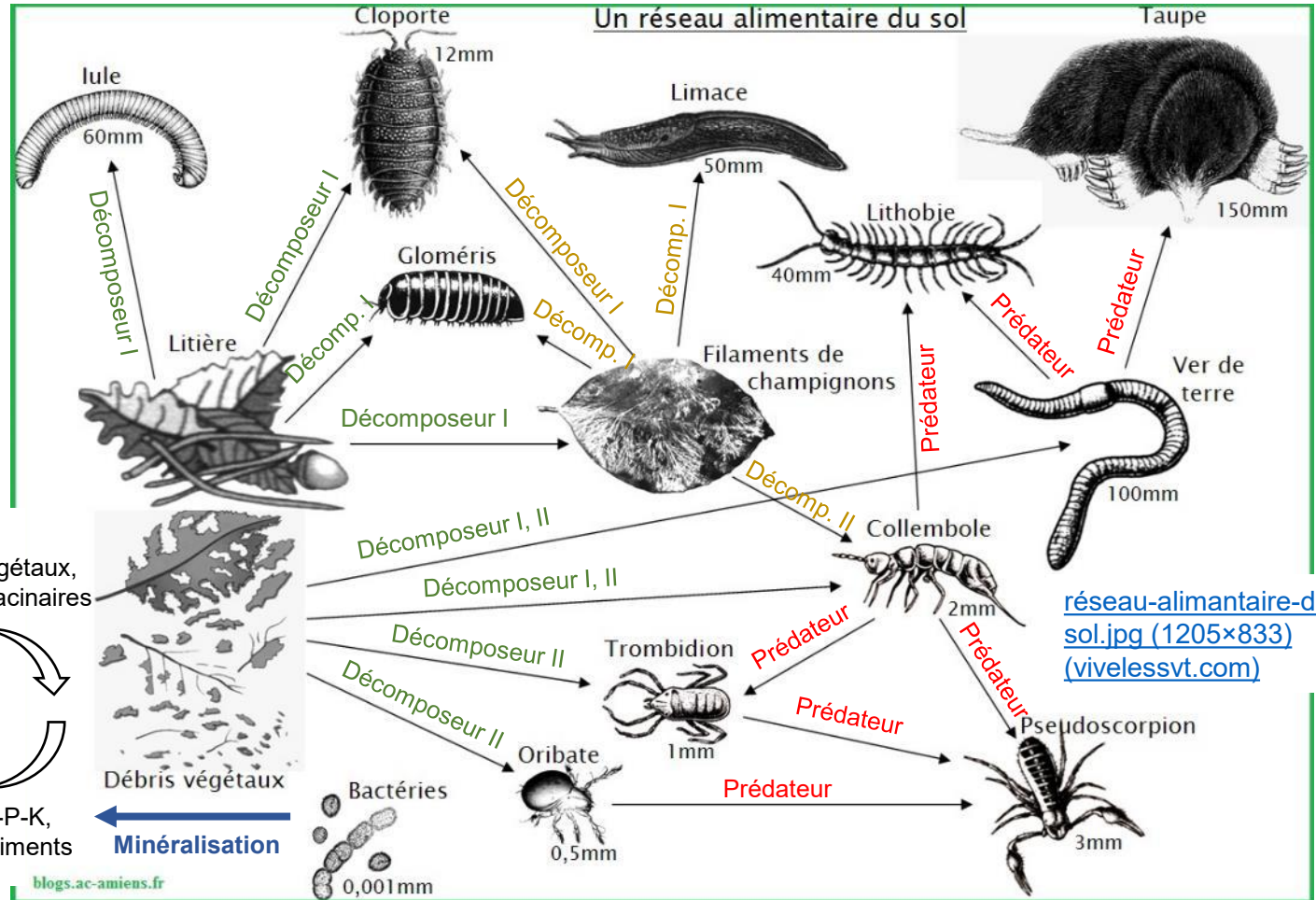


Déchets végétaux,
Exsudats racinaires



CO₂, N-P-K,
micronutriments

Minéralisation



Champignons,
actinomycètes

réseau-alimentaire-du-sol.jpg (1205×833)
(vivelessvt.com)

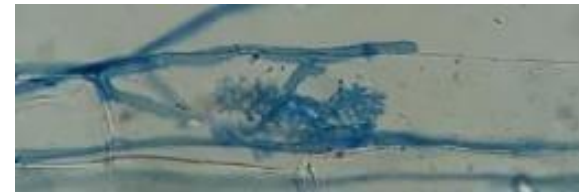
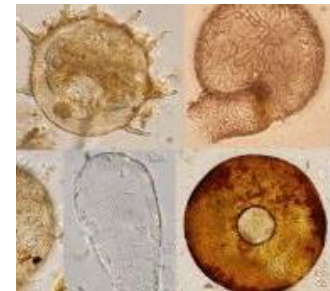
blogs.ac-amiens.fr

La MO, carburant de la vie du sol...

... Et sans vie, pas de sol!

- Formation d'humus,
- Incorporation de la MO
- Recyclage des nutriments,
- Fixation d'N atmosphérique
- Solubilisation du P
- Biocontrôle
- Prélèvement de nutriments et d'eau
- Formation d'agrégats stables
- Formation de macroporosité, ...

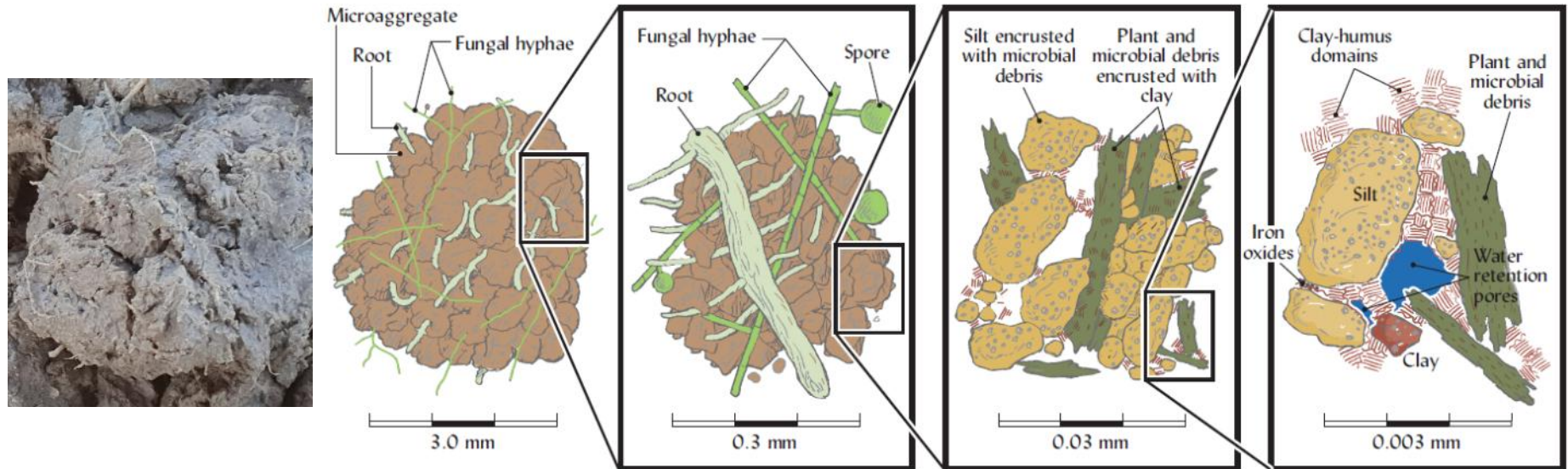
- **La vie du sol, c'est le moteur du système**
- **La matière organique, c'est le carburant**



Matière organique et structure

La MO, liant des agrégats

Weil & Brady (2017)



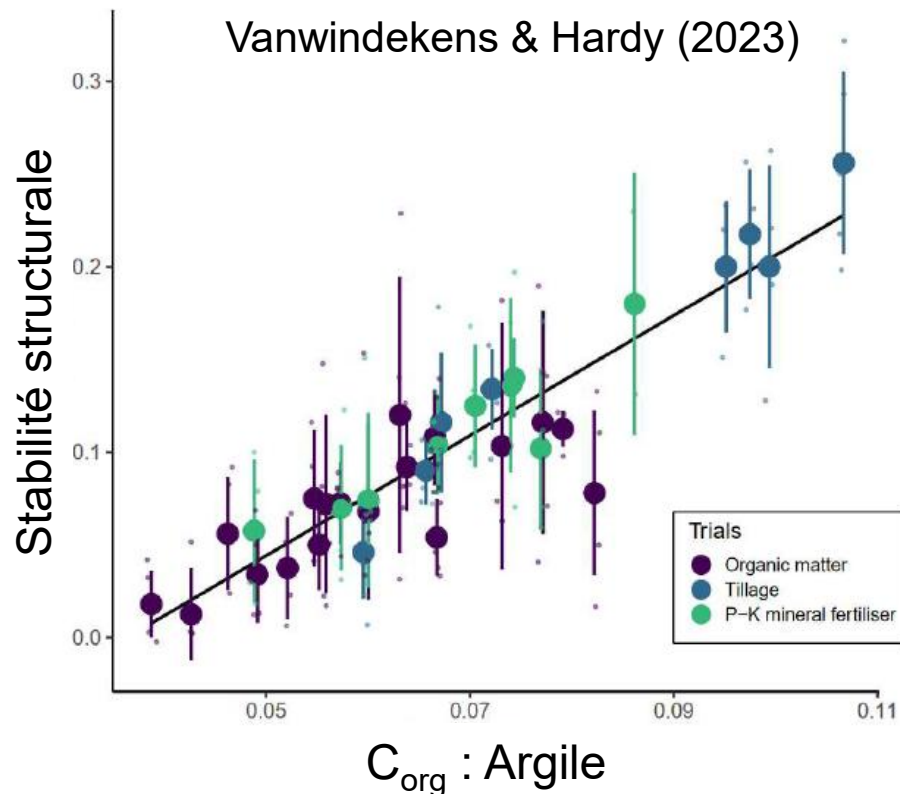
Motte > Macroagrégat > Microagregat > Particules

- **MO = colle des agrégats** : acides organiques, polysaccharides, exsudats racinaires, protéines du type « glomaline », ...
- Rôle de l'**activité microbienne**
- Rôle des **hyphes et des racines**

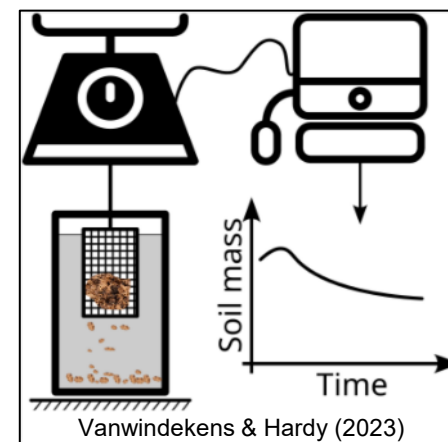


Matière organique et structure

Stabilité structurale et C_{org} : argile



Quantislake test



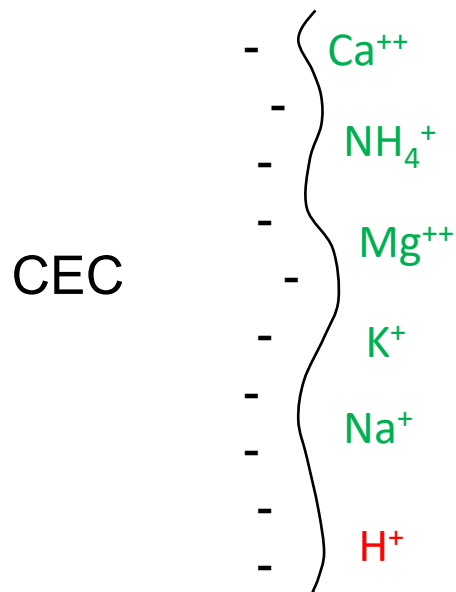
- Essais longue durée du CRA-W emblavés en froment d'hiver (avril 2019)
- Lien direct entre la stabilité structurale et le statut organique du sol (C_{org} : argile)

Matière organique et nutriments...

Fourniture et rétention

Rétention

(Capacité d'échange cationique)



$\text{CEC}_{\text{argile}} \sim 40 \text{ cmolc/kg}$

$\text{CEC}_{\text{MO}} \sim 100 \text{ cmolc/kg}$

Fourniture

(minéralisation de la MO)

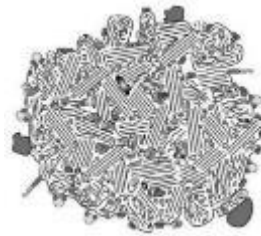


- Nutriments majeurs: N, P, K, Ca, Mg, S
- Oligoéléments: B, Mn, Fe, Zn, Cu, Mb, ...

Matière organique et fertilité

La MO, pierre angulaire de la fertilité

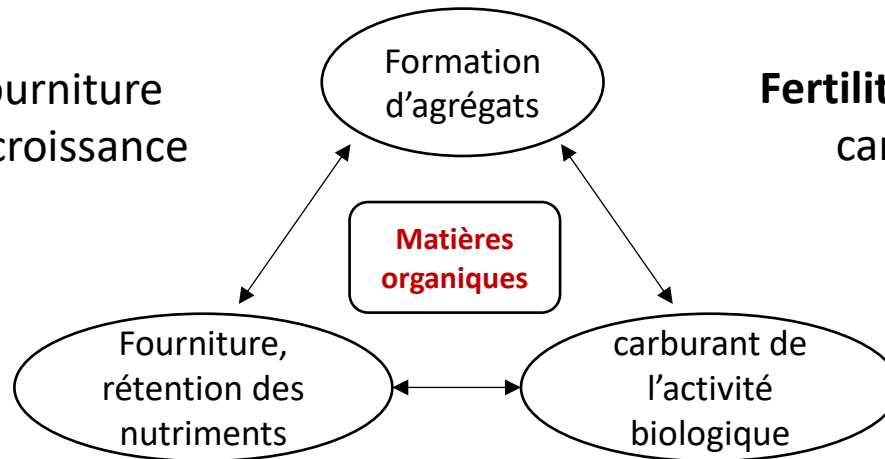
Fertilité physique : la structure du sol régule les transferts d'air, d'eau et de nutriments et la pénétration racinaire



Fertilité chimique : Fourniture de nutriments pour la croissance de la plante



Fertilité biologique : la MO est le carburant de la vie du sol



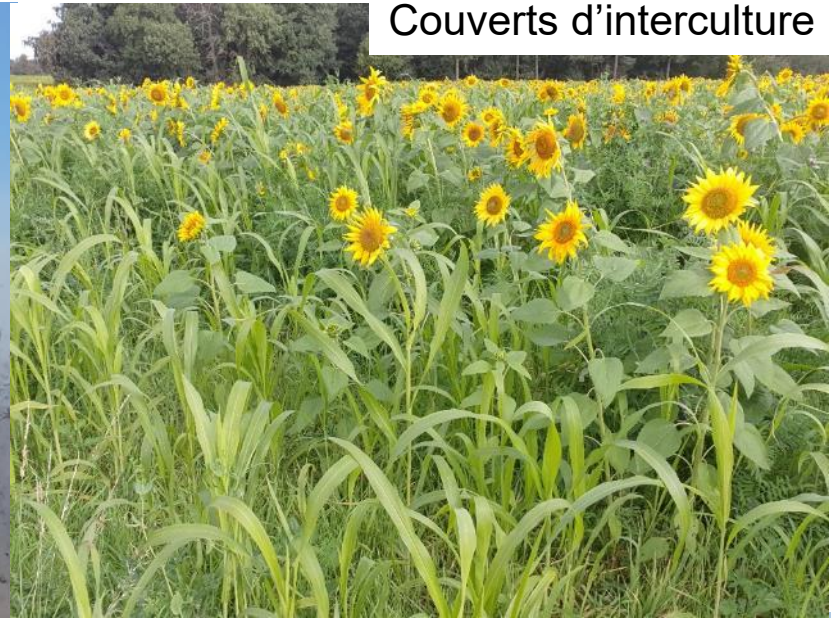
Quel effet des pratiques agricoles?

Gestion des matières organiques exogènes



Gembloux, 18/02/2025 (crédit: H. van der Smissen)

Couverts d'interculture



Succession culturale



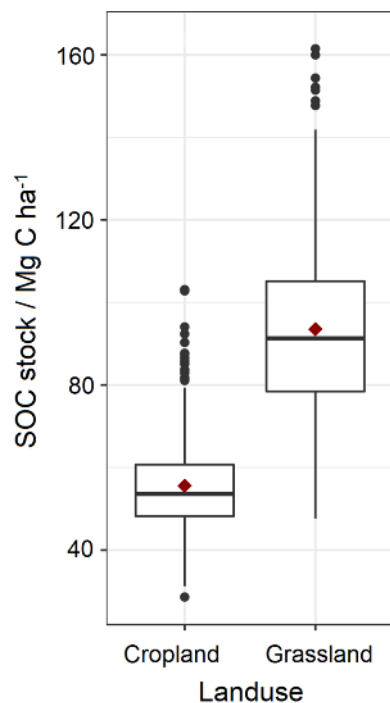
© CRAW: SYCI - 2019

Travail du sol

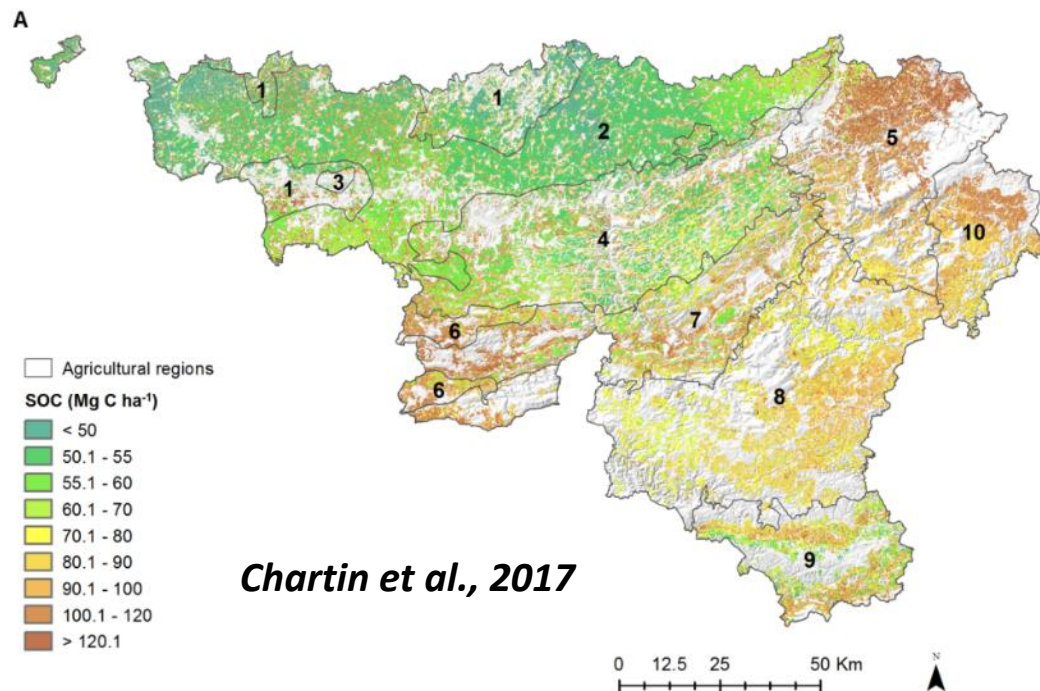


Matière organique et occupation du sol

Stocks de carbone en culture et prairie



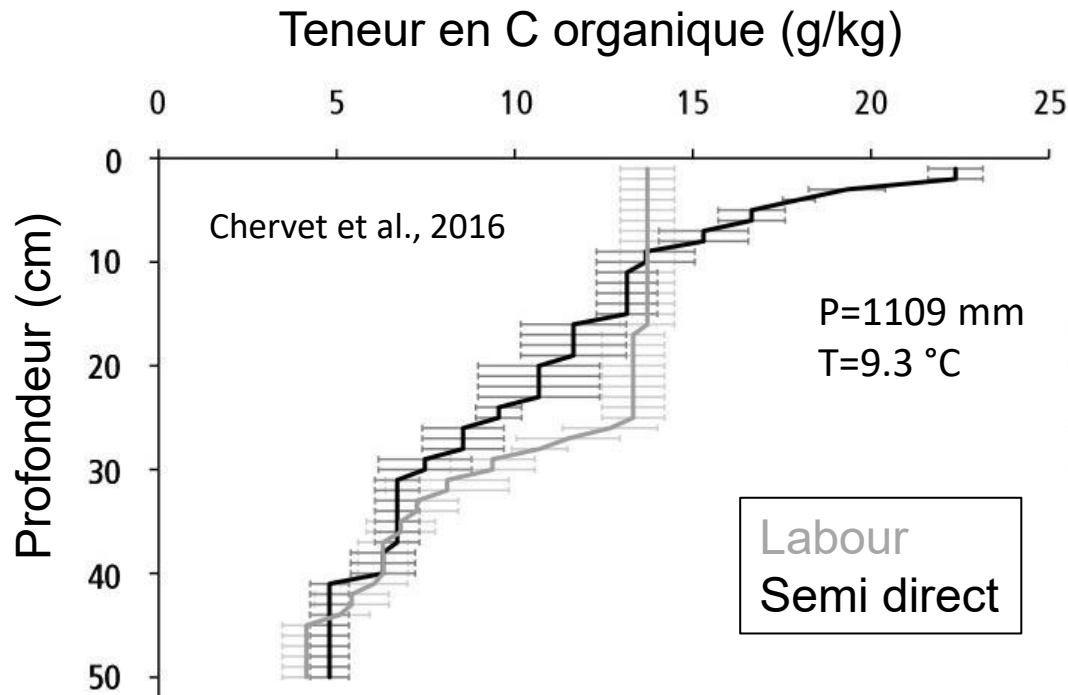
Cultures: 55.3 t/ha
Prairies: 91.3 t/ha



- Les prairies stockent plus que les cultures
- Les terres de la region limoneuse sont les plus appauvries (GC légumière!)
- Impact du climat : plus de carbone en haute Ardenne, haute Fagnes

Labour et non-labour

Le NL, une mesure de conservation du sol



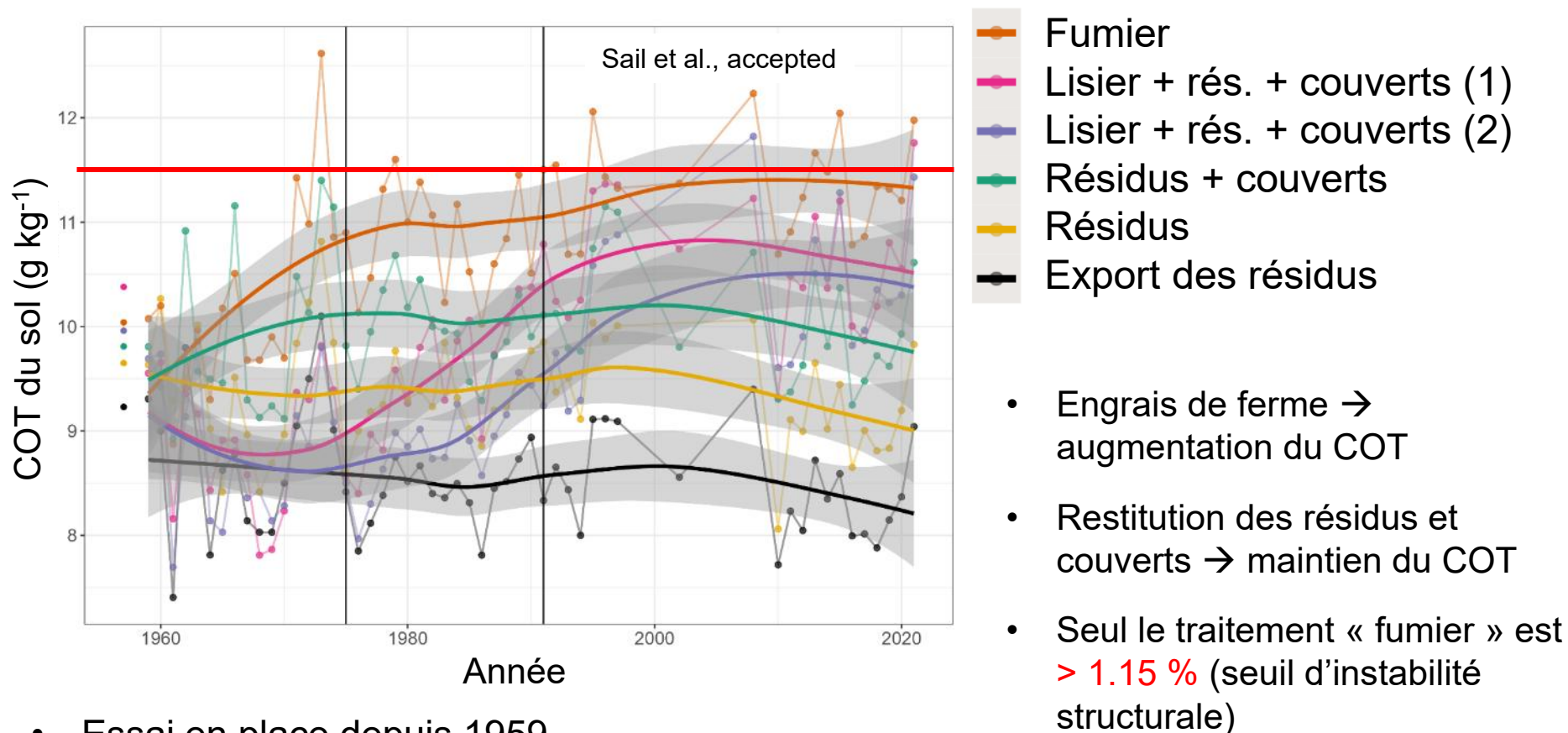
- **Essai long terme (20 ans)
Oberacker, Berne, Suisse**

- Redistribution du C organique (et des nutriments) dans le profil
- Protection contre la battance, l'érosion!

→ Le stockage de C en NL dépend de l'interaction avec d'autres facteurs (gestion de l'interculture, climat/météo, réponse de la culture, ...)

Gestion des matières organiques

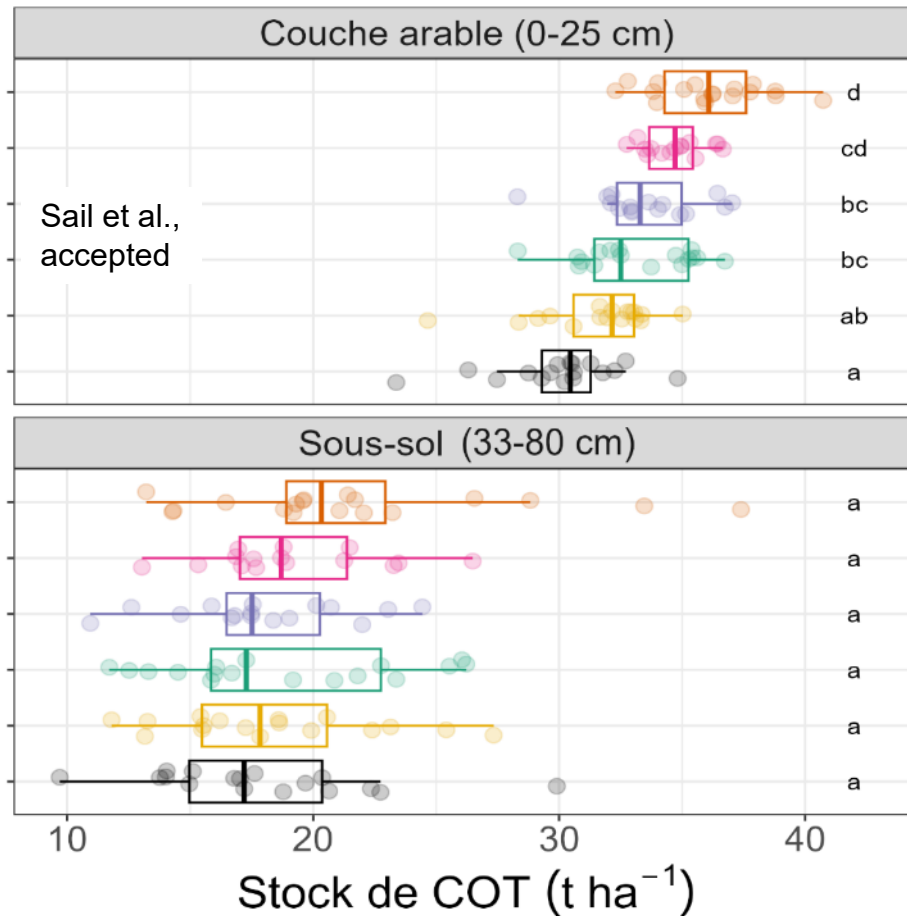
Engrais de ferme, engrais verts et gestion des résidus



- Essai en place depuis 1959
- Rotation actuelle : Betterave – Froment – Escourgeon
- Labour annuel

Quel effet des pratiques sur le carbone du sol?

L'essai « Matières Organiques » du CRA-W

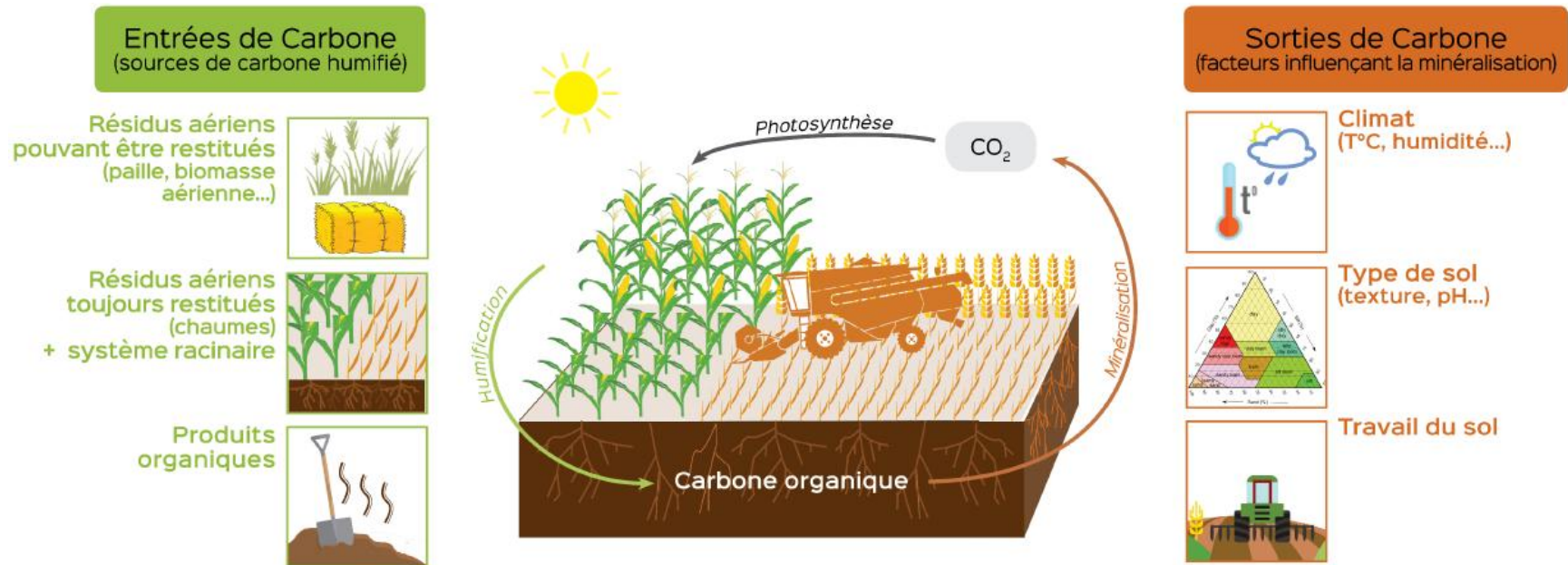


Traitement	Stock de COT (t/ha) 0-80 cm
Fumier	68 ± 9
Lisier + résidus + couverts (1)	64 ± 5
Lisier + résidus + couverts (2)	61 ± 7
Résidus + couverts	61 ± 7
Résidus	60 ± 6
Export de résidus	57 ± 7

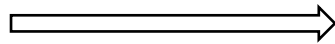
- Stocks de COT du sol sur 80 cm de profondeur en 2018
- L'effet des différentes pratiques s'additionnent!
- Lisier + pailles hachées : interaction positive! Equilibre le C/N
- Pas d'effet significatif dans le sous-sol

Raisonner la rotation pour compenser les pertes

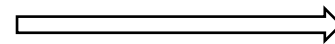
Principe du bilan humique



Les entrées :
 $\sum \text{MOF}_i \times k_{h,i}$



Humus



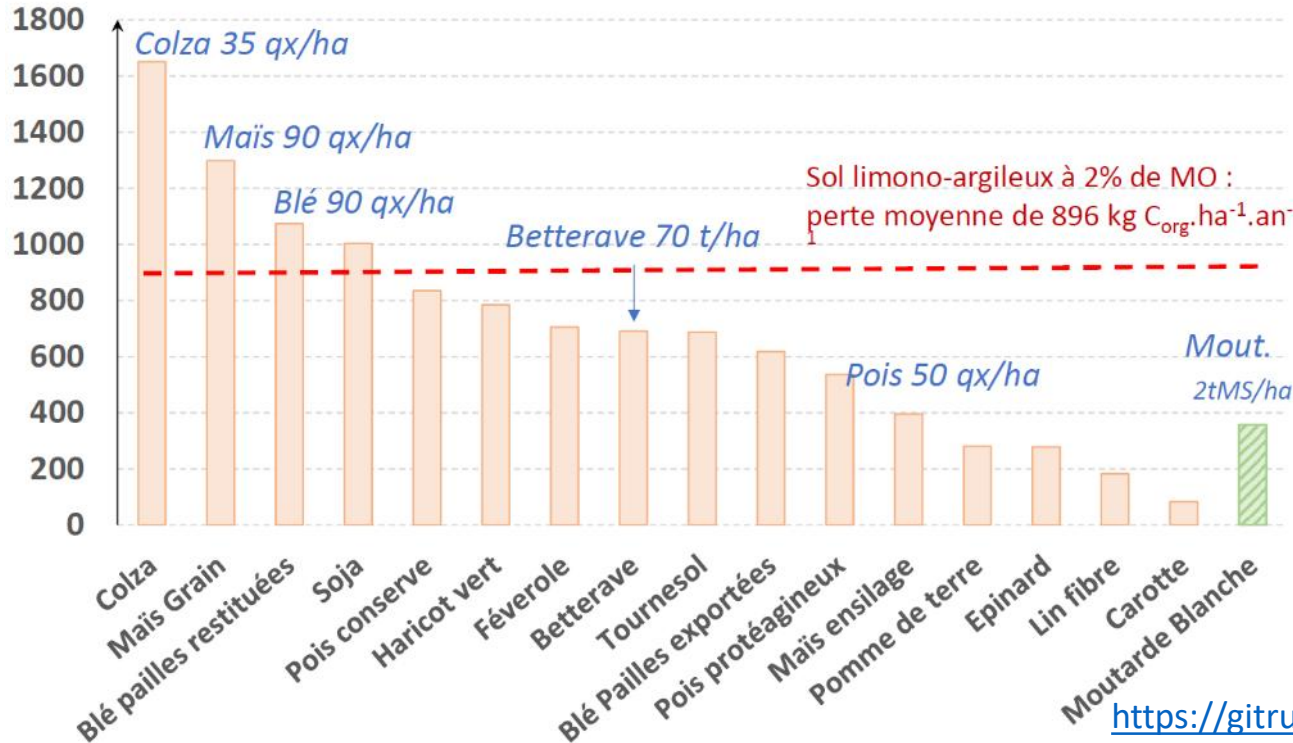
Les sorties :
 $\text{Humus} \times k_m$

- Entrées = sorties → **état stationnaire**
- Entrées > sorties → **stockage de C**
- Entrées < sorties → **déstockage de C**

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 kg_C/ha (année 2)
- 30 t/ha de fumier composté
+ 1400 kg_C/ha/3 ans
- 30 cm d'engrais vert
~ 2 t MS/ha
~ 350 kg_C/ha

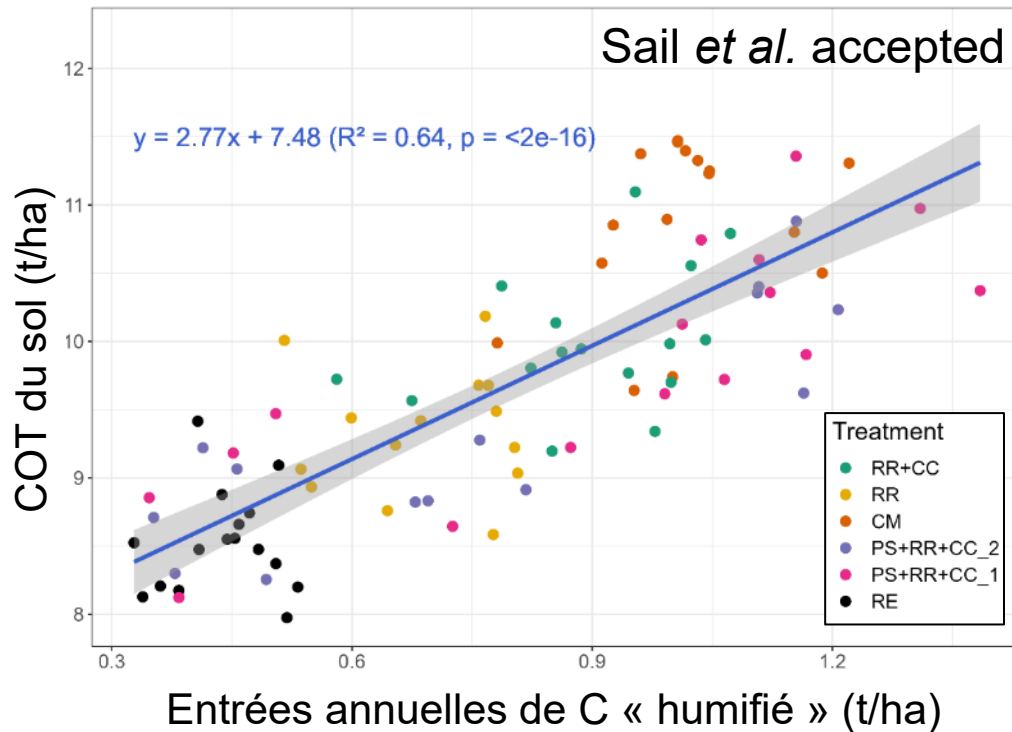
https://gitrural.cra.wallonie.be/portail-public/documents-u07/-/raw/main/doc_orientation_maec_sols.pdf

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 ?

Essai « Matières organiques » du CRA-W

Entrées de carbone et COT du sol



- **Bilan des apports de carbone par rotation**
 - Biomasse racinaire
 - Biomasse aérienne (pailles, feuilles & collets de betterave)
 - Couverts
 - Engrais de ferme
- Chaque type d'apport est multiplié par un « **coefficient d'humification** »

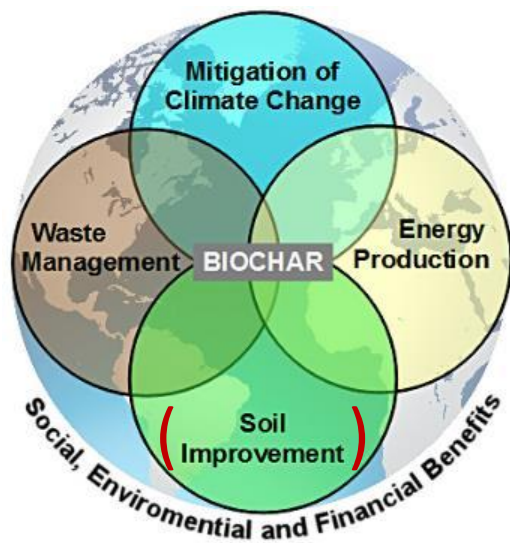
→ Les entrées de C expliquent bien les teneurs en COT du sol !

Le 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
- **Les enjeux pour le dvt d'une filière**
 - Disponibilité de la biomasse ?
 - Analyse de cycle de vie ?
 - Retour sur investissement ?
 - Préconisations d'usage ?
 - Effets à moyen, long terme ?
 - ...



International Biochar Initiative (IBI)

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

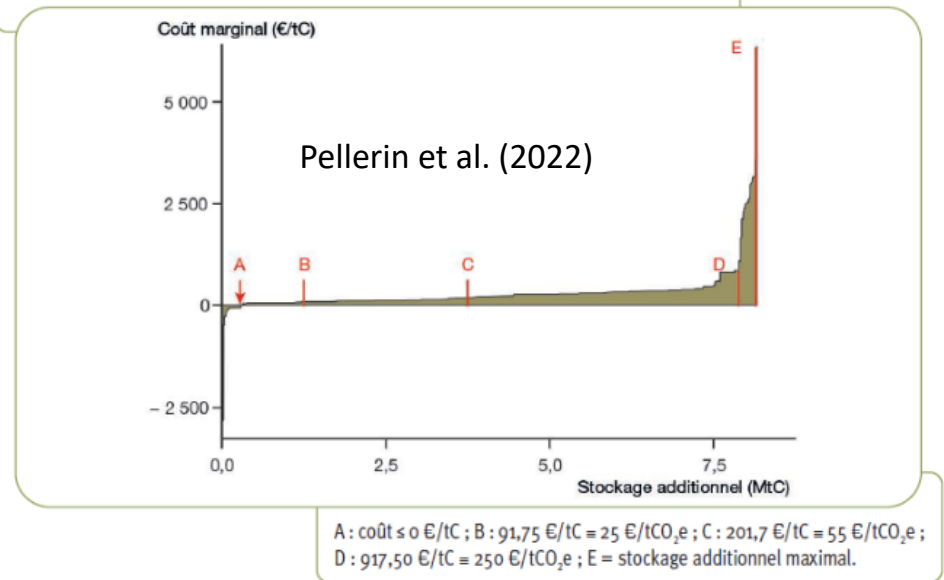
Les sols agricoles vont-ils sauver le climat?

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!

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



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

Merci de votre attention!

