

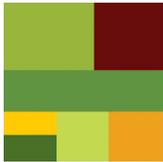


Évolution du Coefficient Isohumique (K1) en fonction du C/N des résidus organiques

Implications pour les couverts végétaux et leur gestion dans les systèmes ACS.

Anne-Sophie PERRIN & Michael Geloën

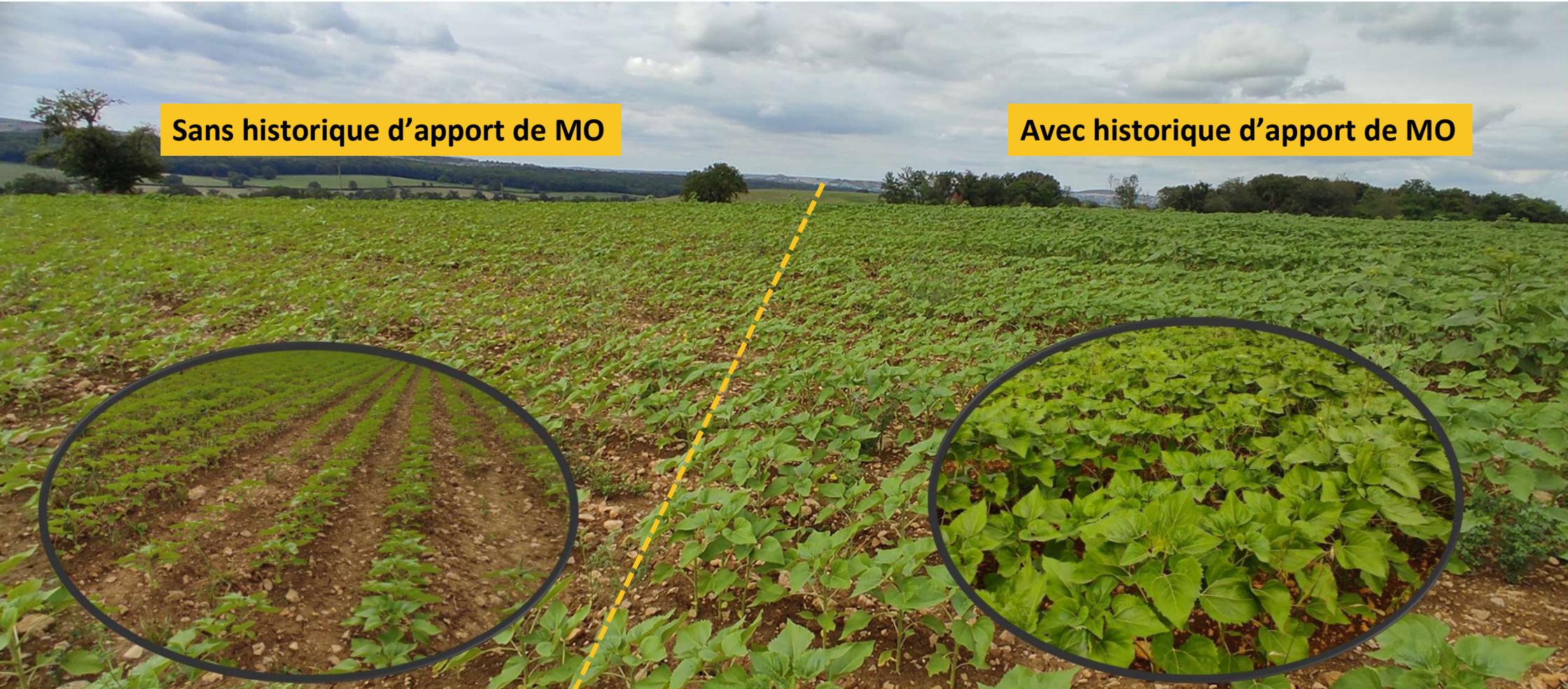
as.perrin@terresinovia.fr

 **Terres
Inovia**
l'agronomie en mouvement

La matière organique est un facteur de production

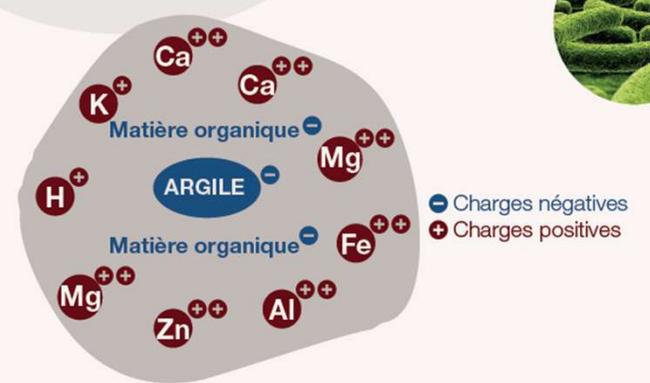
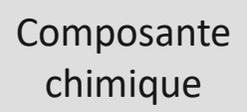
Sans historique d'apport de MO

Avec historique d'apport de MO



La MO est un facteur de production

Les composantes de la fertilité des sols



Impact sur l'implantation

Impact sur infiltration de l'eau

Impact sur l'alimentation minérale

Impact sur la régulation des ravageurs

Impact sur l'atténuation du changement climatique

Participe à la robustesse des cultures

Et la résilience des systèmes de cultures

Plan de cette présentation

PARTIE 1-

Dynamique des matières organiques des sols : une vision qui a évolué

PARTIE 2-

Stockage de carbone, coefficient d'humification (k_1) des résidus et C/N

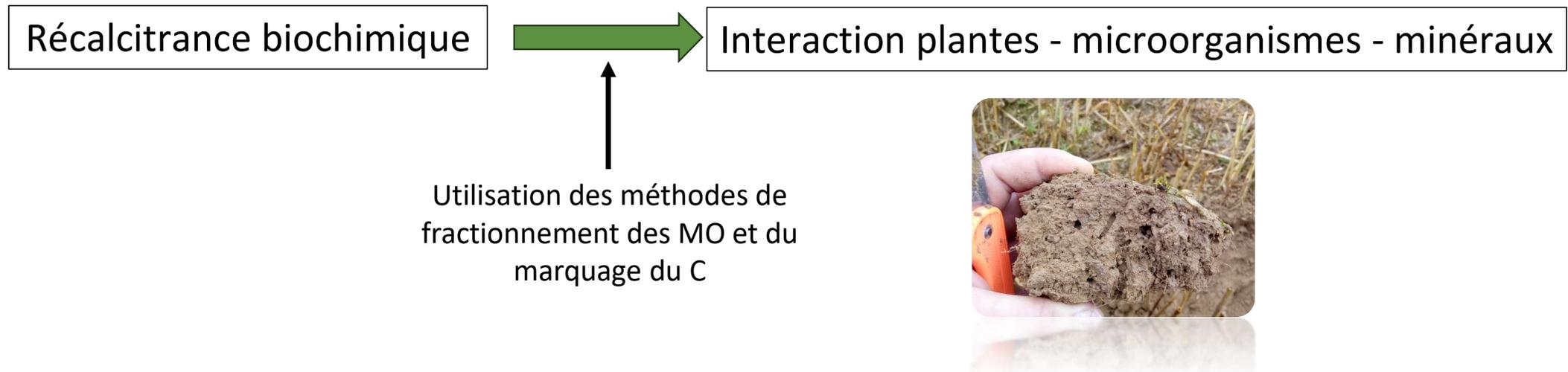


Dynamiques de dégradation et de stockage des matières organiques des sols

Evolution de la vision– retour sur la dernière décennie de recherche

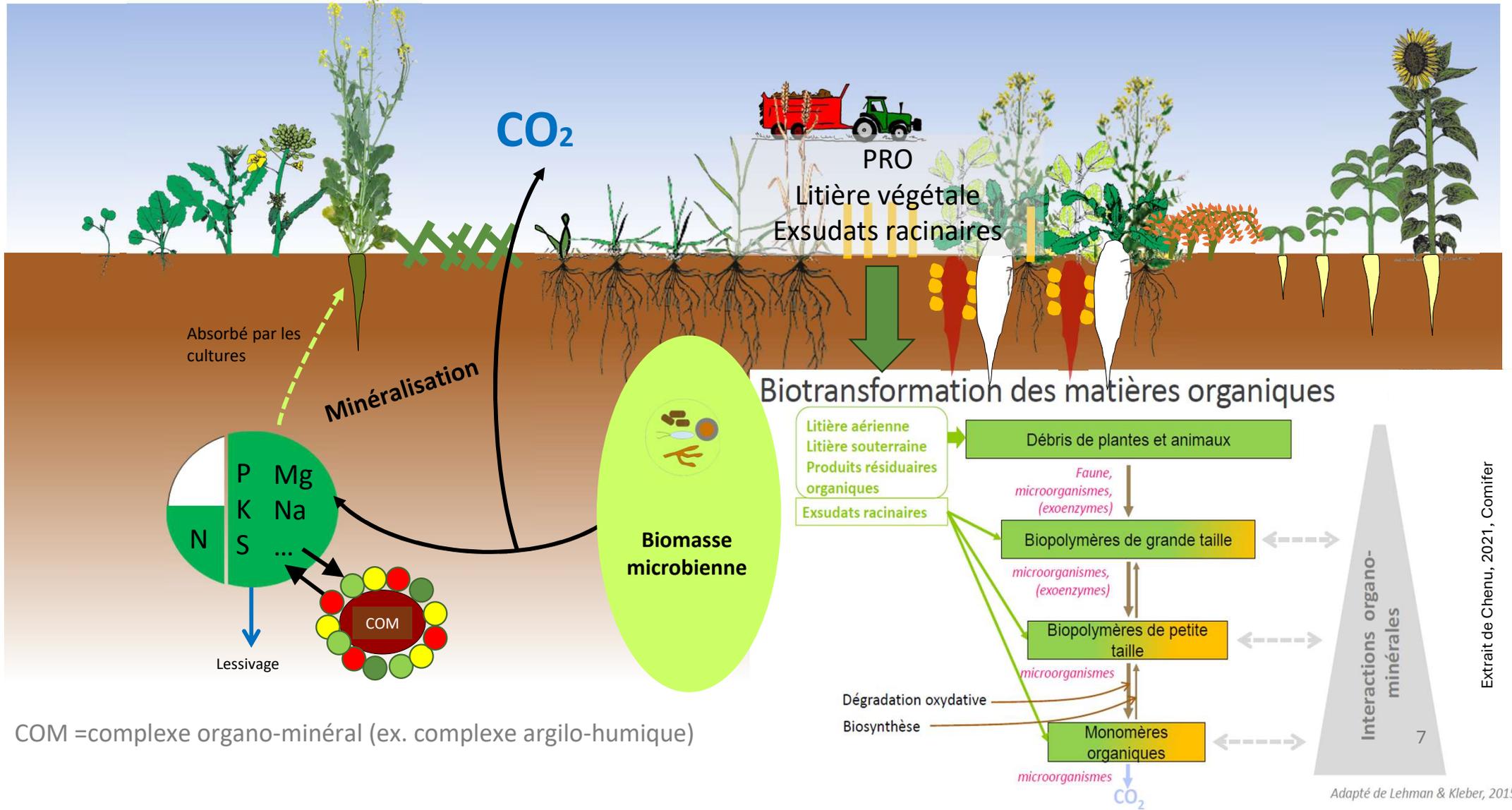
Evolution de la vision des dynamiques de MO

Bouleversement dans la compréhension des dynamiques de la MO des sols au cours des dernières décennies !



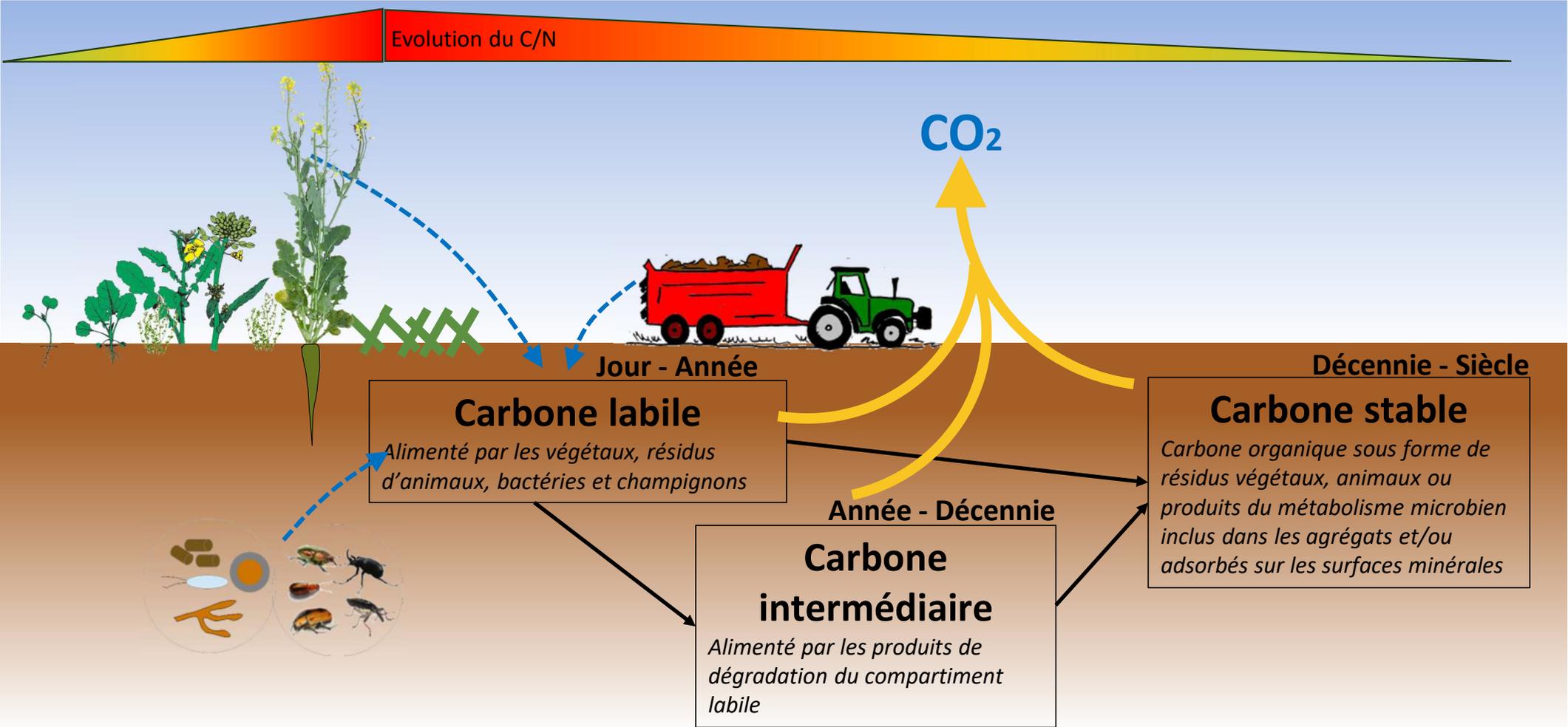
(Schmidt et al., [2011](#); Lehmann et Kleber, [2015](#); Kogel-Knaber et Rumpel, [2018](#); Basile-Doelsh et al., [2020](#); Rocci et al., [2024](#)).

Avant : l'importance de la récalcitrance de la MO

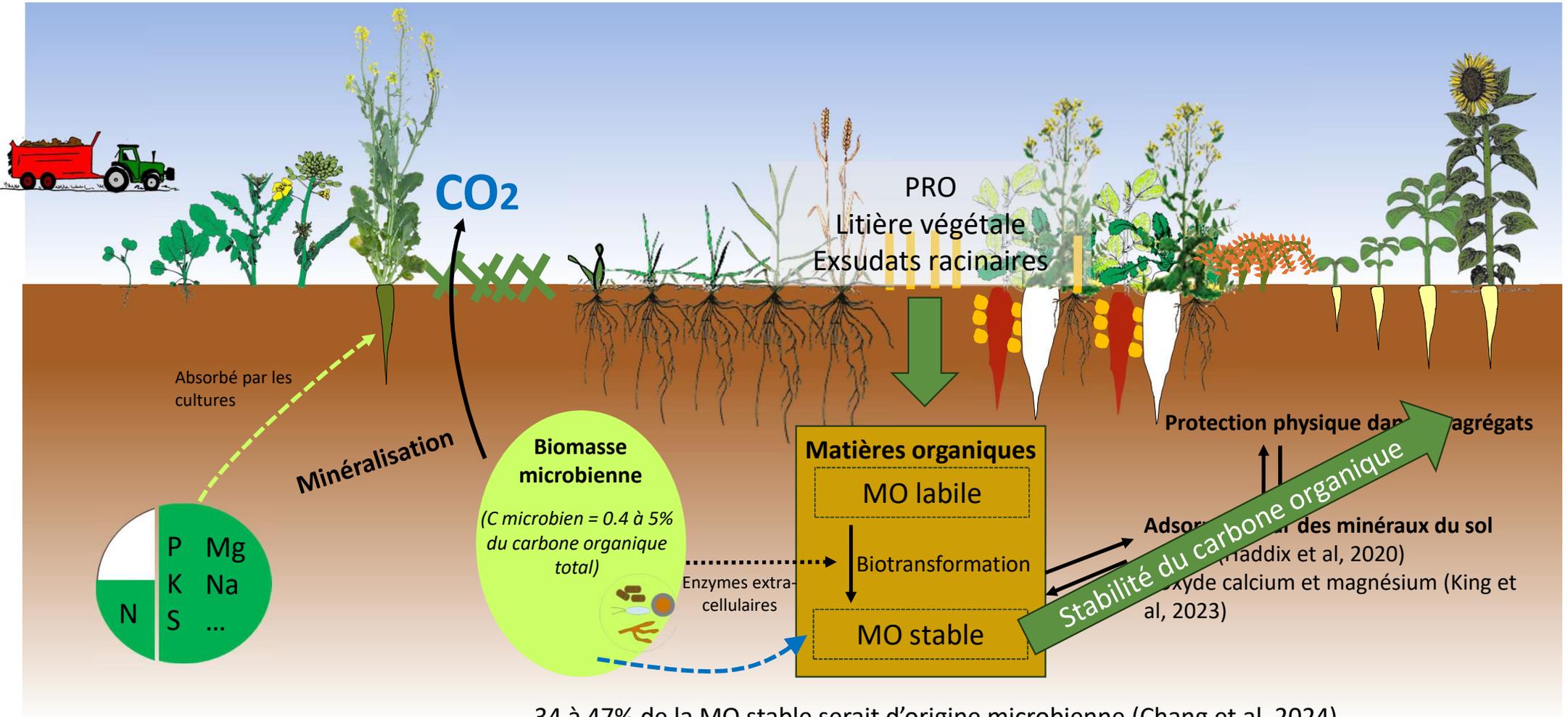


COM = complexe organo-minéral (ex. complexe argilo-humique)

Maintenant : Le continuum de la matière organique

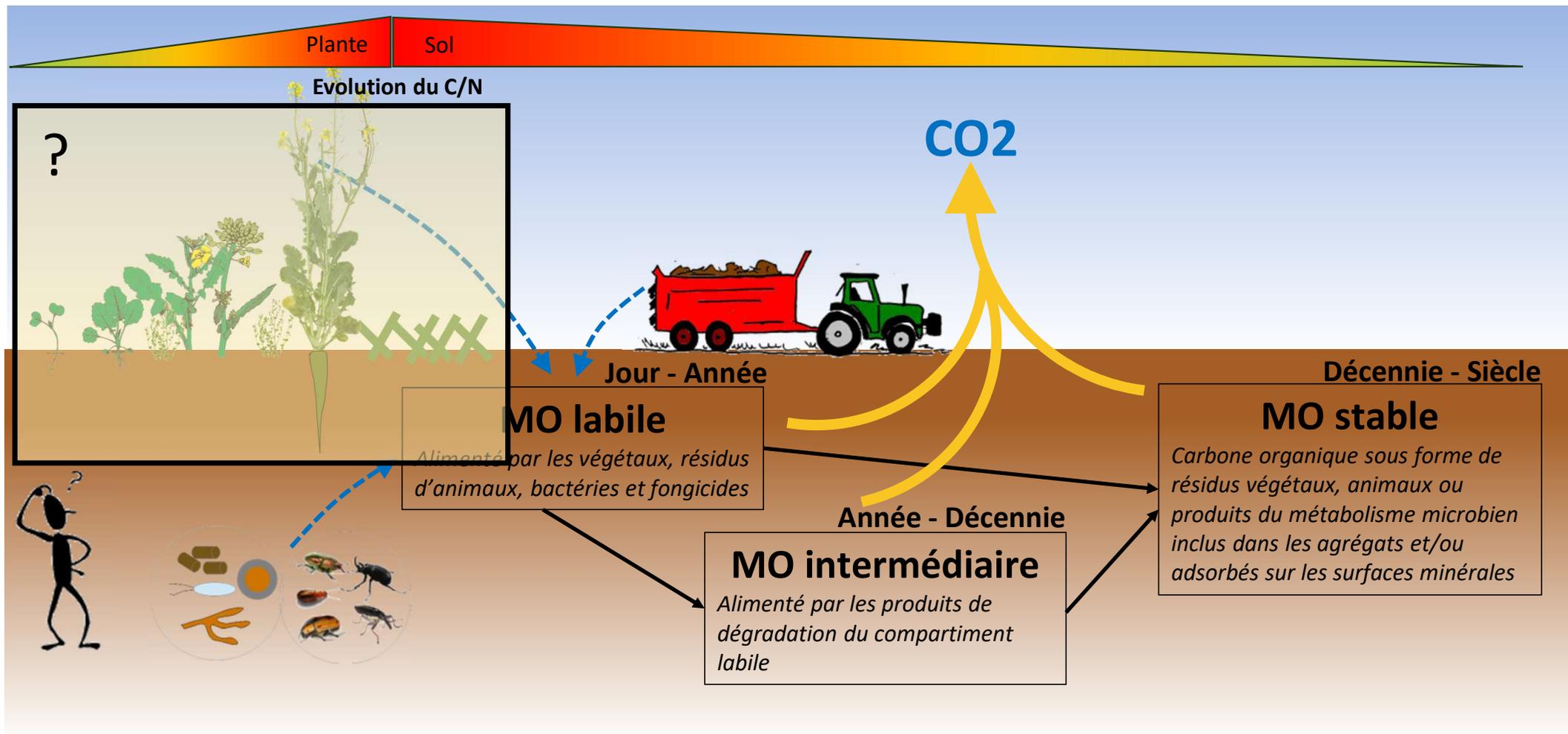


Maintenant : Interaction plantes – microbes - minéral



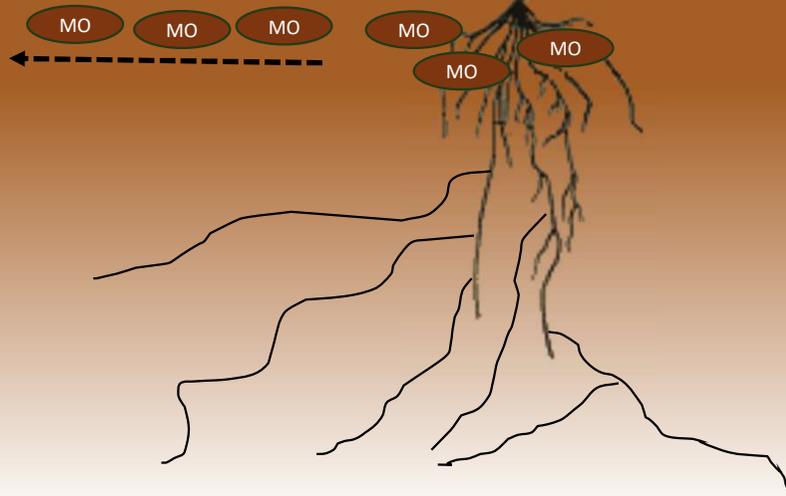
34 à 47% de la MO stable serait d'origine microbienne (Chang et al, 2024)

Les plantes jouent un rôle important

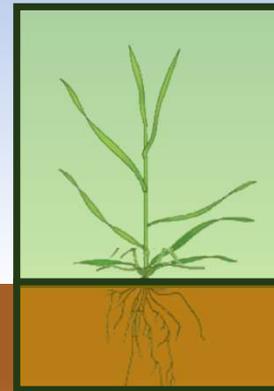


Le carbone des racines est plus stable

Les racines et la végétation maintiennent le sol et limitent l'érosion et le ruissellement.



Répartition selon la biomasse (C/N)



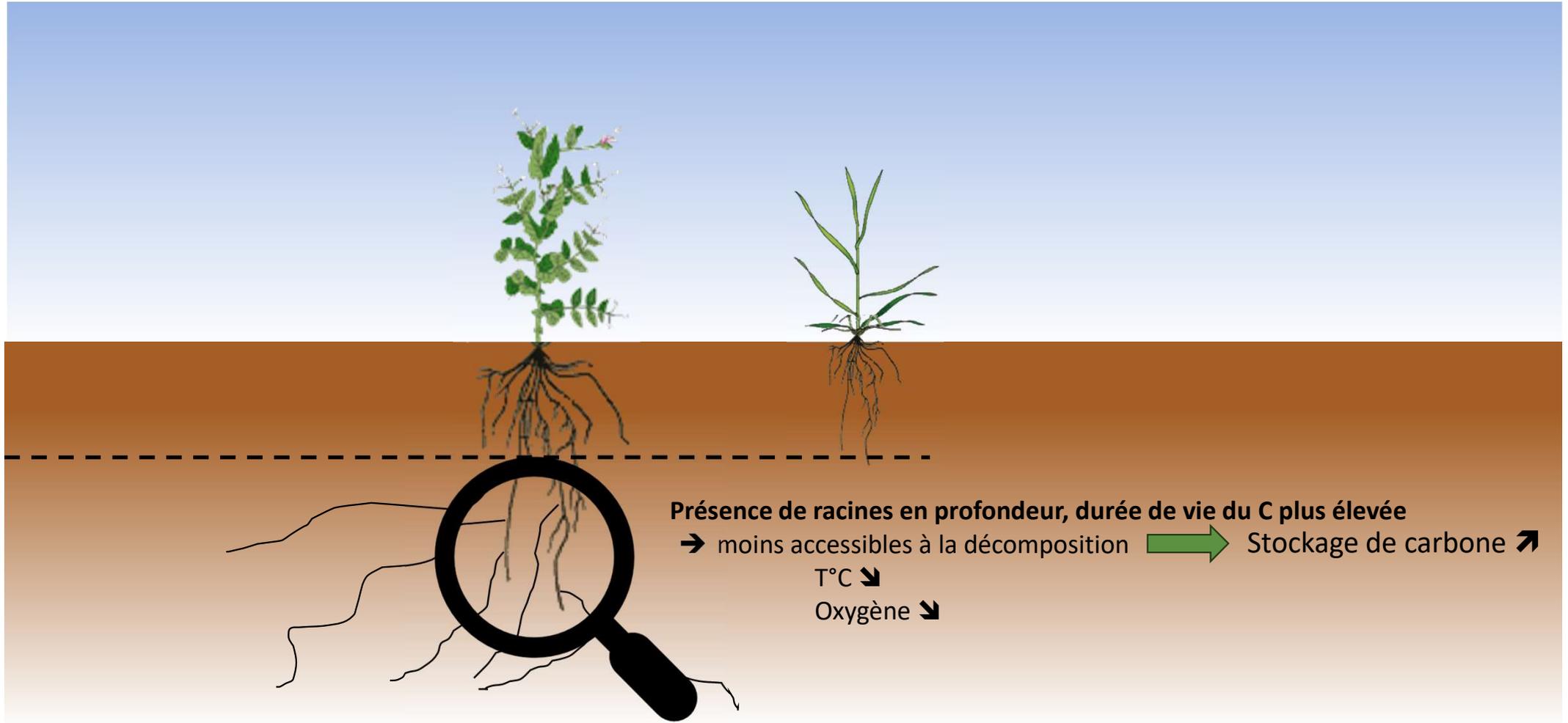
La composition végétale détermine la dégradation de la MO

Répartition selon la fourniture de carbone au sol

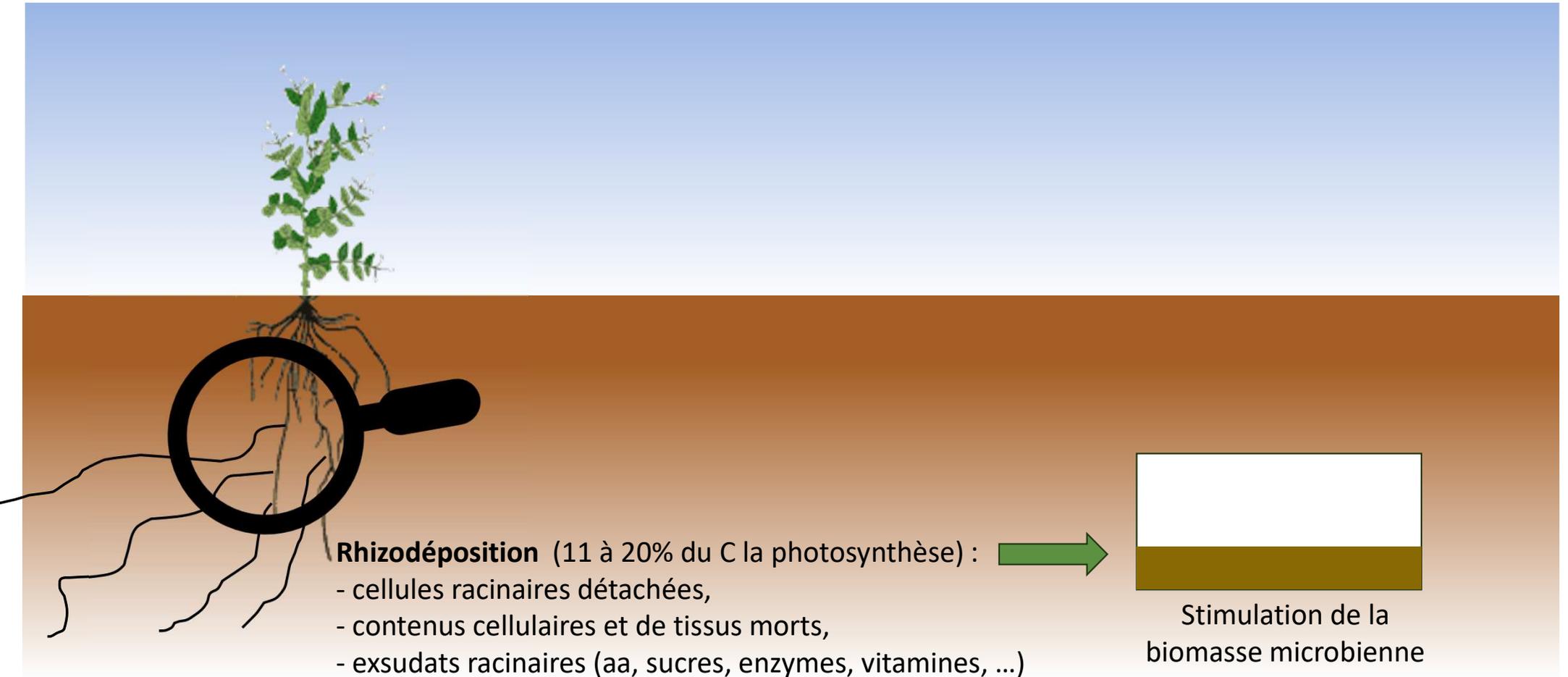


Le carbone des racines est 2 fois plus stable que celui des parties aériennes.

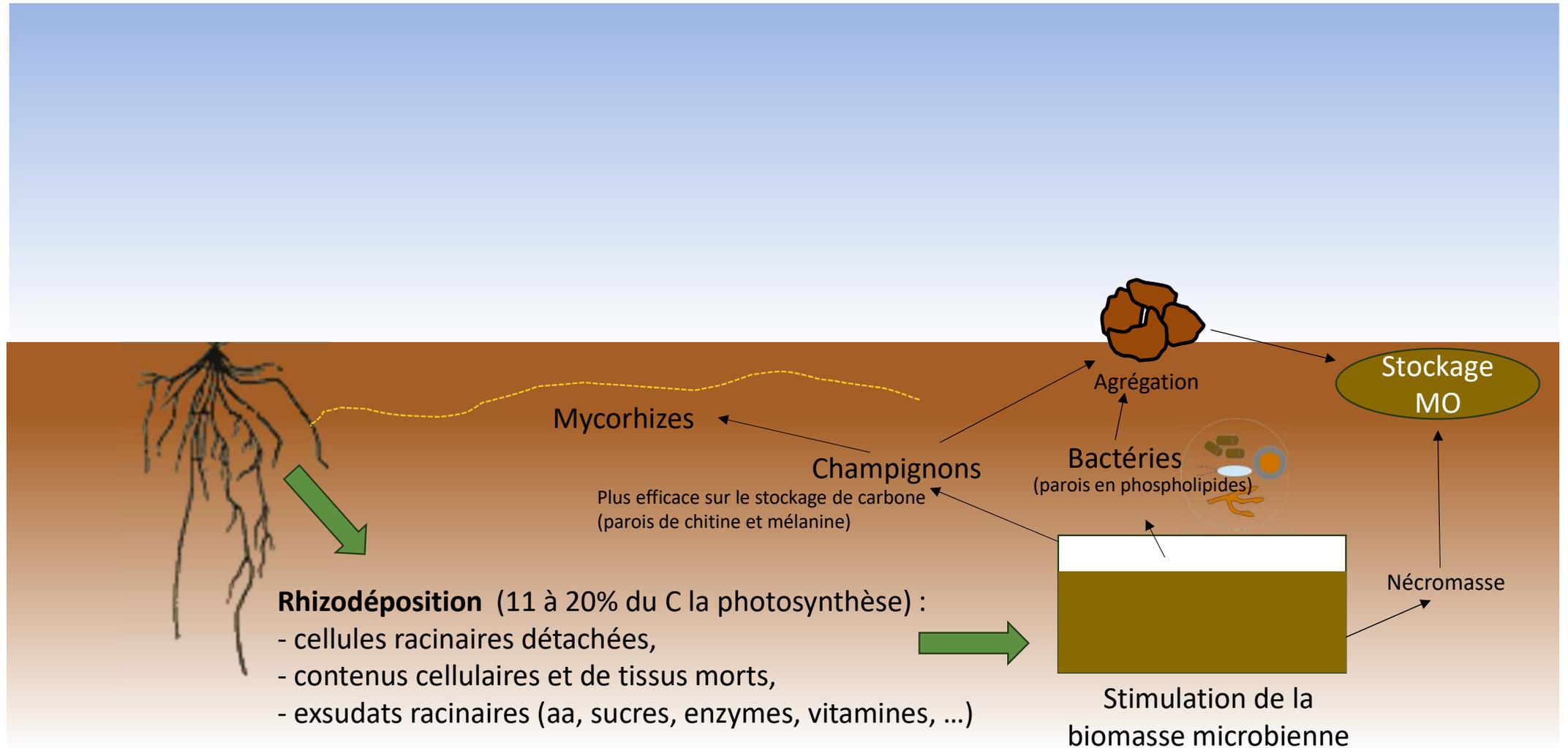
Les racines profondes stockent du carbone



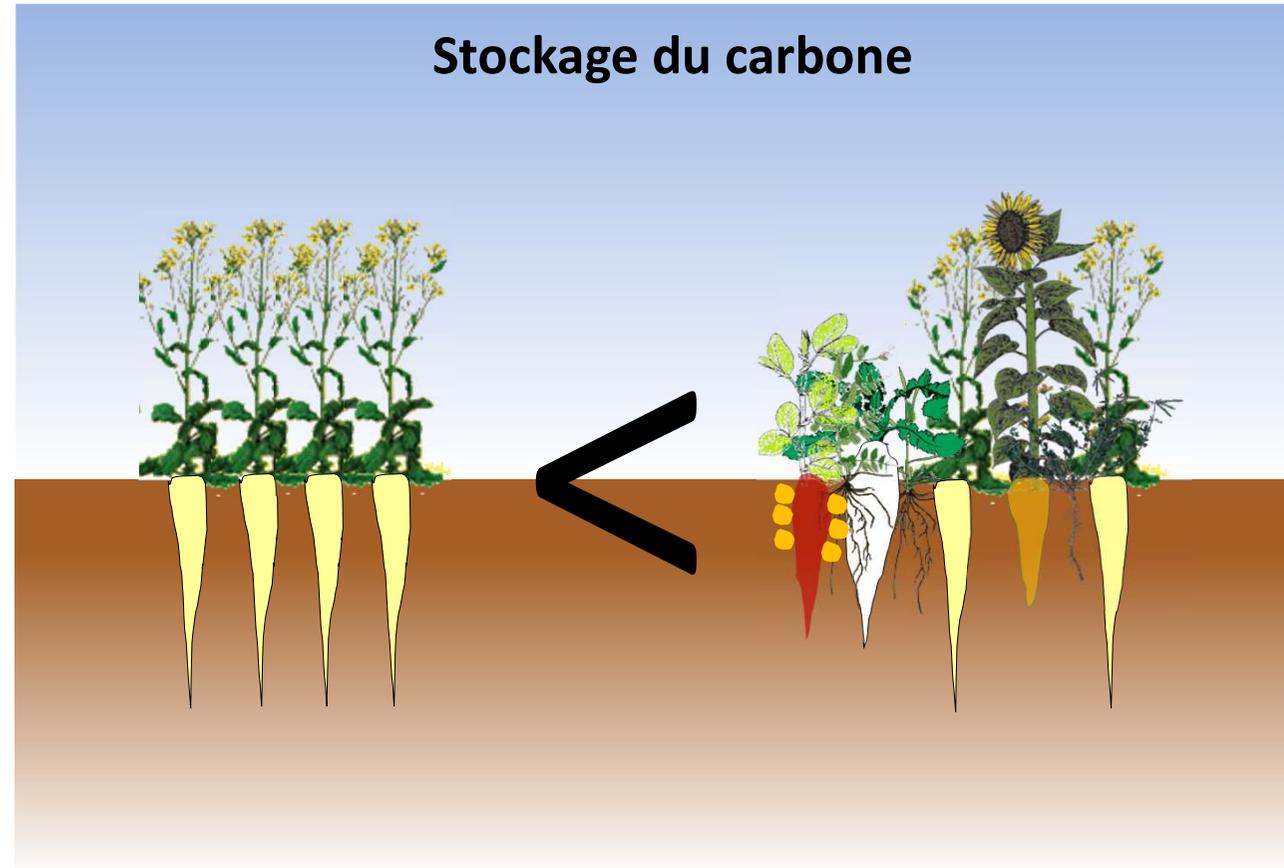
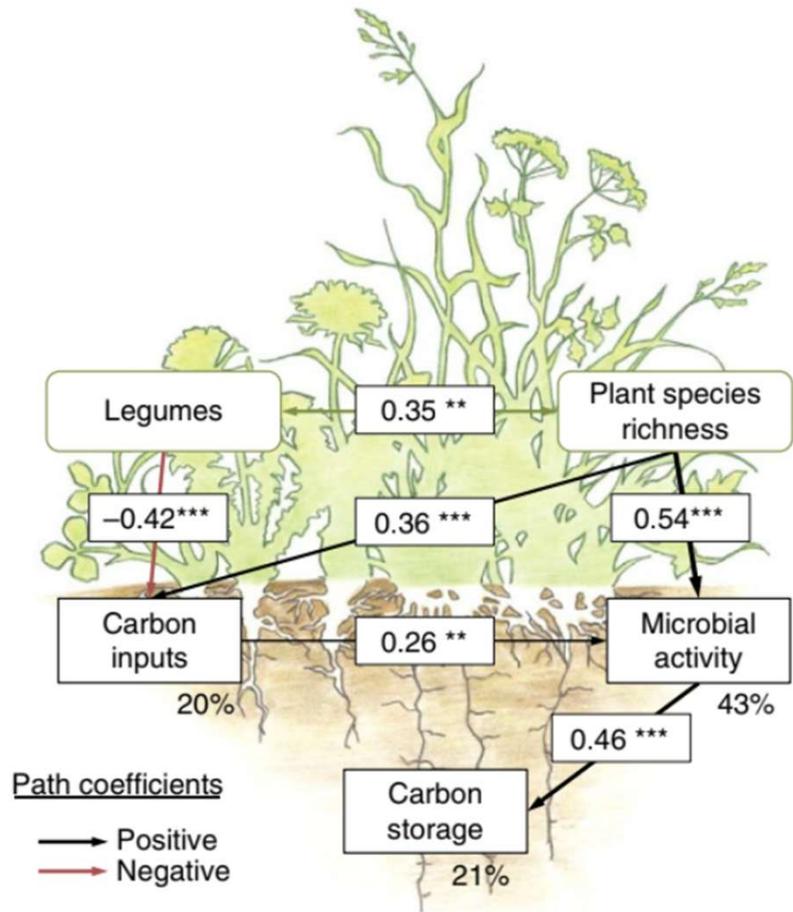
Les plantes stimulent la biomasse microbienne



Les plantes stimulent la biomasse microbienne

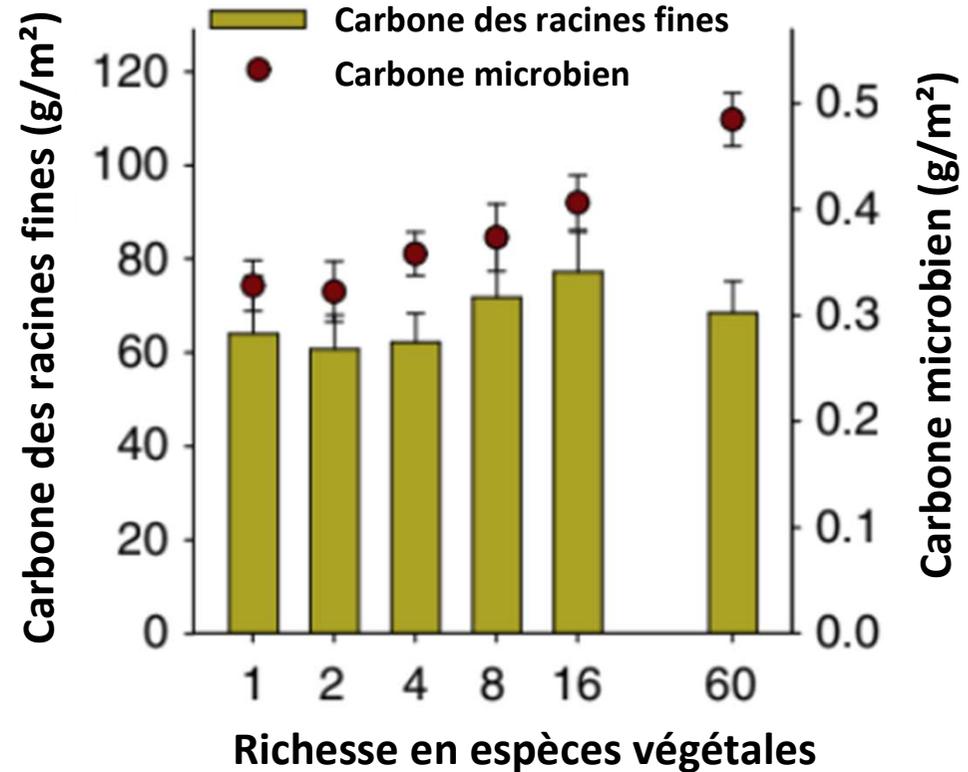
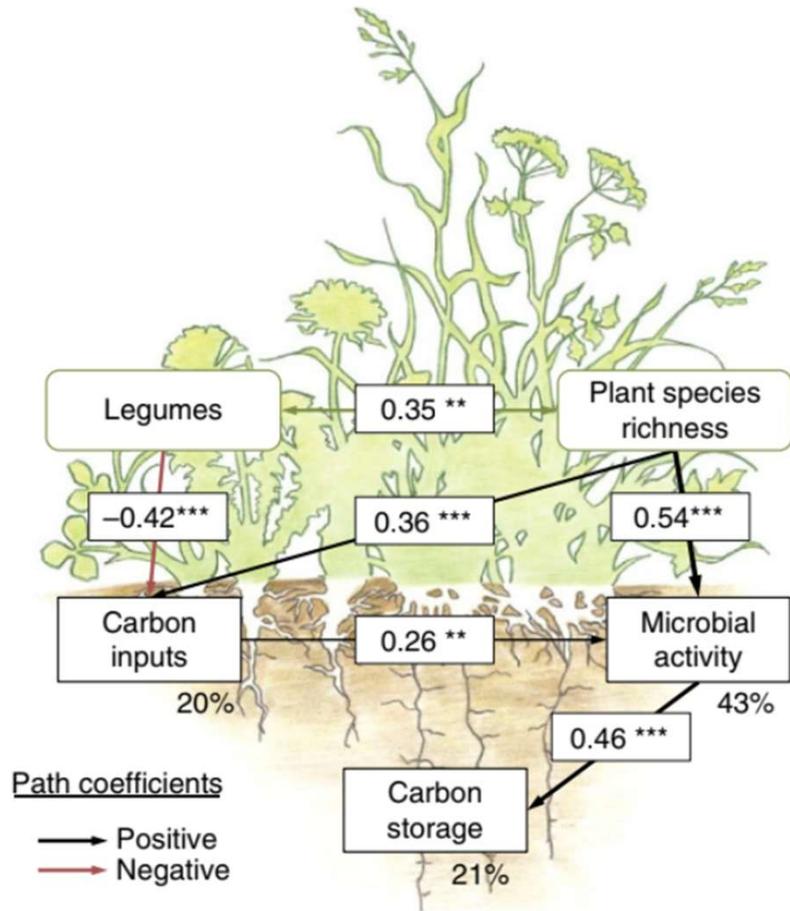


Effet positif de la diversité végétale



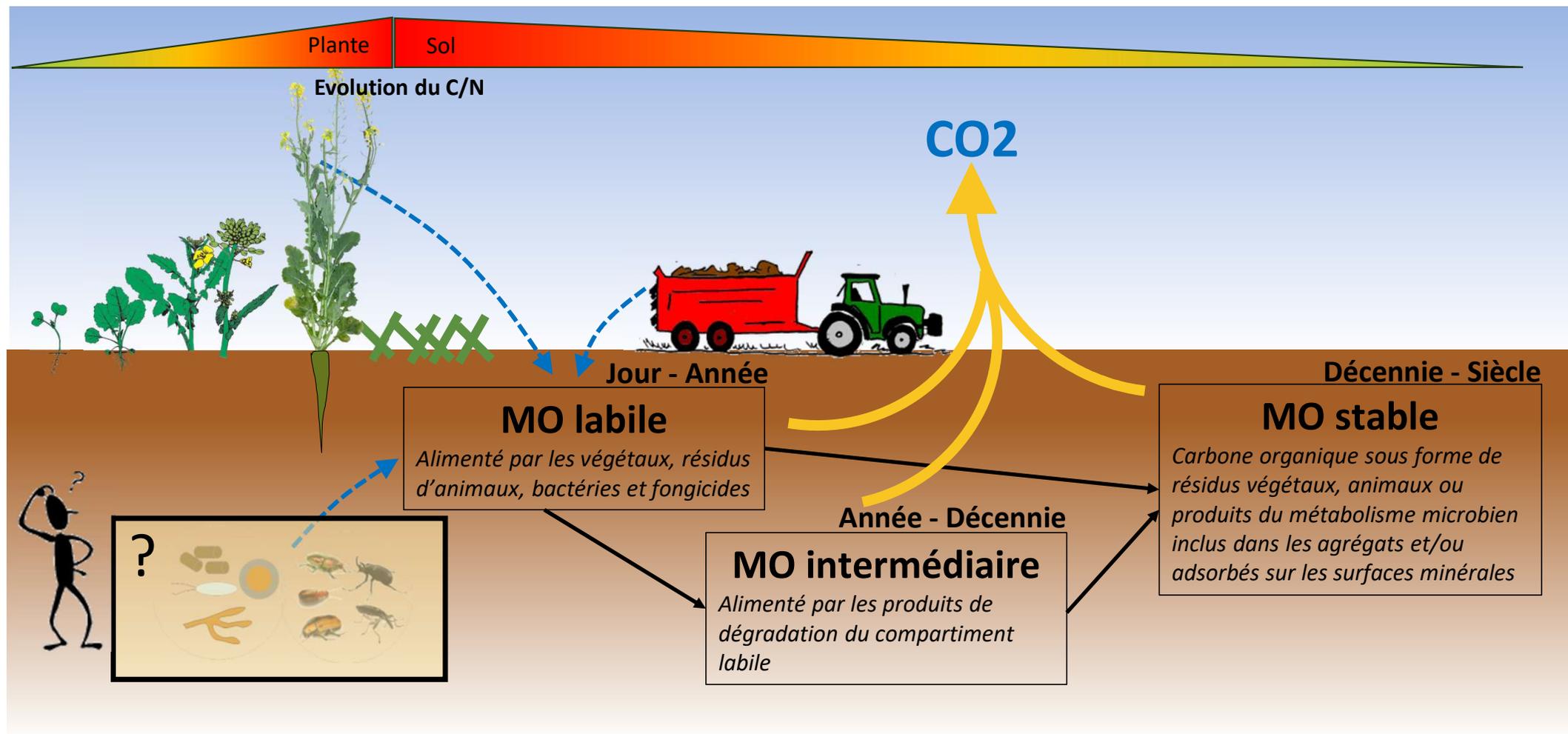
Publication : Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage (Lange et al, 2015)

Effet positif de la diversité végétale

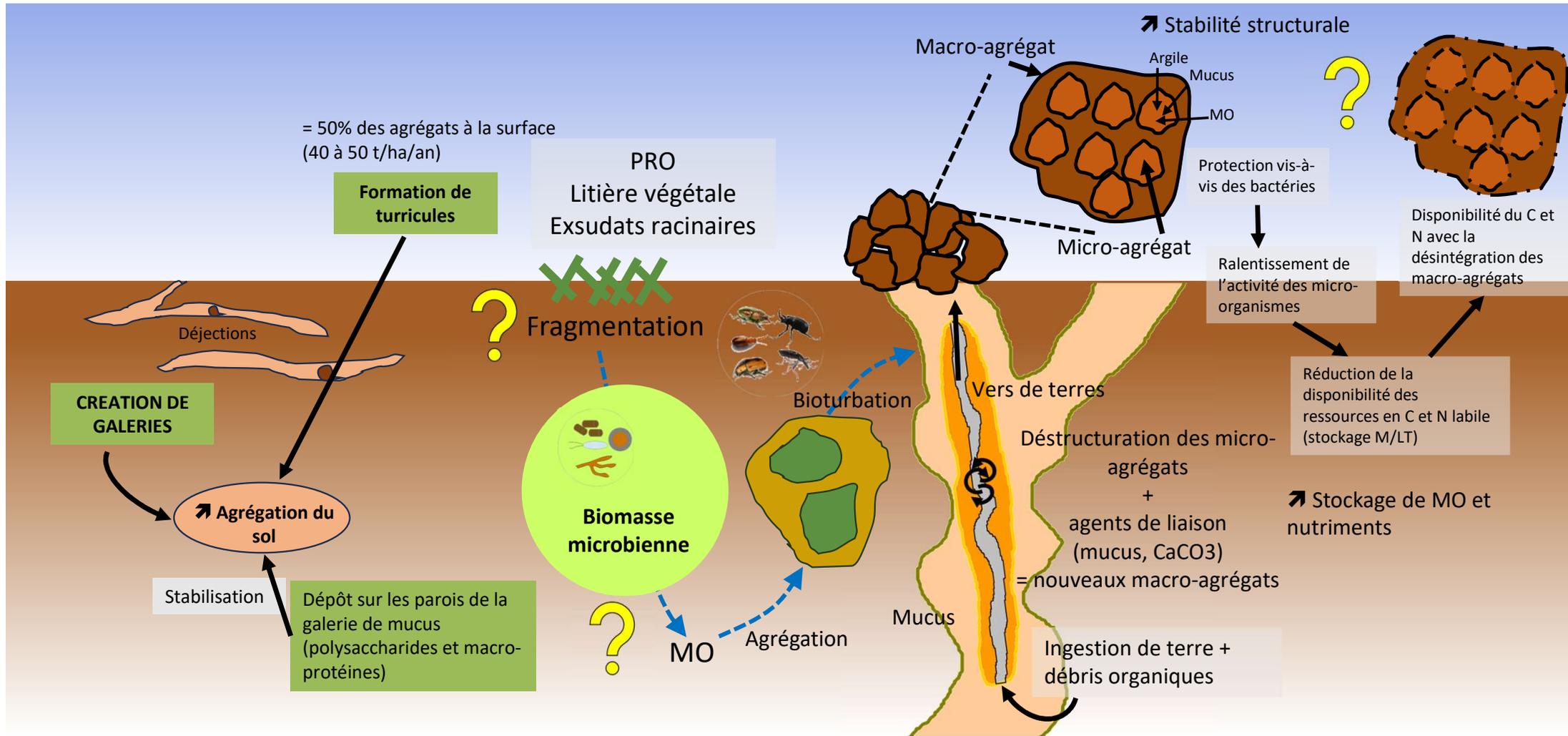


Publication : Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage (Lange et al, 2015)

La faune du sol : encore beaucoup d'inconnus



La faune du sol : encore beaucoup d'inconnus



Plan de cette présentation

PARTIE 1 -

Dynamique des matières organiques des sols : une vision qui a évolué

PARTIE 2-

Stockage de carbone, coefficient d'humification des résidus et C/N

Comment mesurer l'évolution du stock de matière organique d'un sol ?

Rappel : teneur en MO = teneur C organique X 1.72*

Stock de MO = teneur en MO x quantité de terre

Quantité de terre sur une couche de sol est déterminée à partir de la masse volumique du sol (g par dm³)



Evolution significative d'un stock de MO pas mesurable avant 8-10 ans (nécessite beaucoup de répétitions de mesures, mesures très fastidieuses et coûteuses)

Teneurs en C organique et masses volumiques sont très variables à échelle parcellaire.

→ Utilisation du modèle de prédiction AMG

*coefficient généralement utilisé en grandes cultures

AMG un modèle robuste pour simuler les variations de teneurs et stocks de MO

AMG :

- Modèle amélioré en continu : créé par INRAE, amélioré et maintenu par **consortium** AMG (Agro-TR, INRAE, Arvalis, LDAR), Terres Inovia depuis 2016
- **Paramétré à partir d'une 20ene de sites d'essais long-terme en France** (Base de données AIAL)
- Fait consensus au niveau scientifiques français, est reconnu au niveau international

(Clivot et al., 2019)

Outils intégrant AMG

Simeos-AMG, CHN-AMG

- Simeos-AMG : interface permettant simulation avec AMG
- Outil **simple & robuste**
- **Outil déjà utilisé** par conseillers
- API permet intégration à divers outils (ex. outils en lien avec LBC GC)



Outil accessible facilement : www.simeos-amg.org

Gratuit en version Démo, Nouvelle version depuis sept 2024

Améliorations apportées en 2019 sur l'humification des résidus de culture dans AMG

Projet SOLeBIOM

- Paramétrages pour nouvelles plantes :

+ 9 nouvelles cultures principales :

cameline, lentille, sorgho, moutarde noire à graines, colza associé à des légumineuses gélives, chanvre, sarrasin, lupin, pois chiche

+ 35 nouveaux couverts d'interculture, dérobées et CIVE :

crucifères, graminées, légumineuses ou astéracées

- Paramétrages améliorés :

22 cultures principales pré-existantes + dérobées (dont CIVE)

+ Paramétrage pour gamme plus complète de PRO

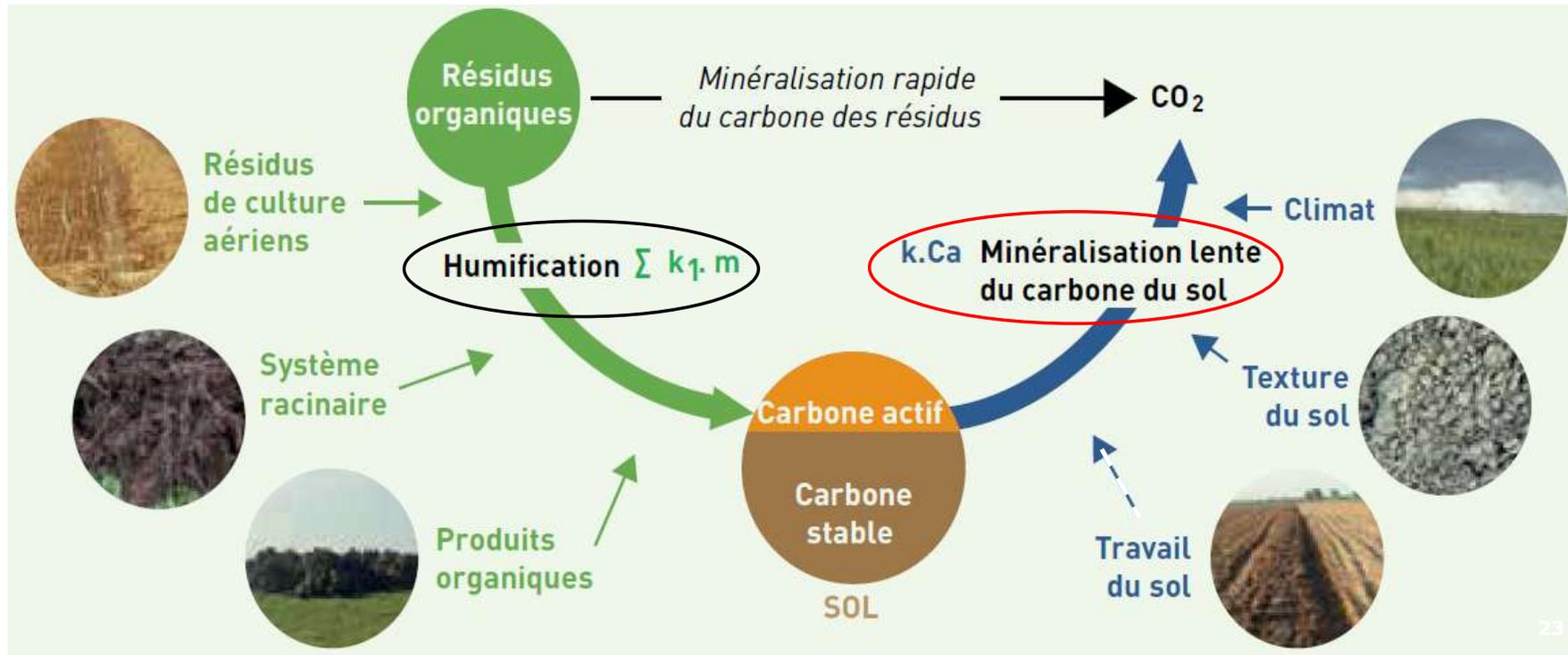
Produits Résiduaire Organiques

Valorisation données
UNIP, Chambres agri, INRAE,
Arvalis, Terres Inovia etc.



Dynamiques du carbone des résidus de culture et du sol

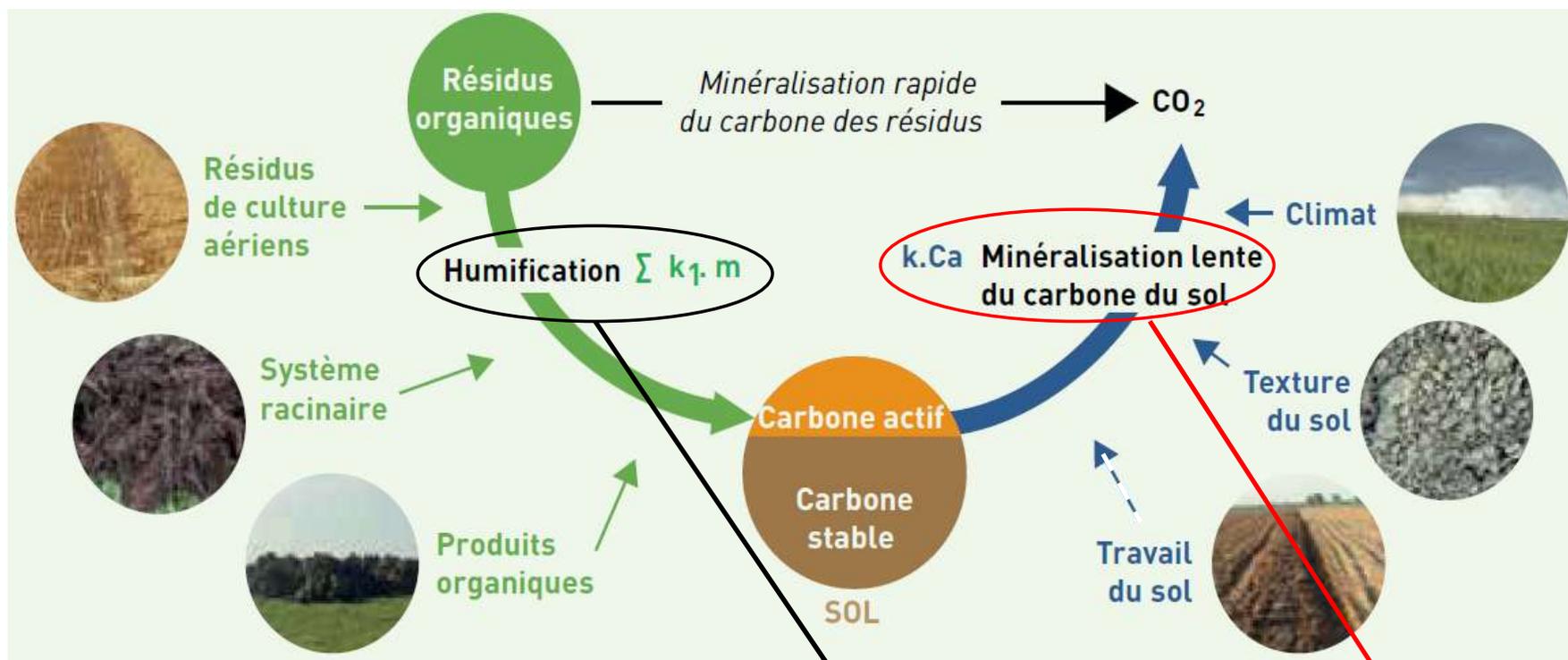
Bilan humique d'après AMG



Modèle AMG
d'après Andriulo et al., 1999 (INRAE)

Dynamiques du carbone des résidus de culture et du sol

Bilan humique d'après AMG

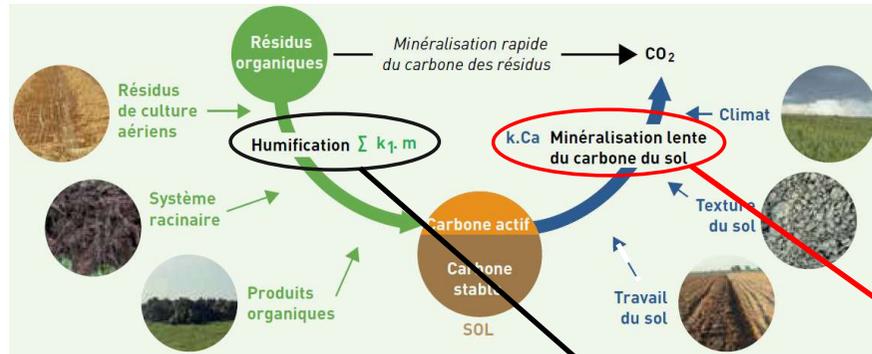


Variation du STOCK de C humifié = somme (k1 x m) - (K x Ca)

Entrées Sorties

Dynamiques du carbone des résidus de culture et du sol

Bilan humique d'après AMG



Variation **STOCK** de C humifié = $\text{somme } (k_1 \times m) - (K \times Ca)$

Sorties
Minéralisation du C actif humifié du sol

K : % du C org du sol minéralisé / an
(dépendant du pédoclimat)

Entrées de C org dans le compartiment **actif (Ca)** de la matière organique du sol

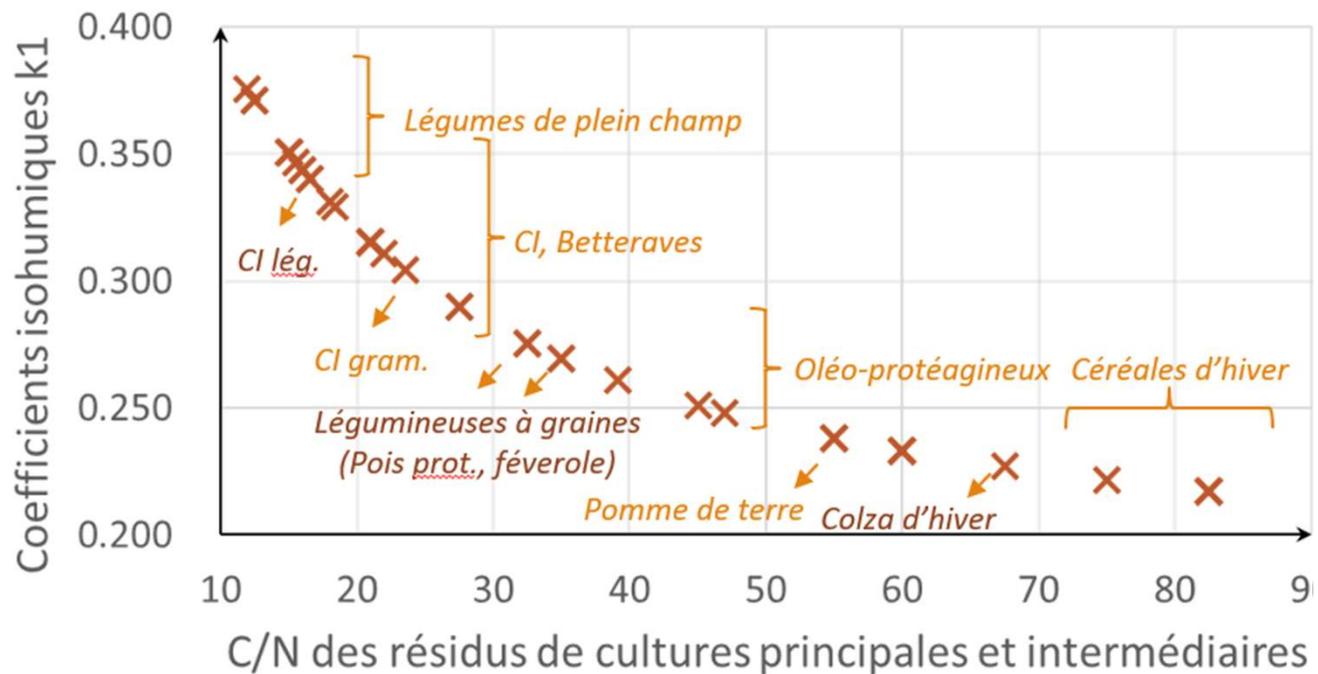
Proportion qui dépend **dans le cas des résidus de culture et couverts** :

- Des indices de récolte (Qté biomasse restituée)
- Pour résidus racinaires : ratio biomasse racine/aérien
- Pour résidus aériens du C/N des résidus de culture ou couverts

Cas des apports organiques : dépend de ses caractéristiques (composition, etc..)

Le potentiel de stockage du carbone des végétaux dépend de la biomasse restituée au sol, mais pas seulement...

Entrées C humifié = quantité C restitué x **coefficient humification (k1)**



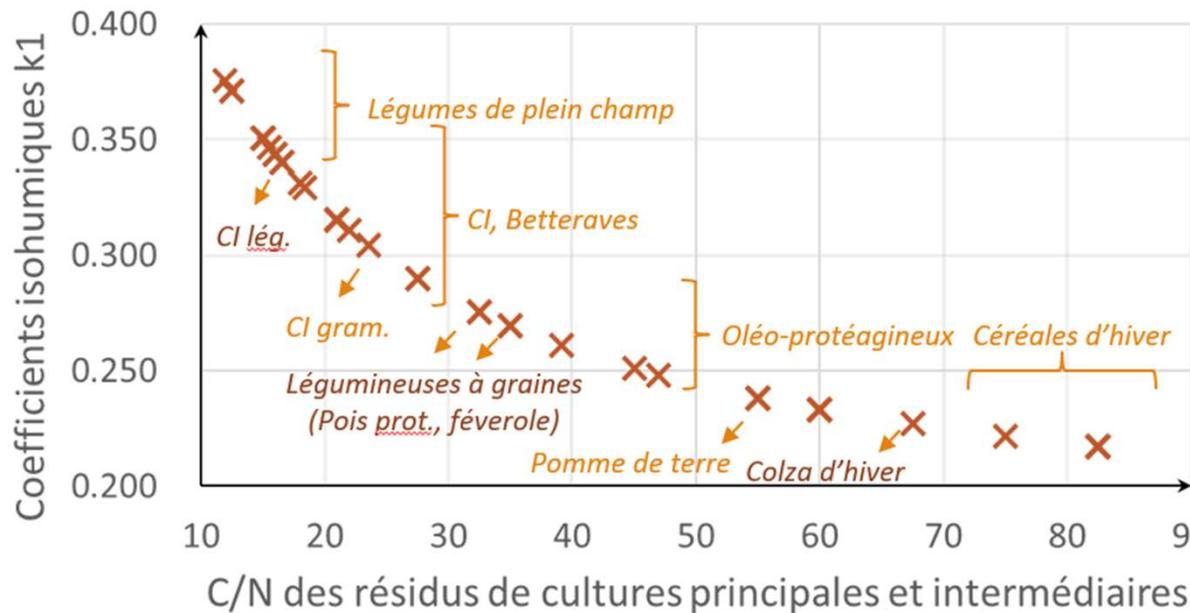
Source : Mouny et Perrin 2021, d'après Justes et al. 2009

Entrée de C humifié (**k1** x m)
dépend :

- 1) des biomasses restituées (rendements) et de leurs teneurs en C
- 2) du **coefficient isohumique (k1)** des résidus de culture lié au C/N

Résidus à C/N bas : meilleur stockage de C

Entrées C humifié = quantité C restitué x coefficient humification (k1)

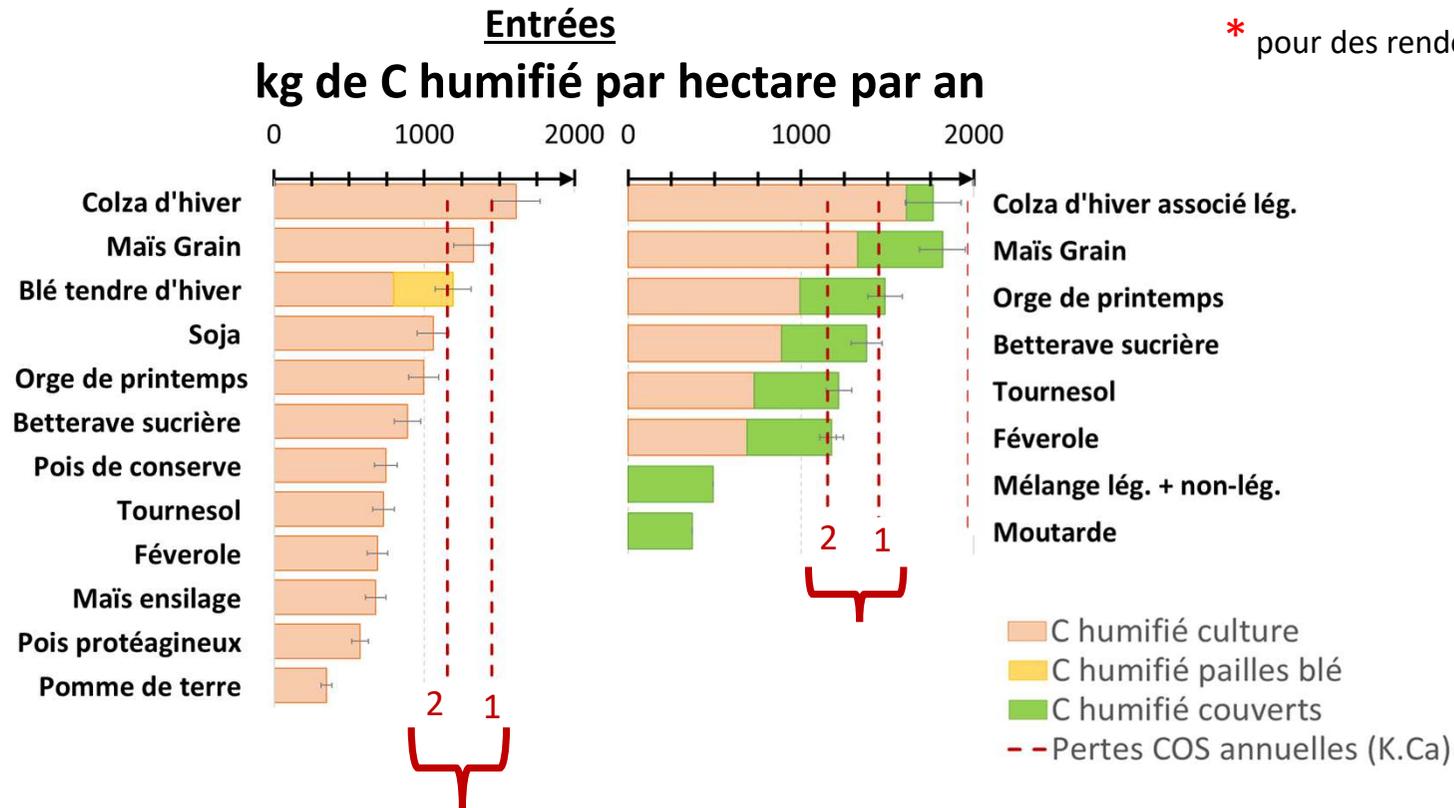


Source : Mouny et Perrin 2021, d'après Justes et al. 2009

Contrairement aux idées reçues, **plus le C/N des résidus est faible, plus leur taux d'humification est élevé :**

- ✓ 2t MS de couvert mélange leg./non leg. $\approx 0,35$ t de C humifié
- ✓ 2t MS de couvert de crucifères $\approx 0,32$ t de C humifié
- ✓ 2t MS de paille céréales $\approx 0,2$ t de C humifié

Entrées et sorties de carbone humifié*



Couverts de 2tMS/ha sauf couvert associé au colza : 0.8t MS/ha

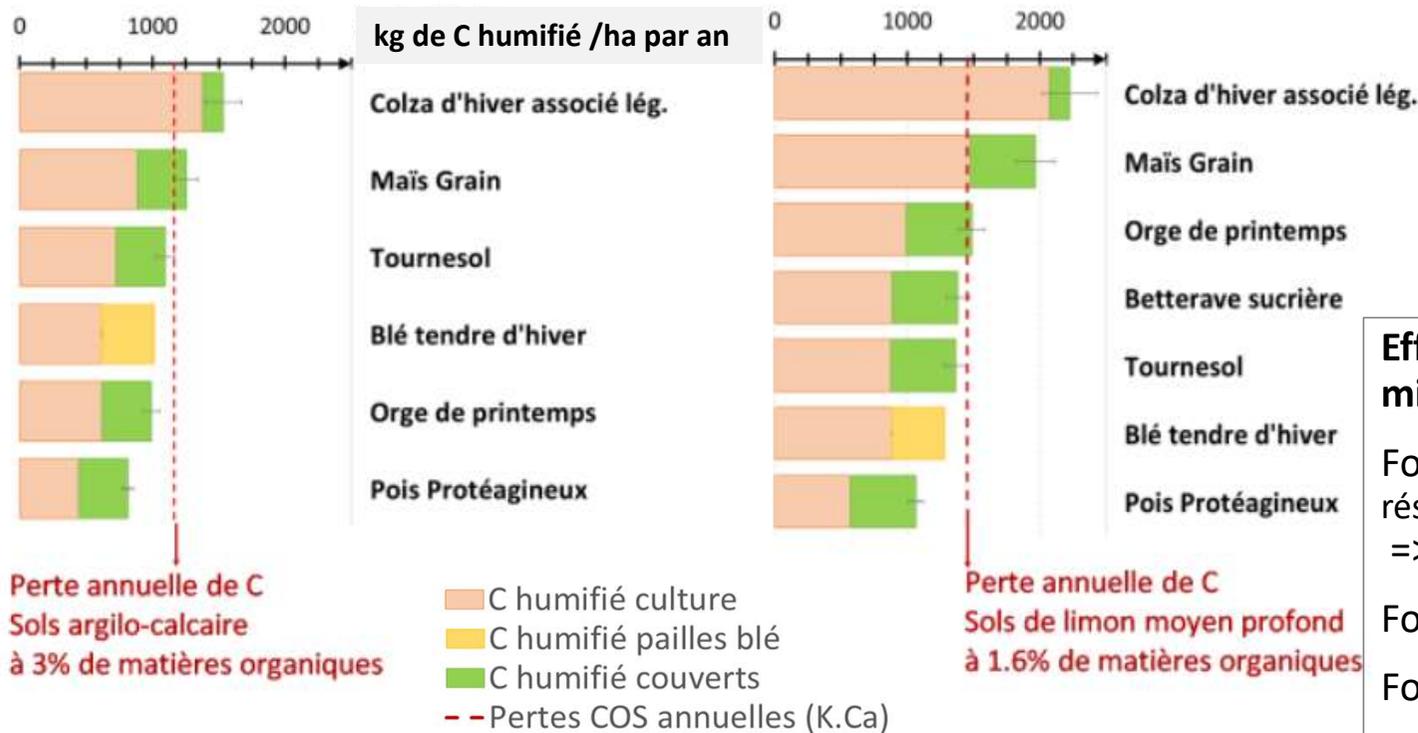
Sorties annuelles de C par minéralisation des MO des sols pour :

- (1) un sol de limon moyen profond à 1.6% de MO (cas courant Picardie)
- (2) un sol argilo-calcaire superficiel à 3% de MO (cas courant Berry)

Entrées et sorties de carbone humifié

Pour des rendements moyens sur sols superficiel (Berry)

Pour des rendements moyens sur sols profonds (Berry)



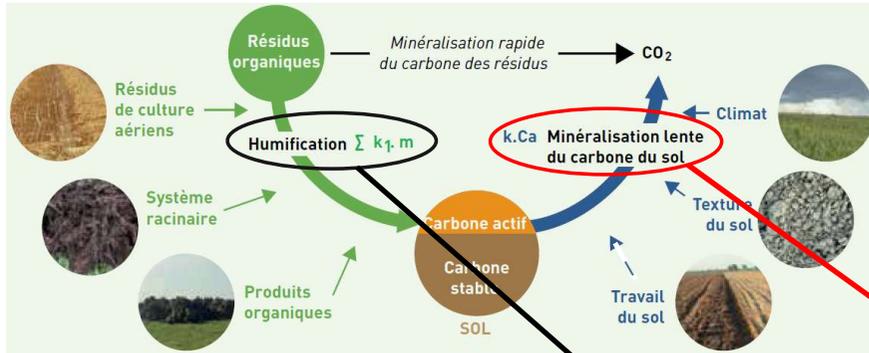
Effet majeur du type de sol sur la minéralisation

- Fort **effet culture** (quantité et nature des résidus)
=> le colza apporte le plus de C humifié
- Fort **effet rendement / biomasse** (quantité)
- Fort **effet restitution des pailles**
- Fort **effet des couverts d'interculture et associés**

D'après Agro-transfert, projet SOLéBIOM

Dynamiques du carbone des résidus de culture et du sol

Bilan humique d'après AMG



Variation **STOCK** de C humifié = $\text{somme } (k_1 \times m) - (K \times Ca)$

Entrées de C org dans le compartiment actif (Ca) de la matière organique du sol

Sorties

Minéralisation du C actif humifié du sol

↓

K : % du C org du sol minéralisé / an
(dépend du pédoclimat)

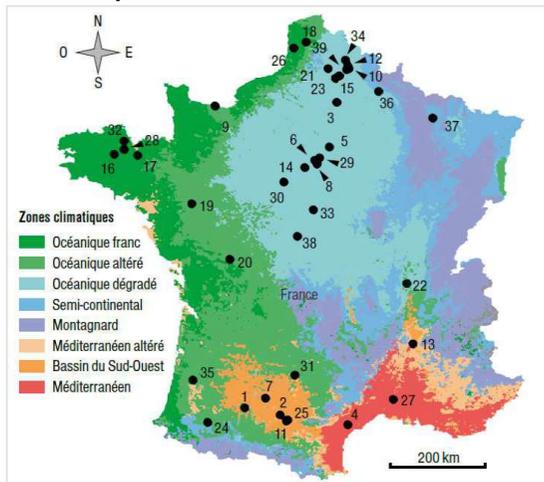
Sorties : minéralisation de l'azote de la MO du sol (Vp)

Utilisée pour calculer les sortie (CO₂) par minéralisation de la MO

Réseau expérimental constitué :

Données INRAE - Arvalis - Terres Inovia

65 expérimentations – 39 sites



Systèmes grandes cultures
Essais au champ en sol nu
Diversité sols et climats

Minéralisation de l'azote des MO dépend :

- ✓ caractéristiques stables du sol
(argile, CaCO₃, N organique)
- ✓ conditions climatiques locales (T°C et humidité sol)
- ✓ pH et C/N du sol

L'ajout d'un effet « sdc » améliore la prédiction
Vp augmente avec la fréquence du colza
Vp diminue avec la présence de légumineuses

Conclusion

- Evolution dans le concept de dynamique d'évolution de la MO : importance de l'activité microbienne du sol.
- Encore beaucoup d'inconnus sur le fonctionnement biologique du sol (agrégation, Priming Effect, efficacité d'utilisation du carbone par les μ organismes ...).
- Effets bénéfiques :
 - Biomasse restituée et résidus végétaux (C/N bas)
 - Exsudats racinaires
 - Pénaliser le moins possible les champignons du sol (limitation du travail du sol)
 - Apports de PRO (dès que possible)

Conclusion

Maximiser les effets positifs de la biomasse



Graminées + crucifères + légumineuses (C/N bas)
(en fonction des cultures suivantes)

Diversité végétale

- Biomasse aérienne + racinaire
- Stimulation de l'activité microbienne

MERCI pour
votre attention

Enracinement profond

Crucifères (radis, moutarde, ...)

Graminées (moha, sorgho, seigle, ...)