

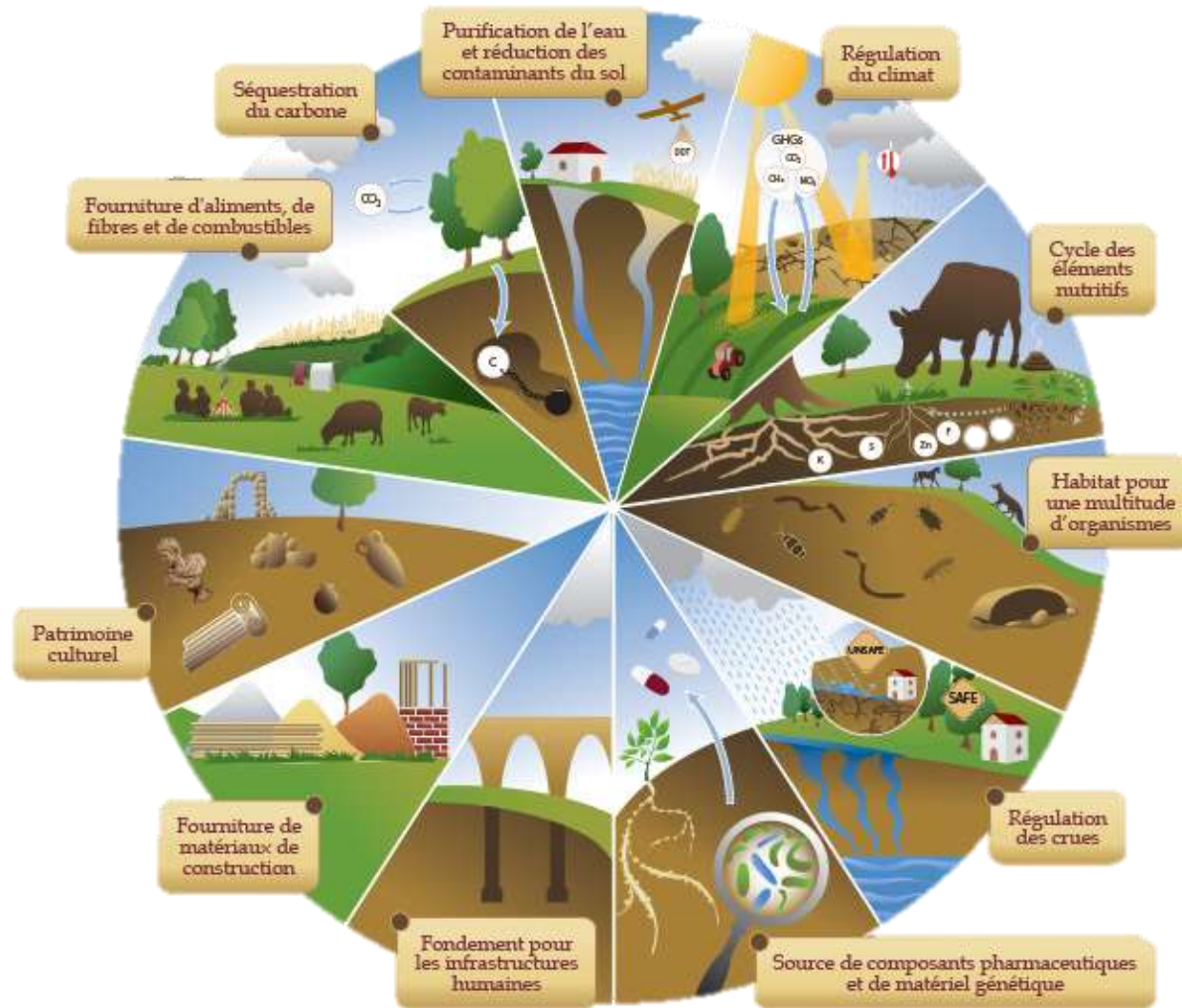


*Des sols agricoles en santé,  
la base d'un système agroalimentaire durable et résilient*

*Marie-Élise Samson agr. Ph D  
Professeure adjointe, Université Laval*



# L'importance des sols

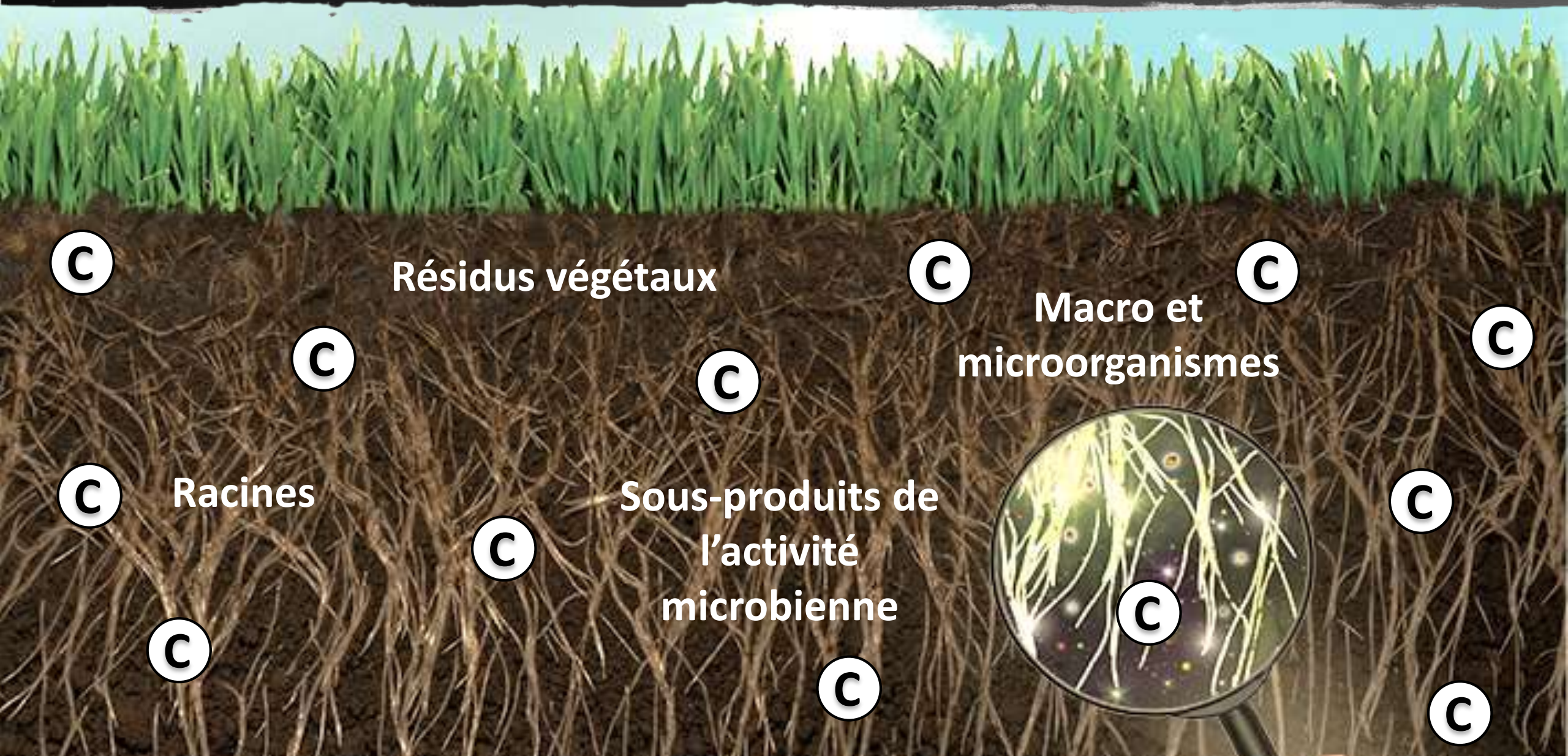


## Services rendus par les sols...

- Production de nourriture et de fibres (plus de 95% de ce que nous mangeons vient des sols)
- Régulation du cycle de l'eau (sécheresses et inondations)
- Biodiversité (plus de microorganismes dans 5ml de sol que d'humains sur la planète )
- Régulation du climat (peut agir comme puits ou comme source de carbone atmosphérique)



Matière organique des sols = carbone!



Résidus végétaux

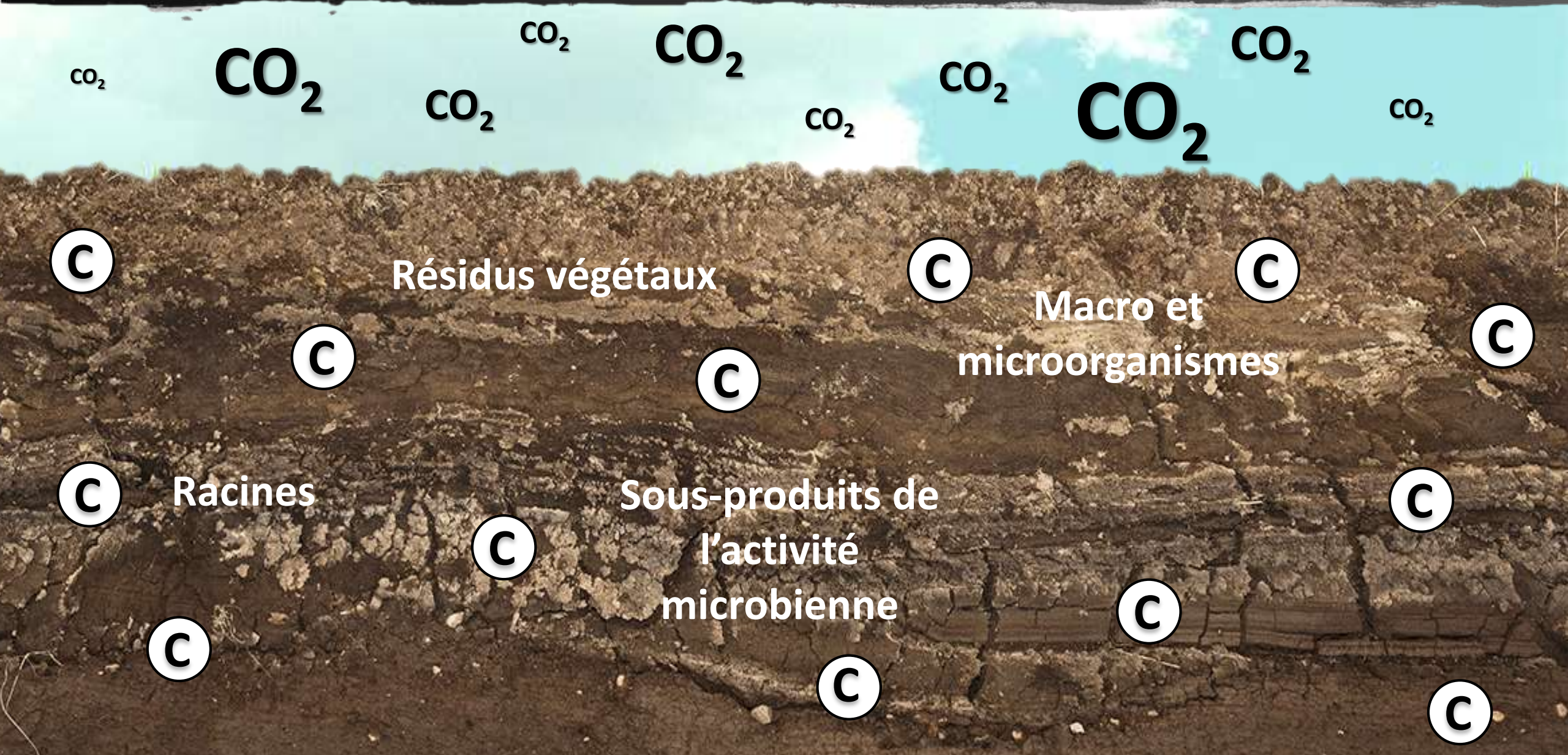
Macro et  
microorganismes

Racines

Sous-produits de  
l'activité  
microbienne



Mise en culture = perte de carbone vers l'atmosphère!



CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

C

C

C

C

C

C

C

Racines

C

Sous-produits de l'activité microbienne

C

C

C

C

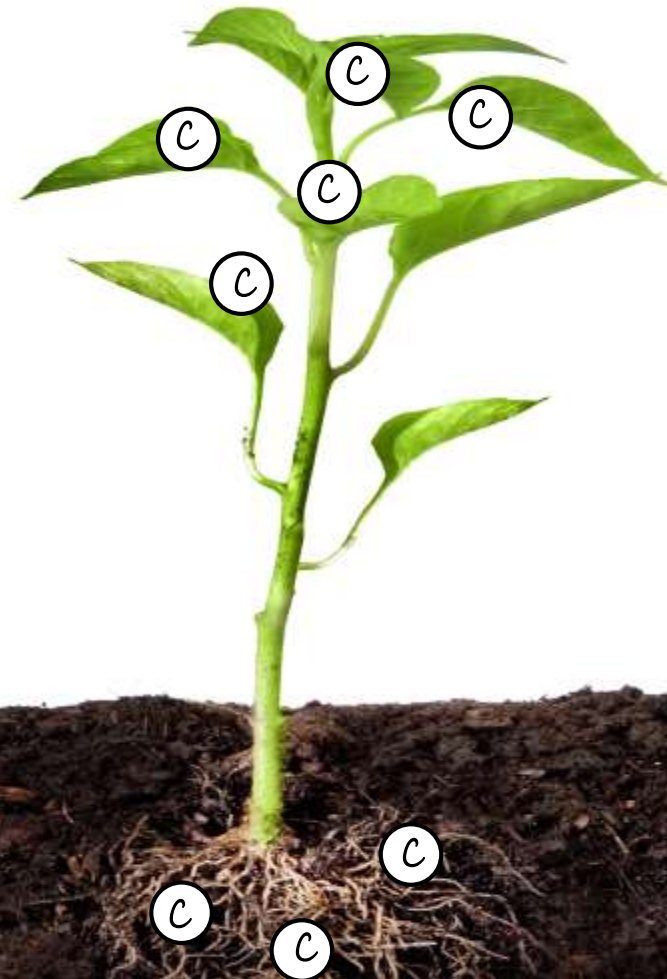
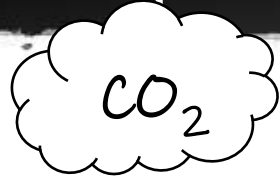
C

Résidus végétaux

Macro et microorganismes



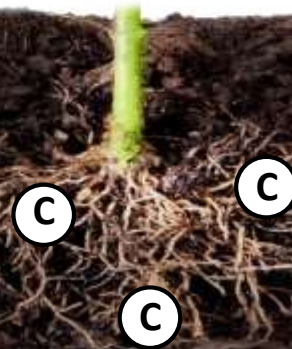
# Les plantes pour la lutte aux changements climatiques!



# Les sols agricoles en tant que source ou puits de carbone

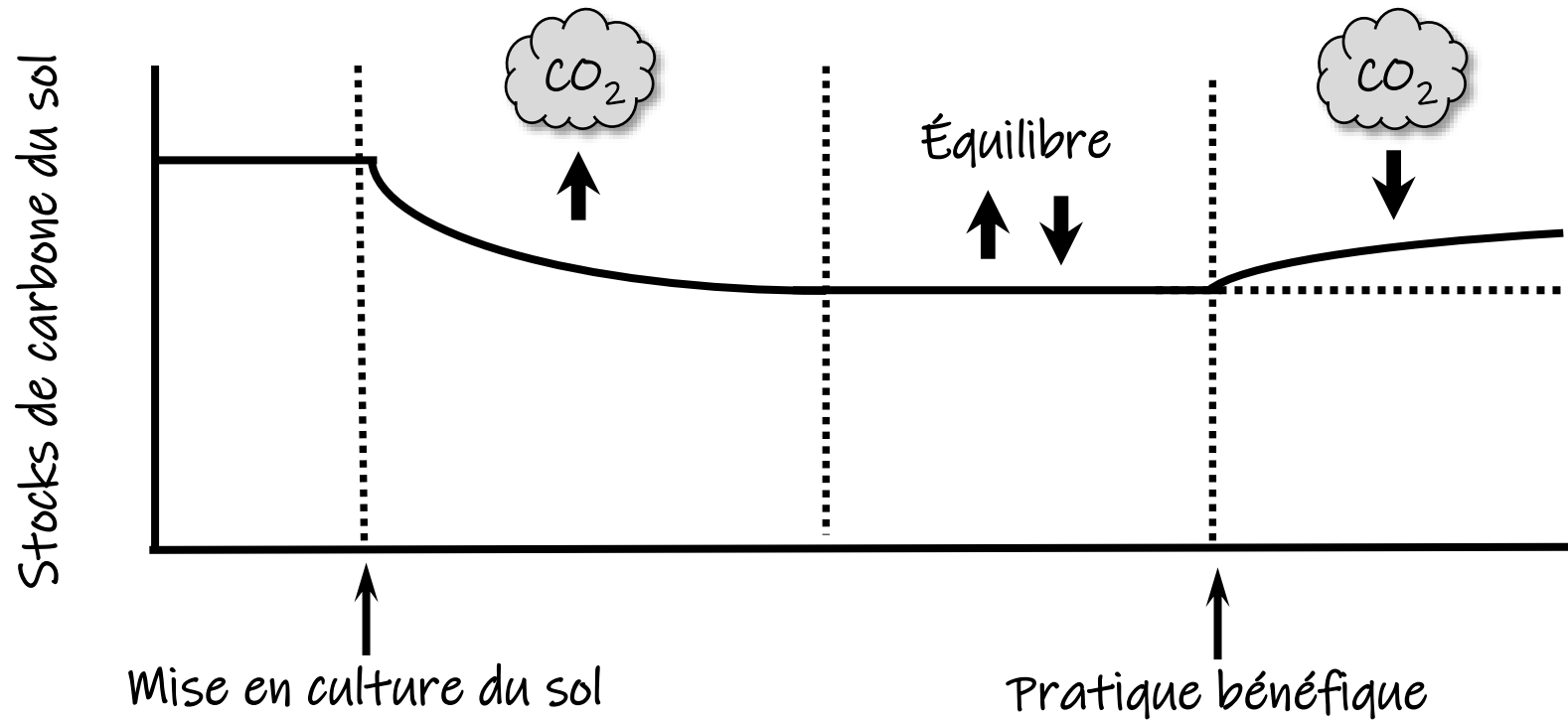


La balance entre les entrées (photosynthèse) et les pertes de carbone (respiration) détermine le rôle des sols dans le cycle global du carbone (puits ou source)





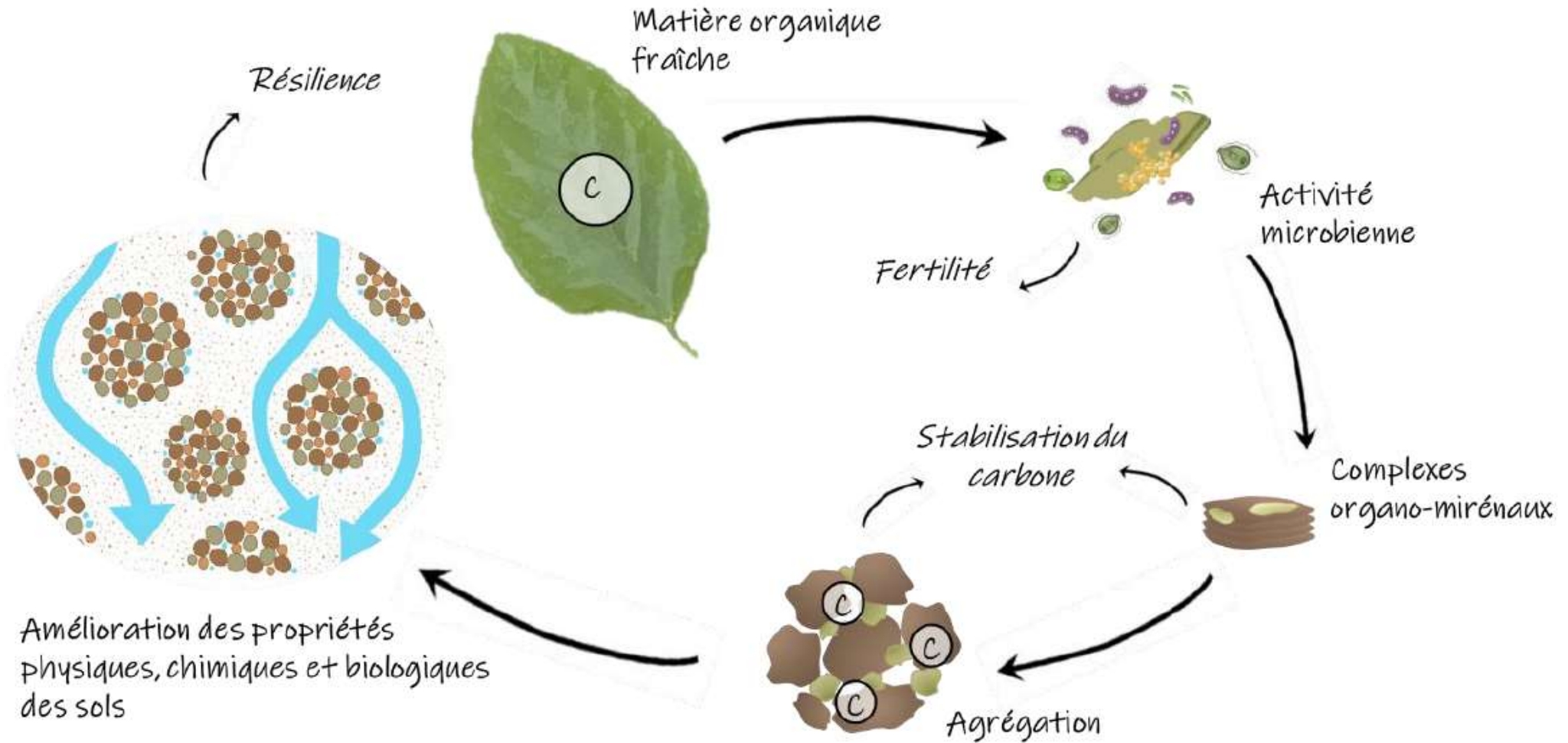
# Les sols agricoles en tant que source ou puits de carbone



Adapter des pratiques de gestion bénéfique pourrait nous permettre de lutter contre les changements climatiques...

Mais aussi à assurer la durabilité et la résilience de la production.

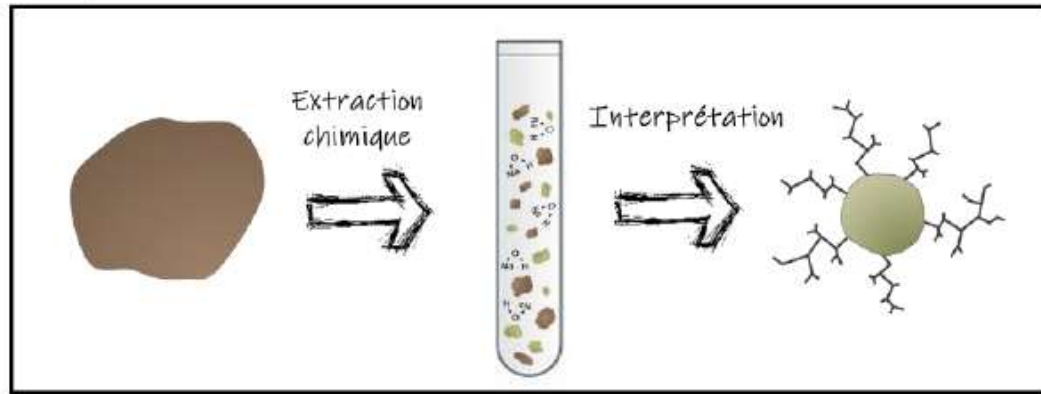
# Un sol riche en carbone = un sol fertile et résilient!



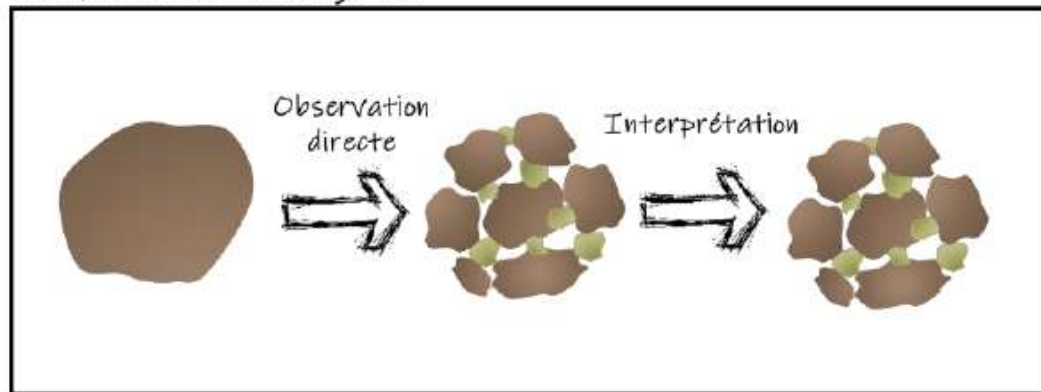


# L'humification, un concept révolu!

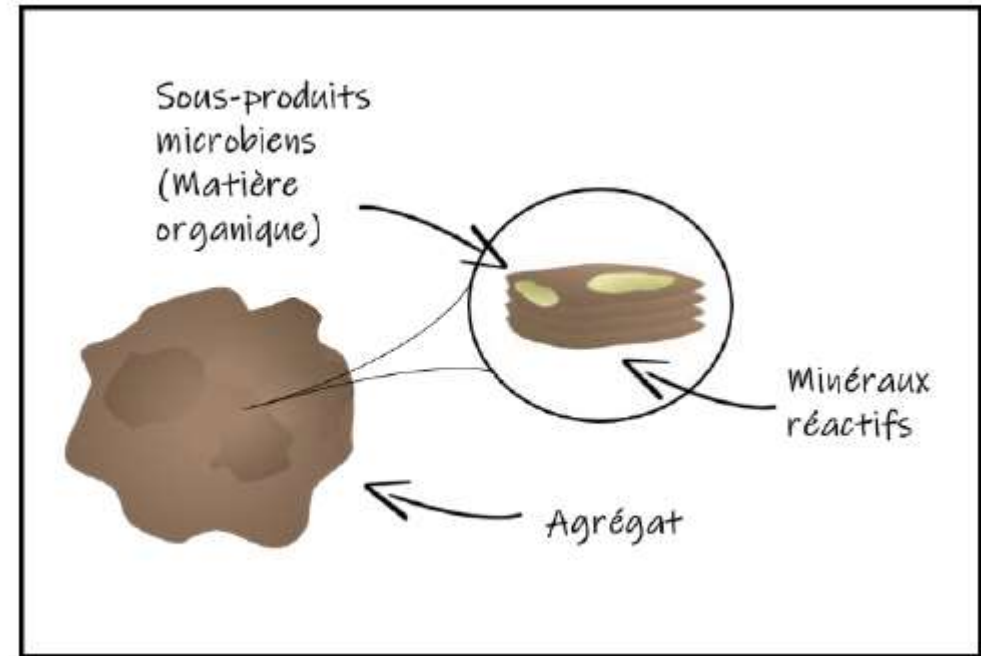
Compréhension historique



Compréhension émergente

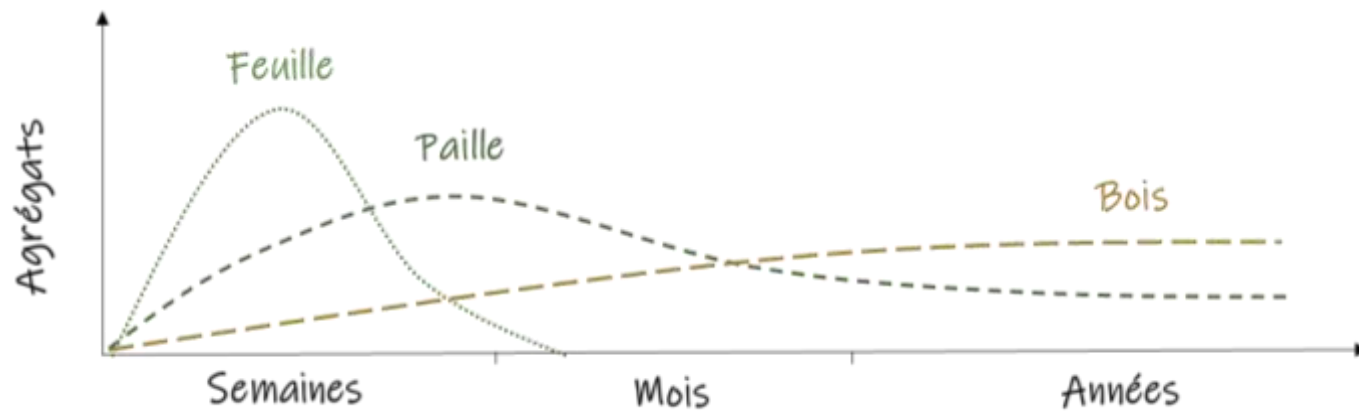
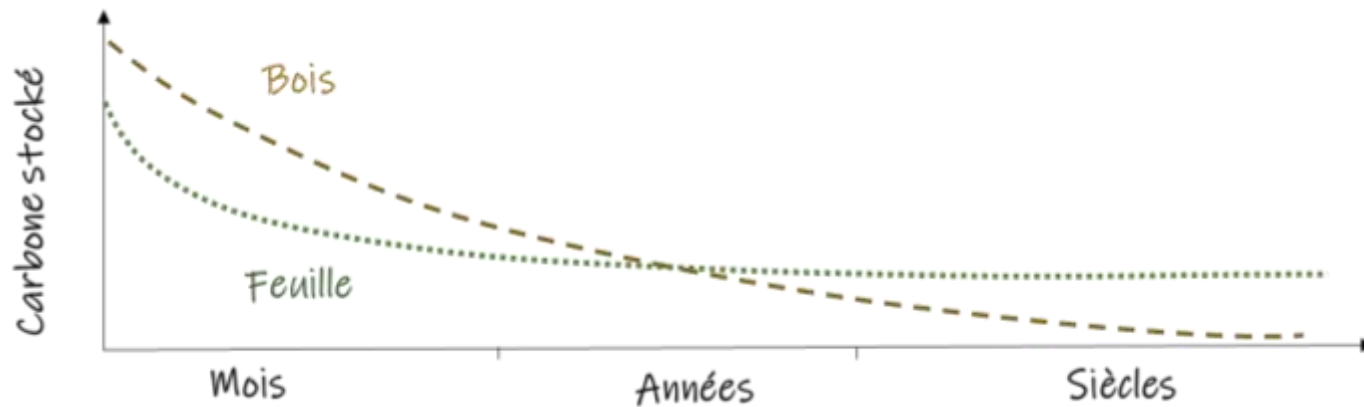
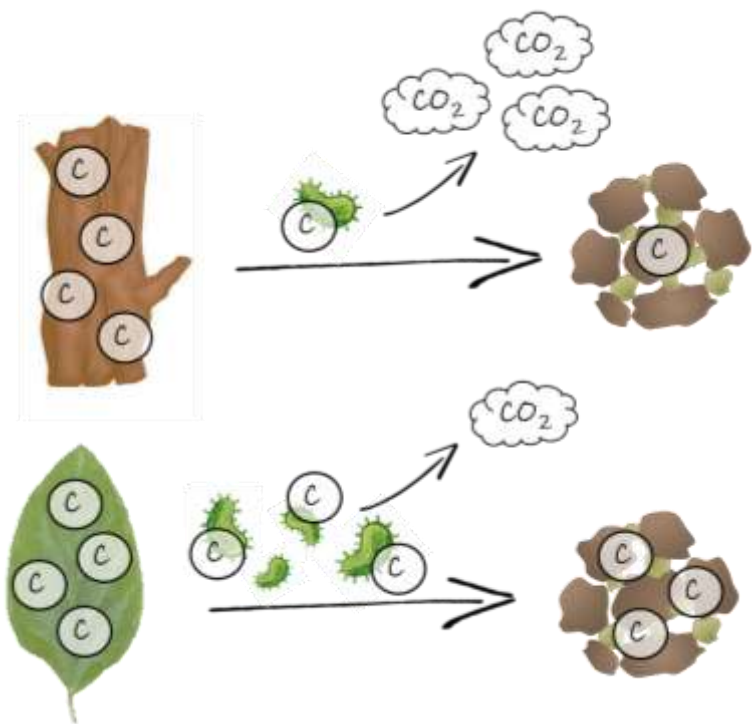


La stabilisation du carbone dans les sols est principalement assurée par protection physique (association aux minéraux)





# À chaque type de carbone ses bénéfices pour le sol!



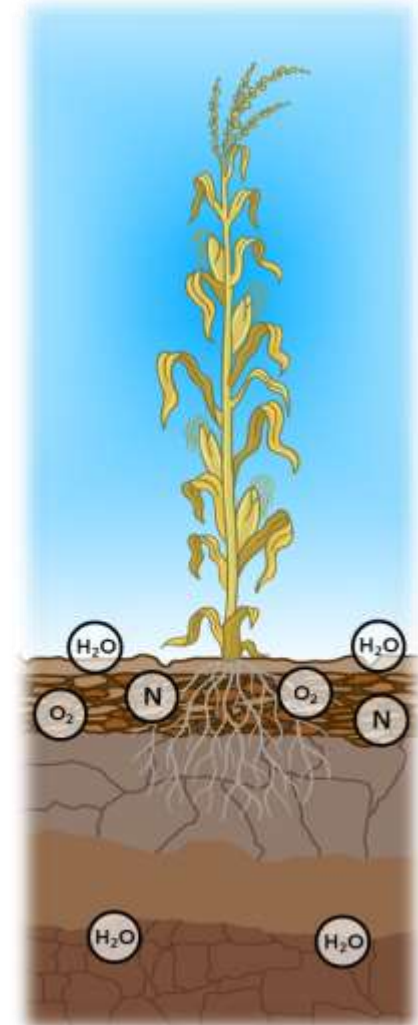


# Bénéfices agronomiques d'un sol riche en carbone

Un sol riche en carbone est souvent en meilleure santé physique, biologique et chimique.

- Meilleure structure et résistance à la compaction et l'érosion
- Meilleure conductivité hydraulique et meilleure capacité de rétention en eau
- Plus riche en éléments nutritifs pour la plante (même dans les cultures fertilisées, plus de 60% du N prélevé vient du sol (Yan et al., 2019))

**Un sol riche en carbone est plus productif et résilient! Pourquoi ne pas chercher à nourrir plutôt que la plante?**



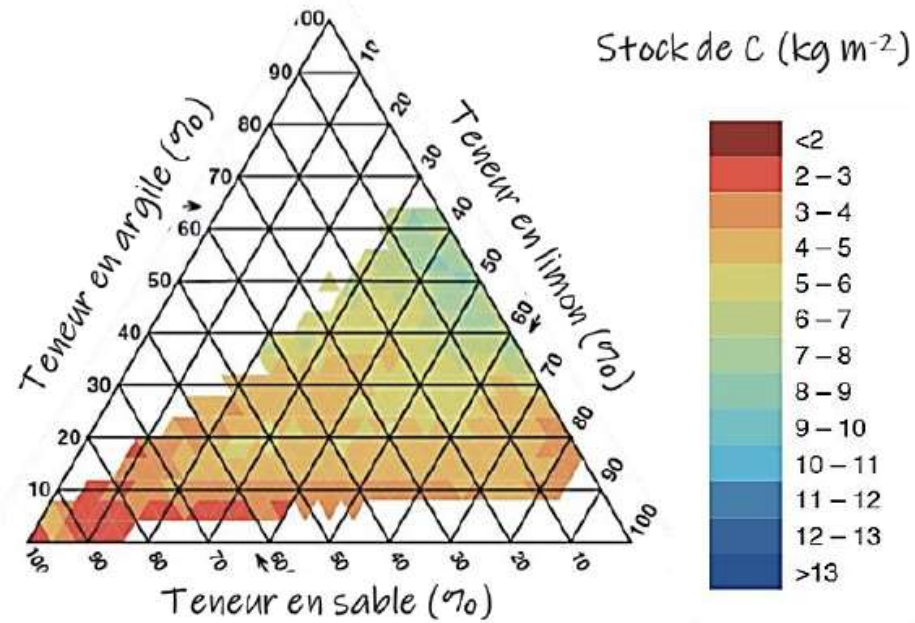


A high-contrast, black and white landscape photograph. The top half of the image shows a dark, silhouetted horizon line against a bright, overexposed sky. Below the horizon, a dark, textured band represents a field or forest. The bottom half of the image is a bright, almost white area, likely representing a field or a snow-covered ground. The overall effect is stark and minimalist.

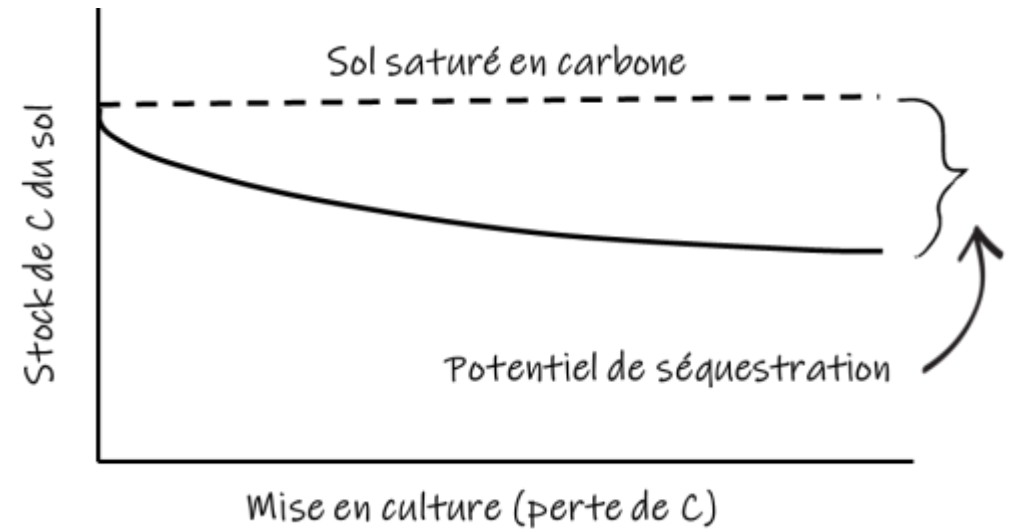
Comment peut-on augmenter les stocks de carbone  
dans les sols agricoles du Québec?

# Potentiel de séquestration

Le potentiel de séquestration de carbone dépend du contenu en argiles et de l'état de dégradation du sol ...



Arrouays et al., 2006



Samson et al., 2023

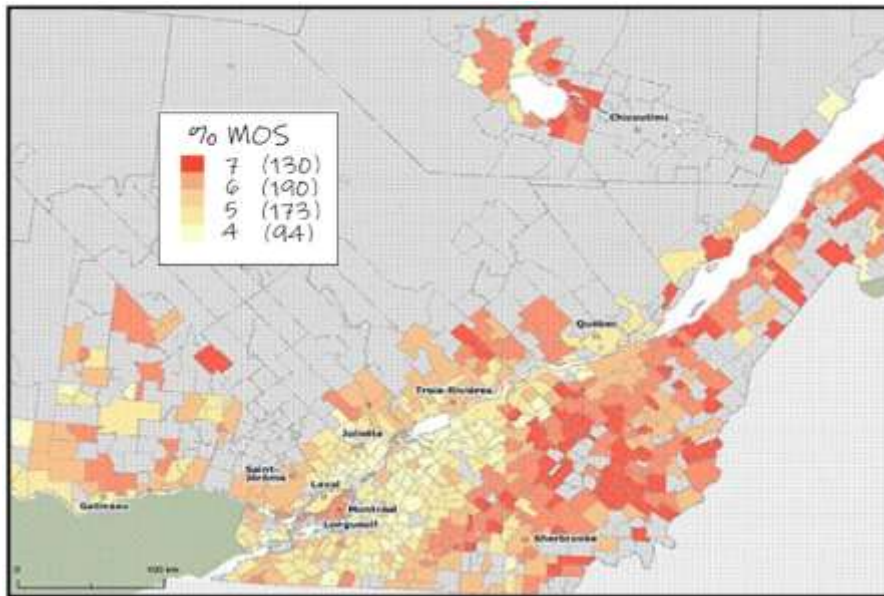
Sol argileux + MO faible = haut potentiel de séquestration théorique



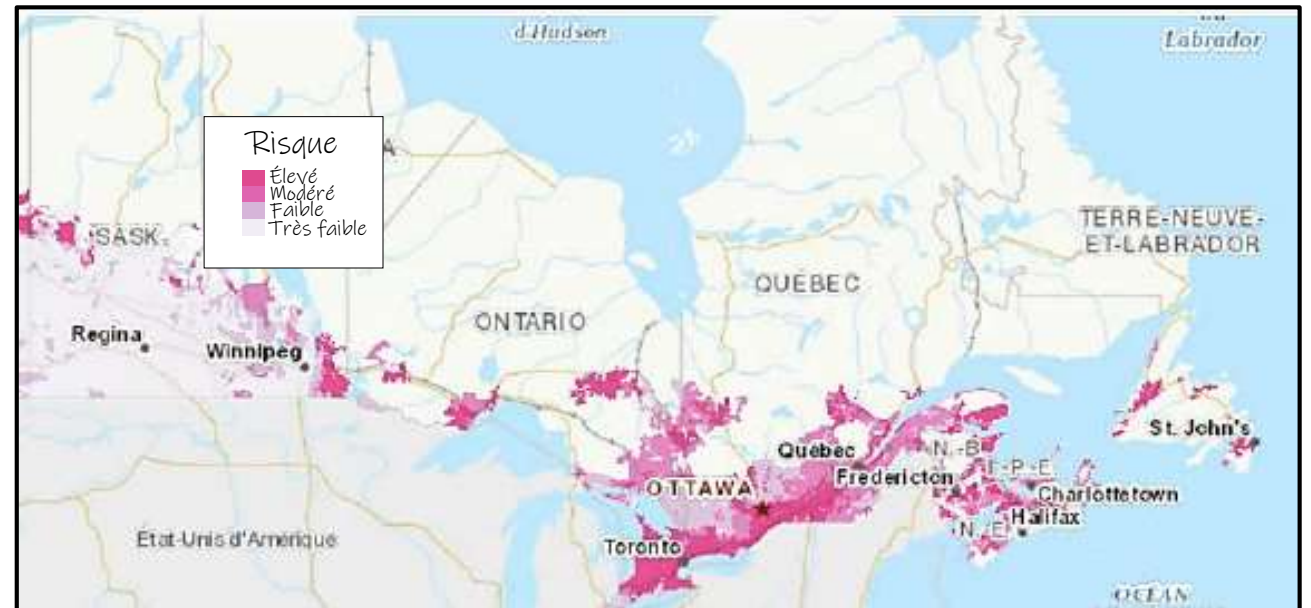


# Potentiel de séquestration

Au Québec, dégradation est actuellement concentrée dans les zones à forte concentration de cultures annuelles, mais risque de dégradation élevé pour le futur à la grandeur de la province.



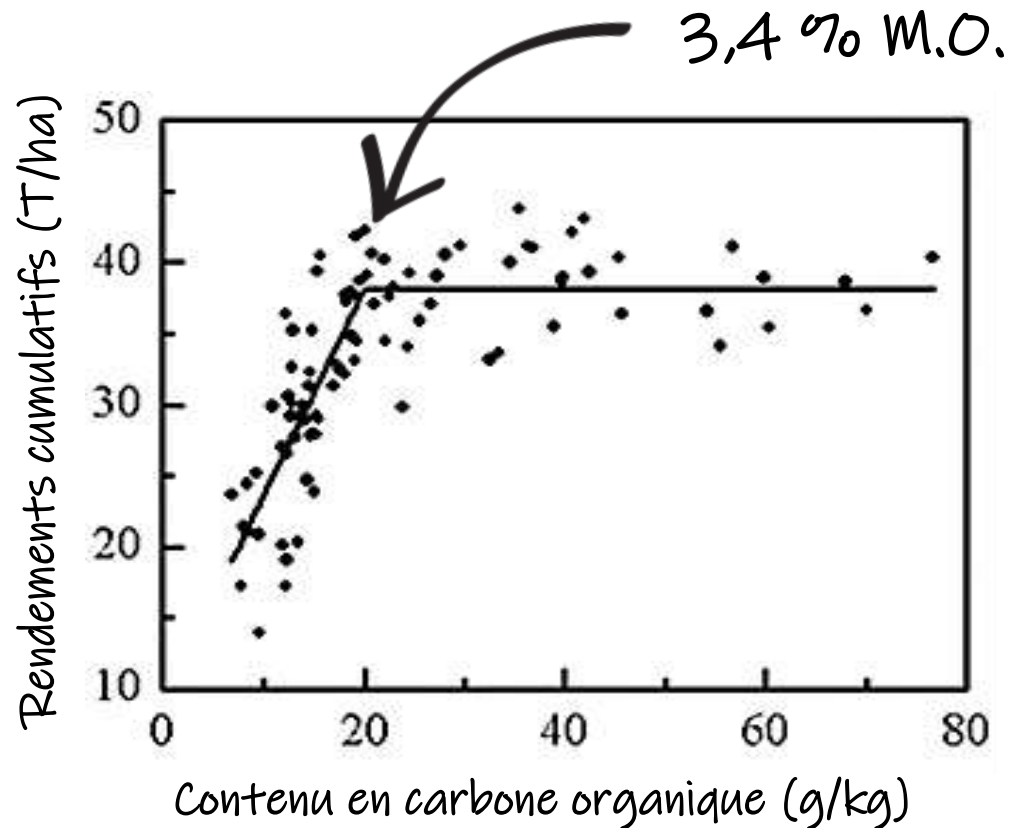
Gasser et al., 2010



AAC, 2022



# Le carbone et le rendement



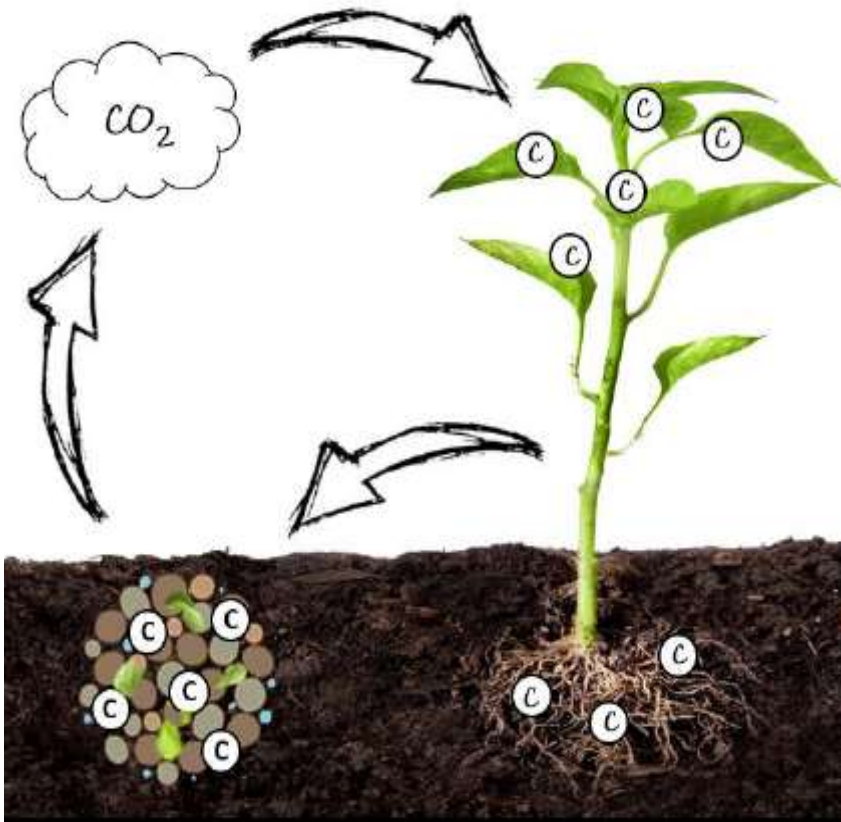
**En bas de 3,4% de M.O. (ou 2% de C) =  
impact important sur le rendement  
(cohérent avec les objectifs du PAD du Québec)**

**En ce moment, ne concerne pas la majorité de nos sols  
sols (~ 25%), mais attention!  
Nous sommes en dynamique de perte...**

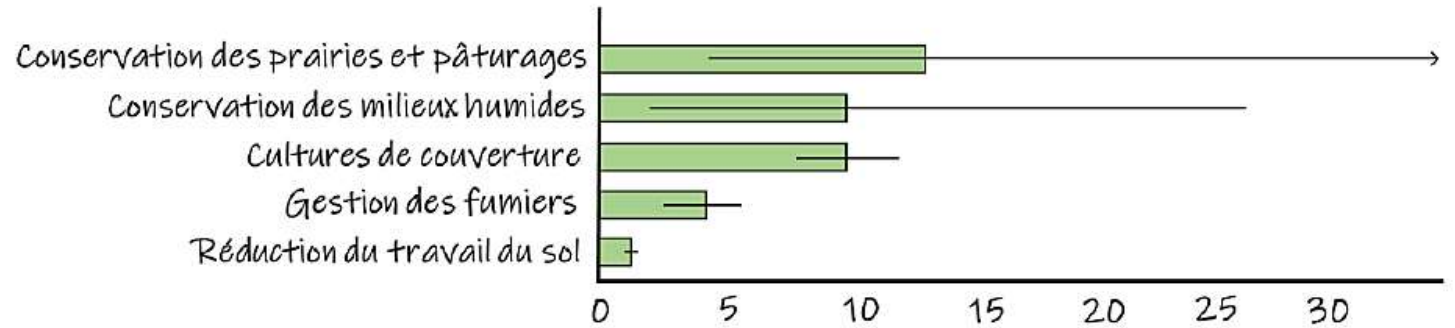
**Pour certain.e.s, l'objectif sera d'augmenter les stocks  
stocks de C, pour d'autres, le défi sera de les maintenir.**



# Comment augmenter ou maintenir nos stocks de C?



Figures : Samson et al., 2023



Drever et al., 2022

Potentiel de mitigation en 2030 (t  $CO_2e/an$ )

La meilleure stratégie est d'augmenter la quantité de photosynthèse par unité de surface, dans le temps et dans l'espace (cultures pérennes, cultures de couverture, agroforesterie, bandes riveraines élargies et/ou arbustives, etc.)!

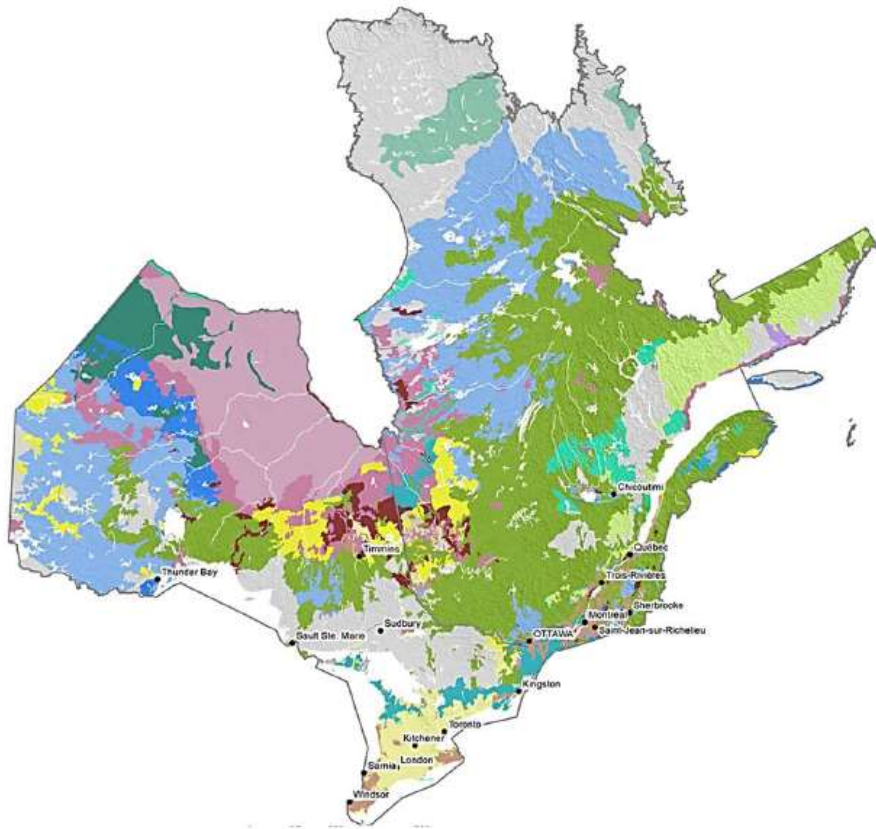
Potentiel théorique : 0,1 à 0,5 T C ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>

A high-contrast, black and white landscape. The top half of the image is a dark, textured band, possibly representing a forest or a rocky ridge, with some lighter spots. Below this is a white, textured foreground, possibly snow or a sandy beach. The text is centered in the dark band.

Ça semble assez simple, non?!



# Défi 1 : Adapter les pratiques au sol, au climat et au système



## Grands groupes de sols

- Cryosol organique
- Cryosol statique
- Cryosol turbique
- Luvisol gris brun
- Luvisol gris
- Fibrisol
- Mésisol
- Humisol
- Gleysol
- Gleysol humique
- Gleysol luvique
- Podzol humique
- Podzol ferro-humique
- Podzol humo-ferrique
- Régosol
- Brunisol mélanique
- Brunisol eutrique
- Brunisol sombre
- Brunisol dystrique
- Non-sol

## Sols utilisés pour l'agriculture

Podzols



Gleysols



Brunisols



Très grande diversité de sols au Québec !





# Défi 1 : Adapter les pratiques au sol, au climat et au système

Chaque type de sol a ses avantages et ses limites agronomiques...



Drainage  
Semis hâtif



pH  
Fertilité  
Rétention eau  
Érosion



Fertilité  
Structure



Drainage  
Compaction  
Égouttement



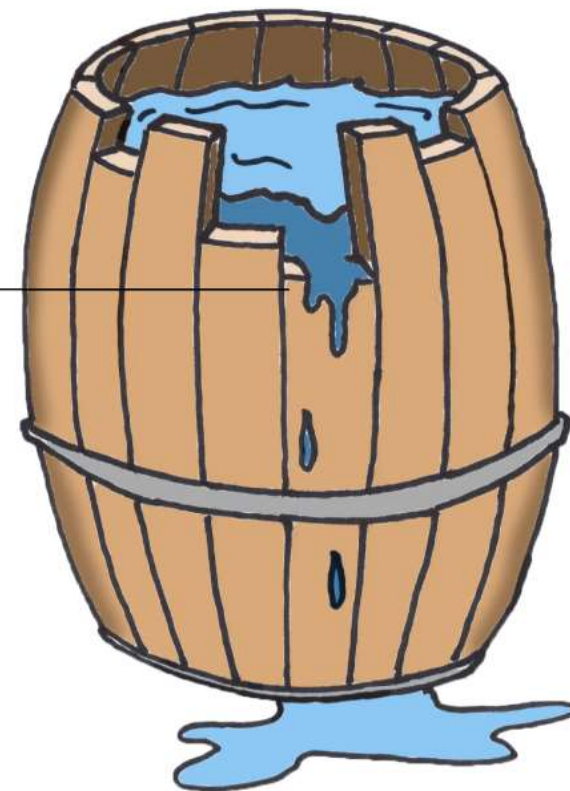


# Défi 1 : Adapter les pratiques au sol, au climat et au système

Augmenter la matière organique  
dans un sol léger,  
c'est plus difficile,

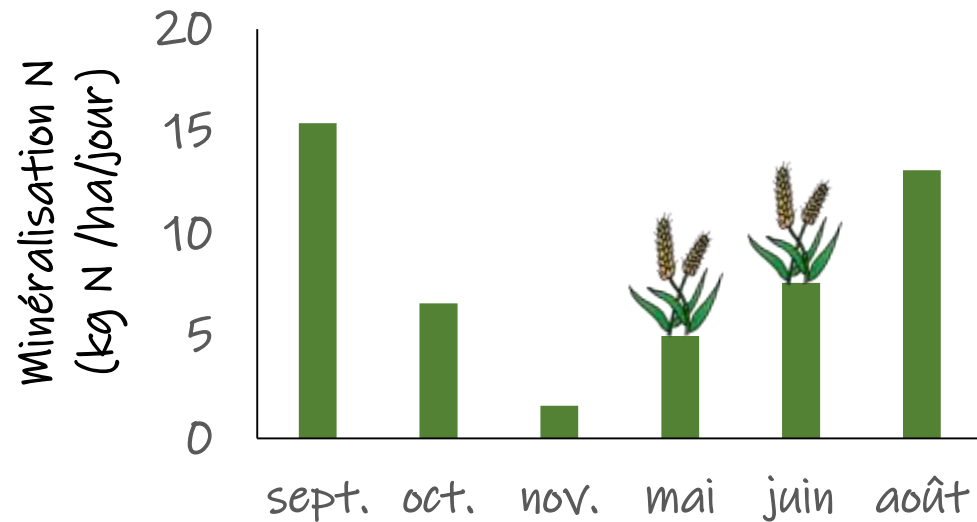
mais c'est encore plus important!

Fertilité et  
rétention en eau



# Défi 1 : Adapter les pratiques au sol, au climat et au système

Le contenu en matière organique, oui, mais ce n'est pas tout!



Club de gestion des sols du Témiscouata, 2019  
Adapté d'une figure de M. Chantigny

Étude : loams sableux/limoneux (3 à 10% MO)  
froid et humide

→ 50-60% minéralisation annuelle août-octobre

Synchronisation entre les besoins de la culture  
et la minéralisation!

...aussi, il peut y avoir un autre facteur qui limite de rendement  
(ex. compaction) même si le contenu en M.O. est élevé!





# Défi 1 : Adapter les pratiques au sol, au climat et au système

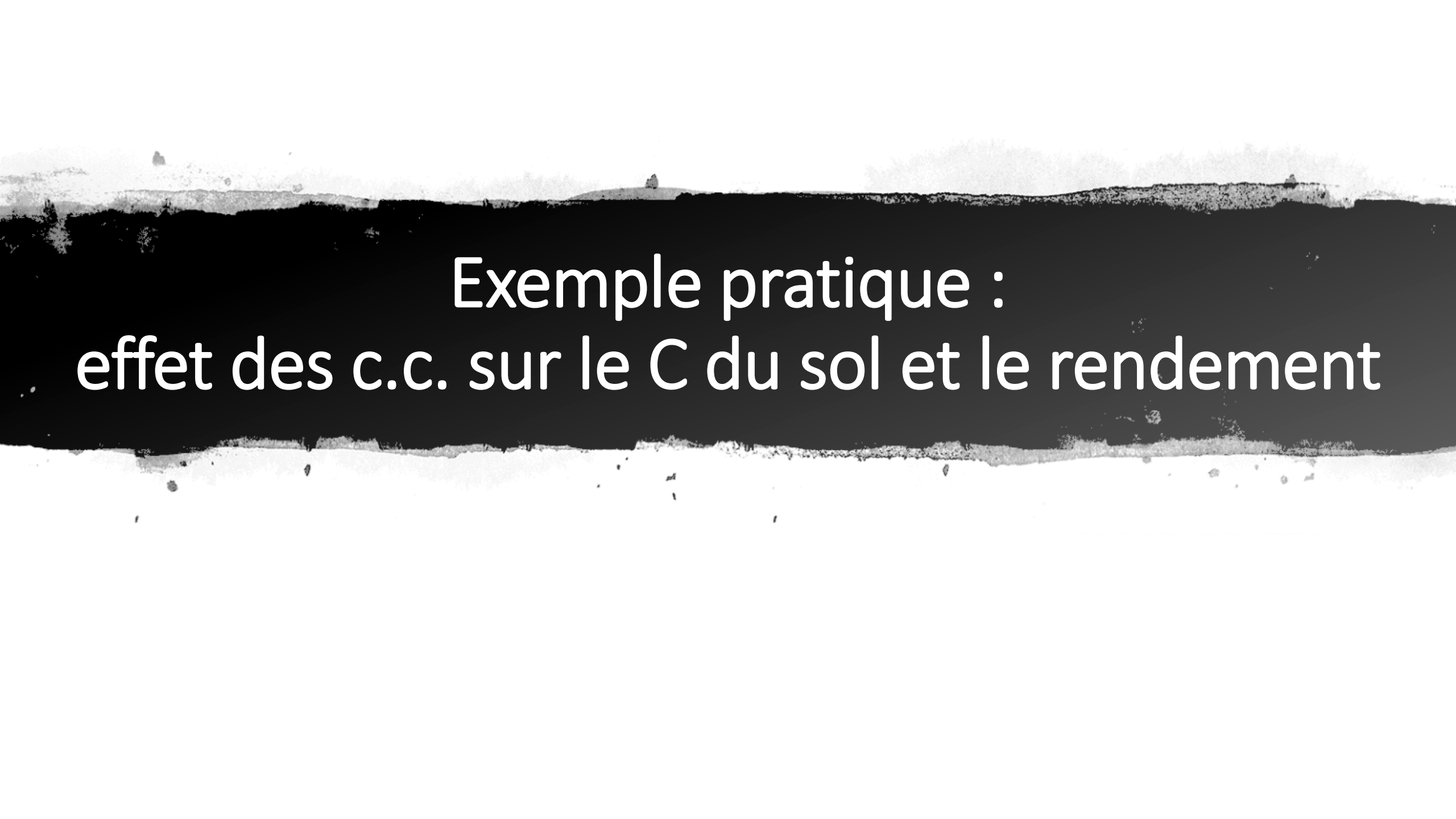
On peut tirer des conclusions générales sur les bonnes pratiques, mais au final, l'effet net sur le rendement, les stocks de carbone, etc.

variera nécessairement en fonction :

- Du type de sol (et de son état de dégradation)
  - Du climat
  - Du système de culture

Etc.

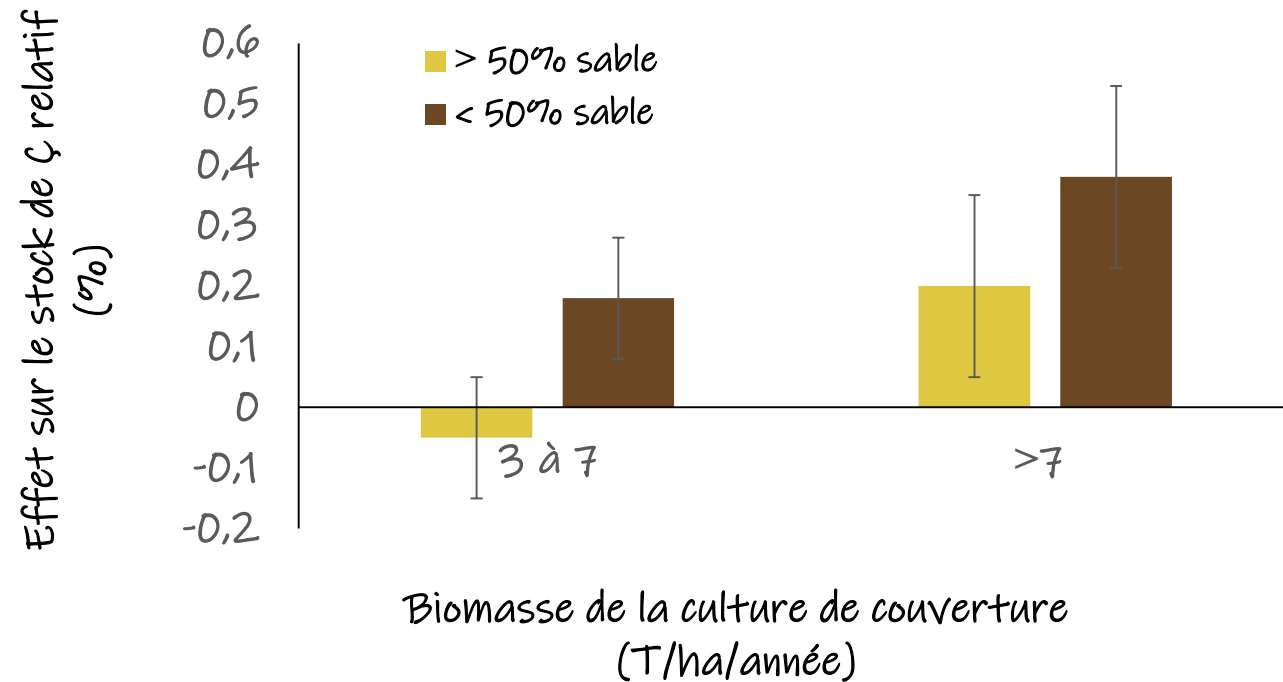




Exemple pratique :  
effet des c.c. sur le C du sol et le rendement



# Effets attendus des cultures de couverture sur le carbone du sol



Plus la quantité de biomasse produite par la c.c. est importante, plus on augmente le contenu en carbone (matière organique).

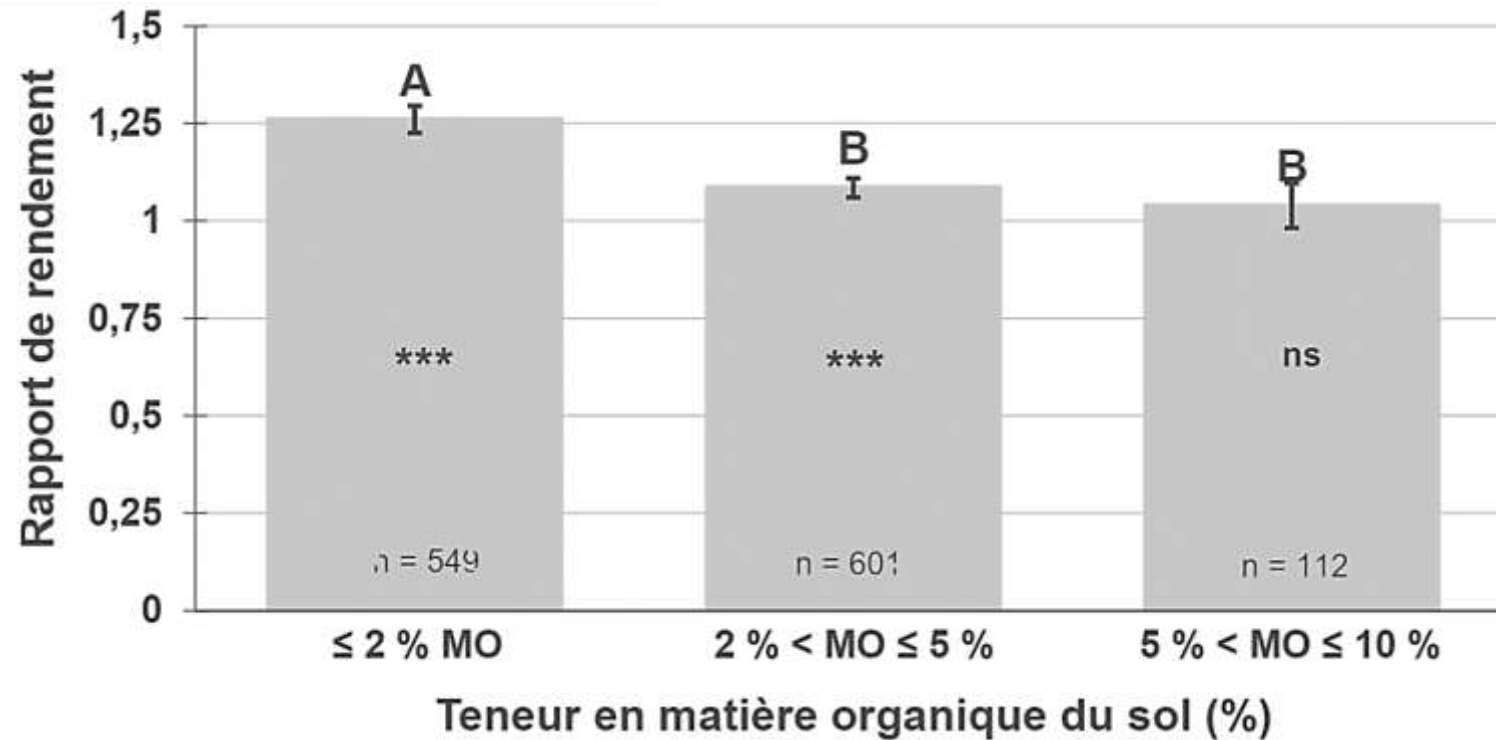
Pour une même quantité de biomasse, l'effet sur les stocks de C sera plus important dans le sol lourd que dans le sol léger.

Adapté de : McCelland et al., 2021



# Effets attendus des cultures de couverture sur le rendement des cultures

Plus un sol est pauvre en matière organique, plus l'effet positif des cultures de couverture sur le rendement sera important!



Données : Bourgeois et al., 2022

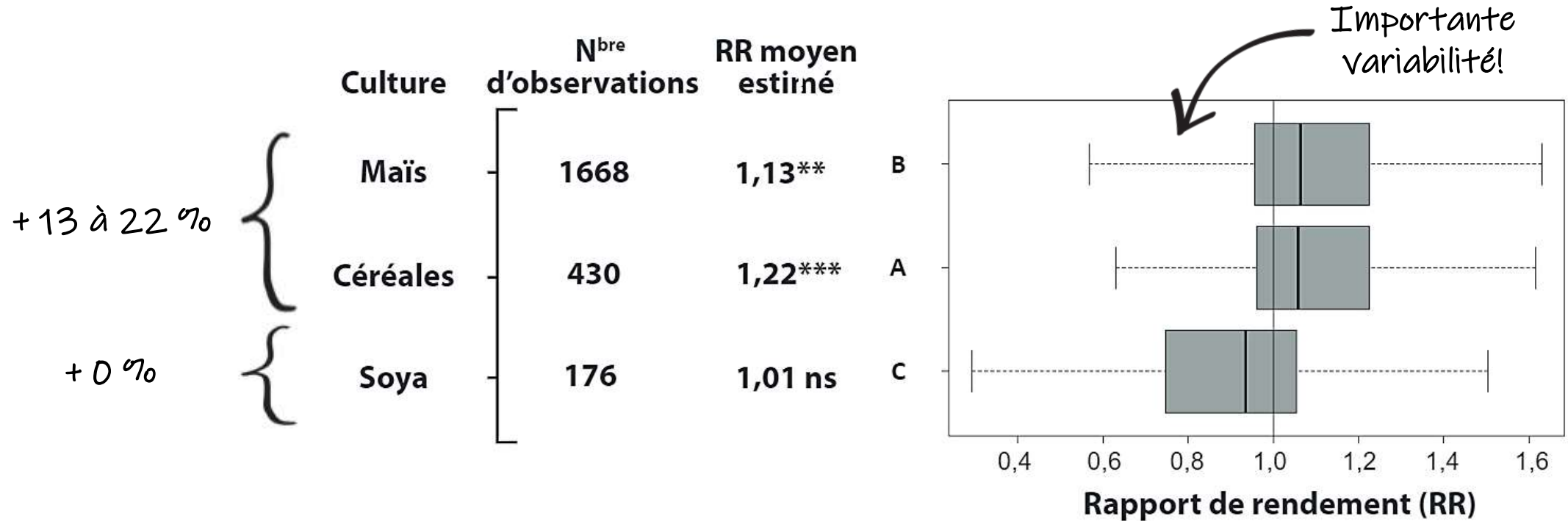
Figure tirée du guide des c.c. du CRAAQ (Vanasse, 2022)





# Effets attendus des cultures de couverture sur le rendement des cultures

Résultats d'une méta-analyse (Canada, États-Unis et Europe) :  
effet des c.c. sur le rendement des grandes cultures



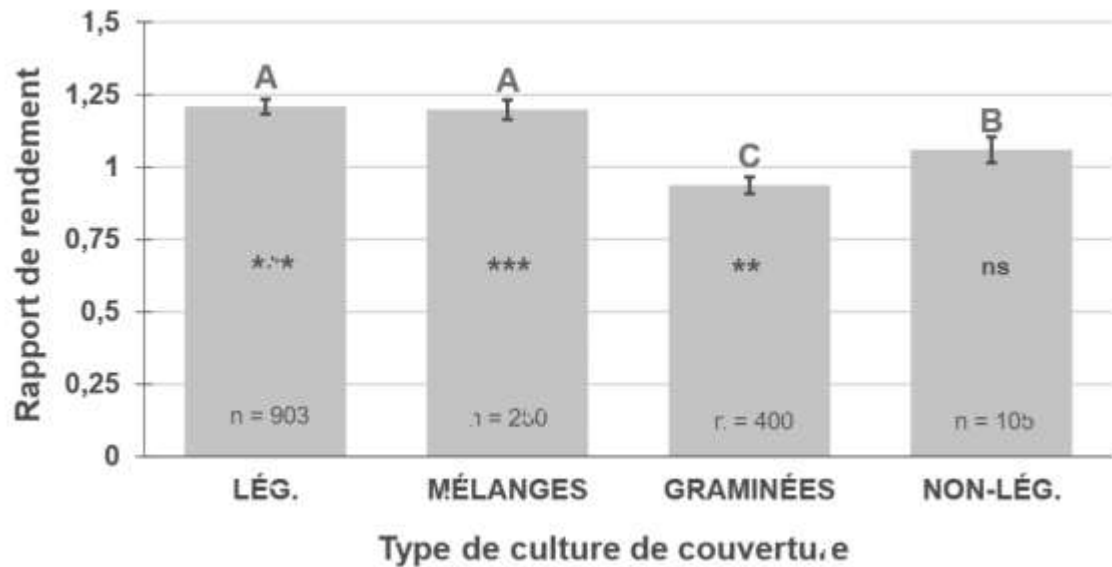
Données : Bourgeois et al., 2022

Figure tirée du guide des c.c. du CRAAQ (Vanasse, 2022)

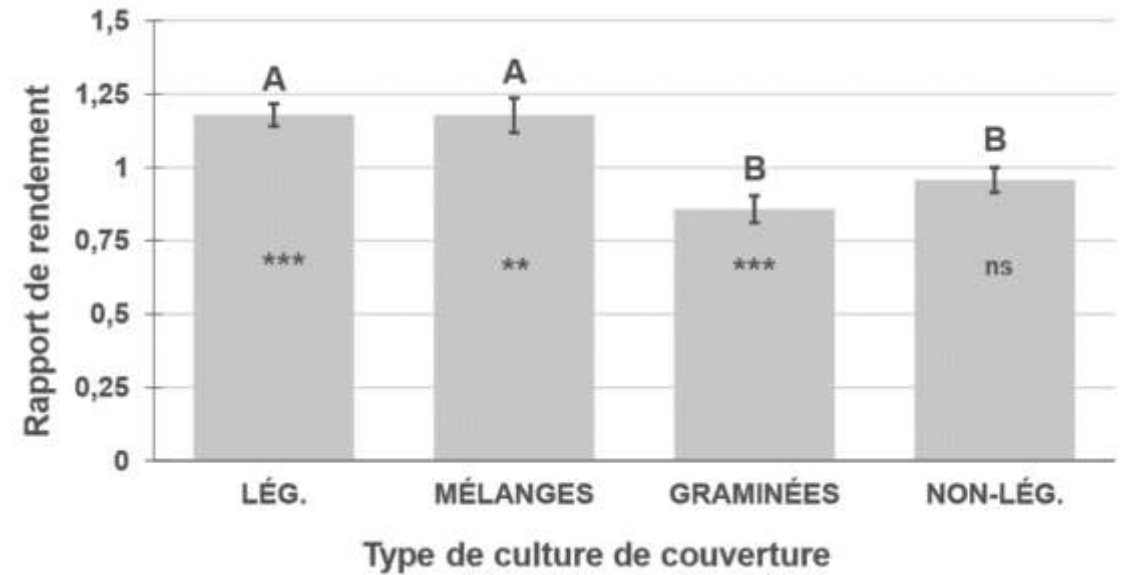
# Effets attendus des cultures de couverture sur le rendement des cultures

Effet du type de culture de couverture sur le rendement du maïs l'année suivante...

Effet moyen selon le type



Effet avec faibles précipitations



Données : Bourgeois et al., 2022  
Figure tirée du guide des c.c. du CRAAQ (Vanasse, 2022)

Graminées + sec  
= effet nég. exacerbé

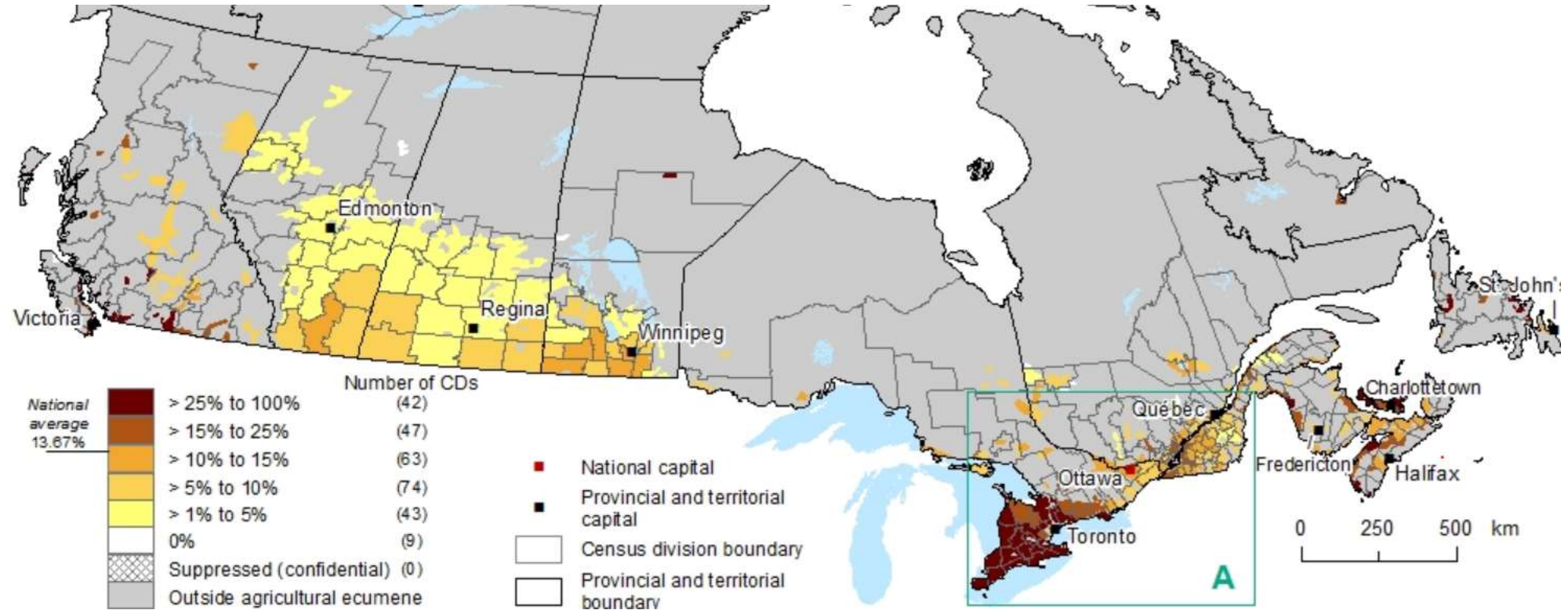




De façon générale, les c.c. sont bénéfiques...  
alors qu'est-ce qu'on attend?

# Défi 2 : se mobiliser pour assurer la pérennité de nos systèmes de production

En 2015, moyenne des surfaces relatives avec cultures de couverture au Canada : 13,7%





# Défi 2 : se mobiliser pour assurer la pérennité de nos systèmes de production

Le changement global dans les pratiques...  
ce n'est pas une mince affaire!  
~ 12 500 producteurs de grains au Québec...

En 2020, en Ontario, enquête auprès de 520  
fermes qui utilisent des c.c. et  
211 fermes qui n'en utilisent pas.



Dessart et al., 2019

## Défis

- Établissement difficile (30%)
- Fenêtre pour semer à l'automne (27%)
- Coûts additionnels (25%)

## Barrières à l'adoption

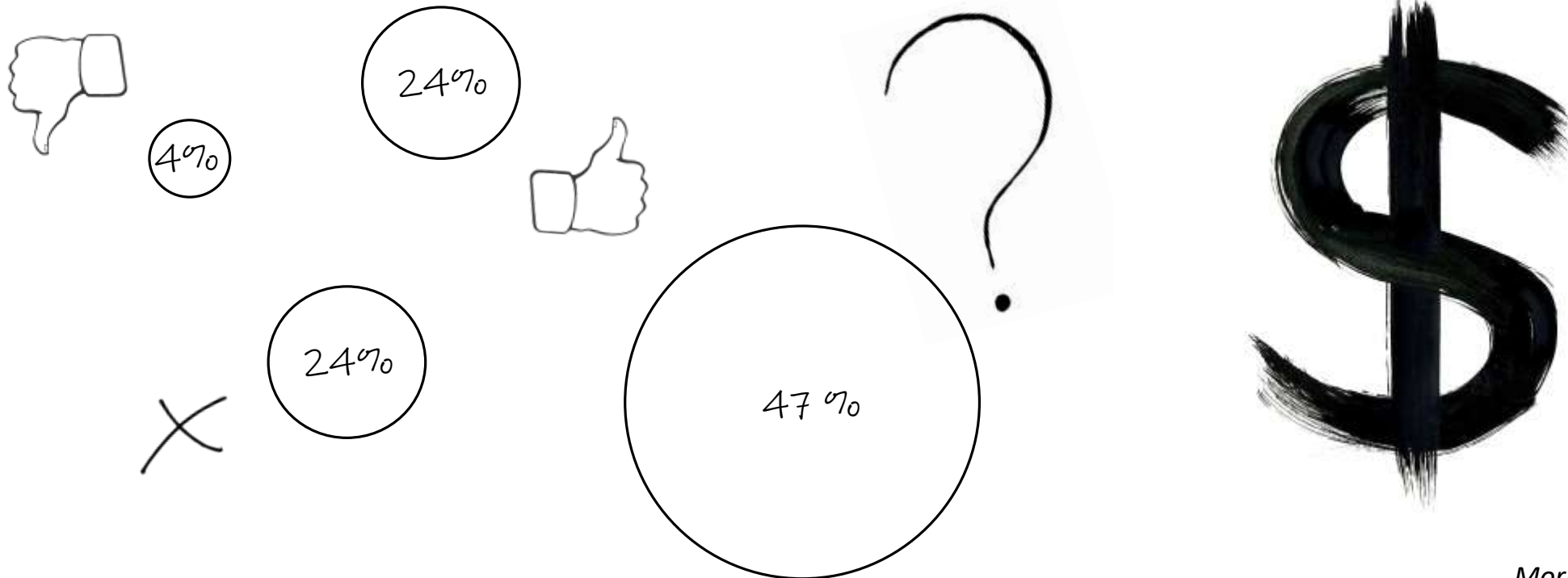
- Coûts additionnels (41%)
- Équipement (36%)
- Fenêtre pour semer à l'automne (29%)
- Ne pas savoir par où commencer (24%)

Morrison et Lawley, 2021



# Défi 2 : se mobiliser pour assurer la pérennité de nos systèmes de production

Les producteurs qui ont adopté les c.c. considèrent-ils que c'est rentable?



Morrison et Lawley, 2021



A high-contrast, black and white landscape photograph. The top half of the image shows a dark, textured horizon line, possibly representing a field or a distant town, against a bright, overexposed sky. The bottom half of the image is a solid, bright white area. The text is centered in the dark middle section.

Alors quelle est la prochaine étape vers des sols sains, résilients et productifs en grandes cultures?

# On fait quoi avec ça?

- Adapter les c.c. et leur régie à notre climat et à nos sols (outils d'aide à la décision en ligne pour l'Est du Canada)
- Évaluer les barrières à l'adoption pour le Québec
- Faire des études de rentabilité sous nos conditions
- Favoriser la diffusion du savoir entre producteurs

Favoriser l'échange de connaissances entre les producteurs, les conseillers et les chercheurs, pour mieux informer les besoins en recherche et améliorer le partage, l'applicabilité et l'application des résultats.







Merci!

Travaillons  
ensemble à  
trouver des  
sol-utions!