

LE CARBONE DES SOLS

LE SOL, PILIER DU CYCLE DU CARBONE

Les sols agricoles jouent un rôle central dans le cycle du carbone. Un sol peut agir comme un puits en stockant du carbone sous forme de matière organique ou, au contraire, comme une source de gaz à effet de serre (GES) en relâchant notamment du dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère.

Cette capacité des sols à séquestrer ou à émettre du carbone a des répercussions directes sur le bilan carbone d'une entreprise agricole. C'est pourquoi elle est intégrée dans des outils comme le calculateur de GES d'Agriclimat,

qui permet d'estimer les émissions nettes de GES à l'échelle d'une ferme.

Mais comment fonctionne cette dynamique? Quels sont les mécanismes à l'œuvre? Et surtout, comment optimiser le potentiel de séquestration du carbone à l'échelle d'une ferme? Ces questions trouvent réponse dans les prochaines sections, qui présentent également les facteurs influant sur le stockage de carbone et les pratiques concrètes à envisager.

Carbone ou matière organique?

Dans les sols agricoles du Québec, le carbone se trouve principalement sous forme de matière organique. Celle-ci est en effet composée d'environ 58 % de carbone. Ainsi, **lorsqu'il est question d'augmenter les stocks de carbone dans les sols, on parle en réalité d'y accroître la quantité de matière organique.**

Lorsque de la matière organique est apportée au champ, une partie de celle-ci est rapidement décomposée par les organismes du sol, tandis qu'une autre fraction peut se stabiliser et y rester plus longtemps.

La proportion de carbone qui sera réellement stockée à moyen ou long terme dépend de trois facteurs : la texture du sol, l'activité biologique du sol et le climat.

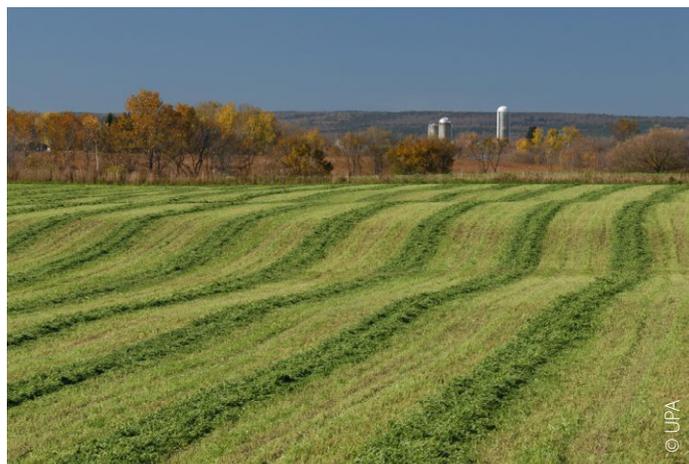
Q/R

Est-ce normal que mes sols sableux aient moins de matière organique que mes sols argileux?

Oui! Dans les sols à texture fine, comme les sols argileux, les surfaces minérales sont plus susceptibles de se lier chimiquement à la matière organique, lui offrant une protection contre la décomposition. La texture du sol est un paramètre difficilement modifiable.

Comment la dynamique du carbone des sols est-elle prise en compte dans le bilan carbone Agriclimat?

Les flux de carbone des sols sont estimés à l'aide de l'historique des analyses de sols. Celui-ci permet d'évaluer l'augmentation ou la diminution du taux de matière organique.



ÉVOLUTION DES STOCKS DE MATIÈRE ORGANIQUE

La quantité de matière organique des sols évolue en fonction des apports et des pertes :

- Les **apports** de matière organique proviennent principalement de la photosynthèse et des amendements organiques, comme les déjections animales;
- Les **pertes**, quant à elles, sont liées à la décomposition naturelle de la matière organique, mais aussi à des phénomènes comme l'érosion.

Si les sols accumulent de la matière organique, on dit qu'ils séquestrent du carbone; si la tendance est à la perte de matière organique, ils émettent du carbone.

Un changement d'usage des terres perturbe l'équilibre naturel et peut engendrer une perte graduelle de matière organique des sols sur plusieurs décennies. Au Québec, l'évolution des pratiques agricoles a modifié cet équilibre. La mise en culture relativement récente des sols et la diminution de la superficie des prairies au profit des cultures annuelles ont entraîné la perte de carbone des sols.

Toutefois, l'adoption de pratiques bénéfiques, par exemple l'implantation de cultures de couverture, l'agroforesterie ou l'épandage de fumier, permet de freiner cette perte (Figure 1), comme l'ont montré plusieurs études.

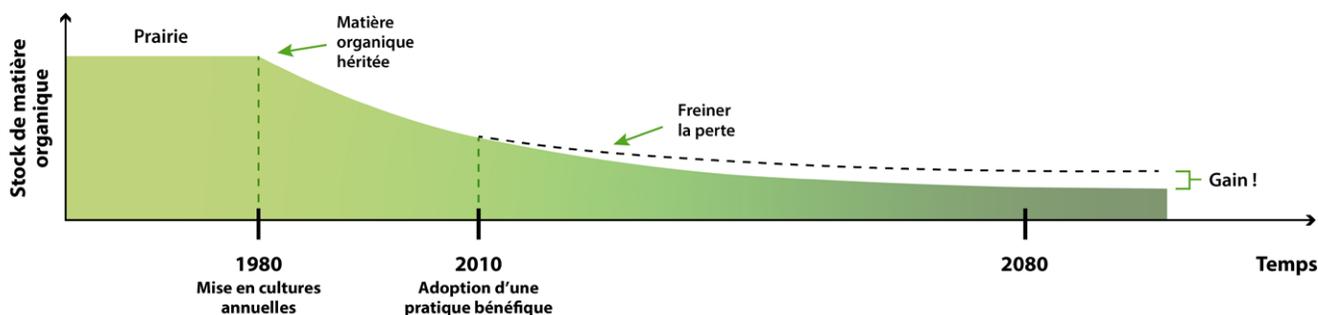


Figure 1. Effet de l'adoption d'une pratique bénéfique sur le stock de matière organique du sol

Adaptée de Chantigny, 2023; Samson, Angers et Poirier, 2023; et Maillard, 2024.

Répercussions de l'évolution du stock de matière organique

Le scénario présenté ci-après s'appuie sur un échantillon de 84 fermes de grandes cultures ayant réalisé un bilan carbone Agriculmat entre 2022 et 2024.

L'évolution de la matière organique fait partie du bilan carbone. Pour en mesurer l'effet, prenons l'exemple d'une ferme de grandes cultures de 100 ha dont les émissions annuelles de GES sont de 300 t éq. CO₂.

Supposons que le taux moyen de matière organique de chacun de ses champs passe graduellement de 3 à 3,5 %

sur une période de 20 ans. Alors, cette augmentation se traduirait, dans le sol, par une hausse annuelle du taux de carbone équivalente à 150 t de CO₂. Ce scénario compenserait la moitié des émissions annuelles de GES de l'entreprise.

À l'inverse, si le taux de matière organique de ses champs passait de 3,5 % à 3 % pendant la même période, son bilan carbone annuel s'élèverait à 450 t éq. CO₂.

? **Le saviez-vous?** Lorsqu'un sol perd du carbone, il ne libère pas seulement du CO₂ dans l'atmosphère. La minéralisation de la matière organique peut aussi entraîner la libération de protoxyde d'azote (N₂O), un GES dont le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) est 273 fois plus élevé que celui du CO₂ (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2022).

Pourquoi, malgré mes bonnes pratiques, le taux de matière organique n'augmente-t-il pas?

L'évolution de la matière organique d'un sol dépend non seulement des pratiques actuelles, mais aussi de l'historique d'utilisation des terres et de la matière organique héritée. Lorsqu'un sol riche est mis en culture, il a souvent tendance à perdre progressivement de la matière organique avant d'atteindre un nouvel équilibre, et ce, même en appliquant de bonnes pratiques pendant plusieurs décennies.

À retenir! Il est difficile de renverser cette tendance à la baisse de la matière organique dans le sol, mais freiner les pertes de matière organique est déjà un gain important, tant pour la santé des sols que pour le climat.



Pour en savoir plus sur les émissions de GES des fermes, consultez la fiche sur le [bilan carbone d'une ferme](#).

TROIS LEVIERS POUR AUGMENTER LE TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE

En milieu agricole, trois leviers peuvent permettre d'accroître la matière organique et de séquestrer du carbone dans les sols : 1) l'optimisation du taux de photosynthèse par unité de surface de sol, 2) la maximisation de la quantité de matière organique retournée au sol et 3) la réduction de la décomposition de la matière organique et des pertes de carbone (Figure 2).

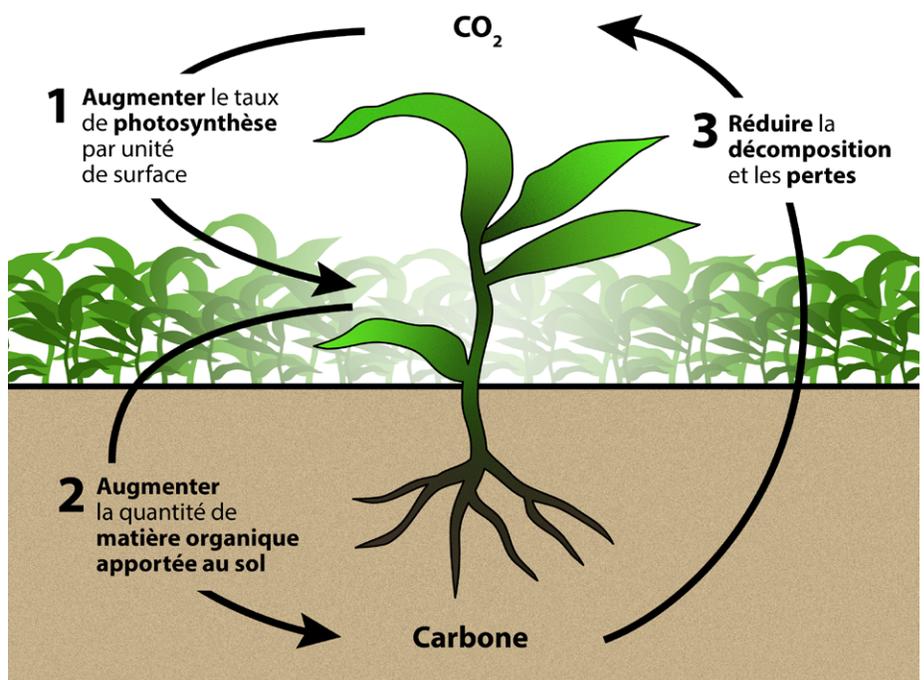


Figure 2. Leviers permettant d'augmenter le taux de matière organique des sols
Adaptée de : Samson, Angers et Poirier, 2023.

Différentes pratiques sont associées aux leviers qui permettent d'augmenter le taux de matière organique dans les sols. Chacune d'elles possède un potentiel qualitatif de séquestration du carbone (faible, moyen ou élevé) qui s'accompagne d'un ou de plusieurs cobénéfices identifiés ci-après à l'aide de symboles (voir « Légende »).

Légende

-  Bénéfices économiques
-  Amélioration de la fertilité
-  Conservation des sols
-  Lutte contre les mauvaises herbes
-  Effet brise-vent
-  Habitat pour la biodiversité

Levier 1 : Augmenter le taux de photosynthèse par unité de surface

Augmenter les rendements | Potentiel : **moyen** | Cobénéfices : 

Une productivité supérieure augmente le taux de photosynthèse par unité de surface. Selon la culture concernée et les moyens mis en place pour accroître ses rendements, l'augmentation du taux de photosynthèse pourra se traduire par une augmentation du taux de matière organique plus ou moins importante dans le sol.

Intégrer des cultures de couverture | Potentiel : **moyen** | Cobénéfices :   

Les cultures de couverture permettent d'augmenter le taux de photosynthèse dans l'espace (en intercalaire) et dans le temps (à la dérobée). Elles apportent du carbone au sol par leurs racines ainsi que par leurs parties aériennes lorsqu'elles sont retournées au sol. L'impact positif sur la matière organique du sol dépend des espèces semées et de la biomasse totale (Maillard, Angers et Thivierge, s. d.).

Planter des prairies | Potentiel : **élevé** | Cobénéfices :  

En occupant le sol à longueur d'année, les plantes pérennes augmentent le taux de photosynthèse par unité de surface (Figure 3). De plus, ces plantes ont un système racinaire beaucoup plus important que les cultures annuelles, ce qui favorise l'accumulation et la stabilisation de la matière organique dans le sol (Thivierge, Angers, Bélanger et Martel, 2020).

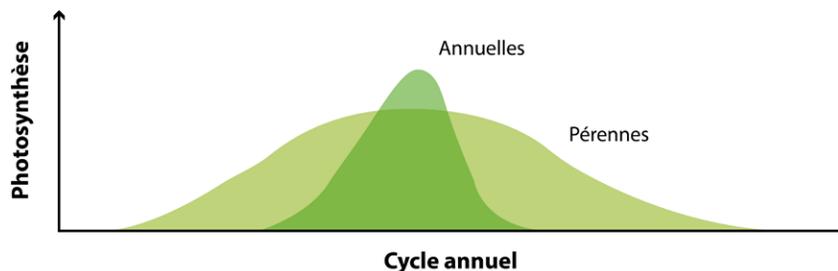


Figure 3. Taux de photosynthèse des plantes pérennes et des annuelles
Adaptée de Janzen, 2018.

Planter des systèmes agroforestiers | Potentiel : **variable** | Cobénéfices :   

En plus d'avoir un impact généralement positif sur la matière organique du sol, les arbres peuvent séquestrer du carbone dans leurs racines, leurs troncs, leurs branches, etc. Ainsi, les systèmes agroforestiers intercalaires ont un potentiel de séquestration élevé, mais ils sont peu courants au Québec. Les haies brise-vent et les bandes riveraines arborées sont plus répandues. Leur potentiel de séquestration dépend des espèces choisies et du nombre d'arbres et d'arbustes plantés.

Pour en savoir plus sur le carbone des arbres, consultez la [fiche](#) sur le sujet.

Levier 2 : Augmenter la quantité de matière organique apportée au sol

Fertiliser avec des fumiers et des lisiers | Potentiel : **élevé** | Cobénéfices :   

La fertilisation avec des engrais de ferme procure un bon apport de matière organique au sol.

Amender le sol avec des matières résiduelles fertilisantes (MRF) | Potentiel : **moyen** | Cobénéfices :   

Tout comme les fumiers et les lisiers, les MRF contiennent surtout de la matière organique. Leur utilisation permet non seulement d'enrichir le sol, mais aussi de recycler les éléments qui s'y trouvent et d'éviter que ces matières ne doivent être enfouies ou brûlées.

Levier 3 : Réduire la décomposition et les pertes

Réduire le travail du sol | Potentiel : **faible** | Cobénéfices : 

Le travail du sol réchauffe et aère la terre, ce qui accélère la décomposition de la matière organique et entraîne une perte de carbone dans l'atmosphère sous forme de CO₂. Le travail du sol peut aussi détruire les agrégats qui protègent la matière organique. Réduire l'intensité ou la fréquence de ce travail aide donc à limiter les pertes.

Toutefois, dans certains sols lourds du Québec, le labour, qui consiste à enfouir les résidus dans un environnement plus frais et peu oxygéné, peut ralentir leur décomposition. L'effet réel du travail du sol sur la matière organique dépend donc du type de travail, de la texture du sol et du climat.

Lutter contre l'érosion | Potentiel : **variable** | Cobénéfices :   

Perdre du sol, c'est aussi perdre de la matière organique. Or le sol de surface, le plus susceptible d'être affecté par l'érosion, est aussi le plus riche en matière organique. Parmi les pratiques bénéfiques nommées précédemment, plusieurs permettent également de contrer l'érosion, notamment les cultures de couverture, l'implantation de prairies, les systèmes agroforestiers et le travail réduit du sol.

Quel sera l'impact des changements climatiques sur les stocks de matière organique des sols?

Au Québec, l'allongement de la saison de croissance bénéficiera à la quantité de biomasse végétale produite (production primaire) en augmentant le taux de photosynthèse par unité de surface (levier 1). Cependant, l'augmentation de la température du sol accélérera la décomposition de la matière organique qui s'y trouve. Selon les scientifiques, il pourrait en résulter une diminution des stocks de matière organique dans les sols d'ici 2050.

ET LA SANTÉ DES SOLS DANS TOUT ÇA?

L'accumulation de la matière organique dans les sols n'a pas pour seul objectif de séquestrer du carbone. En fait, la matière organique est l'un des piliers de la santé des sols : elle stimule la vie du sol, contribue à sa fertilité et en améliore la structure. La matière organique favorise également l'infiltration de l'eau en cas de grandes pluies et sa rétention dans le sol en cas de sécheresse.



RÉFÉRENCES

Chantigny, M. 2023. Santé des sols, matière organique et fourniture d'azote : mise à jour des connaissances. Webinaires grandes cultures, 14 février 2023, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. <https://www.youtube.com/watch?v=XZx7iokvAM&t=208s> (consulté le 22 août 2025).

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lössche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, USA, 3056 p., [doi:10.1017/9781009325844](https://doi.org/10.1017/9781009325844).

Janzen, H. 2018. Forages for soil health. Webinar, February 20, 2018. Beef Cattle Research Council. <https://www.youtube.com/watch?v=OckGujzmGfM&t=8s> (consulté le 22 août 2025).

Maillard, É. 2024. Dynamique du carbone dans les sols agricoles et potentiel d'accumulation de différentes pratiques. Colloque Bio pour tous! 29 février 2024, Rimouski, 40 p. <https://cetab.bio/wp-content/uploads/Carbone-sol-Emilie-Maillard-CETAB-2024.pdf> (consulté le 22 août 2025).

Maillard, É., Angers, D et Thivierge, M.-N. 2020. Séquestration du carbone dans les sols agricoles. Série webinaires santé des sols, 18 février 2020, CRAAQ. <https://youtu.be/3bxt-YcLsqq?si=pnMW5Ed2cPv2qi-i> (consulté le 22 août 2025).

Samson, M.-E., Angers, D., Poirier, V. 2023. Séquestrer du carbone dans les sols agricoles du Québec; concepts, perspectives et défis. Rapport remis au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Québec, Université Laval, 106 p. https://www.agrireseau.net/documents/Document_110945.pdf (consulté le 22 août 2025).

Thivierge, M.-N., Angers, D., Bélanger, G., Martel, H. 2020. [Bénéfices des plantes fourragères pérennes pour nos écosystèmes](#). Dans : colloque plantes fourragères du CRAAQ. CRAAQ.

Cette fiche, qui s'inscrit dans le cadre du projet Agriculmat, a été réalisée grâce à l'aide financière du gouvernement du Québec.



Avertissement

Au moment de sa rédaction, l'information contenue dans cette fiche était jugée représentative des efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur agricole au Québec. Son utilisation demeure sous l'entière responsabilité du lecteur ou de la lectrice.

Réalisation

T. Dupuis, candidat à la profession d'agronome, J. Philion, M. Sc., agr., et S. Delmotte, Ph. D., agr., consultant Agriculmat

Contenu élaboré par le CDAQ (Agriculmat), édition et production graphique réalisées en collaboration avec le CRAAQ.



© CDAQ, 2025

PCLI0101-03PDF

ISBN 978-2-7649-0729-0

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives Canada, 2025

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2025