



## COMMENT LES CULTURES DE COUVERTURE SÉQUESTRENT LE CARBONE

Par Keith Reid, Caitlin McCavour et Rosalie Gillis Madden

### INTRODUCTION

Le carbone (C) séquestré dans le sol représente le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) qui a été retiré de l'atmosphère, contribuant ainsi à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. La matière organique du sol est composée d'environ 58% de carbone, de sorte qu'une autre façon d'envisager la séquestration du carbone est de penser à la construction de la matière organique du sol. Comprendre comment les cultures de couverture séquestrent le carbone dans le sol peut vous aider à déterminer comment vous pouvez gérer vos cultures de couverture pour maximiser la formation de matière organique dans le sol. La formation de matière organique et de carbone dans le sol peut améliorer la structure du sol, augmenter l'infiltration de l'eau et la capacité de rétention de l'eau, et améliorer le cycle des nutriments.

Le séquestre du carbone par les cultures de couverture est le résultat de trois processus distincts mais liés entre eux:

1. Accumulation de carbone organique dans la biomasse aérienne et souterraine des cultures de couverture;
2. La formation d'agrégats de sol qui protègent la matière organique de la décomposition. Les agrégats sont formés par les poils fins des racines et les organismes du sol qui se nourrissent des sécrétions des racines des plantes de couverture; et
3. La protection du carbone organique déjà présent dans le sol contre la perte, par exemple par érosion

Les cultures de couverture doivent s'intégrer dans votre système agricole pour apporter le plus grand bénéfice à votre sol. Cela nécessite un investissement en temps et en compétences pour gérer la culture de couverture comme une culture plutôt que comme une réflexion après coup. Le succès peut parfois se mesurer à l'augmentation des rendements, mais il devrait aussi se mesurer à la résilience à long terme de votre sol.

L'intégration de cultures de couverture dans votre système de culture peut être admissible à un financement pour couvrir les coûts d'établissement ou les conseils professionnels d'un conseiller en cultures certifié, d'un agronome ou d'un agrologue dans le cadre du Fonds d'action à la ferme pour le climat. Pour les exploitations agricoles de Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve-et-Labrador, vous pouvez obtenir plus d'informations en consultant le site : <https://ofcaf.perennia.ca/>

Le carbone se trouve dans le sol sous deux formes : le carbone inorganique et le carbone organique. Un exemple de carbone inorganique est le carbone lié à des minéraux tels que le magnésium et le calcium, formant des composés tels que le carbonate de calcium. Le dioxyde de carbone présent dans l'espace interstitiel est un autre exemple de carbone inorganique. Le carbone organique désigne le carbone qui fait ou a fait partie d'un organisme vivant, c'est-à-dire les bactéries, les champignons, les racines de plantes vivantes, les racines de plantes mortes, les protéines, la lignine, les substances humiques, etc.



### 1. COMMENT LES CULTURES DE COUVERTURE ACCUMULENT LE CARBONE ORGANIQUE

Toute plante poussant dans le sol ajoute du carbone organique à mesure que les racines poussent et exsudent des composés organiques dans la rhizosphère (la zone située immédiatement autour des racines), et que les parties aériennes non récoltées sont laissées dans le champ pour se décomposer. Pour la plupart des cultures céréalières, cependant, les apports de carbone organique provenant des résidus de culture sont minimes, car une partie du carbone est perdue lorsque les résidus aériens se décomposent, et une autre partie est perdue par l'érosion. La plupart des cultures commerciales ont été sélectionnées pour maximiser l'accumulation de ressources telles que les hydrates de carbone et les protéines dans la partie récoltée de la culture, ce qui laisse moins de résidus dans le sol. Un facteur encore plus important est la courte période de croissance active des cultures de rente : Sur les douze



mois de l'année, une culture commerciale n'est généralement active que pendant quatre mois ou moins.

La contribution des cultures de couverture à la matière organique et au carbone organique du sol dépend de trois facteurs contribueront à la matière organique et au carbone organique du sol:

1. La quantité de biomasse produite par la culture de couverture – c'est le moteur qui entraîne tout le reste.
2. La structure physique et chimique de la biomasse, qui influe sur son devenir dans le sol.
3. L'endroit où cette biomasse (c'est-à-dire au-dessus ou au-dessous du sol).

La sagesse conventionnelle voulait que les matières organiques résistantes à la dégradation restent le plus longtemps dans le sol, ce qui a laissé perplexes quant aux raisons pour lesquelles de grands volumes de tiges de maïs ou de paille de céréales ne semblaient pas être efficaces pour augmenter la teneur en matière organique du sol. De nouvelles théories de plus en plus acceptées suggèrent que la libération de composés facilement dégradés par les racines est beaucoup plus importante pour la construction de la matière organique du sol que les résidus de surface (Sokol et al., 2019) et que la matière organique qui s'accumule dans le sol est constituée des restes de la croissance microbienne (Lehmann & Kleber, 2015 ; Moukanni et al., 2022). Cela influencera le choix de l'espèce de culture de couverture et la manière dont la culture de couverture est gérée.

### Laisser pousser les mauvaises herbes reviendrait-il à planter une culture de couverture?

C'est une idée séduisante, puisque la croissance des mauvaises herbes est gratuite, mais il est peu probable qu'elle soit efficace. Outre le risque de constituer une banque de semences de mauvaises herbes et de créer une concurrence pour la culture suivante, la plupart des espèces de mauvaises herbes courantes présentent les mêmes inconvénients que les cultures annuelles : des cycles de vie courts, la priorité étant de produire autant de semences que possible plutôt que de restituer du carbone au sol grâce à une croissance extensive des racines.

Les composés organiques s'accumulent dans le sol de deux manières principales.

1. La matière organique particulaire (MOP) est constituée de petits morceaux composés principalement de parois cellulaires de bactéries et de champignons, ainsi que de quelques morceaux de plantes. Si ces particules flottent librement dans le sol, elles deviendront rapidement de la nourriture

pour la prochaine série de microbes, mais la MOP qui est intégrée au milieu d'un agrégat de sol est physiquement protégée de la dégradation – pensez à l'intérieur de l'agrégat comme étant protégé des attaques et de la consommation par les microbes (Figure 1).



**Figure 1. Les MOP à l'intérieur des agrégats du sol sont protégés de la dégradation par les bactéries et les champignons du sol.**

2. Le deuxième groupe de composés est celui qui se lie étroitement aux minéraux du sol. Cette « matière organique associée aux minéraux » est protégée parce que les liens avec les minéraux bloquent les endroits où les enzymes se fixent normalement au cours du processus de décomposition. Aucune de ces protections n'est permanente puisque les composés minéraux et organiques du sol sont toujours en mouvement, mais l'ajout de cultures de couverture et de cultures pérennes peut contribuer à modifier l'équilibre en faveur d'une plus grande quantité de carbone organique dans le sol.

### La racine de tout!

Pour les MOP et les matières organiques associées à des minéraux, une croissance rapide des racines et des taux élevés d'exsudation racinaire (libération de sucres et d'acides aminés à partir des surfaces surface des racines) sont importants (Poirier et al., 2018). Cependant, des questions subsistent quant à la manière dont l'architecture des racines affecte la stabilisation du carbone du sol affecte la stabilisation du carbone dans le sol. Les cultures à racines profondes, Les cultures à racines profondes, comparées aux racines fibreuses, contribueront différemment au carbone organique du sol.

- Les cultures à racines profondes contribueront probablement davantage à la matière organique associée aux minéraux parce qu'elles peuvent libérer des exsudats racinaires dans le sous-sol, en dessous de la profondeur de la plupart des activités microbiennes.



- Les racines fibreuses, en particulier celles des cultures associées à des champignons mycorhiziens, favorisent la formation d'agrégats dans le sol, contribuant ainsi à la formation d'une masse organique. d'agrégats dans le sol, ce qui contribue à la production et à la protection des MOP.

**La croissance des racines et les exsudats racinaires (substances organiques solubles sécrétées par les racines, telles que le phosphore, le fer, le plomb, etc. solubles sécrétées par la racine, telles que les sucres, les acides aminés, les acides organiques et les enzymes) ont un impact beaucoup plus important sur l'accumulation du carbone que la biomasse aérienne.** En règle générale, une biomasse aérienne vigoureuse soutiendra des systèmes racinaires étendus. Blanco-Canqui (2022) a constaté que biomasse aérienne inférieure à 2 T/ha entraînait une accumulation l'accumulation de carbone organique dans le sol était négligeable. Les mélanges de graminées et de dicotylédones (légumineuses et non-légumineuses) génèrent souvent plus de biomasse totale que les peuplements purs et ont des racines à différentes profondeurs, ce qui contribueront à la fois à la matière organique minérale (MOP) et à la matière organique associée aux minéraux.

Parmi les autres facteurs qui contribuent à l'accumulation de matière organique, outre la structure des racines, on peut citer:

Le moment de la cessation: pour une plus grande accumulation de carbone organique dans le sol, la culture de couverture doit être travaillée ou tuée par des herbicides pendant que les plantes sont encore végétatives - avant qu'elles ne commencent à réaffecter le carbone des racines aux fleurs et aux graines.

Teneur en matière organique sous-jacente : les zones à faible teneur en matière organique seront dominées par la matière organique associée aux minéraux en raison d'une activité microbienne intrinsèquement faible. Pour cette raison, les sols dégradés à faible teneur en matière organique réagissent souvent plus rapidement aux ajouts de MOP que les sols à teneur plus élevée en matière organique.

## 2. FORMATION D'AGRÉGATS POUR PROTÉGER LE CARBONE ORGANIQUE

Un élément clé de la séquestration du carbone organique dans le sol est la protection des composés organiques, en particulier des MOP, à l'intérieur d'agrégats où ils ne sont pas disponibles pour la dégradation par les organismes du sol (voir l'image d'agrégation de la page précédente). Les cultures de couverture renforcent ce processus, et leur impact est plus important que la quantité de carbone

organique qu'elles ajoutent au sol. Les agrégats se forment grâce à des processus chimiques, physiques et biologiques. L'action physique des racines qui poussent dans le sol et l'assèchement différentiel du sol autour de ces racines moulent et forment le sol en mottes. Les racines fines qui meurent, ainsi que les hyphes fongiques, forment un treillis qui aide à maintenir ensemble ces agrégats nouvellement formés. Les vers de terre et les arthropodes du sol sont soutenus par la nourriture fournie par les cultures de couverture en croissance - le microclimat sous la couverture en croissance est également plus confortable pour eux - et cela contribue également à la formation d'agrégats. Lorsque les vers de terre et les arthropodes du sol tels que les acariens, les collemboles et les coléoptères consomment la matière organique produite par la culture de couverture, ils contribuent à la décomposer en matière organique particulière qui est ensuite formée en agrégats. Les sécrétions produites lors du passage de la matière organique dans leur tube digestif contribuent également à ce processus. Ces sécrétions, ajoutées aux exsudats des racines et à d'autres excréments microbiennes, forment une « colle » efficace pour lier les agrégats entre eux. Les agrégats peuvent être facilement détruits par le travail du sol, c'est pourquoi la réduction du travail du sol à des fins récréatives, ou le passage au semis direct ou au semis simplifié, peut également contribuer à la formation d'agrégat.

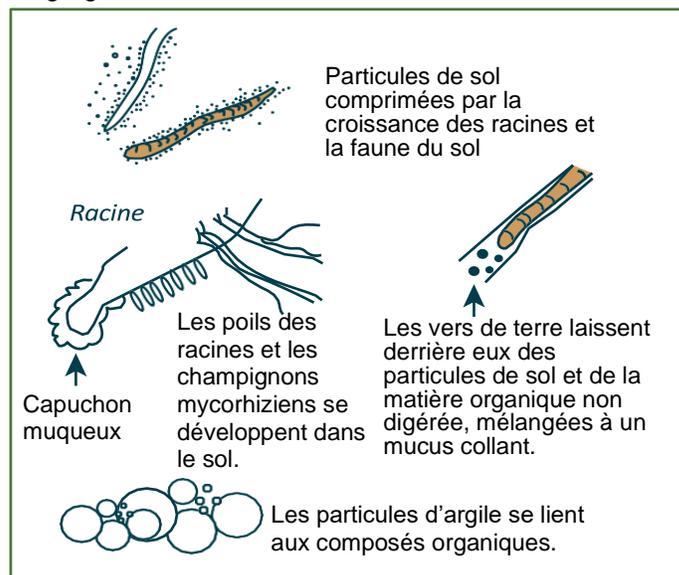


Figure 2. Les processus physiques et biologiques contribuent à la création d'agrégats stables dans le sol.

## 3. PRÉVENIR LA PERTE DE CARBONE ORGANIQUE

En cas d'érosion du sol, les sédiments transportés par le vent ou l'eau sont jusqu'à cinq fois plus riches en nutriments et en matières organiques que le sol laissé sur place. Les cultures de couverture protègent le sol pendant la période entre les cultures commerciales en couvrant la



surface du sol d'un paillis qui absorbe l'impact des gouttes de pluie et protège le sol des vents violents. L'effet de paillage de la partie supérieure des cultures de couverture protège le sol des cycles humide-sèche et gel-dégel qui rendent le sol plus vulnérable à l'érosion. Sous notre climat, cet effet est renforcé par l'emprisonnement de la neige dans les champs pendant l'hiver. Cela est immédiatement évident pour quiconque a vu la quantité de « saleté » (un mélange de neige et de terre) qui remplit les fossés à côté d'un champ labouré par rapport à un champ avec une culture de couverture.



**Figure 3 Saleté soufflée par le vent sur la neige**  
 Photo courtoisie de University of Minnesota Extension  
 ([https:// extension.umn.edu/yard-and-garden-news/keep-sniirt-out-your-garden-winter](https://extension.umn.edu/yard-and-garden-news/keep-sniirt-out-your-garden-winter))

## Intégration des cultures de couverture pour la séquestration du carbone dans votre système de culture

Pour la plupart des agriculteurs du Canada atlantique, le défi consiste à trouver une période suffisamment longue pour permettre une croissance vigoureuse des cultures de couverture dans des conditions météorologiques favorables. Le maintien d'une couverture végétale à tout moment où le sol serait autrement dénudé est une bonne chose et permet de préserver le carbone organique déjà présent et d'absorber les éléments nutritifs. Il faut toutefois garder à l'esprit qu'une culture de couverture qui accumule moins de 2 tonnes de matière sèche par hectare a peu de chances d'augmenter les réserves de carbone du sol. Voici quelques éléments à prendre en compte lors du choix d'une culture de couverture :

- A. Fenêtre de plantation : choisir une fenêtre de plantation offrant les meilleures chances de réussite. Par exemple, les cultures de couverture plantées pendant les mois d'été les plus secs, après une récolte précoce, s'établiront plus rapidement et auront une croissance plus précoce si elles sont plantées en semis direct plutôt qu'après un travail du sol, car l'humidité du sol est mieux conservée.
- B. Croissance rapide : choisissez une culture de couverture qui produira de grandes quantités de biomasse dans le laps de temps dont vous disposez.
- C. Maximiser les fenêtres de croissance : les cultures de couverture plantées à l'automne qui reverdissent au printemps continueront d'accumuler du carbone.

**Ne vous empressez pas d'y mettre fin, surtout si vous avez une date de plantation plus tardive pour votre culture commerciale.**

- D. Différents types et profondeurs d'enracinement : la diversité des structures d'enracinement permet d'accumuler le carbone de différentes manières et à différentes profondeurs du sol.
- E. Azote (N) résiduel dans le sol : Une plante dicotylédone non légumineuse, comme le radis oléagineux ou le navet fourrager, poussera bien dans un environnement riche en azote et mal si le sol est appauvri en N. Il faut tenir compte des crédits d'azote qui pourraient rester dans le sol. Tenez compte des crédits d'azote qui peuvent rester dans le sol, qu'ils proviennent d'une légumineuse, d'un reste de culture commerciale ou d'un épandage de fumier.
- F. Méthode et calendrier d'arrêt de la culture : La culture de couverture doit être synchronisée avec la culture commerciale. Lorsque vous choisissez une culture de couverture, gardez toujours à l'esprit comment et quand vous prévoyez de la terminer afin de ne pas gêner l'établissement de la culture commerciale suivante.

Il n'existe pas de « meilleure » culture de couverture, car les circonstances individuelles varient énormément. Les suggestions suivantes sont donc destinées à vous aider à réfléchir à des situations spécifiques.

Condition	Espèces de culture de couverture possible	Commentaires
Culture récoltée en été (blé d'hiver, céréales de printemps, légumes précoces, fraises après juin) suivie d'une culture semée au début du printemps (maïs grain).	Millet perlé Hybride de sorgho et de sudangrass	Ces cultures de couverture seront détruites par l'hiver et ne devraient donc pas nécessiter de travail du sol ou d'herbicide supplémentaire.
	Triticale - mélange de pois	
	Avoine, ou mélange d'avoine et de pois	.



Fumier appliqué sur des chaumes de céréales ou sur des légumes précoces à forte teneur en azote résiduel, suivi d'un maïs grain	Radis à l'avoine et à l'huile  Radis-pois à l'avoine et à l'huile  Moutarde brune	Ces cultures de couverture seront détruites par l'hiver.
Culture récoltée en été suivie de soja ou de légumes plantés tardivement	Seigle de céréales (seigle d'hiver, seigle d'automne)  Seigle de céréales - vesce velue  Seigle de céréales - radis oléagineux (si le sol contient beaucoup de N)	Le seigle et la vesce devront être éliminés au printemps, soit mécaniquement (c'est-à-dire par le travail du sol), soit avec des herbicides avant l'apparition des feuilles étendards
Soja ou maïs d'ensilage suivi de légumes plantés plus tard légumes	Seigle céréalier, à la volée dans soja avant la chute des feuilles ou semé dans les chaumes de maïs d'ensilage immédiatement après la récolte.	La croissance printanière la plus grande partie de la biomasse.  Il nécessitera une terminaison mécanique ou chimique.
Soja, maïs grain ou pommes de terre tardive, puis les céréales de printemps	Très faible probabilité d'une croissance de la culture de couverture dans le temps disponible.	

## SOMMAIRE

Les cultures de couverture qui génèrent une croissance vigoureuse, à la fois au-dessus et au-dessous du sol, augmentent les réserves de carbone organique dans le sol. Ce phénomène est bénéfique pour l'environnement car il élimine le carbone de l'atmosphère, mais il est également bénéfique pour votre sol, votre exploitation et vos cultures commerciales car il améliore la structure du sol, le cycle des nutriments, l'infiltration de l'eau et la disponibilité de l'eau dans le sol. Cela n'augmentera peut-être pas le rendement des cultures chaque année, mais cela fera une grande différence les années où le temps refuse de coopérer.

Prévoir d'inclure des cultures de couverture dans votre système de culture, mais prendre le temps de planifier où et quand elles conviendront pour en tirer le plus grand bénéfice.

## RÉFÉRENCES

- Blanco-Canqui, H. (2022). Les cultures de couverture et la séquestration du carbone : lessons from U.S. studies. *Soil Science Society of America Journal*, 86(3), 501-519. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/saj2.20378>
- Lehmann, J. et Kleber, M. (2015). La nature litigieuse de la matière organique du sol. *Nature*, 528(7580), 60-68. <https://doi.org/10.1038/nature16069>
- Moukanni, N., Brewer, K. M., Gaudin, A. C. M., & O'Geen A. T. (2022). Optimisation de la séquestration du carbone par les cultures de couverture dans les agroécosystèmes méditerranéens : Synthèse des mécanismes et implications pour la gestion [Review]. *Frontiers in Agronomy*, 4. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.844166>
- Poirier, V., Roumet, C. et Munson, A. D. (2018). La racine de la matière : Lien entre les traits racinaires et les processus de stabilisation de la matière organique du sol. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 246-259. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.02.016>
- Sokol, N. W., Kuebbing, S. E., Karlsen-Ayala, E., & Bradford, M. A. (2019). Preuve de la primauté des apports de racines vivantes, et non de la litière de racines ou de pousses, dans la formation du carbone organique du sol. *New Phytologist*, 221(1), 233-246. <https://doi.org/10.1111/nph.15361>
- Stott, D. E., Stroo, H. F., Elliott, L. F., Papendick, R. I. et Unger, P. W. (1990). Pertes de résidus de blé dans les champs en semis direct. *Soil Science Society of America Journal*, 54(1), 92-98. <https://doi.org/https://doi.org/10.2136/sssaj1990.03615995005400010014x>
- Wei, Y., Zhang, Y., Wilson, G. W., Guo, Y., Bi, Y., Xiong, X. et Liu, N. (2021). La transformation du carbone de la litière en matière organique stable du sol est facilitée par le piétinement des ongulés. *Geoderma*, 385, 114828.
- Williams, A., Scott Wells, M., Dickey, D. A., Hu, S., Maul, J., Raskin, D. T., Chris Reberg-Horton, S., & Mirsky, S. B. (2018). Établir la relation entre l'immobilisation de l'azote du sol et les résidus de seigle céréalier dans un système paillé. *Plant and Soil*, 426(1-2), 95-107. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3566-0>