



Indicateur de la matière organique du sol

Rapport sur les indicateurs agroenvironnementaux

La durabilité environnementale de l'agriculture canadienne

Année de recensement 2021



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada

Indicateur de la matière organique du sol

Rapport sur les indicateurs agroenvironnementaux, Année de recensement 2021

Statut: Couverture nationale, 1981 à 2021

Auteurs: D. Cerkowniak, B. G. McConkey, W. N. Smith et M. J. Bentham

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire, 2025

Version électronique disponible à publications.gc.ca

N° d'AAC 13325F

ISBN 978-0-660-97728-7

N° de catalogue A59-120/2026F-PDF

Also published in English under the title, Soil Organic Matter Indicator.

Consultez les [Indicateurs agroenvironnementaux sur agriculture.canada.ca](https://indicateurs.agroenvironnementaux.sur.agriculture.canada.ca) pour obtenir des renseignements sur cet indicateur et d'autres indicateurs agroenvironnementaux.

Pour de plus amples renseignements, consultez le www.agriculture.canada.ca ou composez sans frais le 1-855-773-0241.

Table des matières

Sommaire.....	1
La question et son importance	2
Indicateurs.....	3
Limites.....	5
Résultats et interprétation	6
Mesures d'intervention possibles	19
Glossaire	21
Références.....	24
Remerciments	25

Liste des figures

Figure 1 : Variation du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare, par année) au Canada en 2021.....	7
Figure 2 : Variation du carbone organique du sol des terres agricoles	9
Figure 3 : Changement cumulatif du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare) de 1981 à 2021	10
Figure 4 : Changement cumulatif du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare), par facteur, de 1981 à 2021 (Atlantique).....	11
Figure 5 : Changement cumulatif du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare), par facteur, de 1981 à 2021 (Colombie-Britannique)	11
Figure 6 : Changement cumulatif du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare), par facteur, de 1981 à 2021 (Centre du Canada)	12
Figure 7 : Changement cumulatif du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare), par facteur, de 1981 à 2021 (Prairies).....	12
Figure 8 : Changement cumulatif du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare), par facteur, de 1981 à 2021 (Canada)	13
Figure 9 : Valeur du carbone organique relatif du sol (CORS) pour le Canada en 2021.....	15
Figure 10 : Risque de dégradation de la teneur en carbone organique du sol en 2021.....	17

Liste des tableaux

Tableau 1 : Pourcentage de terres par catégorie de variation de la teneur en carbone organique du sol	8
Tableau 2 : Moyennes du taux de variation du COS et des teneurs en CORS pour les provinces et l'ensemble du Canada	14
Tableau 3 : Part des terres (pourcentage) situées dans chaque catégorie de l'indicateur du CORS en 2021	14
Tableau 4 : Combinaisons de catégories CCOS/CORS utilisées pour définir le risque de dégradation de la teneur en COS	16
Tableau 5 : Part des terres (pourcentage) situées dans chaque catégorie de combinaison de l'indicateur du CORS et de l'indicateur de CCOS en 2021	18

Sommaire

Le **carbone (C)**¹ est le fondement de tous les organismes vivants. C'est un élément essentiel à la santé et à la fertilité des sols. L'indicateur du carbone organique relatif du sol (CORS) estime à l'échelle du pays la teneur en carbone organique du sol (COS) par rapport à une valeur de référence établi, tandis que l'indicateur de changement du carbone organique du sol (CCOS) suit l'évolution temporelle de la teneur en carbone organique dans les sols agricoles canadiens. Ensemble, les deux indicateurs présentent un portrait utile de la santé du sol et une estimation de la quantité de **dioxyde de carbone (CO₂)** absorbé de l'atmosphère par les végétaux et séquestré sous forme de carbone organique dans les sols agricoles. Ils évaluent à la fois l'état et la tendance de la teneur en carbone organique dans les sols agricoles canadiens.

En 2021, la teneur moyenne en COS des terres agricoles canadiennes était en augmentation. Les sols agricoles canadiens ont retiré 22,4 millions² de tonnes de CO₂ de l'atmosphère en 2021 à la suite de changements dans la gestion des terres cultivées. Dans l'Ouest canadien, l'augmentation de la teneur en COS est due à la réduction de l'intensité du travail du sol et à l'augmentation de l'apport de carbone aux sols associée à la hausse de la productivité des cultures et à l'apport subséquent de carbone par les résidus de cultures, ainsi qu'à la diminution de la mise en jachère et à l'épandage de fumier. Cette augmentation a compensé les pratiques passées qui avaient entraîné une dégradation du sol et laissé de nombreux sols avec de très faibles teneurs en carbone organique. Cependant, dans les dernières années, les gains de carbone ont été partiellement contrebalancés par des pertes de COS dues à la conversion de pâturages cultivés et de prairies à faucher en cultures annuelles. Dans l'Est canadien, la conversion des cultures fourragères vivaces est en grande partie responsable de la diminution des teneurs en COS. Ces baisses sont en partie compensées par l'apport en carbone des résidus de culture, l'épandage de fumier et la diminution de l'intensité du travail du sol.

¹ Les termes contenus dans le glossaire (situé à la fin de la présente publication) sont en caractères gras la première fois qu'ils apparaissent dans le texte.

² Le puits de 22,4 mégatonnes (Mt) d'équivalent CO₂ (éq. CO₂) en 2021 correspond strictement à la quantité de carbone (en éq. CO₂) perdue ou séquestrée dans le sol. Ce chiffre ne tient pas compte des variations des stocks de carbone associées aux changements dans la biomasse vivante et la matière organique morte découlant de la conversion des terres forestières en terres cultivées et aux changements dans la biomasse ligneuse pérenne sur les terres cultivées, à l'exception des cultures ligneuses pérennes (arbres de Noël, vergers et vignobles). Lorsque ces autres changements sont pris en compte, le puits net pour 2021 est d'environ -17,6 Mt d'éq. CO₂ respectivement (Environnement et Changement climatique Canada, 2021).

La question et son importance

Le carbone est le fondement de la vie et le principal élément de la **matière organique du sol**. Il est capturé dans l'air par les végétaux en tant que CO₂ durant la **photosynthèse**. Une certaine quantité de carbone est emmagasinée dans les tissus des végétaux et dans les tissus des animaux qui consomment directement ou indirectement les végétaux. Après la mort et la **décomposition** de ces végétaux et animaux, la plus grande quantité de ce carbone est rapidement perdue dans l'atmosphère; toutefois, une petite quantité de carbone organique qui se décompose moins facilement est transformée en matière organique du sol. Au fil du temps, la matière organique s'accumule dans le sol jusqu'à l'atteinte d'un **niveau d'équilibre**. À ce stade, les apports nouveaux de carbone organique (provenant par exemple des tissus végétaux et animaux en putréfaction) sont compensés par les pertes dues à la décomposition. Notez que, dans le présent texte, les termes COS et matière organique du sol (MOS) sont utilisés de manière interchangeable, car on estime généralement que la MOS contient 58 % de carbone par masse ($COS = 0,58 * MOS$).

La MOS influence fortement de nombreux aspects importants de la qualité du sol. C'est un élément clé d'une bonne santé du sol. Avec les racines des végétaux, la MOS aide à fixer les particules du sol les unes avec les autres et elle stabilise la structure du sol, ce qui diminue la vulnérabilité du sol à l'érosion et améliore la capacité du sol à retenir et à transférer l'eau et l'air. Une bonne structure du sol est importante pour le maintien de l'état d'ameublissement (capacité d'être travaillé) et de la perméabilité du sol. La MOS emmagasine et fournit de nombreux **éléments nutritifs** nécessaires à la croissance des végétaux et des organismes du sol. Elle retient également des substances potentiellement nocives, comme les métaux lourds et les **pesticides**, diminuant ainsi leurs effets nocifs pour l'environnement. Enfin, elle agit en tant que réservoir de stockage (**puits**) pour le CO₂ capté dans l'atmosphère.

La perte de MOS contribue à la dégradation de la structure, à l'augmentation de la vulnérabilité à l'érosion et à la diminution de la fertilité du sol. Cela entraîne une réduction de la durabilité du sol, ce qui se traduit par une baisse du rendement des cultures.

La santé des ressources en sols du Canada est étroitement liée aux pratiques de gestion qui sont appliquées dans la culture et l'élevage, et les indicateurs de CCOS et du CORS sont des indicateurs clés de la santé des sols. L'évaluation des tendances de la teneur en COS au Canada nous permet d'améliorer notre compréhension des principaux facteurs influençant la santé du sol et des risques et possibilités connexes. Ces connaissances sont importantes pour le maintien de la capacité de production des terres, maintenant et à l'avenir, assurant ainsi la rentabilité et la durabilité du secteur agricole.

Les indicateurs de CCOS et du CORS sont des outils essentiels qui sont utilisés pour comprendre les tendances des émissions de **gaz à effet de serre (GES)** dans le secteur de l'agriculture au Canada et pour appuyer les efforts annuels de déclaration des GES du Canada en vertu de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (voir l'indicateur des gaz à effet de serre pour l'agriculture canadienne). Le Rapport d'inventaire national du Canada mesure les émissions de GES et les absorptions de carbone attribuables aux changements dans l'utilisation des terres en agriculture et en foresterie dans les secteurs de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (Environnement et Changement climatique Canada, 2020). Les indicateurs de CCOS et du CORS mettent en évidence les liens entre les changements dans les types de cultures et les pratiques de gestion des terres – comme la conversion à la culture **sans travail du sol**, la diminution de la **jachère**, la conversion des cultures annuelles en cultures de **plantes fourragères vivaces** et l'épandage de fumier – et la **séquestration** ou le rejet de dioxyde de carbone par les sols agricoles qui en résulte.

Les données de l'**indicateur agroenvironnemental** (IAE) concernant la teneur en COS et l'érosion sont utilisées par les intervenants de l'industrie agricole pour satisfaire aux exigences en matière de démonstration des critères de durabilité aux acheteurs, y compris les critères pour accéder au marché international. La tendance croissante des transformateurs et des détaillants à évaluer et à rendre compte de la durabilité de leurs chaînes d'approvisionnement agricoles, y compris des effets de leurs pratiques sur la santé des sols et les émissions de GES, illustre bien l'importance des indicateurs de CCOS et du CORS.

Indicateurs

L'indicateur de CCOS a été élaboré pour suivre l'évolution temporelle de la teneur en carbone organique dans les sols agricoles canadiens, d'après les méthodes utilisées pour le Rapport d'inventaire national du Canada (Environnement et Changement climatique Canada, 2020). L'indicateur utilise le modèle Century (National Resource Ecology Laboratory, 2007) pour prédire le taux de variation ou de changement de la teneur en carbone organique dans les sols agricoles canadiens lié aux effets des changements dans la gestion des terres depuis 1951. Ceux-ci comprennent les changements dans le travail du sol et les conversions entre cultures annuelles et pâturages ou cultures fourragères vivaces. La méthode d'état d'équilibre de niveau 2 du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) (GIEC, 2019) est utilisée pour estimer les effets de la production de cultures et l'apport subséquent de C des **résidus de cultures** sur le stockage du carbone dans les sols. Cette méthode tient en outre compte de la modification de la fréquence des mises en jachère au fil du temps, en prenant en considération les effets de l'absence ou de la présence de

jachères sur l'apport de carbone organique dans une région. Les effets de l'épandage de fumier sur les stocks de COS des terres occupées par les cultures annuelles sont estimés à l'aide des facteurs de rétention du C provenant du fumier. Ces facteurs correspondent à la proportion de C du fumier ajouté au sol qui est retenue par le sol au fil du temps (Liang *et al.*, 2020), et ils diffèrent en fonction du type d'animal dont le fumier provient et du type de fumier épandu (solide, liquide ou composté). De plus, l'indicateur prend en compte l'effet des changements dans l'affectation des terres sur les stocks de COS, particulièrement la conversion de prairies indigènes en terres cultivées et le défrichage de forêts pour l'agriculture, mais il ne prend pas en compte la perte de carbone par la **biomasse** aérienne et souterraine des forêts. Dans les régions où il n'y a eu aucun changement dans l'affectation ou la gestion des terres, il a été estimé que la teneur en COS n'avait pas varié.

La variation de la teneur en COS est un indicateur utile des tendances généralisées à long terme concernant la santé du sol. L'indicateur permet également d'estimer quelle quantité de CO₂ est absorbée de l'atmosphère par les végétaux et emmagasinée (ou séquestrée) sous forme de carbone organique dans les sols agricoles. Ainsi, en plus d'indiquer les changements dans la santé du sol, la variation de la teneur en COS donne une indication de l'élimination du CO₂ atmosphérique qui peut compenser les émissions de GES.

Les résultats de l'indicateur de CCOS sont présentés sous la forme de pourcentages du total des terres cultivées qui entrent dans chacune des cinq catégories de variation du COS exprimées en kilogrammes par hectare et par an (kg ha⁻¹ an⁻¹). Les valeurs négatives traduisent une perte de COS et les valeurs positives un gain de COS. Les cinq catégories sont définies de la manière suivante : Augmentation importante (gain de plus de 90 kg ha⁻¹ an⁻¹), Augmentation modérée (de 25 à 90 kg ha⁻¹ an⁻¹), Variation négligeable à faible (de -25 à 25 kg ha⁻¹ an⁻¹), Diminution modérée (de -25 à -90 kg ha⁻¹ an⁻¹) et Diminution importante (perte de plus de 90 kg ha⁻¹ an⁻¹).

Lorsque le sol est toujours bien géré, la teneur en MOS se stabilise et demeure sensiblement constante au fil du temps. Une augmentation la teneur en COS n'est pas nécessairement plus favorable qu'une situation stable. Toutefois, si le sol a été dégradé dans le passé, une augmentation importante de la teneur en COS est nettement souhaitable, car elle est le signe d'améliorations de la santé et des fonctions du sol. Toute perte de COS correspond à un rejet de CO₂ dans l'atmosphère et, par conséquent, n'est pas souhaitable. Par conséquent, les valeurs de prédilection pour cet indicateur vont de « aucune perte de carbone organique dans les sols agricoles à forte teneur en matières organiques » à « accumulation de carbone dans les sols dont la teneur en matière organique est actuellement faible ».

En plus de savoir à quelle vitesse le carbone s'accumule dans le sol, il est utile de disposer d'un moyen d'évaluer la santé et les fonctions du sol qui varient selon les différents types de climats et de sols. Un indicateur complémentaire, l'indicateur du CORS, a été élaboré en tant que mesure pouvant être utilisée pour comparer, à un moment donné, la teneur en COS pour différents climats et types de sol. Cet indicateur est calculé à l'aide du modèle Century avec des données provenant du Service d'information sur les sols du Canada (SISCan) [Groupe de travail sur les pédo-paysages du Canada, 2010] et les estimations de variations données par l'indicateur de CCOS. Le CORS est exprimé comme le rapport entre la teneur actuelle en COS et une valeur de COS de référence modélisée pour un pâturage permanent largement brouté. Cette teneur en COS de référence correspond à un sol en bonne santé pouvant assurer ses fonctions; toutefois, on ne peut présumer que cette référence traduit une teneur en COS atteignable pour la grande diversité des systèmes de culture et de pratiques de gestion qui existent dans le secteur agricole. Pour de nombreux systèmes de culture, l'atteinte de la teneur en COS de référence n'est ni faisable ni nécessaire.

Les valeurs résultantes de l'indicateur du CORS sont classifiées comme Très faible (< 0,55), Faible (de 0,55 à 0,7), Modérée (de 0,7 à 0,85), Élevée (de 0,85 à 1,0) et Très élevée (> 1,0). Étant donné que la teneur en COS des terres agricoles consacrées aux cultures annuelles est généralement plus faible que celle des terres cultivées utilisées comme pâturages permanents, on s'attend à ce que les valeurs de l'indicateur du CORS tombent dans la catégorie Modérée lorsque quelques périodes de **fourrage** ou de pâturage sont incluses dans le cycle de culture et lorsqu'il n'y a pas d'apport de matières organiques par les cultures couvre-sol, les engrais verts ou les déjections animales. Les régions dont les valeurs de l'indicateur du CORS sont dans les catégories Faible ou Très faible offrent des occasions d'augmenter la séquestration de carbone grâce à l'adoption de pratiques de gestion appropriées. Les régions avec de faibles valeurs de l'indicateur du CORS combinées à une diminution du COS présentent le plus grand risque de dégradation du sol.

Limites

L'indicateur de CCOS ne prend pas en compte l'érosion du sol. Celle-ci entraîne une diminution de la teneur en COS parce qu'elle enlève la partie de la couche de surface du sol qui est enrichie en carbone organique. Par conséquent, même des taux d'érosion du sol relativement faibles peuvent avoir des effets importants sur l'état du COS. C'est la raison pour laquelle, lorsqu'elle est considérée au niveau du champ, la variation de la teneur en COS dans le présent rapport diminue les pertes et accentue les gains.

L'indicateur du CORS doit être considéré comme plus incertain que l'indicateur de CCOS en raison des incertitudes liées aux valeurs du COS dans la base de données du SISCan.

Résultats et interprétation

À l'échelle du Canada, les améliorations dans la productivité des cultures et la gestion des exploitations agricoles ont entraîné le changement radical d'une situation où les teneurs en COS étaient relativement stables (apports = pertes) au début et au milieu des années 1980 à une situation où la majorité des terres cultivées ont vu leur teneur en COS augmenter à partir du début des années 1990 jusqu'à 2021 (figure 1, tableau 1).

Au Canada, 76 % des terres agricoles se situent dans les catégories Augmentation importante ou Augmentation modérée en 2021. Grâce à l'amélioration de la productivité des cultures, qui se reflète par une hausse de l'apport de carbone par les résidus de cultures, et des pratiques de gestion au cours de cette période, les terres cultivées ont stocké davantage de carbone et sont devenues un puits plus important pour le CO₂ atmosphérique. En 1981, les sols agricoles canadiens représentaient une source nette, perdant 4,2 mégatonnes (Mt) de CO₂ par année. Cependant, en 2006, les sols agricoles étaient devenus un puits représentant 30 Mt de CO₂ par année, et continuaient d'être un puits de 22,4 Mt de CO₂ par année en 2021. Au cours de cette période, la variation interannuelle du carbone du sol était en grande partie attribuable aux effets des conditions météorologiques sur la production des cultures et l'apport subséquent en C des résidus de culture (figure 2).

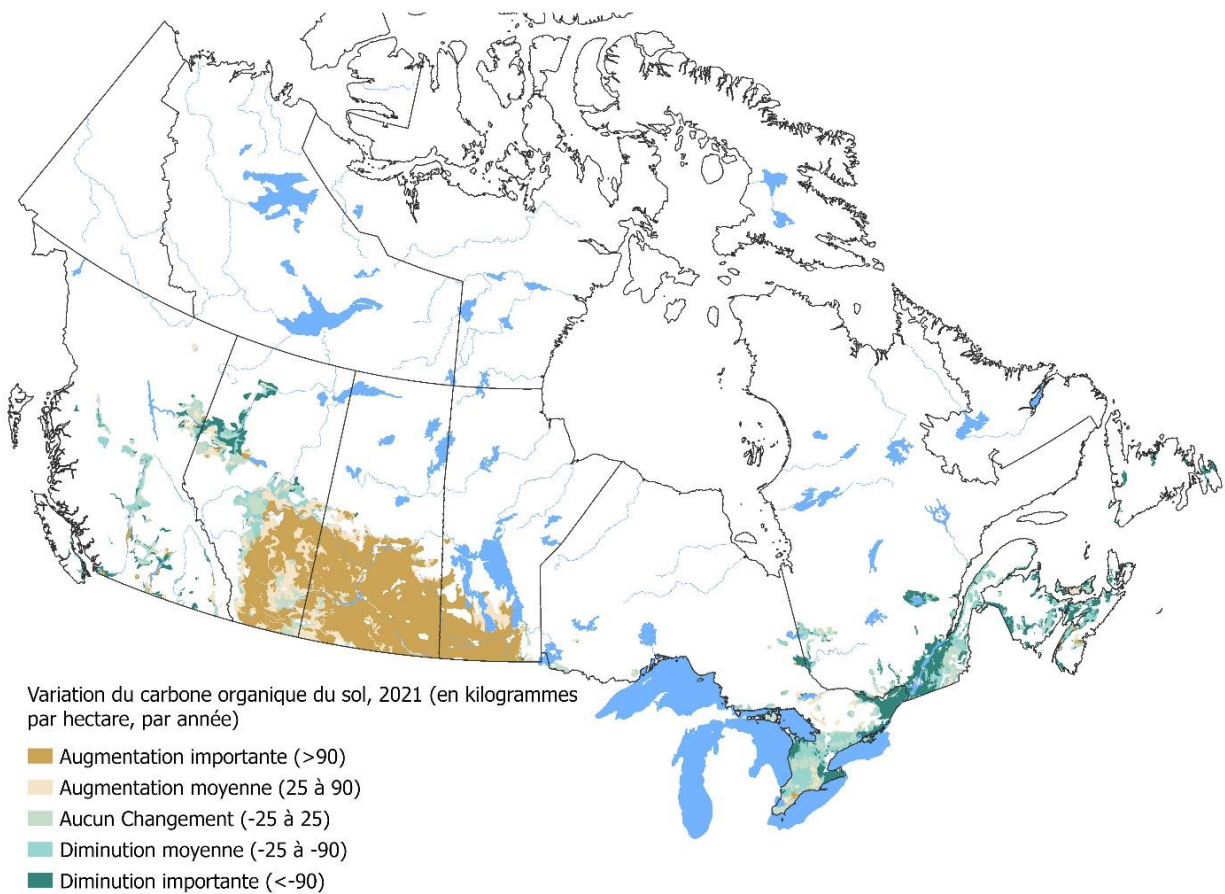


Figure 1 : Variation du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare, par année) au Canada en 2021

Tableau 1 : Pourcentage de terres par catégorie de variation de la teneur en carbone organique du sol (Remarque : mis en page au format tabloïd)

	Augmentation importante									Augmentation modérée									Variation négligeable à faible								
	Gain de plus de 90 kg ha ⁻¹ an ⁻¹									Gain de 25 à 90 kg ha ⁻¹ an ⁻¹									De -25 à 25 kg ha ⁻¹ an ⁻¹								
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	2011	2016	2021	1981	1986	1991	1996	2001	2006	2011	2016	2021	1981	1986	1991	1996	2001	2006	2011	2016	2021
C.-B.	12	5	11	33	26	35	7	28	6	35	23	24	24	30	16	28	25	18	40	36	39	27	28	29	39	35	34
MOYENNE DES PRAIRIES	1	14	50	48	64	76	69	70	74	13	27	25	37	24	11	21	17	15	46	39	20	14	10	6	7	9	6
Alb.	3	4	8	50	30	76	72	40	51	33	21	41	35	44	16	19	30	24	41	50	40	13	22	8	7	20	14
Man.	0	69	92	41	97	16	53	94	93	0	11	5	36	3	14	26	6	6	5	10	2	20	0	14	7	0	1
Sask.	0	9	70	48	82	91	70	87	87	1	35	19	39	14	7	22	9	11	59	37	9	13	4	2	7	3	2
MOYENNE DU CENTRE DU CANADA	1	1	2	1	0	1	1	1	1	12	24	16	17	4	9	9	6	5	31	39	30	29	18	26	31	16	22
Ont.	0	1	3	1	0	1	2	1	2	4	18	13	18	5	11	10	6	6	31	38	27	27	19	26	33	14	27
Qc	2	2	1	1	0	0	0	0	1	27	37	22	15	1	4	7	8	3	32	41	38	33	16	27	28	20	12
MOYENNE DE L'ATLANTIQUE	8	4	2	2	2	2	2	1	1	22	11	12	8	6	13	12	11	12	28	39	23	24	37	41	29	32	16
N.-B.	7	11	5	2	3	3	5	2	0	32	26	29	15	11	12	27	20	1	46	46	34	37	45	44	28	24	9
T.-N.-L.	1	1	1	1	1	0	0	0	0	4	2	4	0	2	1	0	1	1	8	10	0	3	1	2	2	2	0
N.-É.	18	2	1	5	4	2	2	1	3	36	7	7	11	6	13	8	8	3	31	32	23	28	18	27	16	22	11
Î.-P.-É.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	4	32	7	39	12	8	47	52	43	51	29
MOYENNE DU CANADA	1	12	42	41	54	65	58	60	62	13	26	24	34	21	11	20	16	14	43	39	22	16	12	9	11	11	9

	Diminution modérée									Diminution importante								
	Perte de -25 à -90 kg ha ⁻¹ an ⁻¹									Perte de plus de -90 kg ha ⁻¹ an ⁻¹								
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	2011	2016	2021	1981	1986	1991	1996	2001	2006	2011	2016	2021
C.-B.	10	26	21	11	10	12	17	7	25	3	11	4	6	7	8	10	5	17
MOYENNE DES PRAIRIES	33	19	4	1	1	4	1	3	2	7	2	1	0	1	3	2	1	2
Alb.	20	21	9	1	3	0	1	7	6	3	3	3	0	1	0	1	3	5
Man.	68	10	0	3	0	34	3	0	0	27	0	0	0	0	21	11	0	0
Sask.	35	18	1	1	0	0	1	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0
MOYENNE DU CENTRE DU CANADA	31	27	25	23	18	32	29	34	33	26	8	26	30	60	33	30	43	38
Ont.	33	35	30	27	18	37	35	39	37	32	8	27	27	59	26	21	40	28
Qc	25	10	14	16	20	21	19	23	25	14	9	25	35	63	47	46	49	59
MOYENNE DE L'ATLANTIQUE	35	37	45	43	34	25	31	30	27	7	9	18	22	22	19	25	26	43
N.-B.	13	11	18	29	27	27	23	26	25	2	6	13	16	14	15	17	28	64
T.-N.-L.	24	21	32	3	3	2	1	2	4	64	67	63	93	93	95	96	95	96
N.-É.	8	41	38	37	41	33	38	39	40	7	18	31	20	32	25	34	30	43
Î.-P.-É.	83	59	80	66	36	18	34	28	20	10	2	8	26	17	14	23	17	18
MOYENNE DU CANADA	32	20	8	5	4	8	5	7	7	9	3	5	4	9	7	6	7	7

Augmentation importante

Gain de plus de 90 kg ha⁻¹ an⁻¹

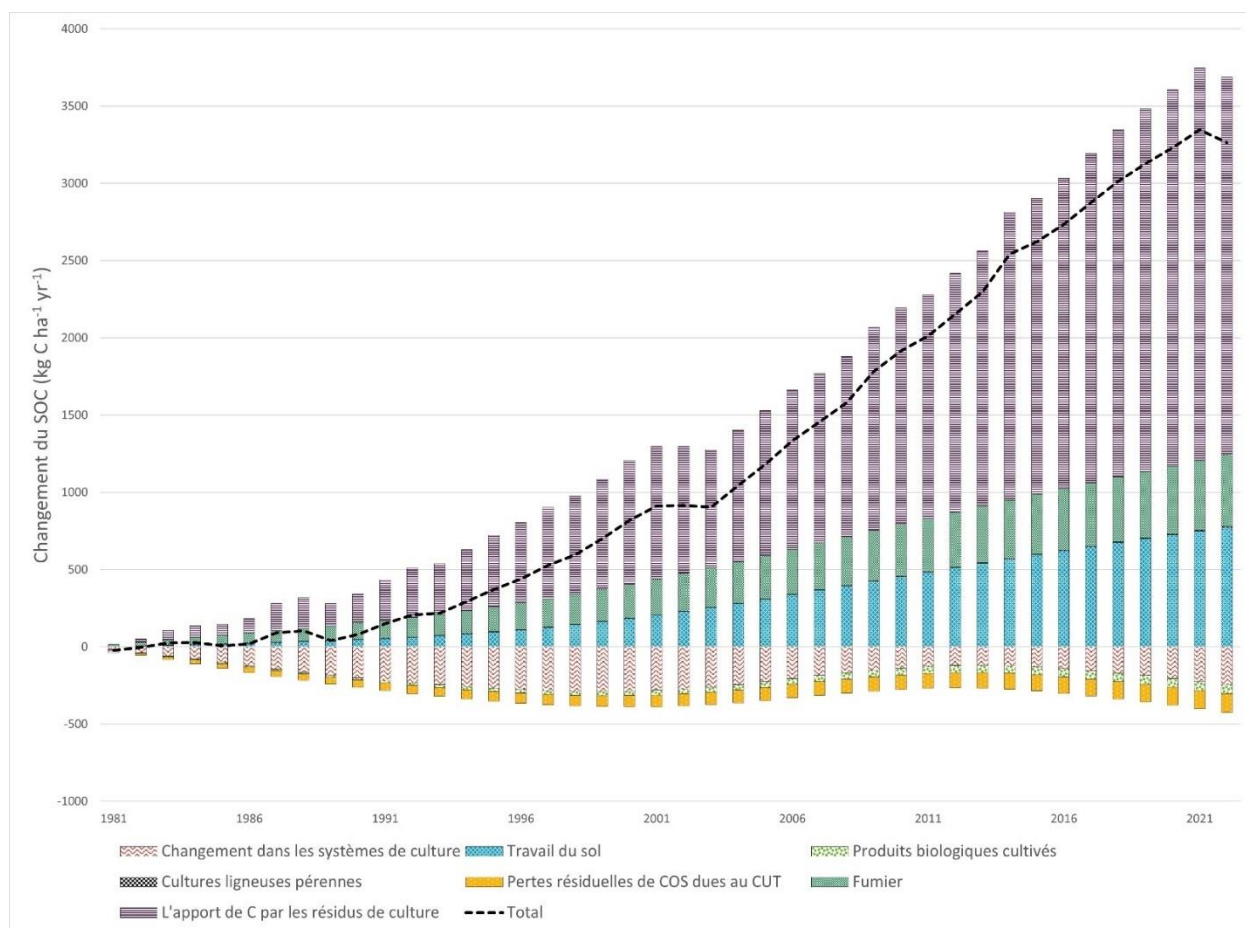


Figure 2 : Variation du carbone organique du sol des terres agricoles

La variation de la teneur en COS varie entre les différentes régions du pays. L'Ontario et les provinces situées plus à l'est ont connu une baisse générale de la teneur en COS de 1981 à 2021 en raison de la diminution de la superficie des prairies à faucher et des pâturages et de l'augmentation correspondante de la superficie des terres consacrées aux cultures annuelles (figure 3). Ce changement dans l'affectation des terres est dû en partie à la diminution des populations bovines dans ces provinces et à la réduction connexe de la demande en aliments pour animaux (Statistique Canada, 2017). Venant partiellement compenser ces émissions, des gains modérés en COS ont été réalisés grâce à l'augmentation de l'apport de C par les résidus de culture, à l'épandage de fumier et à l'adoption de pratiques de **travail de conservation du sol** (figure 4). Dans l'Est canadien, les gains de carbone associés au travail de conservation du sol sont les plus élevés en Ontario et au Québec, tandis que dans le Canada atlantique les gains ont été limités parce que ce type de travail du sol a été adopté dans une moindre mesure en raison des conditions climatiques plus fraîches et plus humides qui y

prévalent. Les provinces des Prairies et la Colombie-Britannique ont connu des augmentations du COS en raison de la réduction de l'intensité du travail du sol, de l'augmentation de l'apport de C par les résidus de culture associés à la hausse de la productivité des cultures, de la diminution de la mise en jachère et de l'épandage de fumier (tableau 1; figure 3). L'augmentation des terres consacrées aux cultures vivaces de foin dans les années 1980 et au début des années 2000 a également contribué à la hausse des teneurs en COS. Toutefois, depuis 2006, il y a également eu une perte de prairies à faucher et de pâturages et une augmentation de la conversion en cultures annuelles. La perte de prairies à faucher et de pâturages est attribuée en partie à la diminution des populations bovines au cours de cette période et à la diminution connexe de la demande en aliments pour animaux.

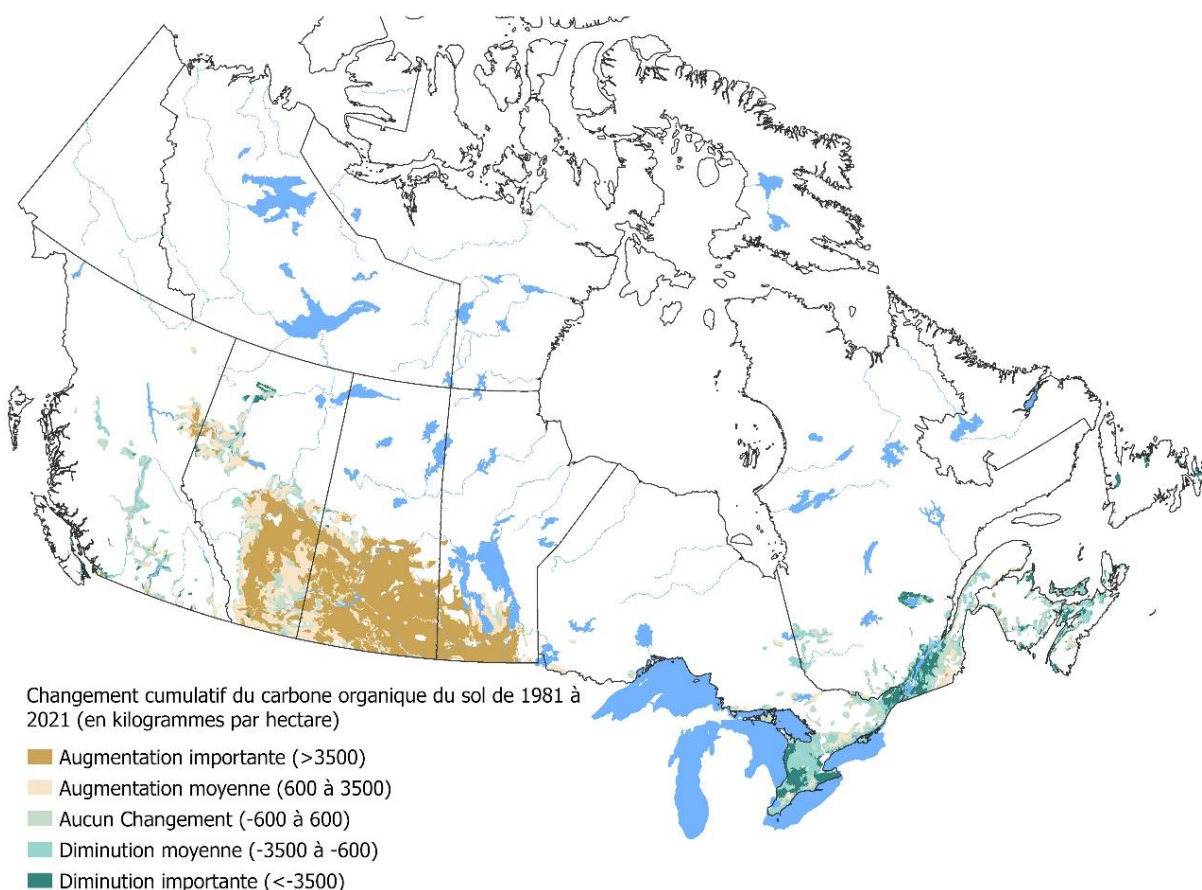


Figure 3 : Changement cumulatif du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare) de 1981 à 2021

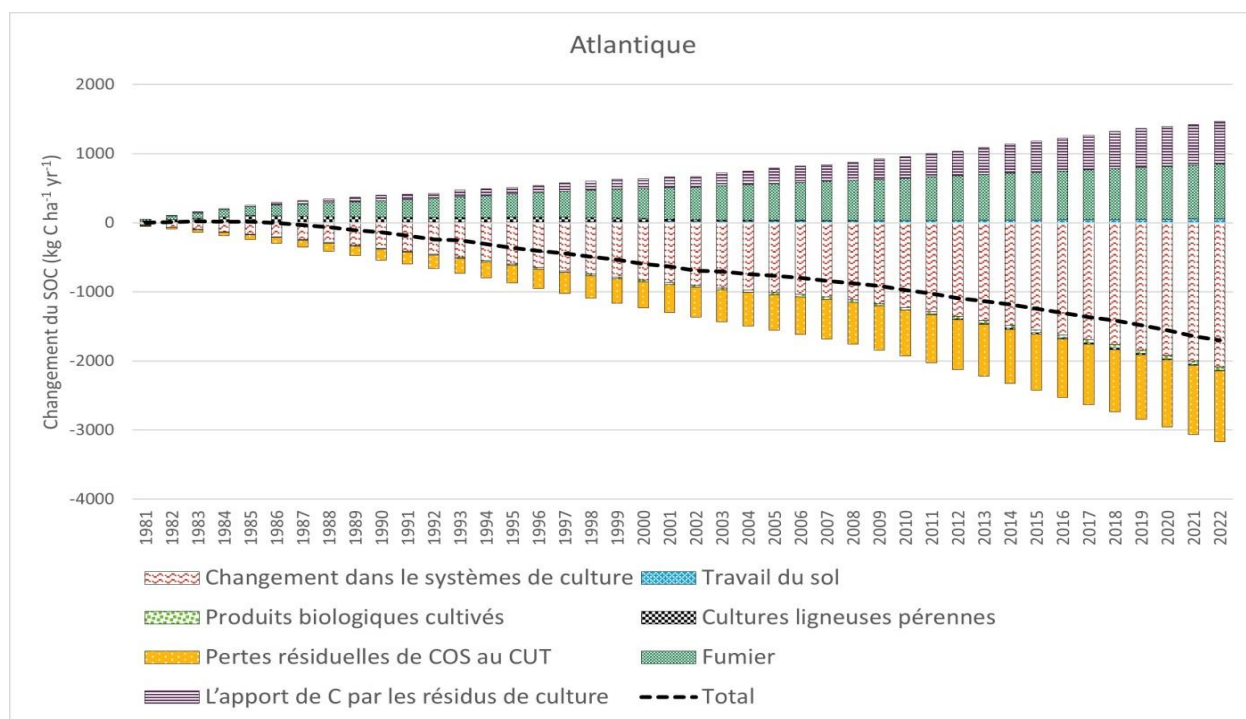


Figure 4 : Changement cumulatif du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare), par facteur, de 1981 à 2021 (Atlantique)

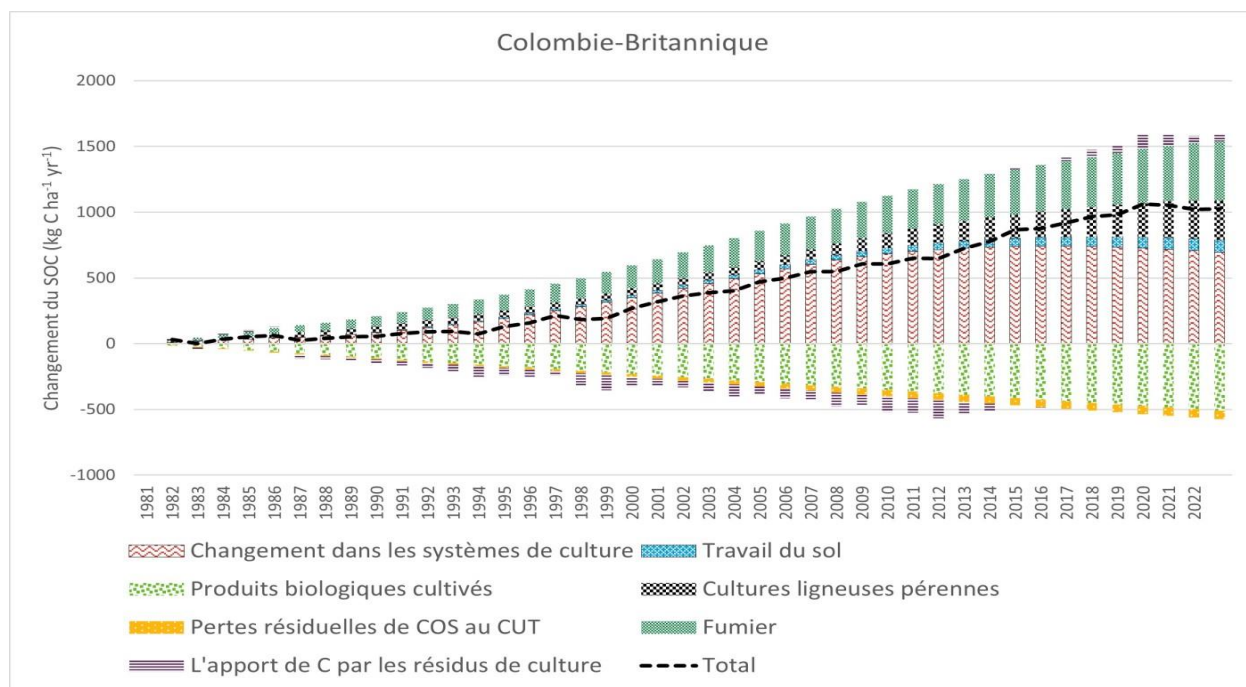


Figure 5 : Changement cumulatif du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare), par facteur, de 1981 à 2021 (Colombie-Britannique)

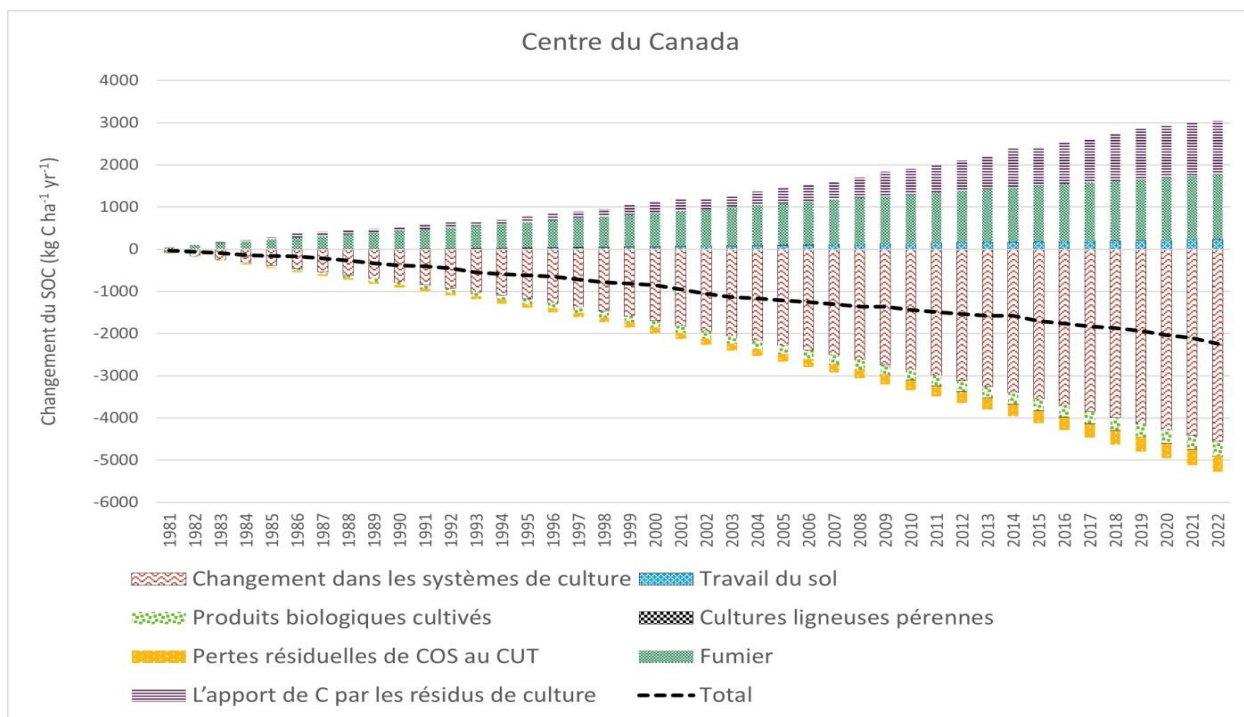


Figure 6 : Changement cumulatif du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare), par facteur, de 1981 à 2021 (Centre du Canada)

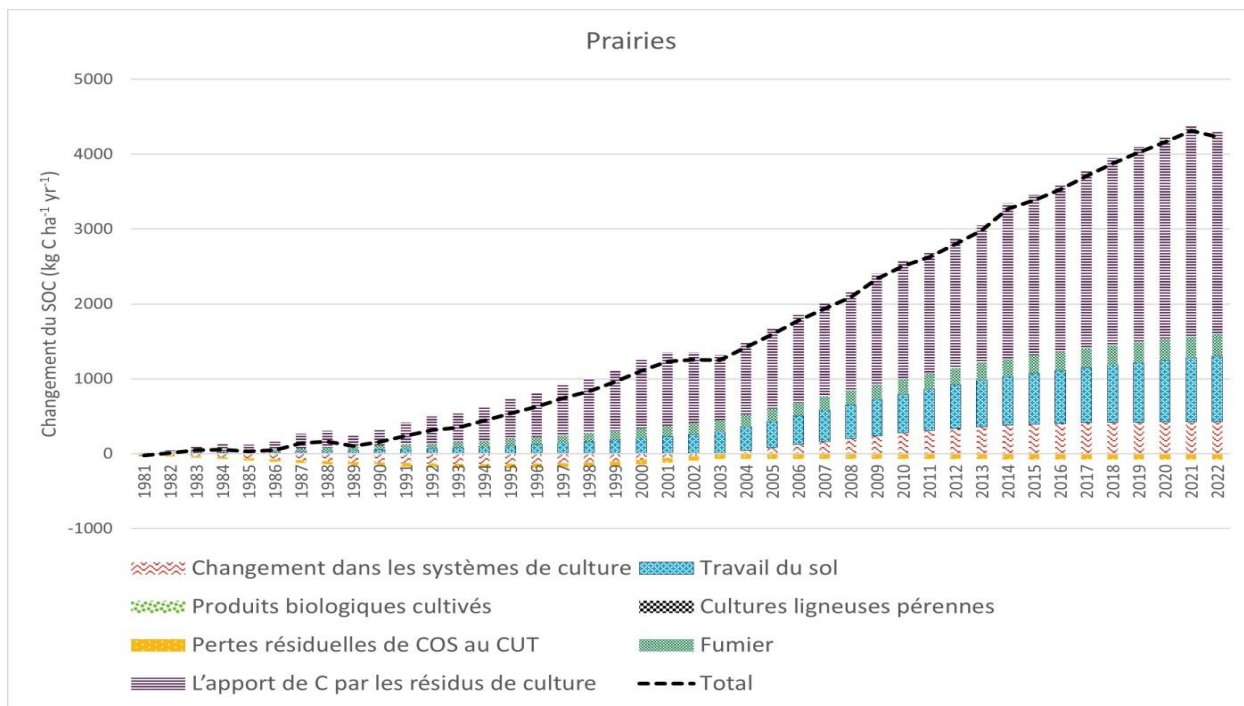


Figure 7 : Changement cumulatif du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare), par facteur, de 1981 à 2021 (Prairies)

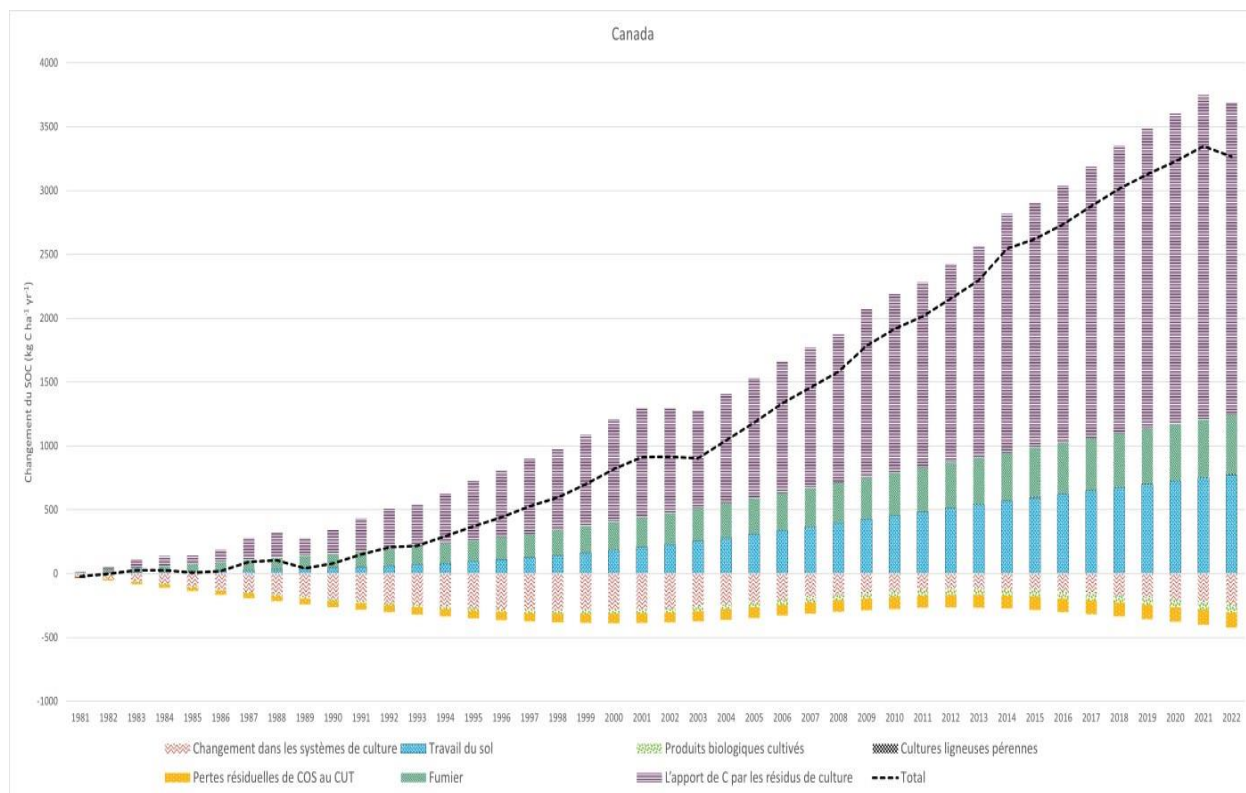


Figure 8 : Changement cumulatif du carbone organique du sol (en kilogrammes par hectare), par facteur, de 1981 à 2021 (Canada)

La valeur moyenne de l'indicateur du CORS pour les terres agricoles canadiennes en 2021 était de 0,79 (tableau 2). Tandis que dans la plupart des terres agricoles des Prairies, du Québec et du Canada atlantique les valeurs de l'indicateur du CORS se situent dans la plage Modérée à Élevée (tableau 3), on trouve d'importantes régions avec des valeurs faibles ou très faibles ($< 0,7$) dans le sud-ouest de l'Ontario, le centre-sud des Prairies, de grandes parties du nord de l'Alberta et de la Colombie-Britannique, et dans certaines parties des provinces de l'Atlantique (figure 5).

Tableau 2 : Moyennes du taux de variation du COS et des teneurs en CORS pour les provinces et l'ensemble du Canada

Région	Variation du carbone organique du sol (kg ha ⁻¹ an ⁻¹)									Carbone organique relatif (COS actuel/COS de référence modélisé)	
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	2011	2016	2021	1981	2021
C.-B.	29	-14	8	61	40	50	-1	45	-25	0,68	0,69
Moyenne des Prairies	-18	23	86	84	124	186	128	143	148	0,77	0,81
Alb.	6	0	24	92	61	170	165	64	81	0,77	0,79
Man.	-74	114	195	70	212	-54	73	204	210	0,86	0,91
Sask.	-23	19	107	82	149	255	113	187	183	0,75	0,80
Moyenne du centre du Canada	-44	-11	-45	-49	-143	-64	-58	-89	-93	0,74	0,71
Ont.	-58	-18	-52	-43	-116	-46	-41	-84	-65	0,64	0,61
Qc	-18	5	-31	-61	-198	-102	-92	-98	-148	0,94	0,91
Moyenne de l'Atlantique	-6	-24	-49	-55	-56	-41	-55	-61	-89	0,73	0,70
N.-B.	24	11	-12	-32	-35	-32	-35	-60	-140	0,79	0,77
N.-É.	35	-47	-72	-48	-85	-58	-75	-69	-92	0,63	0,59
Î.-P.-É.	-65	-31	-58	-75	-40	-20	-42	-39	-16	0,75	0,73
T.-N.-L.	-167	-188	-203	-295	-322	-396	-425	-416	-451	0,75	0,60
	-21	17	66	65	85	148	99	108	110	0,76	0,79

Tableau 3 : Part des terres (pourcentage) situées dans chaque catégorie de l'indicateur du CORS en 2021

Région	Très élevé	Élevé	Modéré	Faible	Très faible
C.-B.	3	25	20	12	39
Prairies	6	39	27	21	7
Alb.	2	41	28	21	8
Sask.	5	36	29	22	7
Man.	21	44	17	16	1
Centre du Canada	12	8	16	33	31
Ont.	1	4	14	43	38
Qc	34	17	19	15	15
Atlantique	1	3	55	26	15
N.-B.	2	9	65	23	1
N.-É.	3	0	14	38	45
Î.-P.-É.	0	0	84	16	0
T.-N.-L.	9	2	2	51	36
Canada	6	35	26	22	11

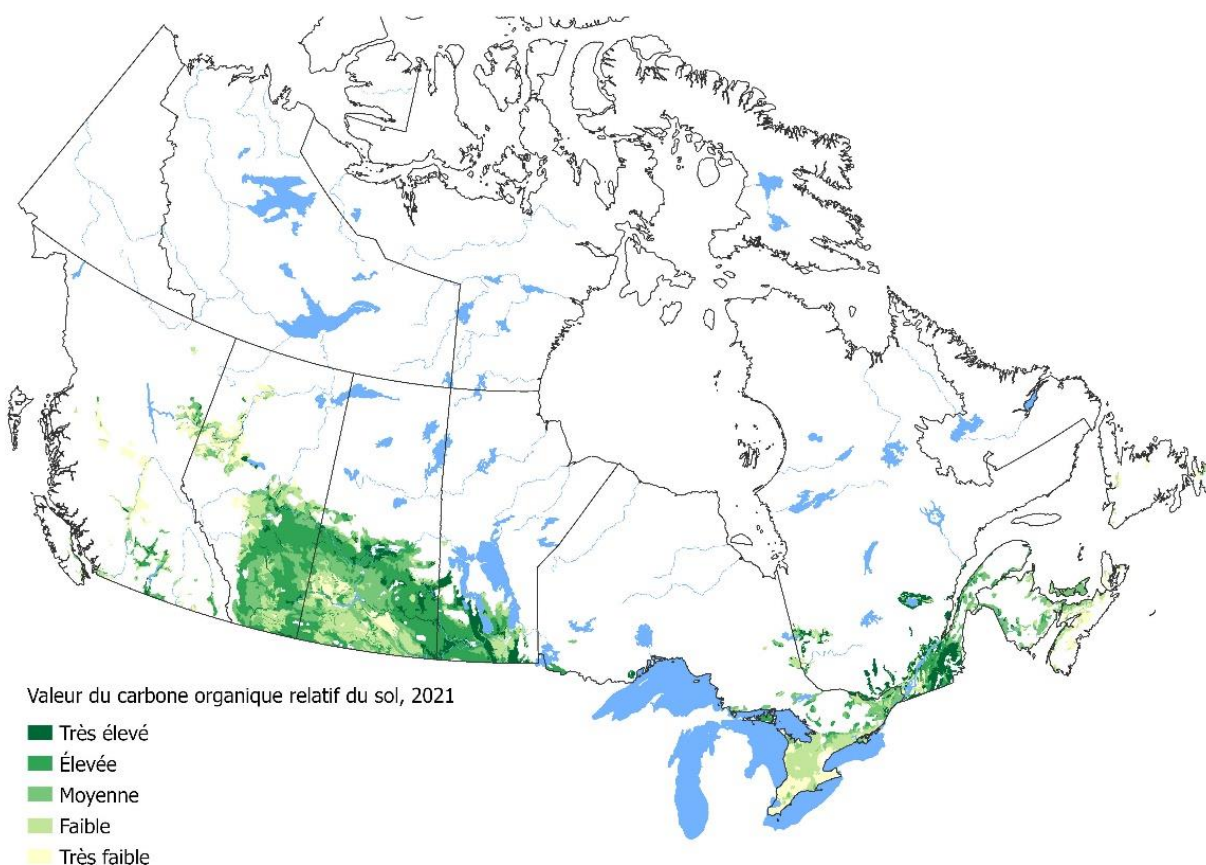


Figure 9 : Valeur du carbone organique relatif du sol (CORS) pour le Canada en 2021

Ensemble, les indicateurs du CORS et de CCOS fournissent des renseignements sur le risque global de dégradation de la teneur en COS. La combinaison des catégories des deux indicateurs utilisée pour déterminer les catégories de risque de dégradation de la teneur en COS est présentée dans le tableau 4. Les régions dont les valeurs de l'indicateur du CORS se situent dans les catégories Faible et Très faible et sont combinées avec une teneur en COS en diminution (cellules en rouge) sont à risque élevé de dégradation du sol et suscitent la plus vive inquiétude à propos de la qualité de leurs sols en ce qui concerne la teneur en COS. Ces régions sont énumérées dans le tableau 5 et peuvent également être visualisées dans la figure 10.

Tableau 4 : Combinaisons de catégories CCOS/CORS utilisées pour définir le risque de dégradation de la teneur en COS

Risque de dégradation de la teneur en carbone organique du sol					
CCOS	CORS				
	Très faible	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé
Diminution importante					
Diminution modérée					
Aucun changement					
Augmentation modérée					
Augmentation importante					

Légende
Risque de dégradation du sol

Élevé

Modéré

Faible

Très faible

En 2021, plus de la moitié des terres cultivées du centre et de la région de l'Atlantique du Canada présentaient un risque élevé de dégradation (tableau 5). Dans les Prairies, la majorité des terres cultivées présentent un risque très faible à faible de dégradation du sol en raison de l'augmentation des teneurs en COS la plupart des années depuis 1981. En Colombie-Britannique, près de la moitié des terres cultivées présentent un risque très faible à faible de dégradation du sol, le reste des terres présentant un risque modéré à élevé.

La dégradation de la **structure du sol** qui se traduit par un ameublissement médiocre et de faibles capacités d'infiltration est probablement le premier signe indiquant que les teneurs en COS sont plus faibles que souhaité. Les effets de la dégradation sont plus visibles sur les sols sableux et argileux. Les sols avec une faible teneur en CORS ont le plus grand potentiel d'amélioration grâce à l'adoption de pratiques de gestion qui augmentent les teneurs en COS. Dans les provinces des Prairies, 28 % des terres se classaient dans les catégories Très faible et Faible du CORS en 2021, et la majorité de ces terres présentaient des teneurs en COS en hausse. Les teneurs en COS étaient en baisse dans 14 % des terres affichant des valeurs de CORS faibles ou très faibles dans les Prairies.

Dans l'Est canadien, la majorité des terres présentant des valeurs de CORS élevées ou très élevées perdent elles aussi du COS. Cette situation n'est pas aussi inquiétante du point de vue de la santé des sols que la perte de COS combinée à de faibles valeurs de CORS. En 2021, 45 % des terres dans le centre du Canada et 35 % des terres dans le

Canada atlantique présentait des valeurs de CORS faibles ou très faibles ainsi qu'une baisse des teneurs en COS. La perte de COS dans les sols ayant des valeurs élevées de CORS est associée à des changements dans l'agriculture, notamment pour passer des systèmes fondés sur le bétail et le fourrage aux céréales et aux **oléagineux**.

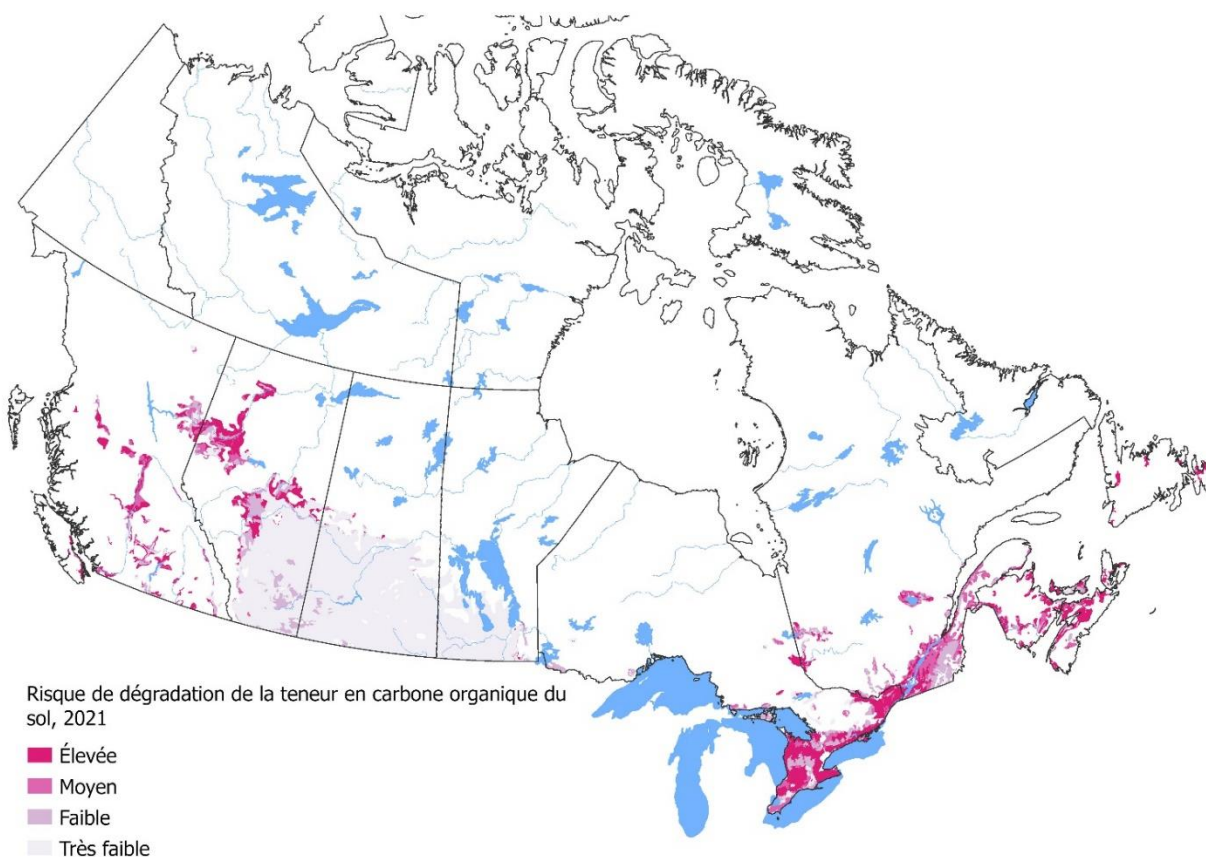


Figure 10 : Risque de dégradation de la teneur en carbone organique du sol en 2021

Tableau 5 : Part des terres (pourcentage) situées dans chaque catégorie de combinaison de l'indicateur du CORS et de l'indicateur de CCOS en 2021
(Remarque : mis en page au format tabloïd)

	Plus de 90 kg ha ⁻¹ an ⁻¹					De 25 à 90 kg ha ⁻¹ an ⁻¹					De -25 à 25 kg ha ⁻¹ an ⁻¹					De -25 à -90 kg ha ⁻¹ an ⁻¹					Perte de plus de -90 kg ha ⁻¹ an ⁻¹				
	Catégorie de l'indicateur du CORS					Catégorie de l'indicateur du CORS					Catégorie de l'indicateur du CORS					Catégorie de l'indicateur du CORS					Catégorie de l'indicateur du CORS				
	Très faible	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	Très faible	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	Très faible	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	Très faible	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	Très faible	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé
C.-B.	1	2	1	2	0	6	2	3	6	1	10	2	6	15	1	14	3	6	2	0	8	3	5	1	0
PRAIRES	4	15	23	27	5	0	2	4	9	0	1	2	0	3	0	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0
Alb.	0	8	22	20	0	1	3	5	15	0	2	4	1	6	1	2	4	0	0	0	3	2	0	0	0
Sask.	7	21	26	28	5	0	1	3	7	0	0	0	0	2	0	S.O.	0	0	S.O.	S.O.	0	0	0	S.O.	S.O.
Man.	1	15	15	43	19	S.O.	1	2	1	2	0	1	0	0	0	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	0	0	0	S.O.	S.O.
CENTRE DU CANADA	0	1	0	0	0	1	2	1	1	0	6	9	1	2	3	12	10	6	2	4	12	11	7	4	5
Ont.	0	1	1	0	0	1	4	1	1	0	9	13	1	3	0	17	15	5	0	0	11	10	7	0	0
Qc	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	9	0	1	9	5	10	14	12	8	11	13
ATLANTIQUE	0	0	0	0	0	0	0	11	S.O.	0	1	3	13	0	0	6	11	8	2	1	8	10	23	1	1
N.-B.	0	0	0	S.O.	S.O.	S.O.	0	1	S.O.	S.O.	S.O.	1	8	0	0	0	9	9	6	0	1	13	46	3	1
N.-É.	2	1	0	S.O.	0	1	1	0	S.O.	0	2	7	2	S.O.	S.O.	18	14	6	S.O.	2	23	15	6	S.O.	S.O.
Î.-P.-É.	S.O.	S.O.	0	0	S.O.	S.O.	S.O.	32	S.O.	S.O.	S.O.	2	27	S.O.	S.O.	S.O.	11	8	S.O.	S.O.	S.O.	2	16	S.O.	S.O.
T.-N.-L.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	1	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	2	S.O.	S.O.	2	36	49	2	2	6
CANADA	3	13	19	22	4	1	2	3	8	0	2	3	1	3	1	2	3	1	0	0	3	2	1	1	1

La somme des totaux des rangées n’est peut-être pas de 100 % en raison de l’arrondissement.

Le chiffre 0 équivaut à moins de 0,5 % de la superficie des terres agricoles.

Mesures d'intervention possibles

Dans l'ensemble, la santé des sols du Canada s'améliore en ce qui concerne le COS. L'adoption de pratiques de gestion améliorées, comme la réduction de l'utilisation de la jachère et le **travail réduit du sol**, est un moyen valable de corriger les faibles teneurs en COS. Il y a toutefois des régions où des baisses importantes du COS se sont produites. Dans les régions à l'est des Prairies, cette diminution est le résultat inévitable de la conversion des pâturages et des prairies de fauche à des cultures annuelles plus intensives. La persistance de cette tendance pendant au moins cinq décennies a entraîné la diminution continue de la teneur en carbone organique dans le sol.

Dans les cas de cultures horticoles ou racines laissant peu de résidus et qui poussent avec de faibles teneurs en COS, il est important d'inclure dans la rotation des cultures qui laissent beaucoup de résidus. De plus, l'épandage de fumier sur un sol à faible teneur en COS peut augmenter celle-ci et améliorer rapidement la santé et la productivité du sol.

Le défrichage pour augmenter la superficie des terres de culture se poursuit dans une certaine mesure et entraîne des pertes de carbone dans toutes les provinces. De la même manière, la conversion de prairies indigènes ou de prairies à faucher vivaces à long terme en terres cultivées entraîne la perte de COS et est manifeste en Alberta et en Saskatchewan. Le bien-fondé à long terme de la conversion de ces terres souvent marginales en terres en culture doit être soigneusement évalué. La plantation active d'arbres dans les zones riveraines et l'établissement ou le rétablissement de brise-vent sont autant de mesures que les agriculteurs peuvent mettre en œuvre pour augmenter la séquestration de carbone et fournir d'autres avantages connexes tels que la réduction de l'érosion des sols, ainsi que l'amélioration de l'habitat des pollinisateurs et de la résistance face aux inondations.

Les approches de gestion de la teneur en COS doivent être adaptées à l'état de cette dernière pour la région visée. Dans les cas de sols ayant des teneurs en carbone organique relativement faibles en raison de pratiques de gestion antérieures, une analyse exhaustive doit être effectuée afin de déterminer les méthodes pouvant être employées pour augmenter la teneur en COS. Ralentir ou inverser la perte de COS est particulièrement important pour les sols ayant de faibles valeurs en ce qui a trait à l'indicateur du COS. La diminution de l'érosion est un préalable à l'augmentation de la teneur en carbone organique dans ces sols. D'autres méthodes acceptables peuvent être l'utilisation de cultures couvre-sol, l'utilisation périodique de plantes fourragères vivaces, l'incorporation de fumier et le travail réduit du sol. Il faut également envisager de retirer complètement les terres marginales fortement érodées de la production agricole.

Pour les sols dont la teneur en carbone organique est relativement élevée, il est nécessaire d'empêcher les pertes nuisibles de COS. Pour ces sols, la diminution de l'érosion est le moyen le plus efficace de maintenir la teneur en COS. Le retour des résidus de culture dans le sol et l'inclusion dans la rotation de cultures laissant beaucoup de résidus sont également importants pour le maintien des teneurs en COS.

Glossaire

Biomasse. Masse totale des espèces ou d'un groupe d'espèces par unité de surface; total de la masse de toutes les espèces dans une communauté.

Carbone (C). Élément présent dans toutes les matières d'origine biologique.

Culture couvre-sol. Culture secondaire produite après la culture principale ou établie entre les rangs de la culture principale afin de fournir une couverture de protection destinée à restreindre l'érosion du sol et le lessivage des éléments nutritifs.

Culture fourragère. Graminées ou légumineuses cultivées pour l'alimentation des animaux d'élevage; elles peuvent être conservées sous forme de foin sec ou d'ensilage humide, enfouies dans le sol comme engrais vert ou pâturées. On parle aussi de fourrage et de plantes fourragères.

Décomposition. Fractionnement de matières organiques complexes en des matières plus simples par des microorganismes.

Dioxyde de carbone (CO₂). Gaz à effet de serre important produit par la décomposition de la matière organique dans les sols dans des conditions d'oxydation; également produit par le brûlage des combustibles fossiles. Il est un des trois principaux gaz à effet de serre d'origine agricole (avec le CH₄ et le N₂O).

Élément nutritif. Substance dont un organisme vivant a besoin pour croître et se développer. L'azote, le phosphore et le potassium sont des éléments nutritifs essentiels aux cultures.

Gaz à effet de serre (GES). Les gaz à effet de serre absorbent et piègent la chaleur dans l'atmosphère, et causent le réchauffement de la Terre. Certains sont présents naturellement dans l'atmosphère, tandis que d'autres découlent de l'activité humaine. Les gaz à effet de serre comprennent le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau, le méthane, l'oxyde nitreux, l'ozone, les chlorofluorocarbures, les hydrofluorocarbures et les perfluorocarbures.

Indicateur agroenvironnemental. Mesure d'un paramètre, d'un risque ou d'un changement environnemental important qui est attribuable à l'agriculture ou mesure des pratiques de gestion qu'appliquent les producteurs.

Jachère. Terme général et catégorie d'utilisation des terres agricoles du **Recensement de l'agriculture** qui désigne une terre arable qu'on laisse reposer au moins un an, principalement pour conserver l'humidité du sol, mais dont on détruit les mauvaises herbes en la travaillant ou en y appliquant des herbicides.

Matière organique du sol. Matière carbonée du sol issue d'organismes vivants.

Niveau d'équilibre. Condition stable qui ne varie pas au fil du temps ou dans laquelle le changement dans une direction est continuellement équilibré par un changement dans l'autre direction.

Oléagineux. Graines ou cultures produites principalement pour leur huile dont font partie le lin, le canola et le colza, le soja, le carthame et le tournesol.

Pâturage cultivé. Catégorie d'utilisation des terres agricoles du Recensement de l'agriculture désignant un pâturage qui a été amélioré par des pratiques de gestion, comme la culture, le drainage, l'irrigation, la fertilisation, l'ensemencement ou la pulvérisation d'herbicides. Également appelé « pâturage amélioré » et « pâturage ensemencé ».

Pesticide. Produit chimique naturel ou synthétique servant à éliminer les ravageurs ou à lutter contre ceux-ci. Les pesticides englobent les herbicides, les insecticides, les fongicides, les nématicides, les rodenticides et les acaricides.

Photosynthèse. Processus par lequel les végétaux transforment le dioxyde de carbone et l'eau en glucides et en d'autres composés en utilisant l'énergie solaire absorbée par leur chlorophylle.

Plantes fourragères vivaces. Graminées et légumineuses cultivées principalement pour le pâturage ou l'ensilage, qui repoussent chaque printemps à partir de la racine des plantes de la saison de croissance précédente.

Puits. S'agissant des sols, renvoie à leur capacité d'assimiler des substances, puis de les retenir ou de les fournir pour permettre la croissance aérienne et souterraine des végétaux.

Résidus de culture. Matière végétale restant au champ après la récolte (feuilles, tiges, racines).

Sans travail du sol. La culture sans travail du sol consiste à semer directement dans le sol sans avoir recours ni à un semoir spécial ni à un travail du sol primaire ou secondaire après la récolte de la culture précédente. On parle aussi de semis direct.

Séquestration/séquestré. Stocké séparément. On appelle carbone séquestré le carbone retiré de l'atmosphère et stocké dans le sol sous forme de matière organique.

Structure du sol. Ensemble des propriétés physiques du sol liées à l'organisation et à la stabilité des particules, des agrégats et des pores.

Terres cultivables. Catégorie d'utilisation des terres agricoles du **Recensement de l'agriculture** qui comprend la superficie totale des terres servant aux grandes cultures et à la culture de fruits, de légumes, de produits de pépinière et de gazon. On parle aussi de terres en culture ou de terres cultivées.

Travail de conservation du sol. Toute séquence de travail du sol visant à minimiser ou à réduire les pertes de sol et d'eau; en pratique, un système de travail du sol ou de travail du sol et de semis qui laisse à la surface du sol au moins 30 % des résidus de culture.

Travail réduit du sol. Mode de travail du sol qui perturbe moins le sol que le travail classique, soit par la réduction du nombre de passages de machinerie, soit par l'utilisation d'équipement spécial, et qui laisse à la surface du sol une partie des résidus de la culture précédente. Le terme englobe le travail minimal du sol et le travail de conservation du sol.

Références

- Environnement et Changement climatique Canada, 2023. *Rapport d'inventaire national 1990-2021 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*. Déclaration du Canada à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Disponible à l'adresse <https://unfccc.int/fr/node/627151>
- [GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, volume 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, chapitre 5, Terres cultivées. Calvo Buendia E, Tanabe K, Kranjc A, Baasansuren A, Fukuda M, Ngarize S, Osako A, Pyrozhenko Y, Shermanau P, Federici S (eds). Suisse : GIEC.
- Groupe de travail sur les pédo-paysages du Canada, 2010. Pédo-paysages du Canada, version 3.2. Agriculture et Agroalimentaire Canada (carte et base de données numériques à l'échelle de 1/1 000 000).
- Liang BC, Hao XY, Schoenau J, Ma BL, Zhang TQ, MacDonald JD, Chantigny M, Dyck M, Smith WN, Malhi SS, Thiagarajan A, Lafond J, Angers DA. 2021. Manure-induced carbon retention measured from long-term field studies in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 321: 107619
- Ministère de l'Agriculture et du Développement rural de l'Alberta, 2014. *Carbon contracting: 2012 changes to the Alberta carbon market*. Disponible à l'adresse [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/ofa13483](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/ofa13483)
- National Resource Ecology Laboratory, 2007. *Century*. Consulté le 9 juin 2009 à l'adresse <http://www.nrel.colostate.edu/projects/century/>
- Statistique Canada, 2017. Recensement de l'agriculture de 2016, Le Quotidien, le mercredi 10 mai 2017. Disponible à l'adresse <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/170510/dq170510a-fra.htm>
- The Management and Reduction of Greenhouse Gases Act*. Disponible à l'adresse <http://www.qp.gov.sk.ca/documents/english/FirstRead/2009/Bill-95.pdf>

Remerciements

Nous tenons à remercier AAC d'avoir mis en œuvre et maintenu plusieurs expériences à long terme sur le terrain qui ont été très précieuses pour valider les méthodes. Nous sommes tous redevables aux pédologues d'AAC et des provinces, d'hier et d'aujourd'hui, d'avoir élaboré, soutenu et amélioré les données sur les sols sous-jacents, de les avoir rendues accessibles et de nous avoir aidés à les interpréter. Ce travail n'aurait pas été possible sans les efforts de toute l'équipe de comptabilisation du carbone, dont les travaux ont été soutenus par AAC et Environnement et Changement climatique Canada.