



Indicateur des gaz à effet de serre d'origine agricole

Rapport sur les indicateurs agroenvironnementaux

La durabilité environnementale de l'agriculture canadienne

Année de recensement 2021



Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Canada

Indicateur des gaz à effet de serre d'origine agricole

Rapport sur les indicateurs agroenvironnementaux, Année de recensement 2021

Statut : Couverture nationale, 1981-2021

Auteurs: Worth, D.E., Desjardins, R.L., VanderZaag, A.C., MacDonald, D., et Fleming, C.

© 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

AAFC no. 13304F

No. de catalogue A59-119/2025F-PDF

ISBN 978-0-660-79027-5

Also published in English under the title, Agricultural Greenhouse Gases 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
L'enjeu et son importance	2
L'indicateur	6
Limites	8
Résultats et interprétation	10
Réponses possibles	18
Bibliographie	22

Liste des figures

Figure 1 : Émissions de GES d'origine agricole en 2021	4
Figure 2 : Émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole dans les Prairies (Alberta, Manitoba et Saskatchewan, collectivement), 1981-2021.....	11
Figure 3 : Usage des engrais azotés dans l'est et dans l'ouest du Canada, 1981-2021	13
Figure 4 : Nombre de bovins et de porcs au Canada, 1981-2021.....	14
Figure 5 : Émissions nettes de GES d'origine agricole par hectare, 2021.....	17
Figure 6 : Changements dans les émissions nettes de GES d'origine agricole, de 1981 à 2021	18

Liste des tableaux

Tableau 1 : Émissions de GES d'origine agricole au Canada (Mt d'éq. CO ₂) de 1981 à 2021.....	12
--	----

Sommaire

Il est désormais bien établi que les émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) et leur accumulation dans l'atmosphère sont la principale cause du réchauffement planétaire et des changements climatiques. Par rapport à la moyenne de la période de 1951 à 1980, la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté d'environ 1 °C (GISS, 2023), principalement à cause de la hausse des concentrations de GES dans l'atmosphère. L'agriculture joue un double rôle en ce qui concerne les changements climatiques puisqu'elle est à la fois une source et un puits de GES. Même si le secteur agricole produit inévitablement des GES, lesquels contribuent au réchauffement du climat, les sols agricoles peuvent stocker le carbone, compensant ainsi la contribution globale de ce secteur. Qui plus est, l'agriculture a besoin d'un climat stable pour donner des cultures rentables. Par rapport à la moyenne de la période de 1951 à 1980, la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté d'environ 1 °C (GISS, 2023), principalement à cause de la hausse des concentrations de GES dans l'atmosphère.

Les principaux GES émis par l'agriculture sont l'oxyde nitreux (N_2O) et le méthane (CH_4). De son côté, le dioxyde de carbone (CO_2) peut être soit émis, soit éliminé (stocké) par le secteur agricole. L'indicateur des gaz à effet de serre a servi à faire le suivi, collectivement, des gaz N_2O , CH_4 et CO_2 émis par le secteur agricole au Canada entre 1981 et 2021. Puisque le N_2O , le CH_4 et le CO_2 n'ont pas le même pouvoir de réchauffement planétaire par molécule, la pratique consiste à rapporter leurs effets combinés en équivalent en dioxyde de carbone (éq. CO_2).

En 2021, les émissions nettes de GES (c.-à-d. les gaz émis moins les gaz éliminés en raison de la variation du carbone du sol) provenant du secteur agricole canadien, à l'exclusion des combustibles fossiles, se sont chiffrées à 36,2 millions de tonnes d'équivalent CO_2 (Mt d'éq. CO_2). En 2021, les GES émis par l'ensemble des secteurs de l'économie canadienne s'élevaient à 698 Mt d'éq. CO_2 , ce qui signifie que l'agriculture était à l'origine d'environ 5,2 % des émissions du pays. Lorsque la variation du carbone du sol est exclue des totaux nationaux, les émissions nettes de GES s'élèvent à 57,3 Mt d'éq. CO_2 , soit environ 8,2 % des émissions nationales.

Entre 1981 et 2021, les émissions agricoles nettes de GES, y compris la variation du carbone du sol, ont diminué de 28 %, malgré l'augmentation des émissions de N_2O , de CH_4 et de CO_2 , qui ont augmenté respectivement de 49 %, de 5 % et de plus de 150 %. Le fait que les émissions nettes de GES d'origine agricole n'aient pas augmenté durant cette période est attribuable à l'évolution des émissions de CO_2 provenant des sols agricoles, qui constituaient une source de carbone d'environ 5,4 Mt d'éq. CO_2 en 1981 et qui sont devenus en 2021 un puits de carbone (c.-à-d. élimination par piégeage) d'environ 21,0 Mt d'éq. CO_2 . Les sols agricoles, particulièrement ceux des provinces

des Prairies du Canada, sont maintenant un important puits de CO₂ en raison de l'adoption généralisée de pratiques de gestion bénéfiques (PGB), telles que la réduction de l'intensité du travail du sol, la diminution du recours à la jachère et, dans une moindre mesure, l'abandon des cultures annuelles au profit des cultures pérennes.

En outre, l'augmentation des rendements des cultures au fil du temps a entraîné une augmentation du taux de restitution des résidus de culture dans les sols agricoles à travers le Canada. Ce taux plus élevé de restitution des résidus a contribué à une augmentation significative du puits de carbone des sols agricoles canadiens. Si la variation du carbone du sol est exclue des totaux nationaux, les émissions ont augmenté d'environ 27 % entre 1981 et 2021, passant de 45,2 à 57,3 Mt d'éq. CO₂. En termes absolus, c'est le N₂O qui a le plus augmenté entre 1981 et 2021, passant de 17,8 Mt d'éq. CO₂ en 1981 à 26,5 Mt d'éq. CO₂ en 2021, tandis que des hausses absolues plus faibles de 1,4 et 2,0 Mt d'éq. CO₂ ont été observées pour le CH₄ et le CO₂ au cours de la même période.

Entre 1981 et 2021, les émissions agricoles de N₂O ont augmenté principalement parce que l'utilisation d'engrais azotés au Canada a plus que doublé. Dans une moindre mesure, l'augmentation de la taille du cheptel a également entraîné une hausse des émissions de N₂O en plus de celles du CH₄. Toutefois, les conditions économiques difficiles que vivent les éleveurs canadiens, plus particulièrement dans le secteur des bovins de boucherie, ont entraîné une réduction de la taille des troupeaux ces dernières années. Par conséquent, même si les émissions de CH₄ étaient encore plus importantes en 2021 qu'en 1981, elles ont atteint un pic en 2006 et ont diminué progressivement depuis. Même si les émissions de N₂O liées aux fumiers ont diminué pendant la même période, l'usage de plus en plus fréquent des engrais synthétiques a plus que compensé cette baisse, donnant lieu à une hausse nette des émissions de N₂O entre 1981 et 2021. Tout comme la hausse des émissions liées aux engrais azotés, l'usage accru d'engrais contenant du carbone a entraîné une hausse des émissions de CO₂ connexes.

L'enjeu et son importance

Les gaz à effet de serre jouent un rôle essentiel dans l'atmosphère en captant le rayonnement et en maintenant la Terre à une température favorable à la vie. Même si les GES sont essentiels pour la planète, le cumul des émissions anthropiques de ces gaz dans l'atmosphère a déjà affecté le climat; la poursuite de ces émissions n'est pas souhaitable, car il en découlera probablement des changements climatiques importants. Les émissions anthropiques de dioxyde de carbone, de méthane et d'oxyde nitreux ont fait en sorte que les concentrations atmosphériques mondiales ont atteint des niveaux sans précédent depuis 800 000 ans.

Les activités agricoles ont une incidence sur les émissions nettes de GES provenant d'un éventail de sources et de puits agricoles (figure 1). Les émissions directes de N_2O proviennent principalement des engrais inorganiques et organiques appliqués dans les champs, de la décomposition des résidus de culture et du stockage du fumier. Les émissions indirectes de N_2O surviennent lorsque de l'azote est transporté hors site par des processus tels que la volatilisation (perte d'azote dans l'air sous forme gazeuse), les dépôts subséquents d'ammoniac ainsi que la lixiviation et le ruissellement de l'azote (azote dissout dans l'eau). Le méthane est émis par la fermentation entérique, processus lié à la digestion des aliments chez les ruminants, ainsi que par décomposition anaérobie du fumier entreposé. Lorsque les aliments sont consommés par les animaux d'élevage, particulièrement les ruminants, des microorganismes présents de façon naturelle dans leur système digestif décomposent les matières cellulosiques. Pendant ce processus, une partie des aliments est transformée en CH_4 , qui est rejeté dans l'atmosphère lorsque les animaux éructent. De la même façon, la décomposition microbienne du fumier dans des conditions anaérobies libère du CH_4 .

Les sols agricoles peuvent être soit une source, soit un puits de CO_2 . L'effet net est la différence entre l'absorption de CO_2 de l'atmosphère par les cultures (et son stockage subséquent dans le sol sous la forme de résidus de culture et de matière organique du sol) et son émission dans l'atmosphère par la décomposition des résidus de récolte et de la matière organique du sol. Les pratiques de gestion qui favorisent le piégeage du carbone dans les sols tendent à augmenter la quantité de résidus qui sont restitués dans le sol, à allonger la période de l'année pendant laquelle la végétation en croissance est présente à la surface du sol, à réduire au minimum la perturbation du sol et à ralentir le taux de décomposition des résidus. Les pratiques prises en compte dans le calcul comprennent la diminution de l'intensité du travail du sol, la réduction du recours à la jachère et la conversion des cultures annuelles en cultures pérennes. De nombreuses autres pratiques agricoles peuvent contribuer au piégeage du carbone dans le sol. Dans ce chapitre, nous présentons les émissions totales de GES en incluant et en excluant le piégeage du carbone dans le sol, afin d'assurer la cohérence avec l'inventaire officiel des GES au Canada (Environnement et Changement climatique Canada, 2023). Pour obtenir des explications plus détaillées sur les processus d'échange de carbone dans le sol, voir l'indicateur de la matière organique du sol.

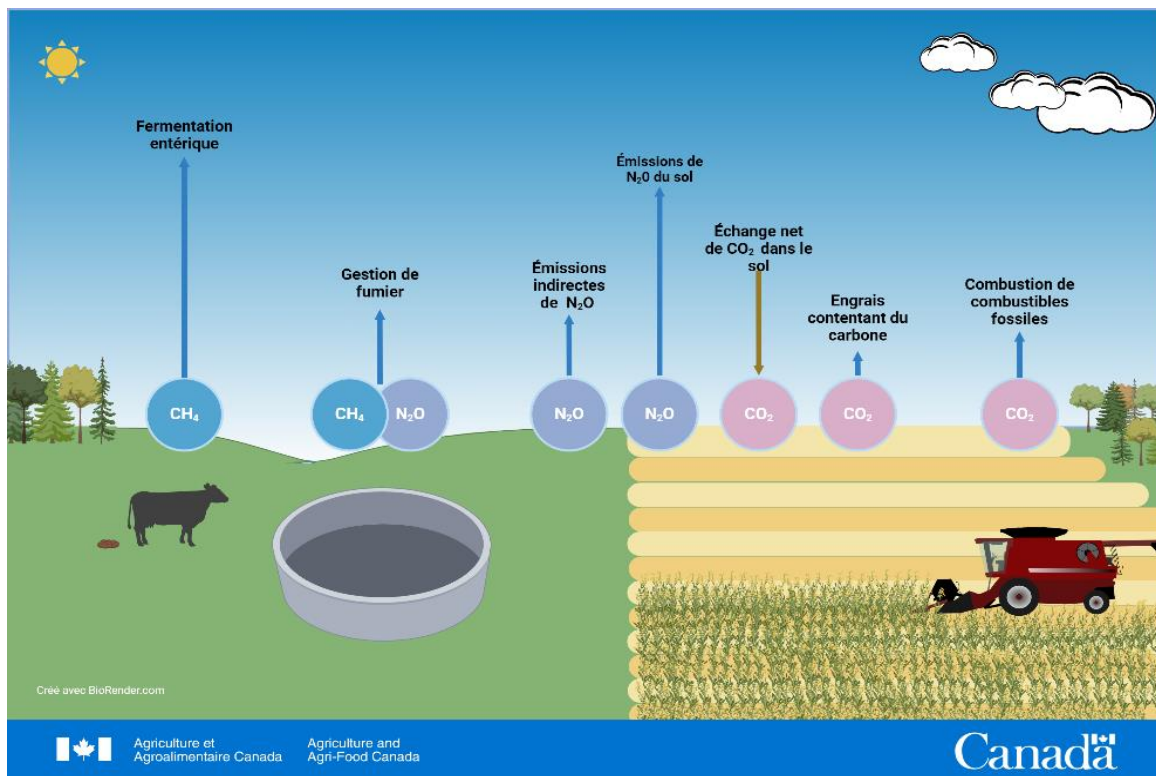


Figure 1 : Émissions de GES d'origine agricole en 2021. La longueur des flèches est proportionnelle à l'ampleur des émissions; les flèches orientées vers le haut indiquent une source, tandis que celles orientées vers le bas indiquent un puits.

Les émissions de dioxyde de carbone sont liées à l'épandage d'engrais contenant du carbone provenant de roches telles que le calcaire et la dolomite, ainsi que d'engrais azotés contenant du carbone, tels que l'urée et le nitrate d'ammonium et d'urée. Dans les deux cas, le carbone que contient l'engrais est libéré sous forme de CO₂ après son épandage sur les terres cultivées. En plus de provenir des engrais contenant du carbone, le CO₂ est émis pendant la combustion des combustibles fossiles par les machines agricoles et pendant la fabrication de ces machines et des engrais (Dyer et coll., 2014). Étant donné que ces émissions de CO₂ sont généralement déclarées par les secteurs des transports et de l'industrie (Environnement et Changement climatique Canada, 2020; Environnement et Changement climatique Canada, 2023), elles ne sont pas incluses dans les calculs de l'indicateur des gaz à effet de serre. Toutefois, puisque les émissions sont liées directement aux décisions prises aux exploitations agricoles, il est important d'évaluer leur ampleur et leur évolution au fil du temps si l'on veut calculer l'intensité carbonique des différents produits agricoles (Desjardins et coll., 2020).

Plusieurs raisons expliquent l'importance pour le Canada et les Canadiens d'élaborer une méthode nationale pour la déclaration des émissions de GES d'origine agricole. La première raison concerne le lien entre les émissions de GES et le climat. On a constaté

de manière concluante que les émissions anthropiques de GES sont liées aux changements climatiques mondiaux; leur maintien va très probablement amplifier ce problème pour les générations à venir. Par conséquent, le travail effectué pour diminuer les émissions nettes atténuera les effets des changements climatiques. Le Canada s'est fixé comme objectif de réduire ses émissions de GES de 40 à 45 % d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 2005 et s'est engagé à atteindre la carboneutralité d'ici 2050. Le secteur agricole peut contribuer à cet objectif en réduisant les émissions de N₂O, de CH₄, de CO₂ et en piégeant le carbone dans les sols agricoles. On pourra y parvenir en adoptant des processus ou des pratiques de gestion qui diminuent les émissions nettes de GES et en produisant de la bioénergie par des sous-produits agricoles, lorsque cela diminue ces émissions par rapport à la combustion de combustibles fossiles.

La deuxième raison est que les émissions de gaz à effet de serre peuvent être indicatrices de pertes d'éléments nutritifs dans les systèmes agricoles et peuvent, de ce fait, être considérées comme une mesure de l'inefficacité des systèmes et, par conséquent, révéler des pertes économiques pour les producteurs. Ainsi, les émissions de N₂O découlant des applications d'engrais ne contribuent pas à la croissance des cultures, et les aliments pour le bétail qui sont transformés en CH₄ constituent une perte d'énergie pour les animaux. Les pratiques de gestion à la ferme qui améliorent la productivité et l'efficacité de l'utilisation des éléments nutritifs peuvent également réduire l'intensité des émissions de GES et améliorer la rentabilité des exploitations. Cependant, le coût total de la mise en œuvre de telles pratiques doit être pris en considération, car il se peut que les réductions des émissions de GES et les économies qui s'y rattachent pour les producteurs puissent ne compenser l'investissement que partiellement.

La troisième raison de se préoccuper des GES d'origine agricole concerne la commercialisation et les marchés. En 2022, le secteur agroalimentaire canadien comptait pour 144 milliards de dollars du produit intérieur brut, et le Canada est le 5^e exportateur de produits agroalimentaires au monde, pour une valeur de près de 93 milliards (Gouvernement du Canada, 2023). On observe un intérêt grandissant pour l'approvisionnement durable chez les détaillants et les chaînes d'approvisionnement agricoles, qui peuvent notamment exiger des rapports sur les émissions de GES ou le respect des normes en cette matière. Certaines entreprises nationales et multinationales considèrent que la réduction des émissions de GES est un but souhaitable et élaborent des politiques favorisant les produits et les services qui réduisent les émissions par unité de production.

Les groupes industriels canadiens et les entreprises du secteur agricole ont réagi et travaillent activement à la réduction des émissions de GES tout au long de la chaîne de valeur. Nombre d'entre eux ont fait preuve de leadership en fixant des objectifs ambitieux de réduction des émissions à court terme, et certains se sont engagés à

atteindre la carboneutralité d'ici le milieu du siècle. La mise au point d'une méthode scientifique pour estimer les émissions d'origine agricole peut aider les entreprises et les producteurs du Canada à démontrer quand ils ont réussi à réduire leurs émissions nettes et à respecter ou à dépasser une norme d'émissions de GES, permettant ainsi l'accès au marché pour ces produits.

L'indicateur

L'indicateur des gaz à effet de serre estime les émissions nettes (émissions moins élimination) des trois principaux GES d'origine agricole, à savoir le CO₂, le CH₄ et le N₂O. Dans cette version de l'indicateur, les émissions nettes de GES sont présentées à la fois en incluant et en excluant l'impact du piégeage du carbone dans le sol. Le piégeage du carbone dans le sol est un terme vaste, qui varie considérablement d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques. Des conditions météorologiques favorables peuvent entraîner un rendement supérieur à la moyenne et augmenter le retour du carbone dans le sol, tandis que de mauvaises conditions météorologiques peuvent entraîner un rendement médiocre et diminuer le retour du carbone dans le sol. Par conséquent, l'inclusion du carbone du sol dans les estimations peut masquer les tendances à long terme d'autres sources d'émissions. Par conséquent, les émissions agricoles totales sont fournies de deux manières, afin de pouvoir comparer l'impact du carbone du sol sur les émissions nettes.

Les normes internationales du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) exigent que les émissions soient déclarées en équivalent en dioxyde de carbone (éq. CO₂) en s'appuyant sur le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) de chaque gaz.

Le PRP tient compte de la capacité intrinsèque de chaque gaz à capter le rayonnement et sa durée de vie dans l'atmosphère. Les valeurs de PRP utilisées dans le quatrième rapport d'évaluation du GIEC (2007), qui sont les valeurs actuellement acceptées au Canada, sont les suivantes : un kilogramme de N₂O a un potentiel de réchauffement 298 fois supérieur à celui d'un kilogramme de CO₂, tandis qu'un kilogramme de CH₄ a un potentiel 25 fois supérieur à celui d'un kilogramme de CO₂. Le calcul de l'éq. CO₂ nécessite la multiplication de la masse de N₂O, de CH₄ et de CO₂ par les coefficients 298, 25 et 1 respectivement. Les valeurs du PRP ne sont pas fixes, mais mises à jour périodiquement par la communauté scientifique internationale à mesure que le savoir progresse. D'autres approches du PRP ont également été proposées, notamment le PRP* (Allen et al., 2018), qui est une mesure d'équivalence en termes de réchauffement climatique produit par chaque gaz, plutôt qu'une équivalence de masse pour chaque gaz. Le PRP* peut être plus adéquat pour les émissions d'origine agricole, car il indique plus précisément l'effet des gaz qui ont une courte durée de vie dans

l'atmosphère, comme le CH₄, surtout si les émissions sont stables ou en baisse (Lynch et coll., 2020).

Les émissions de CO₂, N₂O et CH₄ d'origine agricole sont estimées par une méthode reconnue à l'échelle mondiale et recommandée par le GIEC (GIEC, 2006). Une méthode de niveau II du GIEC propre au Canada a été élaborée en adaptant la méthode cadre du GIEC pour tenir compte des conditions canadiennes, telles que les caractéristiques climatiques, les pratiques de gestion des cultures, les caractéristiques de la production animale et les techniques d'élevage qui sont propres à notre pays (Environnement et Changement climatique Canada, 2023; Liang et coll., 2020; VanderZaag et coll., 2013). La mise en œuvre de la méthode canadienne de niveau II du GIEC comporte trois grandes étapes, à savoir :

1. Collecte de données de base sur le climat, les cultures, le bétail et les systèmes agricoles au Canada, y compris des données climatiques à long terme, le type, la superficie, le rendement et le taux d'application d'engrais azoté de chaque culture, la superficie associée à des pratiques particulières de gestion des cultures, la population, l'état reproducteur, le poids, la consommation d'aliments, la production de lait (le cas échéant) et les pratiques de gestion du bétail et de son fumier.
2. L'estimation de variables provisoires telles que la quantité d'azote présente dans les résidus de culture, l'azote excrété par le bétail et l'apport d'énergie brute chez les bovins, ainsi que le calcul du coefficient d'émission annuel pour un kilo d'azote (pour les émissions de N₂O) ou un animal (pour les émissions de CH₄). Les coefficients d'émission de N₂O sont sensibles à une variété de facteurs, y compris les conditions climatiques (précipitations moyennes pendant la saison de croissance), le système de culture (annuel ou pérenne), la source d'azote (fumier, résidus de culture ou engrais synthétiques), la texture du sol et la position dans le paysage. Certaines pratiques de gestion dont on sait qu'elles ont une incidence sur les émissions de N₂O, notamment le travail du sol et les pratiques d'irrigation, sont également prises en compte dans les calculs. Les coefficients d'émission pour le CH₄ provenant de la fermentation entérique et de la gestion du fumier ont été élaborés pour 52 catégories animales. Les coefficients d'émission permettant d'estimer les émissions de CO₂ provenant des engrais contenant du carbone sont constants et se fondent sur les orientations du GIEC.
3. Le calcul des émissions de GES en multipliant la quantité d'azote (pour les émissions de N₂O), la quantité d'engrais contenant du carbone (pour les émissions de CO₂) et la population animale (pour les émissions de CH₄) par le

bon coefficient d'émission, puis en additionnant les résultats pour obtenir des valeurs aux échelles provinciale et nationale.

Bien que la méthode employée pour estimer la variation du carbone du sol et des émissions de CO₂ provenant des terres cultivées suive les trois étapes de base que suit la méthode appliquée pour les émissions de N₂O, CH₄ et CO₂ provenant des engrais contenant du carbone, elle diffère en ce que des modèles informatiques complexes servent à élaborer les coefficients d'émission (Smith et coll., 2001; Smith et coll., 2012). Ces modèles estiment le taux de changement de la teneur en carbone des sols en tant que fonction du climat local, du type de sol et des propriétés du sol et tiennent compte de la productivité des cultures et des pratiques de gestion des terres qui peuvent provoquer un changement dans les concentrations de carbone dans le sol. Ces pratiques comprennent la fréquence de la jachère et l'intensité du travail du sol, ainsi que le passage des cultures annuelles aux cultures pérennes. Les taux de changement sont estimés pour plus de 3 000 régions géographiques au Canada. Pour plus d'informations sur le calcul de la variation du carbone du sol, voir l'indicateur de la matière organique du sol.

Limites

Au Canada, plus de 60 millions d'hectares (ha) de terre sont utilisés à des fins agricoles et permettent l'obtention de nombreux produits animaux et végétaux. Ces produits proviennent de fermes dont la taille va de quelques hectares à plusieurs milliers d'hectares, chacune ayant sa propre combinaison de pratiques de gestion. Qui plus est, les conditions de sol et de climat varient grandement selon l'emplacement. En raison du vaste éventail de produits végétaux et animaux, de la diversité des pratiques de gestion et de la variabilité des conditions de sol et du climat, il pourrait être difficile d'estimer les émissions de GES d'origine agricole dans tout le Canada sans effectuer certaines généralisations pour simplifier les calculs. Ainsi, lorsqu'on utilise les données à l'échelle des polygones des pédo-paysages du Canada (PPC) en tant que données d'entrée pour la modélisation, le type de sol, les caractéristiques du sol et les conditions climatiques sont présumés uniformes dans chaque polygone, et on suppose que tous les animaux dans une catégorie animale donnée pour une province donnée ont le même régime alimentaire, le même poids et les mêmes caractéristiques de croissance. Ces hypothèses et de nombreuses autres utilisées dans les calculs sont des sources d'incertitude qui affectent l'exactitude de l'estimation des émissions.

Les mesures scientifiques au champ requises pour calculer les coefficients d'émission propres au Canada constituent une autre source d'incertitude. Les mesures au champ des émissions de gaz à effet de serre sont d'ordinaire limitées à un endroit et à un moment très particuliers; toutefois, lorsque l'on calcule l'indicateur des gaz à effet de serre, ces mesures sont en général appliquées à une zone géographique beaucoup

plus grande et à une période beaucoup plus longue. À l'occasion, il faut utiliser des coefficients d'émission qui ne sont pas fondés sur des mesures au champ canadiennes, mais plutôt obtenus de recherches effectuées à l'étranger. Cela ajoute de l'incertitude aux estimations en raison de la nature inconnue de leur applicabilité au Canada.

Autre difficulté : le secteur agricole est très dynamique et les producteurs cherchent sans cesse à mettre de nouveaux produits sur le marché et à adopter des pratiques qui améliorent la productivité et la rentabilité et réduisent les effets sur l'environnement. Les changements apportés à la gestion agricole sont susceptibles de modifier les émissions de GES et, à mesure que les nouvelles pratiques de gestion deviennent courantes chez les producteurs, la science nécessaire pour comprendre leur impact sur les émissions prendra du retard, car il faut du temps pour étudier la nouvelle gestion et déterminer si elle modifie les émissions. En outre, l'adoption de nouvelles pratiques de gestion peut nécessiter des données d'entrée, qui n'étaient pas collectées auparavant, pour tenir compte des effets sur les émissions de GES. Par conséquent, l'estimation scientifique des émissions de GES d'origine agricole a toujours un train de retard, cherchant à comprendre et à modéliser la nature changeante de l'agriculture canadienne.

Par exemple, ces dernières années, on s'est beaucoup intéressé au potentiel des pratiques de gestion pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'azote dans les exploitations agricoles et, par conséquent, contribuer à la réduction des émissions de N_2O provenant des engrais synthétiques. Ces pratiques comprennent l'utilisation d'engrais à efficacité améliorée (EEA), le calendrier d'application des engrais, l'emplacement des engrais et le taux d'application des engrais. Des données sont actuellement collectées dans le cadre de mesures au champ afin de quantifier l'ampleur de l'impact sur les émissions associées à ces pratiques et de déterminer le taux d'adoption de ces pratiques par les producteurs canadiens. Une fois ces données obtenues, elles pourront être intégrées dans les futures versions de l'indicateur de GES pour l'agriculture. Il convient de noter que même si les modèles utilisés sont robustes, le fait que l'on comprend mal les processus qui régissent les émissions de GES rend impossible la prise en compte dans le calcul de tous les facteurs qui affectent les émissions.

Enfin, des changements substantiels dans la méthode d'estimation des émissions agricoles ont été mis en œuvre en ce qui concerne l'indicateur des gaz à effet de serre au cours des dernières années. Ces changements, basés sur les connaissances scientifiques les plus récentes, aboutissent à des estimations sensiblement différentes du piégeage du carbone dans les sols et des émissions de N_2O d'origine agricole. Par conséquent, les estimations des émissions de GES publiées dans les versions précédentes de l'indicateur des gaz à effet de serre seront différentes et ne seront pas directement comparables aux estimations présentées ici.

Résultats et interprétation

Les émissions nettes de l'agriculture canadienne ont diminué, entre 1981 et 2021, de 14,4 Mt d'éq. CO₂ (tableau 1) si l'on tient compte du piégeage du carbone dans le sol. La réduction tangible dans les émissions nettes de GES d'origine agricole au cours de cette période est principalement attribuable à l'évolution du carbone du sol, qui est passé d'une source (5,4 Mt d'éq. CO₂) en 1981 à un puits d'environ -11,3 Mt d'éq. CO₂ en 2021. Cette hausse du carbone piégé dans le sol a plus que compensé la hausse de 49 % des émissions de N₂O d'origine agricole (de 17,8 à 26,5 Mt d'éq. CO₂), la hausse de 5 % des émissions d'origine agricole de CH₄ (de 26,2 à 27,6 Mt d'éq. CO₂) et la hausse de 159 % des émissions de CO₂ (de 1,2 à 3,2 Mt d'éq. CO₂). Toutefois, si le piégeage du carbone dans le sol est exclu des totaux nationaux, les émissions nettes de GES ont augmenté de 27 %, passant de 45 à 57 Mt d'éq. CO₂ entre 1981 et 2021.

Cela souligne l'importance du carbone du sol dans nos émissions nettes de GES, car l'inclusion ou l'exclusion de ces émissions modifie la tendance des émissions entre 1981 et 2021, qui passe d'une diminution à une augmentation. L'évolution du carbone du sol dépend également de manière significative de la productivité des cultures, et donc des conditions météorologiques. Par conséquent, le piégeage du carbone dans le sol peut varier d'une année à l'autre. Certaines années, des conditions météorologiques favorables peuvent accroître considérablement la productivité des cultures et contribuer positivement au carbone du sol. Mais l'inverse est également vrai : de mauvaises conditions météorologiques peuvent entraîner une faible productivité, ce qui a un impact négatif sur le piégeage du carbone dans le sol. Malgré la possibilité de conditions météorologiques à court terme entraînant une libération nette de CO₂, on estime que les sols agricoles canadiens ont constitué un puits important de CO₂ depuis 1981.

La figure 2 illustre la tendance du N₂O, du CH₄, du CO₂ et du CO₂ des sols, séparément et collectivement, en tant qu'émissions nettes de GES dans les provinces des Prairies (Alberta, Manitoba et Saskatchewan) entre 1981 et 2021 (les données de ce graphique se trouvent au tableau 1). Une fois encore, l'importance du carbone du sol est démontrée, puisque les émissions nettes en 2021 dans les provinces des Prairies étaient de 13 Mt d'éq. CO₂ lorsque la variation du carbone du sol est incluse, mais sont beaucoup plus importantes (37 Mt d'éq. CO₂) lorsque ces émissions sont exclues. Les tendances relatives aux émissions des trois GES d'origine agricole sont attribuables à différents facteurs. À titre d'exemple, la hausse de 73 % des émissions de N₂O d'origine agricole est attribuable principalement à l'utilisation croissante des engrais azotés. L'usage national d'engrais azotés, qui s'élevait à environ 0,94 million de tonnes d'azote en 1981, a plus que doublé, atteignant 3,0 millions de tonnes en 2021 (figure 3). La hausse du recours aux engrais azotés n'est pas répartie uniformément au pays; elle est de plus de 300 % dans l'ouest du Canada, et seulement de 64 % dans l'est du Canada. Il est vrai que la hausse spectaculaire du recours aux engrais azotés a fait bondir le

rendement des cultures, mais les émissions de N_2O ont également augmenté. D'autres facteurs ont participé à la hausse des émissions de N_2O d'origine agricole depuis 1981, quoique dans une moindre mesure : la hausse de l'azote présent dans les résidus de cultures, elle-même due à la hausse de la production agricole, la hausse de l'azote présent dans le fumier, elle-même due à l'augmentation des populations d'animaux d'élevage, et l'augmentation générale de la taille des animaux.

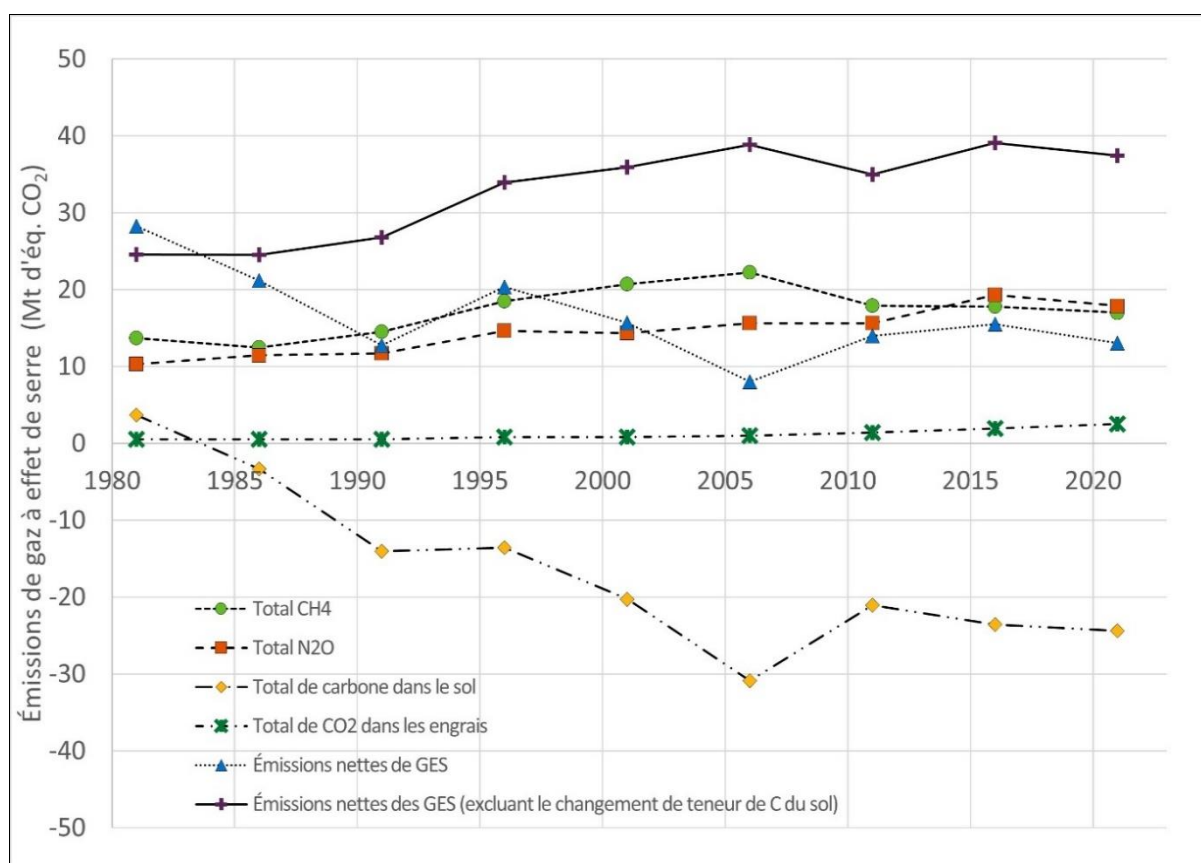


Figure 2 : Émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole dans les Prairies (Alberta, Manitoba et Saskatchewan, collectivement), 1981-2021

Tableau 1 : Émissions de GES d’origine agricole au Canada (Mt d’éq. CO₂) de 1981 à 2021. Veuillez noter que les totaux peuvent différer légèrement en raison des nombres arrondis.
(Remarque : mis en page au format tabloïd)

	N ₂ O									CH ₄									CO ₂									C du sol									Total								
	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	1981	1986	1991	1996	2001	2006	2011	2016	2021	1981	1986	1991	1996	2001	2006	2011	2016	2021
C-B.	0.77	0.72	0.72	0.81	0.85	0.78	0.77	0.81	0.85	1.57	1.42	1.53	1.76	1.84	1.82	1.44	1.61	1.73	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	-0.12	0.06	-0.04	-0.25	-0.17	-0.21	0.01	-0.17	0.13	2.25	2.23	2.24	2.34	2.56	2.41	2.25	2.27	2.75
Alb	5.06	5.18	5.55	6.58	6.74	7.06	7.37	8.25	7.36	7.66	7.21	8.70	10.84	12.35	12.15	9.97	10.12	9.46	0.25	0.25	0.23	0.30	0.34	0.39	0.63	0.73	0.92	-0.08	0.29	-1.24	-5.53	-3.55	-10.52	-10.22	-3.69	-4.74	12.89	12.93	13.25	12.19	15.87	9.08	7.75	15.41	13.01
Sask	2.39	2.96	2.70	3.95	3.74	4.12	4.59	6.06	5.73	3.88	3.22	3.67	4.87	5.28	6.43	5.11	4.93	4.99	0.19	0.19	0.17	0.37	0.35	0.43	0.60	0.94	1.21	2.14	-1.39	-8.92	-6.72	-12.48	-21.59	-9.42	-15.78	-15.43	8.60	4.98	-2.38	2.47	-3.11	-10.61	0.89	-3.86	-3.49
Man.	2.87	3.31	3.47	4.08	3.89	4.43	3.65	5.01	4.79	2.14	2.06	2.15	2.78	3.10	3.67	2.85	2.77	2.56	0.13	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.22	0.28	0.39	1.63	-2.21	-3.88	-1.30	-4.22	1.26	-1.38	-4.07	-4.19	6.77	3.29	1.88	5.72	2.94	9.54	5.34	3.99	3.55
Ont.	4.02	3.80	3.42	3.44	3.46	3.44	3.48	3.65	4.06	5.92	5.22	5.09	5.31	5.07	4.94	4.30	4.26	4.37	0.27	0.27	0.24	0.26	0.17	0.20	0.20	0.20	0.25	1.44	0.79	1.39	1.25	2.51	1.26	1.12	1.88	1.52	11.64	10.08	10.13	10.26	11.22	9.83	9.10	10.00	10.19
Qc	2.14	2.27	2.25	2.37	2.70	2.17	2.44	2.99	3.08	4.33	3.91	3.74	4.03	4.01	4.15	3.92	3.82	3.95	0.26	0.26	0.26	0.26	0.24	0.18	0.21	0.26	0.25	0.32	0.14	0.45	0.71	1.94	1.07	0.97	1.04	1.45	7.05	6.58	6.68	7.38	8.89	7.58	7.54	8.11	8.73
N-B.	0.22	0.23	0.22	0.24	0.25	0.25	0.21	0.23	0.27	0.23	0.23	0.22	0.21	0.23	0.22	0.20	0.17	0.16	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	-0.01	-0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.11	0.51	0.52	0.52	0.56	0.59	0.57	0.51	0.52	0.62
N.-É.	0.16	0.16	0.15	0.16	0.15	0.14	0.12	0.13	0.14	0.29	0.28	0.27	0.28	0.27	0.26	0.22	0.21	0.20	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	-0.02	0.03	0.05	0.04	0.06	0.04	0.06	0.05	0.06	0.47	0.51	0.51	0.51	0.50	0.45	0.41	0.40	0.43
Î.-P.-É.	0.12	0.12	0.12	0.14	0.13	0.13	0.10	0.13	0.16	0.18	0.17	0.16	0.17	0.16	0.16	0.13	0.12	0.14	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.07	0.04	0.06	0.08	0.05	0.03	0.05	0.04	0.02	0.37	0.34	0.35	0.39	0.35	0.34	0.28	0.30	0.33
T.-N.-L.	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.09	0.10	0.10	0.12
CAN	17.77	18.78	18.63	21.81	21.93	22.56	22.76	27.29	26.48	26.23	23.75	25.55	30.27	32.35	33.85	28.18	28.06	27.60	1.23	1.23	1.18	1.49	1.41	1.49	2.00	2.54	3.20	5.37	-2.23	-12.11	-11.69	-15.81	-28.61	-18.76	-20.64	-21.05	50.60	41.52	33.25	41.89	39.88	29.29	34.17	37.25	36.23

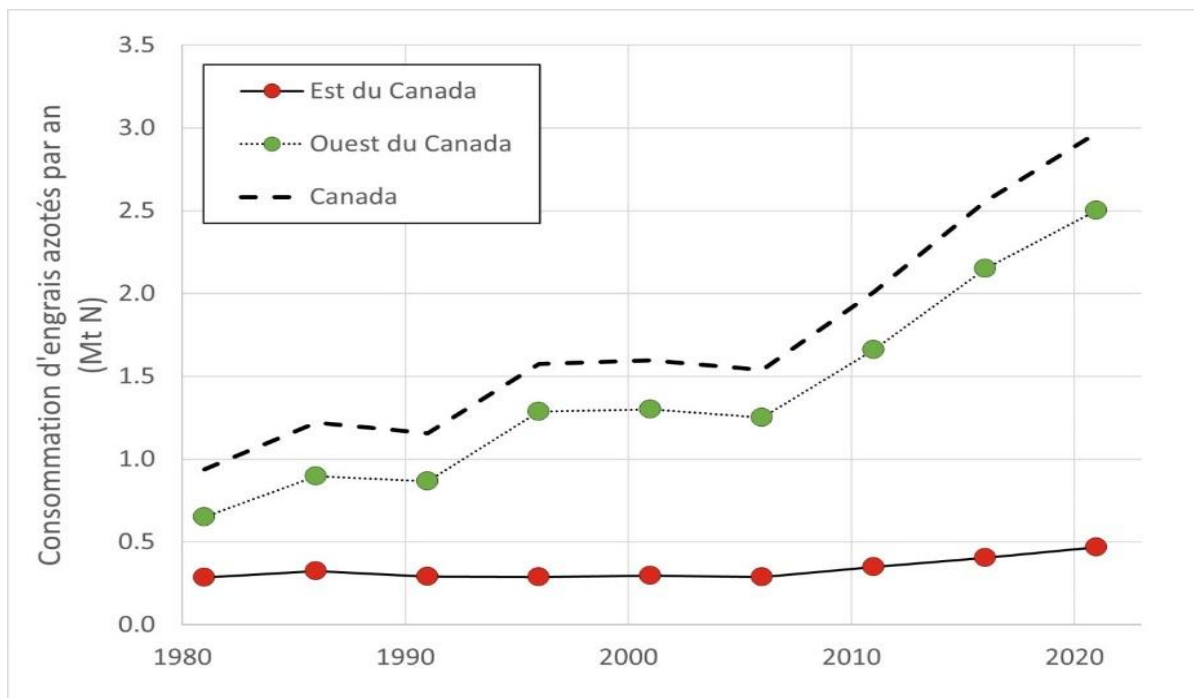


Figure 3 : Usage des engrais azotés dans l'est et dans l'ouest du Canada, 1981-2021

Par contre, les émissions de CH₄ d'origine agricole au Canada n'ont augmenté que de 5 % entre 1981 et 2021. Après avoir atteint un pic en 2006, les émissions de CH₄ d'origine agricole ont considérablement diminué. Cette évolution des émissions est avant tout attribuable aux fluctuations de la population totale des animaux d'élevage, les émissions de CH₄ provenant de la fermentation entérique, principalement chez les bovins de boucherie et les bovins laitiers, constituant 89 % des émissions totales de CH₄ d'origine agricole, le reste étant attribuable au fumier. Entre 1981 et 2021, le nombre de vaches laitières au Canada a connu une baisse régulière, d'environ 1,8 million à 1,0 million de têtes (figure 4), à cause de la hausse de la production laitière par vache. Ce gain de productivité a permis à la production laitière totale de demeurer relativement stable au Canada, tout en permettant une réduction de la population totale de vaches laitières.

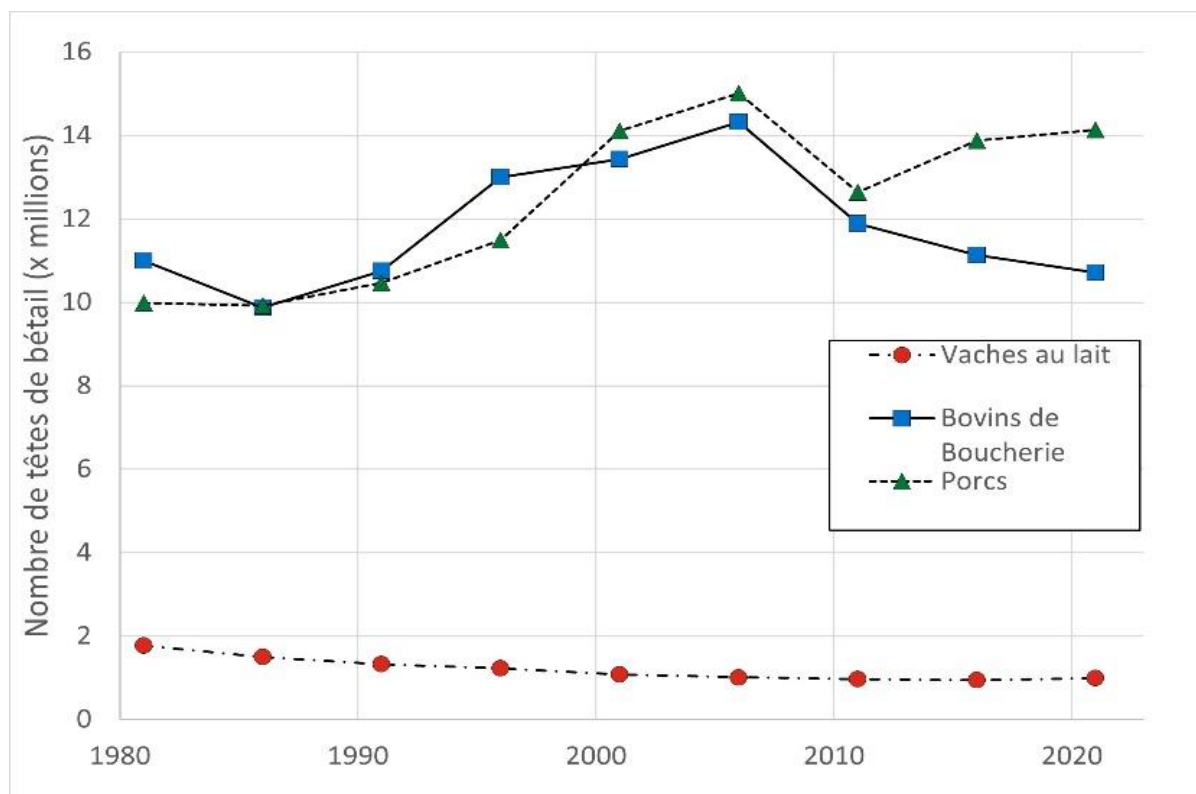


Figure 4 : Nombre de bovins et de porcs au Canada, 1981-2021

La population de bovins de boucherie au Canada a suivi une tendance différente, affichant une croissance de 1986 à 2006, puis un déclin entre 2006 et 2021. Le récent déclin de la population de bovins de boucherie est attribuable à diverses causes, y compris : les effets persistants de la crise de l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) survenue en 2003-2004; la forte valeur de la devise canadienne qui a augmenté le coût des exportations vers les États-Unis; la hausse des coûts au Canada (p. ex., les terres, l'alimentation, la main-d'œuvre); la baisse de la consommation de bœuf par personne; l'étiquetage du pays d'origine qui peut décourager les consommateurs d'autres pays à consommer du bœuf canadien. Ces facteurs, entre autres, se sont conjugués pour créer un climat économique difficile pour les producteurs de bovins canadiens et ont entraîné une baisse du nombre de bovins de plus de 3,5 millions de têtes (environ 25 %) entre 2006 et 2021. Par ailleurs, surtout à cause de la baisse du nombre de bovins, les émissions de CH₄ d'origine agricole ont diminué au Canada entre 2006 et 2021, n'étant aujourd'hui que de 5 % supérieures à ce qu'elles étaient en 1981. Toutefois, les émissions par tête de bovin ont augmenté au fil du temps, car les animaux mangent maintenant plus, sont plus productifs, produisent plus de fumier et sont plus gros qu'ils l'étaient en 1981. Le cheptel porcin a augmenté de 42 % depuis 1981, mais les difficultés du marché et le programme de réforme des porcs reproducteurs de 2008 ont entraîné

une diminution du cheptel porcin entre 2006 et 2011, dont le secteur est toujours en train de se remettre.

Les porcs ne rejettent pas de CH₄ autant que les bovins directement, car ils ne produisent pas beaucoup de CH₄ par fermentation entérique. Cependant, les systèmes de gestion des lisiers prédominent dans le secteur porcin, et constituent une source majeure d'émissions de CH₄ en raison de la décomposition anaérobie de la matière organique présente dans le lisier stocké. Le cheptel porcin a augmenté de 39 % depuis 1981, mais les difficultés du marché et le programme de réforme des porcs reproducteurs de 2008 ont entraîné une diminution du cheptel porcin depuis 2006.

L'évolution des pratiques de gestion des terres agricoles et l'augmentation de la productivité des cultures ont été les principaux facteurs de la hausse du piégeage du carbone dans le sol. Les pratiques de gestion des cultures qui limitent la perturbation des sols, comme la réduction du recours à la jachère, de l'intensité du travail du sol, ainsi que l'augmentation des superficies consacrées aux cultures pérennes peuvent favoriser le stockage du carbone dans les sols. En outre, l'augmentation générale du rendement des cultures (c.-à-d. la quantité de cultures produites par unité de terre) a contribué à une plus grande quantité de résidus dans le sol et à un plus grand piégeage du carbone. Entre 1981 et 2021, on a observé une augmentation importante des superficies sur lesquelles ces pratiques de gestion des cultures bénéfiques ont été appliquées. Par exemple, la superficie consacrée à la jachère est passée de 9,7 millions d'hectares à moins de 0,5 million d'hectares, et la superficie cultivée sans travail du sol a quant à elle augmenté, passant de 0,6 million d'hectares à 19,9 millions d'hectares. La réduction de la superficie en jachère a augmenté la production agricole et diminué la surface de sol nu, tandis que le travail minimal du sol et le semis direct limitent la perturbation du sol en réduisant la nécessité d'utiliser des machines pour le retourner. En conséquence, une plus grande quantité de résidus est restituée au sol, la décomposition de la matière organique est ralentie et davantage de carbone s'accumule. Bien que la superficie consacrée aux cultures fourragères pérennes soit passée de 5,8 à 7,9 millions d'hectares entre 1981 et 2006, la récente contraction du cheptel de boucherie et laitier a réduit les besoins alimentaires et les besoins en fourrages pérennes. Par conséquent, la superficie consacrée aux fourrages pérennes est actuellement en baisse, et était en 2021 plus petite que celle de 1981.

Les émissions de dioxyde de carbone provenant de la décomposition des engrais carbonés et des amendements du sol sont comptabilisées comme des sources de GES. Certains engrais azotés, notamment à base de nitrate d'ammonium et d'urée, ainsi que les amendements du sol, notamment le calcaire et la dolomite, réduisent l'acidité du sol et libèrent du CO₂ après leur application. Le recours à ces types d'engrais et aux amendements du sol a augmenté entre 1981 et 2021; par conséquent,

les émissions de GES qui en résultent ont plus que doublé, passant de 1,2 à 3,2 Mt d'éq. CO₂.

En 2021, les émissions nettes de GES d'origine agricole par hectare, y compris la variation du carbone du sol, à l'échelle des polygones des PPC sont en général plus faibles dans l'ouest du Canada que dans l'est du Canada (figure 5). Plusieurs facteurs expliquent cette différence. Par exemple, dans les provinces des Prairies, le sol et le climat favorisent la gestion des terres par des pratiques qui favorisent le stockage du carbone dans le sol. En outre, les conditions météorologiques favorables qui ont prévalu dans la majeure partie de l'ouest du Canada au cours de la saison de croissance de 2021 ont permis une production agricole et une restitution des résidus de culture au sol supérieures à la moyenne, ce qui favorise le piégeage du carbone dans le sol.

Contrairement à l'ouest du Canada, les conditions plus humides dans l'est du Canada sont favorables à la formation de N₂O; le taux des émissions de N₂O est souvent deux fois plus élevé que dans l'ouest du Canada. Puisque l'eau est moins un facteur limitatif de la croissance des cultures dans l'est du Canada, les cultures à haut rendement comme le maïs, qui ont besoin de plus d'azote, y sont produites à grande échelle. L'est du Canada abrite également la majorité de la population de bovins laitiers, dont la taille totale a diminué entre 1981 et 2021. La diminution de la taille de cette population au fil du temps s'est accompagnée d'une baisse correspondante des cultures fourragères pérennes. Lorsque ces cultures pérennes sont converties en cultures annuelles, le carbone du sol est perdu, haussant les émissions de GES par hectare. Qui plus est, il y a moins de surfaces agricoles dans l'est du Canada, situation qui a entraîné une concentration des activités agricoles et une augmentation des émissions de GES par hectare. Malgré cela, il y a certaines régions de l'ouest du Canada où les émissions par hectare sont aussi élevées que dans l'est du Canada. Ces zones ont généralement de grandes concentrations de bovins de boucherie ou de porcs, ou sont des zones de sols noirs, plus humides, où les émissions de N₂O sont plus importantes.

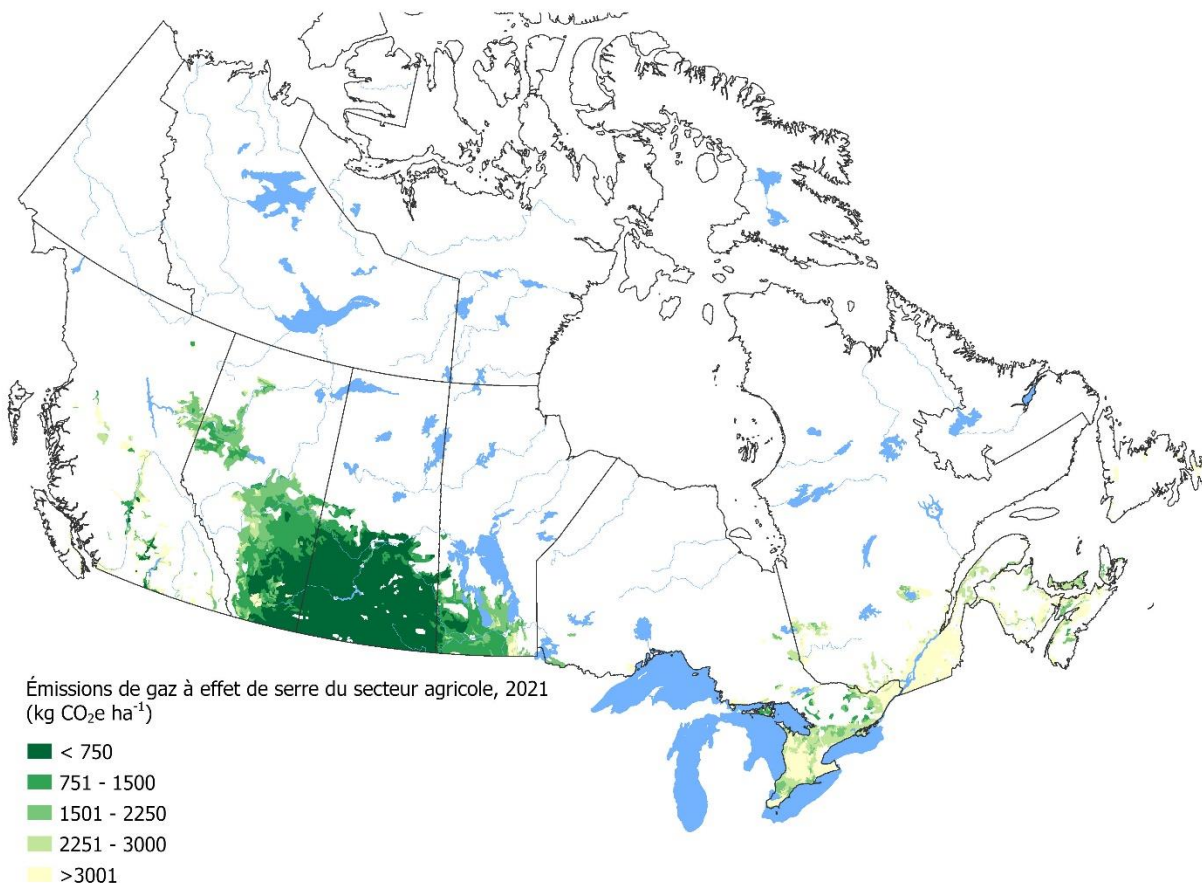


Figure 5 : Émissions nettes de GES d'origine agricole par hectare, 2021 (kg éq. CO₂ ha⁻¹)

La figure 6 illustre l'évolution des émissions nettes de GES d'origine agricole entre 1981 et 2021, en kilogramme par hectare de terre agricole, à l'échelle des PPC. Les valeurs négatives indiquent que les émissions nettes ont diminué au cours de cette période tandis que les valeurs positives indiquent que les émissions nettes ont augmenté. Dans de grandes zones de la Saskatchewan et de l'Alberta, soit il n'y a eu aucun changement, soit il y a eu un déclin des émissions nettes de GES, principalement à cause du stockage du carbone dans les sols. Ces zones sont généralement des régions plutôt sèches où la production végétale prédomine sur la production animale et où l'adoption de pratiques de gestion permettant de stocker le carbone est importante. Toutefois, certaines zones de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba ont connu une augmentation de leurs émissions nettes de GES d'origine agricole, notamment en raison de la croissance des populations animales survenue entre 1981 et 2006 ainsi que de l'application croissante d'engrais azotés entre 1981 et 2016. Dans l'est du Canada, de grandes régions du sud-ouest ontarien, la vallée du Saint-Laurent et la vallée de la rivière Saint-Jean ont affiché une augmentation nette des émissions de

GES d'origine agricole en raison de la multiplication des cultures annuelles et d'une augmentation de la superficie des terres consacrées à des cultures ayant des besoins élevés en azote comme le maïs. Le déclin des troupeaux de vaches laitières dans ces régions a entraîné une diminution des besoins en cultures fourragères pérennes et une conversion conséquente aux cultures annuelles, ce qui a entraîné une augmentation des émissions de CO₂ dans le sol et des émissions de N₂O en raison des besoins accrus en engrais azotés.

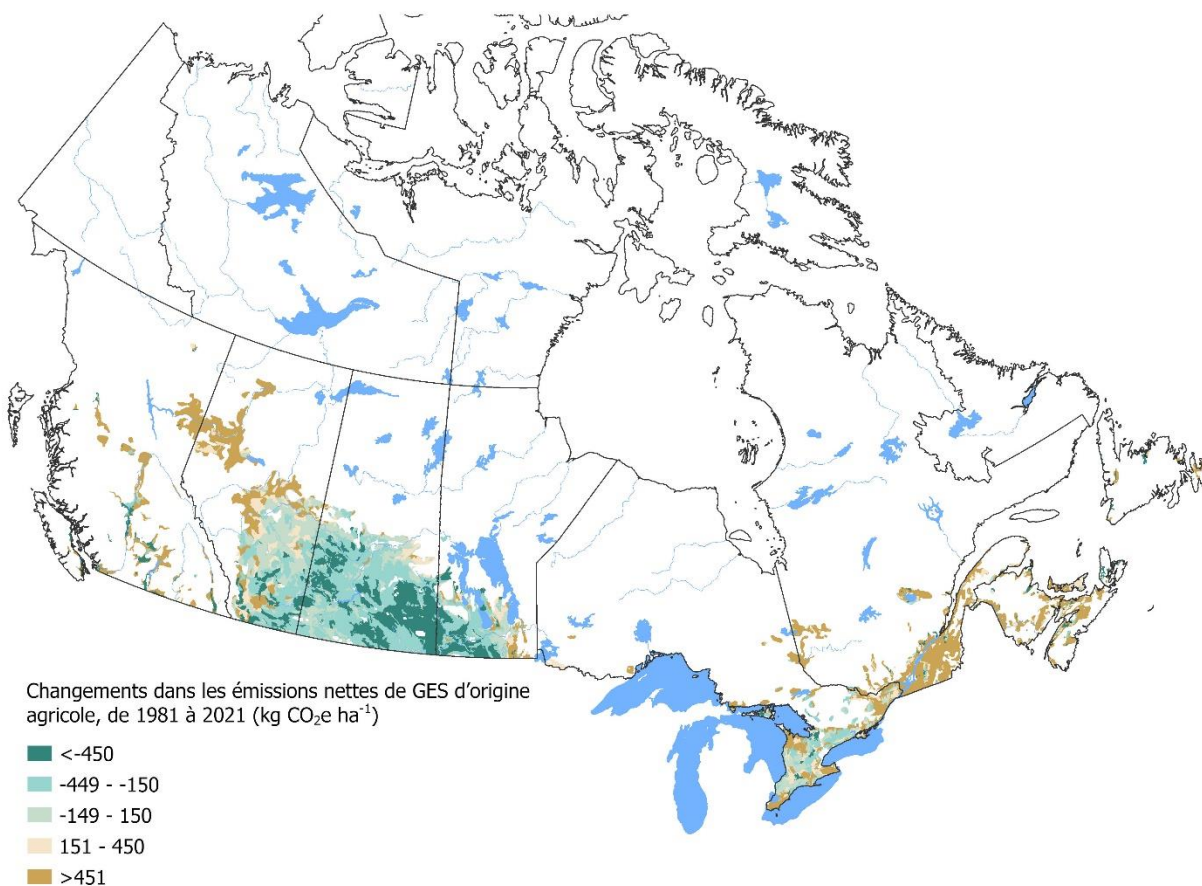


Figure 6 : Changements dans les émissions nettes de GES d'origine agricole, de 1981 à 2021 (kg d'éq. CO₂ ha⁻¹)

Réponses possibles

Le but du secteur agricole canadien est d'assurer aux consommateurs un approvisionnement durable en aliments sains et nutritifs tout en maintenant la rentabilité des entreprises agricoles. L'accroissement des populations canadienne et mondiale ainsi que la hausse de la richesse mondiale parallèlement à l'engouement pour des

régimes alimentaires riches en protéines devraient occasionner une hausse de la demande pour les produits agricoles canadiens. Un certain niveau d'émissions de N₂O et de CH₄ sera toujours associé aux activités agricoles. Par conséquent, si la production agricole continue de s'accroître à l'avenir sans qu'on adopte des mesures d'atténuation tangibles, il est fort probable que les émissions de N₂O et de CH₄ du secteur agricole canadien augmentent aussi. Toutefois, il y a de nombreuses façons d'atténuer les émissions de GES d'origine agricole, y compris les suivantes :

- Ajout d'huiles comestibles ou d'autres aliments substitutifs ou additifs au régime alimentaire des ruminants pour réduire les émissions de CH₄ provenant de la fermentation entérique;
- Amélioration des pratiques ou des traitements de gestion du fumier afin de réduire les émissions et de produire de la bioénergie;
- gestion des pâturages pour des périodes de pâturage intensif de courte durée, suivies de longues périodes de récupération pour maximiser la repousse des herbes, la restitution des résidus et promouvoir le stockage du carbone;
- Adoption de pratiques de gestion des engrais azotés, telles que le calendrier, l'emplacement et le taux d'application, et sélection de produits fertilisants spécifiques qui optimisent l'efficacité de l'utilisation de l'azote et peuvent simultanément réduire les émissions de N₂O;
- augmentation de la production de légumineuses à grains et d'autres légumineuses, lesquelles exigent moins d'engrais azotés en raison de leur capacité à fixer l'azote;
- adoption de pratiques de gestion telles que la diminution du recours à la jachère, la réduction de l'intensité du travail du sol et l'augmentation des superficies consacrées aux cultures pérennes pour accroître le stockage du carbone dans les sols agricoles;
- le recours croissant aux cultures de couverture et aux cultures intercalaires maximise la durée et l'étendue de la couverture végétale du sol et augmente la quantité de résidus restitués au sol;
- le sylvopastoralisme (pâturage dans des terres boisées) peut élargir les surfaces agricoles tout en augmentant la productivité et le stockage du carbone. Le développement des pâturages sylvestres pourrait également contribuer à l'engagement du Canada de planter 2 milliards d'arbres d'ici 2030.

Bon nombre de ces pratiques agricoles permettant d'atténuer les GES font partie d'une série de solutions climatiques naturelles (SCN) qui peuvent réduire les émissions nettes au Canada (Drever et coll., 2021). En règle générale, les SCN offrent non seulement la possibilité de réduire les émissions de GES, mais aussi d'autres avantages, notamment des co-avantages environnementaux tels que l'amélioration de la qualité de l'air et de l'eau et le renforcement de la biodiversité.

Il y a d'autres façons d'atténuer les émissions de GES qui dépendent du secteur agricole, mais qui ne réduisent pas les émissions de ce secteur. À titre d'exemple, la production de biocarburants au moyen de sous-produits agricoles (p. ex., les résidus de culture) réduit les émissions du secteur des transports en diminuant la consommation de combustibles fossiles, mais il est peu probable qu'elle ait un effet sur les émissions du secteur agricole. Toutefois, l'adoption de telles pratiques devrait tenir compte de l'effet du détournement à long terme de la matière organique sur la santé du sol et le non-stockage du carbone dans le sol.

En règle générale, l'adoption d'un grand nombre de pratiques d'atténuation est dans une certaine mesure entravée par des facteurs économiques, réglementaires, culturels, technologiques et matériels. En voici quelques exemples.

- Les aliments substitutifs et les ajouts au régime alimentaire du bétail sont rarement justifiés pour des raisons strictement économiques.
- La production d'énergie verte au moyen du fumier est souvent freinée par des contraintes technologiques, financières et réglementaires.
- L'ampleur des cultures de légumineuses à graines et de légumineuses est tributaire de la demande, laquelle est en partie fonction de préférences culturelles et alimentaires.
- Le sol a une capacité limitée à stocker le carbone et, avec le temps, s'approchera de sa capacité de stockage maximale.
- L'adoption de certaines pratiques de gestion peut être entravée par les machines disponibles, les pratiques culturelles et les contraintes temporelles.

La nécessité d'accroître la production alimentaire pour satisfaire la demande mondiale croissante et les limites des mesures mises en place pour atténuer les émissions de GES d'origine agricole compliquent énormément la réduction de manière tangible des émissions nettes de ces GES. L'intensité des émissions est une mesure de la quantité de gaz à effet de serre émise par unité de produit agricole produite, comme un litre de lait ou un kilogramme de viande de bœuf (Desjardins et coll., 2020; Dyer et coll., 2010). Si on compare les produits agricoles selon un même critère, p. ex. par kilogramme de protéines, ils n'ont pas du tout la même empreinte carbonique (Dyer et coll., 2010). Les consommateurs ont donc un rôle important à jouer dans la réduction des émissions du secteur agricole (Dyer et coll., 2020), car en étant mieux informés, ils peuvent prendre des décisions éclairées dans leurs choix alimentaires, et donc sur leurs émissions de GES. Cependant, l'évolution des produits agricoles consommés par les Canadiens ne signifie pas nécessairement que les émissions de GES d'origine agricole seront réduites au Canada. Cela s'explique par le fait que le secteur agricole canadien est fortement axé sur l'exportation, ce qui signifie qu'une transition nationale vers les produits agricoles sobres en carbone pourrait être compensée par une hausse de la demande internationale de produits à forte teneur en carbone. Les producteurs ont la

possibilité de continuer à réduire l'intensité de leurs émissions en adoptant des stratégies de gestion de plus en plus efficaces; toutefois, les émissions totales peuvent néanmoins s'accroître en raison de l'augmentation générale de la production.

Bibliographie

Note : Toutes les références citées dans cette publication sont en anglais, conformément aux sources originales disponibles.

- Allen, M.R. et al., 2018. A solution to the misrepresentation of CO₂-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation. *Climate and Atmospheric Sciences*, 16: 1-16.
- Desjardins, R.L., Worth, D.E., Dyer, J.A., Vergé, X.P.C. and McConkey, B.G., 2020. The carbon footprints of agricultural products in Canada. In: S.S. Muthu (Editor), *Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes*. Springer Nature, Singapore, pp. 1-34.
- Drever, R.C. et al., 2021. Natural climate solutions for Canada. *Science Advances*, 7: eabd6034.
- Dyer, J.A., Desjardins, R.L. and McConkey, B.G., 2014. The fossil energy use and CO₂ emissions budget for Canadian agriculture. In: J. Bundschuh (Editor), *Sustainable Energy Solutions. Sustainable Energy Developments*. Taylor and Francis/CRC Press, pp. 77-96.
- Dyer, J.A., Vergé, X.P.C., Desjardins, R.L. and Worth, D., 2010. The protein-based GHG emission intensity for livestock products in Canada. *Journal of Sustainable Agriculture*, 34(6): 618-629.
- Dyer, J.A., Worth, D.E., Vergé, X.P.C. and Desjardins, R.L., 2020. Impact of recommended red meat consumption in Canada on the carbon footprint of Canadian livestock production. *Journal of Cleaner Production*, 266: 121785.
- Environment and Climate Change Canada, 2020. National Inventory Report 1990-2018: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada. Part 3. Environment and Climate Change Canada, Gatineau, QC.
- Environment and Climate Change Canada, 2022. National Inventory Report 1990-2020: Greenhouse gas sources and sinks in Canada. Canada's submission to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Part 2. In: Environment and Climate Change Canada (Editor). *Environment and Climate Change Canada*, Gatineau, QC, pp. 323.
- Environment and Climate Change Canada, 2023. National Inventory Report 1990-2021: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada. In: Environment and Climate Change Canada (Editor). *Environment and Climate Change Canada*, Gatineau, QC, pp. 268.

- GISS, 2021. GISS Surface Temperature Analysis (v4). National Aeronautics and Space Administration, Goddard Institute for Space Studies, Available at: <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>: Access: March 15, 2021.
- GISS, 2023. GISS Surface Temperature Analysis (V4). National Aeronautics and Space Administration, Goddard Institute for Space Studies.
- Gouvernement du Canada, 2023. Vue d'ensemble du secteur agricole et agroalimentaire du Canada.
- IPCC, 2006. Volume 4: Agriculture, forestry and other land use. In: S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe (Editors), IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. IGES, Japan.
- IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- IPCC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Liang, B.C. et al., 2020. Developing a country-specific method for estimating nitrous oxide emissions from agricultural soils in Canada. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 117: 145-167.
- Lynch, J., Cain, M., Pierrehumbert, R. and Allen, M., 2020. Demonstrating GWP*: a means of reporting warming-equivalent emissions that captures the contrasting impacts of short- and long-lived climate pollutants. *Environmental Research Letters*, 15: 044023.
- Rochette, P. et al., 2008. Estimation of N₂O emissions from agricultural soils in Canada. I - Development of a country-specific methodology. *Canadian Journal of Soil Science*, 88: 641-654.
- Smith, W.N., Desjardins, R.L. and Grant, B.B., 2001. Estimated changes in soil carbon associated with agricultural practices in Canada. *Canadian Journal of Soil Science*, 81: 221-227.
- Smith, W.N. et al., 2012. Crop residue removal effects on soil carbon: Measured and inter-model comparisons. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 161: 27-38.

VanderZaag, A.C., MacDonald, J.D., Evans, L., Vergé, X.P.C. and Desjardins, R.L., 2013. Towards an inventory of methane emissions from manure management that is responsive to changes on Canadian farms. *Environmental Research Letters*, 8(3): 035008.