



Agriculture et  
Agroalimentaire Canada

Agriculture and  
Agri-Food Canada



# Holos

*Un outil pour estimer et réduire  
les GES émis par les fermes*

Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2008

No de catalogue : A52-136/2008F-PDF  
ISBN 978-1-100-90429-0  
N° AAC 10862F

*Also available in English under the title:  
Holos – A tool to Estimate and Reduce GHGs from Farms.*

SCPS (S. Hindson)



# Holos

**Un outil pour estimer et réduire les  
GES émis par les fermes**

**Méthodologie et algorithmes pour la  
version 1.1.x**

Shannan Little, Julia Lindeman, Ken Maclean, Henry Janzen





# Préface

Le présent document décrit le logiciel Holos - Un outil pour estimer et réduire les GES émis par les fermes, Version 1.1.x. Afin de favoriser une meilleure compréhension du présent document, nous recommandons au lecteur d'installer et de lancer le logiciel Holos, ce qui lui permettra ainsi de comparer le document au programme.

Les algorithmes et les hypothèses dans Holos sont revus et perfectionnés à mesure que la recherche avance. Par conséquent, les équations présentées dans le document peuvent avoir été remplacées dans des versions plus récentes du logiciel.



# Remerciements

Le logiciel Holos a été précédé de la calculatrice GHGFarm et a bénéficié des travaux de B.L. Helgason, H.H. Janzen, D.A. Angers, M. Boehm, M. Bolinder, R.L. Desjardins, J. Dyer, B.H. Ellert, D.J. Gibb, E.G. Gregorich, R. Lemke, D. Massé, S.M. McGinn, T.A. McAllister, N. Newlands, E. Pattey, P. Rochette, W. Smith, A.J. VandenBygaart et H. Wang.

Des conseils précieux et des suggestions ont été fournis par Karen Beauchemin, Marie Boehm, Ray Desjardins, Jim Dyer, Bernie Genswein, Darryl Gibb, Brian Grant, Roger Hohm, Travis Hulstein, Robert Janzen, Sean McGinn, Chris McKinnon, Cedric McLeod, Philippe Rochette, Elwin Smith, Ward Smith, Matthew Wiens, Devon Worth, Fred Van Herk et Xavier Vergé. Ray Desjardins a joué un rôle-clé dans la direction de ce projet.

Les participants de l'atelier sur la calculatrice des GES tenu à Ottawa (29 mars 2007) nous ont également fourni des suggestions pratiques pour améliorer le programme et ainsi le rendre plus convivial et applicable à un plus vaste éventail de situations.

De nombreux testeurs au sein d'Agriculture et Agroalimentaire Canada et à l'externe nous ont aidés à améliorer l'utilisabilité de Holos. Nous tenons à souligner notamment la diligence de José Barbieri.

Nous remercions Sheila Torgunrud de nous avoir guidés dans la conception du logo, de même que Dave Gresiuk et Alvin Melenchenko pour le soutien technique.



# Table des matières

Résumé .....	1
Contexte.....	2
Importance de la science des GES .....	2
Lien avec l'agriculture .....	3
Programme de modèles d'exploitations agricoles.....	3
Une première version : GHGFarm.....	3
Une version améliorée : Holos.....	4
Gaz à effet de serre .....	6
Dioxyde de carbone .....	6
Oxyde nitreux.....	7
Méthane.....	8
Quelles quantités d'émissions? .....	8
Méthodologie.....	10
Localisation spatiale .....	15
Scénarios .....	17
Activités/sources d'émissions .....	18
Cultures/utilisation des terres – émissions directes et indirectes de N <sub>2</sub> O provenant du sol .....	20
Utilisation des terres – stockage de carbone dans le sol et émissions provenant du sol .....	23
Exploitations de vaches de boucherie-veaux – émissions de CH <sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH <sub>4</sub> et de N <sub>2</sub> O provenant du fumier .....	26
Parc d'engraissement de bovins – émissions de CH <sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH <sub>4</sub> et de N <sub>2</sub> O provenant du fumier .....	30
Bovins de long engraissement – émissions de CH <sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH <sub>4</sub> et de N <sub>2</sub> O provenant du fumier .....	33
Vaches laitières – émissions de CH <sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH <sub>4</sub> et de N <sub>2</sub> O provenant du fumier.....	35
Porcs – émissions de CH <sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH <sub>4</sub> et de N <sub>2</sub> O provenant du fumier .....	38
Moutons – agneaux de marché – émissions de CH <sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH <sub>4</sub> et de N <sub>2</sub> O provenant du fumier .....	42
Parc d'engraissement de moutons – émissions de CH <sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH <sub>4</sub> et de N <sub>2</sub> O provenant du fumier .....	45
Volailles – émissions de CH <sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH <sub>4</sub> et de N <sub>2</sub> O provenant du fumier .....	47
Plantations d'arbres linéaires – stockage de carbone dans le sol .....	50
Émissions de CO <sub>2</sub> produites par des sources d'énergie .....	52
Somme et conversions.....	56
Incertitude.....	58
Mesures d'atténuation .....	60
Améliorations futures et rêves.....	63
Annexe 1 – Exemple de ferme .....	69
Annexe 2 – Entrée de types de fermes moins courants.....	80
Annexe 3 –spécifications de développement.....	82
Annexe 4 – Équations.....	84





# Résumé

Holos est un programme logiciel de modélisation agricole intégré qui évalue les émissions de gaz à effet de serre (GES) en fonction des renseignements saisis sur les différentes fermes. Il vise principalement à visualiser et à mettre à l'essai des solutions de réduction des émissions de GES produites par les fermes. Holos est l'aboutissement d'une étude approfondie menée en collaboration sur les émissions de GES attribuables aux fermes canadiennes. Ces activités de recherche ont en majorité été menées par des scientifiques à l'emploi d'Agriculture et Agroalimentaire Canada dans le cadre du programme de recherche sur les modèles d'exploitations agricoles.

Holos présente plusieurs caractéristiques uniques, notamment l'utilisation de « scénarios » – ensembles de pratiques de gestion agricole couramment observées au Canada. L'utilisateur sélectionne les scénarios qui décrivent le mieux sa ferme, puis ajoute les détails qu'il juge nécessaires. Holos est donc facile à utiliser, tout en offrant la souplesse nécessaire pour mener des analyses plus approfondies.

Grâce à des jeux de simulation, Holos permet aux usagers d'envisager différentes options qui pourraient entraîner une réduction des émissions et d'évaluer les répercussions de ces options sur les émissions provenant de l'ensemble de la ferme. Holos est conçu pour prévoir l'avenir, envisager des scénarios hypothétiques et repérer les pratiques qui réduiront au maximum les émissions à un endroit précis avant la mise en œuvre de celles-ci. Holos est donc principalement un outil d'exploration et non un outil de comptabilisation ou d'inventaire. Il vise à prévoir l'avenir et à envisager les différents scénarios possibles plutôt qu'à regarder en arrière et à déterminer la quantité d'émissions produites par le passé. Holos propose également une série de mesures d'atténuation possibles propres à chaque ferme et laisse aux usagers le soin d'explorer les répercussions de ces options.

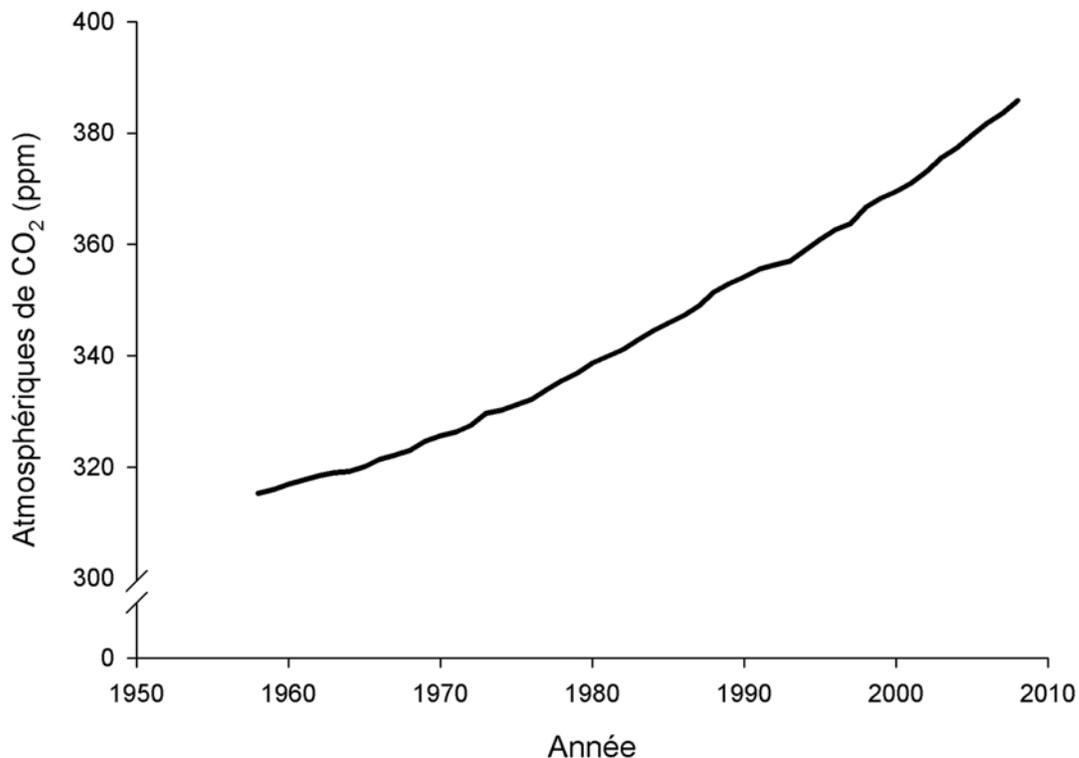
Les algorithmes utilisés dans le modèle de Holos sont généralement fondés sur les méthodes proposées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, mais ont été modifiés pour tenir compte des conditions canadiennes. On porte une attention particulière à l'interaction des différentes composantes de la ferme plutôt qu'à l'utilisation de sous-programmes trop complexes pour différents volets. Holos met l'accent sur les pratiques et les conditions qui pourraient vraisemblablement avoir un effet d'atténuation marqué. Le niveau de détails est également dicté par la disponibilité de données scientifiques à l'appui.

Holos évalue les émissions de dioxyde de carbone, d'oxyde nitreux et de méthane produites par la fermentation entérique et par l'utilisation du fumier, les systèmes de culture et la consommation d'énergie. La séquestration du carbone et l'absorption de CO<sub>2</sub> attribuables aux plantations linéaires d'arbres et aux changements dans l'utilisation et la gestion des terres sont autant d'éléments évalués dans le cadre de l'estimation des GES produits à l'échelle de la ferme. Les émissions sont évaluées sur une base annuelle, et les résultats sont présentés sous forme de rapports ou de tableaux comparatifs.

# Contexte

## Importance de la science des GES

La concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère est à la hausse (Figure 1). Les GES ralentissent la dissipation de la chaleur atmosphérique, créant ainsi une couche chaude essentielle au maintien de la vie sur terre. Toutefois, si la concentration de ces gaz augmente trop rapidement, le réchauffement consécutif peut avoir des effets indésirables sur le climat.



**Figure 1. Hausses des concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> (parties par million) – mesurées à Mauna Loa, Hawaii (Keeling et coll., 2001).**

Les scientifiques prévoient que ce réchauffement entraînera une hausse du niveau des océans, une modification des configurations de pluie et une augmentation de la fréquence des conditions météorologiques difficiles. Ces manifestations du réchauffement, en revanche, ont une incidence sur la biodiversité, la production alimentaire et l'habitat et la santé des êtres humains.

La hausse de la concentration atmosphérique des GES est en grande partie attribuable aux activités humaines. L'utilisation de combustibles fossiles et la destruction des forêts par le feu entraînent une hausse de la concentration de CO<sub>2</sub>. La concentration des autres GES a également augmenté en raison des sources anthropiques, incluant l'agriculture.

## Lien avec l'agriculture

L'agriculture est étroitement associée à l'émission de trois GES : le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) et le méthane (CH<sub>4</sub>). Par le passé, d'importantes quantités de CO<sub>2</sub> étaient libérées lorsque les forêts étaient brûlées et que les prairies étaient labourées en vue d'une utilisation à des fins agricoles. Encore aujourd'hui, les pratiques agricoles sont une importante source de GES, correspondant à environ 10 à 12 p. 100 des émissions globales. (Ceci ne comprend pas les émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à la conversion des prairies et des forêts en terres agricoles.) (Janzen et coll., 2008).

L'agriculture est la principale source d'émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O (Smith et coll., 2007). Les émissions de CH<sub>4</sub> sont en grande partie attribuables au bétail ruminant alors que celles de N<sub>2</sub>O sont largement dues aux concentrations élevées d'azote dans le sol en raison des épandages d'engrais et de fumier. On prévoit que les émissions annuelles de GES attribuables au secteur agricole vont augmenter à l'avenir en raison de l'accroissement de la population et de l'augmentation de la demande alimentaire (Smith et coll., 2007). Toutefois, grâce aux pratiques de gestion, les terres agricoles peuvent également récupérer le carbone perdu et ainsi absorber le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Par conséquent, les fermes peuvent être non seulement une source de GES mais également un puits, en absorbant les GES.

## Programme de modèles d'exploitations agricoles

Le Programme de modèles d'exploitations agricoles d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) était une étude approfondie menée en collaboration dans le but d'améliorer la précision du calcul des émissions de GES attribuables au secteur agricole canadien et de trouver des solutions pour réduire les émissions provenant des fermes.

Le Programme de modèles d'exploitations agricoles avait trois objectifs spécifiques :

- améliorer la compréhension scientifique des émissions provenant des fermes canadiennes;
- vérifier l'inventaire des émissions canadiennes pour respecter les engagements internationaux;
- trouver une méthode d'analyse holistique permettant d'estimer les émissions de GES provenant de systèmes d'exploitation agricole entiers (Janzen et coll., 2008).

Un objectif du Programme de modèles d'exploitations agricoles était d'élaborer un modèle qui permettrait d'estimer les émissions globales de GES provenant des fermes.

## Une première version : GHGFarm

GHGFarm était un modèle et un logiciel simple qui permettait d'estimer les émissions de GES des fermes canadiennes. La version 1.0 a été lancée en 2005 et la version 2.0, en 2007. En se fondant sur les pratiques de gestion et les conditions de la ferme, GHGFarm

permettait d'estimer les émissions de GES de l'ensemble de la ferme. Les consultations avec les usagers et les progrès réalisés en recherche ont permis de repérer des secteurs à améliorer, justifiant ainsi l'élaboration d'un modèle et logiciel plus avancé.

## Une version améliorée : Holos

### *Approche intégrée*

Un écosystème est composé non seulement des organismes et de l'environnement où ils vivent mais également des interactions des organismes avec leur milieu et entre eux. Une approche intégrée vise à décrire et à comprendre le système entier comme un ensemble intégré et non comme un ensemble de composantes distinctes – le tout plutôt que la somme des parties. Cette approche holistique peut être très complexe, et il est difficile de décrire le processus. Une façon de conceptualiser un *système entier* est de recourir à un modèle mathématique.

Il existe de nombreux modèles qui permettent d'estimer les émissions de GES attribuables à un volet de l'agriculture ou à une activité agricole. D'autres modélisent les flux de nutriments dans un écosystème agricole ou calculent les émissions de différents GES (par ex., CH<sub>4</sub> ou N<sub>2</sub>O) provenant de l'ensemble de la ferme. Mais rares sont les modèles qui cherchent à estimer les émissions de tous les GES - CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O – provenant de l'ensemble d'une exploitation agricole intégrée et de toutes les sources d'émissions potentielles; autrement dit, quelques modèles seulement considèrent la ferme comme un *système entier* et non comme un ensemble d'éléments et de processus distincts.

Cette approche intégrée permet de s'assurer que les effets des changements de gestion, à l'échelle du système entier, influent sur les émissions nettes résultantes des fermes. Dans certains cas, la réduction des émissions d'un GES entraîne une hausse des émissions d'un autre gaz. L'approche intégrée permet d'éviter d'adopter des pratiques potentiellement inopportunes fondées sur les préoccupations à l'égard d'un seul GES.

L'approche de Holos consiste à porter une attention particulière à l'interaction des différentes composantes de la ferme plutôt qu'à l'utilisation de sous-programmes trop complexes pour différents volets. Holos met l'accent sur les pratiques et les conditions qui pourraient vraisemblablement avoir un effet d'atténuation marqué. Le niveau de détails est également dicté par la disponibilité de données scientifiques à l'appui. Le résultat final est une estimation des émissions de CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O, ainsi que des émissions nettes exprimées en équivalents CO<sub>2</sub> (éq. CO<sub>2</sub>), provenant non seulement des différentes composantes de la ferme, mais de l'ensemble du système d'exploitation agricole.

### *Objectif de Holos*

Le principal objectif de Holos est d'envisager et de mettre à l'essai des solutions possibles pour réduire les émissions de GES des fermes. Grâce à des jeux de simulation, Holos permet aux usagers d'envisager différentes options qui pourraient entraîner une réduction des émissions et d'évaluer les répercussions de ces options sur les émissions provenant de l'ensemble de la ferme. Holos est conçu pour prévoir l'avenir, envisager des scénarios hypothétiques et repérer les pratiques qui réduiront au maximum les émissions

à un endroit précis avant la mise en œuvre de celles-ci. Holos est donc principalement un outil d'exploration et non un outil de comptabilisation ou d'inventaire. Il vise à prévoir l'avenir et à envisager les différents scénarios possibles plutôt qu'à regarder en arrière et à déterminer la quantité d'émissions produites par le passé. Holos propose également une série de mesures d'atténuation possibles propres à chaque ferme et laisse aux usagers le soin d'explorer les répercussions de ces options.

Holos a d'autres applications potentielles, y compris à titre d'outil d'apprentissage et de communication, permettant aux usagers d'examiner la réponse du système lorsqu'ils entrent des données différentes. L'élaboration a également été un processus enrichissant puisqu'elle a permis de considérer les fermes comme des écosystèmes et de s'assurer de tenir compte de l'ensemble des sources de GES au moment de calculer les émissions nettes des fermes. Ces types de modèles peuvent aider à déterminer avec précision les secteurs où des recherches plus poussées sont nécessaires (Janzen et coll., 2006).

# Gaz à effet de serre

Le secteur agricole produit trois principaux gaz à effet de serre – le dioxyde de carbone, l'oxyde nitreux et le méthane. En plus de produire des GES, les fermes peuvent également agir comme un puits ou un réservoir pour stocker le carbone. Le stockage du carbone permet essentiellement de retirer le CO<sub>2</sub> de l'air.

La capacité d'absorber la chaleur dans l'atmosphère varie d'un gaz à l'autre. Le potentiel de réchauffement du globe (PRG) d'un gaz est une mesure de son effet de réchauffement par rapport au CO<sub>2</sub>. Le CH<sub>4</sub> est 23 fois plus efficace que le CO<sub>2</sub> pour absorber la chaleur, alors que le N<sub>2</sub>O est 296 fois plus puissant (GIEC, 2006). Ainsi, les GES ne contribuent pas tous de la même façon au réchauffement du globe. Il faut tenir compte de cette différence dans l'analyse des pratiques de gestion qui influent sur les émissions de GES.

Chacun de ces GES n'agit pas en vase clos. Leurs cycles sont interreliés, et ce qui influe sur les émissions d'un GES influe également sur les émissions des autres. Ainsi, les pratiques de gestion agricole qui réduisent les émissions d'un gaz peuvent en revanche entraîner une hausse des émissions d'un autre. L'approche intégrée permet de tenir compte de ces interactions et de s'assurer que les effets des changements de gestion sont transférés à l'ensemble de la ferme et aux émissions résultantes.

## Dioxyde de carbone

Le cycle du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et l'écosystème est fondé sur le captage de celui-ci par les végétaux au moment de la photosynthèse et sur sa libération lors de la respiration, de la décomposition et de la combustion. En absence de perturbations, ce cycle demeure en équilibre. Le CO<sub>2</sub> est absorbé par les plantes et converti en glucides. Les glucides des plantes sont ingérés par d'autres organismes comme source d'énergie et convertis en CO<sub>2</sub>. Les matières carbonées sont également retournées dans le sol pour s'y décomposer. Le CO<sub>2</sub> est libéré au moment de la décomposition, et le cycle recommence.

Les sols au Canada contiennent de grandes quantités de carbone stocké sous forme de matière organique. Une partie du carbone contenu dans cette matière organique est perdue lorsque les terres agricoles sont cultivées la première fois puisque le travail du sol accélère la décomposition, et la récolte des produits agricoles se traduit par une réduction du carbone retourné dans le sol. Pour compenser la diminution de la teneur en carbone dans le sol, la quantité de carbone retournée dans le système doit être supérieure à ce qui est retiré. En augmentant la quantité de carbone stocké dans le sol, le CO<sub>2</sub> peut être retiré de l'atmosphère. Les fermes canadiennes ont la possibilité de stocker des quantités croissantes de carbone dans leurs sols, grâce à différentes pratiques de gestion agricole, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli. En général, cet équilibre est atteint quelques décennies après l'introduction d'une nouvelle pratique. Les pratiques qui favorisent une augmentation de la matière organique et du carbone dans les sols comprennent la réduction du travail du sol, la restauration des prairies et des tourbières, la plantation de cultures annuelles et l'élimination de la jachère (Smith et coll., 2007, Desjardins et coll., 2008, Janzen et coll., 2008).

Les inventaires du GIEC ne tiennent pas compte des peuplements d'arbres non gérés dans le calcul des échanges nets de CO<sub>2</sub> entre les arbres et l'atmosphère (GIEC, 2006).

Toutefois, le carbone peut être stocké dans les plantations d'arbres. La plantation d'arbres dans des endroits où il n'y en avait pas auparavant est une autre méthode pour stocker du carbone et ainsi absorber le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère (Desjardins et coll., 2008). Le sort et la gestion d'une plantation d'arbres détermineront cependant sa valeur à long terme en ce qui a trait au stockage du carbone (Kort et Turnock, 1999).

Le CO<sub>2</sub> n'est pas seulement émis à la suite d'un changement d'utilisation des terres, mais également lors de la consommation de l'énergie produite par la combustion de combustibles fossiles. Le labourage des champs, la récolte des cultures, l'irrigation des terres, la production d'engrais et d'herbicides, le chauffage, la climatisation et le nettoyage des étables et la traite des vaches sont toutes des activités qui exigent l'utilisation de combustibles fossiles, sous forme de diesel ou d'essence ou pour la production d'électricité. Certaines pratiques, telle que l'utilisation de quantités réduites d'engrais ou la modification des pratiques de travail du sol pour réduire l'utilisation de carburants, peuvent entraîner une réduction importante des émissions de CO<sub>2</sub> provenant de sources d'énergie.

La quantité de CO<sub>2</sub> produite par une ferme varie en fonction des pratiques de gestion. La quantité de carbone potentiellement stockée varie également d'une ferme à l'autre au Canada en raison des conditions régionales et des pratiques antérieures de gestion agricole.

## Oxyde nitreux

Les émissions de N<sub>2</sub>O sont produites directement par les fermes canadiennes au cours des processus de nitrification et de dénitrification des sols. La quantité de N<sub>2</sub>O produite est à peu près proportionnelle à la quantité d'azote ajoutée dans le sol. Ainsi, puisque la quantité d'azote ajoutée augmente pour obtenir des rendements toujours plus élevés, il en va de même des pertes sous forme de N<sub>2</sub>O dans l'atmosphère (Bouwman et Boumans, 2002).

Des émissions directes de N<sub>2</sub>O proviennent également du fumier du bétail. La quantité dépend de la teneur en azote du fumier et du type de manutention et de la durée d'entreposage du fumier. Lorsqu'il est bien aéré, le fumier produit généralement davantage d'émissions de N<sub>2</sub>O. Le fumier est finalement épandu sur le sol, ce qui occasionne d'autres pertes sous forme de N<sub>2</sub>O (Mosier et coll., 1998).

Une certaine quantité d'azote présent sur les fermes est libérée dans l'air en raison de la volatilisation ou dans le sol ou les eaux de surface en raison de la lixiviation et du ruissellement. Cet azote transporté en dehors de la ferme peut également alimenter les processus de nitrification et de dénitrification, produisant ainsi des émissions de N<sub>2</sub>O dites « indirectes ».

Les sources d'émissions de N<sub>2</sub>O d'origine agricole comprennent la décomposition des résidus agricoles, l'utilisation d'engrais, le dépôt et la manutention du fumier, la minéralisation de l'azote et le drainage des sols organiques (tourbeux ou marécageux). La

quantité de N<sub>2</sub>O perdu dépend des conditions climatiques locales, du type et de la texture du sol et des pratiques de gestion agricole. Il est possible de réduire les émissions en utilisant les engrais de façon plus efficace et ainsi diminuer les apports en azote, en réduisant le travail du sol, en optimisant l'équilibre protéique dans l'alimentation des animaux pour réduire les excréments d'azote et en changeant les pratiques de gestion du fumier (Kebreab et coll., 2006, Janzen et coll., 2008).

## Méthane

Le CH<sub>4</sub> est produit par la fermentation entérique principalement chez le bétail ruminant tel que les bovins et les moutons. Il est un sous-produit de la digestion dans le rumen où les glucides sont dégradés pour produire de l'énergie et est libéré par les expirations, éructations ou flatulences des animaux. La quantité de CH<sub>4</sub> produit varie non seulement d'un animal à l'autre, mais dépend également de la qualité de l'alimentation et des additifs ajoutés aux aliments. Par exemple, les émissions de CH<sub>4</sub> peuvent être réduites en donnant une alimentation plus nutritive ou en ajoutant des matières grasses, des huiles ou des agents antimicrobiens aux rations du bétail. Une alimentation hautement nutritive peut également permettre de réduire la quantité de fumier produite (Kebreab et coll., 2006, Beauchemin et coll., 2008, Desjardins et coll., 2008).

Le CH<sub>4</sub> est également produit dans les systèmes de manutention du fumier. Dans des conditions anaérobies, les microorganismes produisent du CH<sub>4</sub> plutôt que du CO<sub>2</sub> lorsqu'ils transforment les glucides en énergie. La quantité de CH<sub>4</sub> provenant du fumier varie selon le type de système de manutention, la température et la durée de l'entreposage. Elles peuvent être réduites en modifiant les pratiques de gestion du fumier telles que les systèmes d'entreposage, la saison d'épandage (ce qui permet d'éviter d'entreposer de grandes quantités de fumier durant les saisons chaudes) et la fréquence d'épandage du fumier (Desjardins et coll., 2008). De plus, les émissions de CH<sub>4</sub> et de CO<sub>2</sub> attribuables à la décomposition du fumier peuvent être captées et utilisées pour produire de l'énergie pour une utilisation à la ferme plutôt que d'être libérées dans l'atmosphère (Kebreab et coll., 2006).

## Quelles quantités d'émissions?

Selon le Rapport d'inventaire national, le Canada, en 2005, a produit 747 millions de tonnes d'équivalent de CO<sub>2</sub> (Mt d'éq. CO<sub>2</sub>), toute source confondue. La majorité des émissions de CO<sub>2</sub> était attribuable à la consommation d'énergie alors que les émissions du secteur agricole correspondaient à environ 8 p. 100 des émissions totales. (Cette valeur ne comprend pas les émissions attribuables à la consommation d'énergie à la ferme; lorsque l'on tient compte de ceci, les émissions du secteur agricole correspondent à peu près à 10 p. 100 des émissions canadiennes.) Comme nous l'avons mentionné, les sols des fermes *absorbent* le CO<sub>2</sub> de l'air lorsque ceux-ci stockent du carbone grâce aux pratiques agricoles améliorées, et environ 10 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> ont été retirées en 2005. Toutefois, puisque ces retraits correspondent presque exactement aux pertes de carbone provenant de terres récemment converties en terres cultivées, l'échange net de CO<sub>2</sub> entre les terres agricoles et l'air est faible.

Les émissions de  $N_2O$  correspondent à environ la moitié des émissions du secteur agricole canadien, alors que celles de  $CH_4$  correspondent à l'autre moitié. La fermentation entérique chez le bétail et la gestion du fumier produisent 66 p. 100 des émissions totales de GES attribuables au secteur agricole. Les émissions provenant des sols agricoles, en raison de la décomposition des résidus de culture, de l'utilisation d'engrais, du dépôt et de la manutention du fumier et du drainage des sols organiques, correspondent à environ 34 p. 100 des émissions totales du secteur. (Figure 2).

Les émissions totales annuelles de GES provenant des fermes canadiennes sont demeurées raisonnablement constantes de 1990 à 2005, avec une réduction d'environ 5 p. 100. Toutefois, les différentes sources et les émissions ont changé. De 1990 à 2005, les émissions de  $CH_4$  ont augmenté d'un quart en raison de l'augmentation du nombre de têtes de bétail. Les émissions directes de  $N_2O$  provenant des sols agricoles ont augmenté de 14 p. 100 en raison de l'utilisation accrue d'engrais azotés synthétiques et des plus grandes quantités de fumier produites par un plus grand nombre d'animaux d'élevage. Toutefois, ces hausses durant la période visée ont été compensées par une réduction des émissions nettes de  $CO_2$  provenant du sol et consécutives à l'adoption par un plus grand nombre de producteurs de pratiques de gestion du stockage du carbone dans le sol (Janzen et coll., 2008).

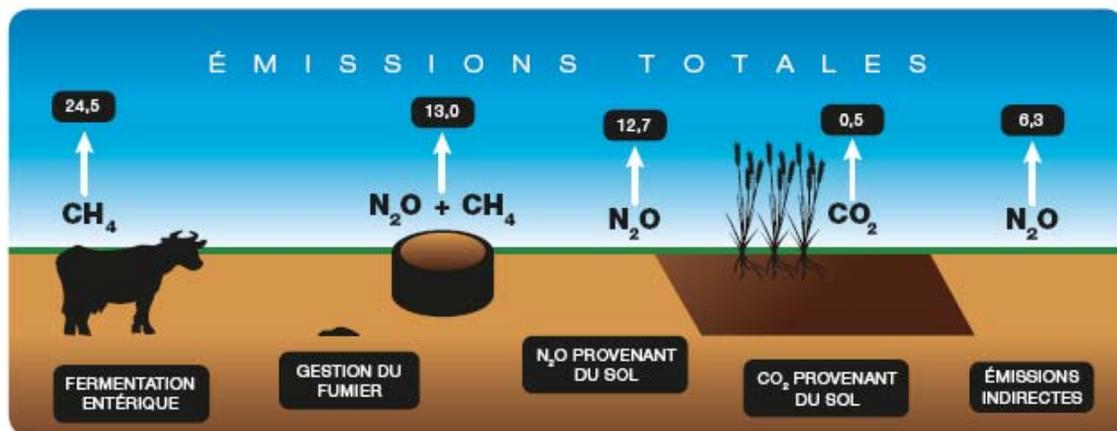


Figure 2. Sources des émissions de GES provenant du secteur agricole canadien en 2005 (excluant les émissions de  $CO_2$  attribuables à la consommation d'énergie). En Mt d'éq.  $CO_2$ . Tiré de Janzen et coll., 2008.

# Méthodologie

La méthodologie de Holos s'appuie principalement sur les Lignes directrices de 2006 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Ce document fournit les méthodologies d'estimation des inventaires nationaux d'émissions anthropogènes par sources ainsi que les quantités absorbées par des puits de gaz à effet de serre. L'approche méthodologique la plus simple et courante consiste à combiner les données sur l'ampleur de l'activité humaine (appelées les *données sur l'activité*) et les coefficients qui quantifient les émissions ou absorptions par unité d'activité (appelés les *coefficients d'émission*).

Les Lignes directrices du GIEC recommandent d'adopter une méthodologie plus complexe en introduisant des méthodes et des facteurs propres aux pays. Holos comprend des modifications uniques au Canada qui visent principalement l'estimation des émissions de N<sub>2</sub>O provenant des sols et des cultures, des émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la gestion du fumier et des émissions de CO<sub>2</sub> produit par des sources d'énergie, ainsi que le stockage et l'absorption du carbone dans le sol et les arbres.

Les Lignes directrices du GIEC ont été créées pour calculer les inventaires nationaux de GES. Puisque Holos permet d'estimer les émissions produites à l'échelle d'une ferme, les algorithmes ont été modifiés pour tenir compte des détails et des pratiques propres à chaque ferme.

Holos évalue les émissions suivantes :

- Émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol ou attribuables aux cultures – émissions directes
- Stockage et émissions de CO<sub>2</sub> résultant de la gestion de l'utilisation des terres
- CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique
- Émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la gestion du fumier
- Émissions de N<sub>2</sub>O attribuables à la gestion du fumier – émissions directes
- Émissions indirectes de N<sub>2</sub>O attribuables à la lixiviation ou au ruissellement et à la volatilisation
- Stockage du CO<sub>2</sub> résultant des plantations d'arbres linéaires
- Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à la consommation d'énergie à la ferme
- Émissions nettes de la ferme (éq. CO<sub>2</sub>)

Holos évalue les émissions produites par des exploitations agricoles courantes au Canada, dont la liste est fournie au Tableau 1. Des données propres à la ferme doivent être entrées pour chaque activité qui contribue à la production de GES et aux émissions nettes de l'exploitation agricole. Les données requises pour calculer les émissions liées à une activité sont obtenues par le biais de formulaires à remplir sur des volets distincts dans le programme Holos. Les résultats pour chaque point de la liste ci-dessus sont présentés sous forme graphique. Toutefois, les données sur les émissions attribuables à une activité particulière sont également fournies dans un rapport détaillé.

Le territoire physique de la ferme est organisé conformément à l'illustration de la Figure 3. Essentiellement, le territoire de la ferme est composé de deux types de terres : les terres cultivées ou les prairies. Cette répartition ne tient pas compte de la superficie occupée par les installations de la ferme, les enclos de bovins et de moutons, les bâtiments (étables, porcheries, poulaillers), les plantations d'arbres, les milieux humides et les plans d'eau puisque les terres en question et la contribution résultante aux émissions globales sont jugées négligeables.

Holos est un modèle empirique de calcul des émissions produites au cours d'une année. Le système décrit par Holos, en général, comprend toutes les émissions produites sur la ferme, ainsi que celles attribuables à la fabrication et au transport des intrants directement sur la ferme. Par exemple, le système décrit par Holos s'étend jusqu'à la clôture qui ceinture la ferme. Toutefois, Holos évalue les émissions de CO<sub>2</sub> associées à la fabrication des engrais et des herbicides utilisés sur la ferme. Les émissions provenant des résidus agricoles et du fumier sont attribuées à la ferme d'origine. On tient compte des émissions attribuables à la production d'aliments pour le bétail en les comptabilisant dans le complexe de cultures<sup>1</sup> requis. Ainsi, les émissions attribuables à la production d'aliments pour le bétail sont assignées aux fermes où l'aliment est produit.

**Tableau 1. Aperçu de Holos.**

<b>Exploitation agricole</b>	<b>Données que l'utilisateur doit fournir</b>	<b>Données par défaut, peuvent être modifiées par l'utilisateur</b>	<b>Émissions calculées</b>
Cultures/pâturages/modification de l'utilisation des terres	Zone de cultures annuelles et de terres en jachère Zone de cultures vivaces (passée et présente) Zone de pâturages (passée et présente) Intensité du travail du sol (passée et présente) Superficie de terres irriguées Utilisation d'herbicide	Apports en engrais Production Type et texture du sol	N <sub>2</sub> O – sol Stockage de carbone dans le sol ou émission provenant du sol CO <sub>2</sub> – sources d'énergie
Veau-vache de boucherie	Nombre de vaches Type d'aire de pâturage Qualité du pâturage et de l'alimentation Additifs alimentaires ajoutés aux aliments Vêlage de printemps ou d'automne Bovins en pâturage à longueur d'année ou nourris pendant l'hiver Veaux vendus ou conservés pour la semi-finition et nombre de mois de semi-finition Système de manutention du fumier des bovins de semi-finition	Taux de production de veaux Nombre de taureaux	CH <sub>4</sub> – fermentation entérique CH <sub>4</sub> – fumier N <sub>2</sub> O – fumier CO <sub>2</sub> – sources d'énergie

<sup>1</sup> Le complexe de cultures correspond la superficie ou au territoire utilisé pour cultiver les produits qui entrent dans la composition des aliments du bétail (Vergé et coll., 2007).

<b>Exploitation agricole</b>	<b>Données que l'utilisateur doit fournir</b>	<b>Données par défaut, peuvent être modifiées par l'utilisateur</b>	<b>Émissions calculées</b>
Parc d'engraissement de bovins de boucherie	Type de parc d'engraissement (finition ou semi-finition) Nombre maximal d'animaux dans le parc d'engraissement et/ou nombre de mois d'occupation Recours au confinement dans des granges Mélange de ration Additifs pour aliments du bétail Pourcentage de bouvillons dans le parc d'engraissement Rapport entre la quantité d'aliments et le gain (si connu) Gain quotidien moyen (si connu) Système de manutention du fumier	Poids initial et final	CH <sub>4</sub> – fermentation entérique CH <sub>4</sub> – fumier N <sub>2</sub> O – fumier CO <sub>2</sub> – sources d'énergie
Bovins de long engraissement	Nombre de bovins Nombre de mois mis au pâturage Qualité du pâturage Additifs alimentaires Pourcentage de bouvillons dans le troupeau Gain quotidien moyen (si connu)	Poids initial et final	CH <sub>4</sub> – fermentation entérique CH <sub>4</sub> – fumier N <sub>2</sub> O – fumier
Vaches laitières	Nombre de vaches Nombre de mois durant lesquels les veaux sont conservés Additifs alimentaires Mise en pâturage et durée Système de manutention du fumier Saison d'épandage du fumier	Nombre de génisses nécessaires à la relève Nombre de taureaux Nombre de veaux Durée de la période sèche Unités nutritives totales ou énergie nette lait et teneur en protéines dans les aliments (aliments pour les vaches tarées et aliments pour les vaches en lactation)	CH <sub>4</sub> – fermentation entérique CH <sub>4</sub> – fumier N <sub>2</sub> O – fumier CO <sub>2</sub> – sources d'énergie
Porc	Type d'activité (activités de naissance-sevrage, de naissance-finition, de nourricerie ou de finition) Nombre de porcs (dans chaque catégorie, des valeurs sont fournies par défaut dans certains cas) Type d'alimentation Système de manutention du fumier Saison d'épandage du fumier	Taux de natalité annuel Taux de mortalité avant le sevrage	CH <sub>4</sub> – fermentation entérique CH <sub>4</sub> – fumier N <sub>2</sub> O – fumier CO <sub>2</sub> – sources d'énergie
Moutons – agneaux de marché	Nombre de brebis Les agneaux sevrés sont vendus ou conservés à l'exploitation Qualité de l'alimentation Mise en pâturage et durée Type de pâturage Système de manutention du fumier	Nombre de béliers Taux d'agnelage Nombre d'agneaux par naissance	CH <sub>4</sub> – fermentation entérique CH <sub>4</sub> – fumier N <sub>2</sub> O – fumier

<b>Exploitation agricole</b>	<b>Données que l'utilisateur doit fournir</b>	<b>Données par défaut, peuvent être modifiées par l'utilisateur</b>	<b>Émissions calculées</b>
Parc d'engraissement de moutons	Capacité Nombre de mois où le parc est rempli Qualité de l'alimentation Système de manutention du fumier		CH <sub>4</sub> – fermentation entérique CH <sub>4</sub> – fumier N <sub>2</sub> O – fumier
Volaille	Type de volaille Capacité du poulailler Système de manutention du fumier		CH <sub>4</sub> – fermentation entérique CH <sub>4</sub> – fumier N <sub>2</sub> O – fumier CO <sub>2</sub> – sources d'énergie
Autres animaux (chèvres, lamas et alpacas, cerfs et wapitis, chevaux, mulets et bisons)	Nombre d'animaux		CH <sub>4</sub> – fermentation entérique CH <sub>4</sub> – fumier N <sub>2</sub> O – fumier
Plantations d'arbres linéaires/ brise-vent	Type d'arbres Âge de la plantation Longueur des rangées		Stockage de carbone

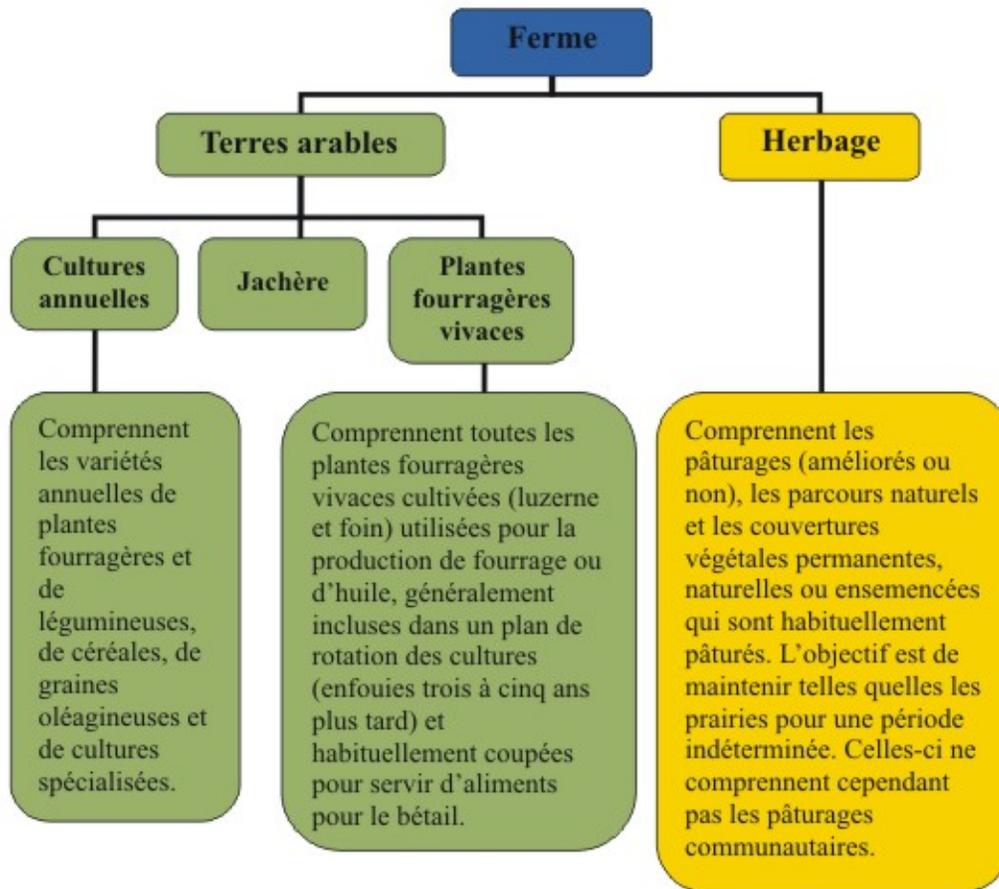


Figure 3. Organisation du territoire de la ferme.

# Localisation spatiale

En raison des différences de climat, de types de terres et de sols et de pratiques de gestion agricole à l'échelle du Canada, les émissions de GES et les coefficients d'émission varient d'une ferme canadienne à l'autre. Pour tenir compte des facteurs sous-jacents liés à la localisation, la ferme est située sur la carte des écodistricts de Holos. Cette localisation est associée aux données à référence spatiale d'un écodistrict<sup>2</sup>, d'une zone de déclaration<sup>3</sup> et d'une province. Chaque écodistrict est associé à des valeurs par défaut pour le type et la texture de sol, de même qu'à des données sur les précipitations, l'évapotranspiration potentielle et la topographie. Les coefficients utilisés dans les équations de calcul des émissions sont associés au type de sol, à la texture du sol et à la localisation de la ferme.

Les fichiers formes sur les sols des écodistricts, les données sur le sol et les données climatiques proviennent du Système d'information sur les sols du Canada (SISCan) et du Cadre écologique national pour le Canada (Marshall et coll., 1999). Les données sur la topographie ont été résumées sous forme d'une variable descriptive distincte (Rochette et coll., 2008).

Chaque écodistrict est associé à un grand groupe de sols. Ces sols ont été regroupés dans de grandes catégories de type de sol (tchernoziom brun, tchernoziom brun foncé, tchernoziom noir ou sol de l'Est du Canada) (Helgason et coll., 2005). L'utilisateur peut modifier les valeurs de type de sol fournies par défaut (Tableau 2).

Chaque écodistrict est également associé à au moins une texture de sol. La texture de sol utilisée par défaut par Holos est la texture de sol dominante de l'écodistrict. L'utilisateur peut remplacer cette valeur par la texture de sol observée le plus fréquemment sur la ferme.

---

<sup>2</sup> Un écodistrict, une sous-division du Cadre écologique national pour le Canada, correspond à une zone géographique caractérisée par des assemblages distinctifs de reliefs, de propriétés géologiques, de sols, de végétations, de plans d'eau et de faune (Marshall et coll., 1999).

<sup>3</sup> Les zones de déclaration correspondent essentiellement aux écozones définies dans le Cadre écologique national pour le Canada, sauf dans le cas des écozones du Bouclier boréal et du Bouclier de la taïga qui sont divisées en leurs régions est et ouest, alors qu'il existe deux types de prairies : Prairies semi-arides et Prairies subhumides. La zone de déclaration est définie par le SSCR-AgCan (McConkey et coll., 2007).

**Tableau 2. Catégories fonctionnelles des grands groupes de sols.**

Grand groupe de sols	Type de sol, par province	
	C.-B., AB, SK, MB	ON, QC, N.-B., N.-É., Î.-P.-É., T.-N.
Tchernoziom brun	Tchernoziom brun	s. o.
Tchernoziom brun foncé	Tchernoziom brun foncé	s. o.
Tchernoziom noir	Tchernoziom noir	s. o.
Tchernoziom gris foncé	Tchernoziom noir	s. o.
Solonetz	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Solonetz solodisé	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Solod	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Solonetz vertique	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Luvisol brun-gris	s. o.	Sol de l'Est du Canada
Luvisol gris	Tchernoziom noir	Sol de l'Est du Canada
Podzol humique	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Podzol ferro-humique	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Podzol humo-ferrique	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Brunisol mélanique	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Brunisol eutrique	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Brunisol sombrique	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Brunisol dystrique	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Gleysol humique	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Gleysol	Tchernoziom brun	Sol de l'Est du Canada
Gleysol luvisol	Tchernoziom noir	Sol de l'Est du Canada
Fibrisol*	Tchernoziom noir	Sol de l'Est du Canada
Mésisol*	Tchernoziom noir	Sol de l'Est du Canada
Cryosol organique*	Tchernoziom noir	Sol de l'Est du Canada

\* Bien que les trois dernières catégories de grands groupes de sols soient en fait des sols organiques (tourbeux ou marécageux), dans le programme Holos, elles seront associées aux coefficients des types de sols énumérés.

# Scénarios

Le programme Holos est fondé sur l'utilisation de « scénarios » : les pratiques courantes de gestion agricole et les hypothèses et équations connexes. L'utilisation de scénarios permet de réduire et de simplifier considérablement les données que les usagers doivent entrer. Par exemple, plutôt que d'obliger l'utilisateur à recréer un cycle complet d'exploitation vache-veau et d'entrer les modifications de gestion saisonnières, Holos propose à l'utilisateur des options de cycles canadiens types et demande d'entrer seulement quelques renseignements additionnels tels que le nombre de vaches et la qualité de l'alimentation. Holos fournit une description de ces scénarios et, dans certains cas, présente le cycle annuel sous forme d'un diagramme. En se fondant sur les pratiques et le cycle indiqués dans les différents choix de scénarios, Holos utilise une série d'algorithmes pour estimer les émissions de GES attribuables à l'ensemble de l'exploitation.

Chaque composante de la ferme ou activité agricole (Tableau 1) fait l'objet d'au moins un scénario. L'utilisateur sélectionne les activités et scénarios qui décrivent le mieux sa ferme, puis ajoutent les détails qu'il juge nécessaires. Même si certains types de ferme ne sont pas représentés avec exactitude et si certains détails ne sont pas inclus, Holos vise à démontrer dans quelle mesure les modifications des pratiques peuvent influencer sur les quantités d'émissions.

Holos utilise des estimations fixes pour de nombreuses variables qu'il serait peu pratique de modifier dans le cadre des stratégies d'atténuation des GES (p. ex., poids des vaches), qui ne sont pas susceptibles d'être connues (p. ex., énergie nutritive des fourrages des prairies) ou qui ont peu d'effet sur les émissions cumulatives de GES (p. ex., durée de la saison de pâturage). Ces valeurs fixes sont fondées sur des moyennes canadiennes et/ou sur l'opinion de spécialistes.

Certains coefficients sont des constantes dans certains scénarios (p. ex., scénario d'exploitation vache/veau) alors que d'autres varient selon les données particulières entrées par l'utilisateur (p. ex., race de bovins laitiers). Holos fournit également des valeurs par défaut pour de nombreuses données à entrer. Par exemple, des taux de fertilisation azotée sont fournis par défaut en fonction du type de culture, de la province et du type de sol. L'utilisateur peut modifier ces valeurs par défaut. Toutes les données à entrer font l'objet d'une description.

Pour toutes ces raisons, Holos est un programme facile à utiliser pour examiner les émissions produites par des fermes hypothétiques, même pour les usagers qui n'ont pas une connaissance approfondie du système agricole ou qui ne disposent pas de dossiers complexes sur leur exploitation agricole. Toutefois, Holos offre toujours une marge de manœuvre pour permettre des analyses plus intensives.

# Activités/sources d'émissions

Chaque activité agricole produit ses propres émissions de GES. Ainsi, dans chaque cas, des données uniques doivent être entrées par les usagers, et les algorithmes applicables doivent être utilisés. L'utilisateur peut entrer des données pour une activité ou l'ensemble de celles-ci et pour un scénario connexe ou l'ensemble de ceux-ci.

Holos permet d'estimer les émissions attribuables aux activités agricoles suivantes :

- Cultures/herbage/utilisation des terres
- Exploitations veaux-vaches de boucherie
- Parc d'engraissement de bovins
- Bovins de long engraissement
- Vaches laitières
- Moutons - agneaux de marché
- Parc d'engraissement de moutons
- Porcs
- Volailles
- Autres animaux
- Plantations d'arbres linéaires

Holos calcule également les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de sources d'énergie à partir de données sur les activités agricoles.

Les résultats sont présentés sous forme graphique pour les catégories d'émissions suivantes :

- Émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol ou attribuables aux cultures – émissions directes
- Stockage et émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à la gestion de l'utilisation des terres
- Émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique
- Émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la gestion du fumier
- Émissions de N<sub>2</sub>O attribuables à la gestion du fumier – émissions directes
- Émissions indirectes de N<sub>2</sub>O attribuables à la gestion du fumier et provenant du sol
- Stockage de CO<sub>2</sub> résultant des plantations d'arbres linéaires
- Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à l'utilisation d'énergie à la ferme
- Émissions nettes de la ferme (éq. CO<sub>2</sub>)

Par ailleurs, les résultats des émissions associées à une activité spécifique sont présentés dans un rapport détaillé.

Dans Holos, les émissions attribuables à la fermentation entérique et à la gestion du fumier sont calculées conjointement dans le cadre d'une approche intégrée. Ainsi, les algorithmes de calcul des émissions attribuables à la gestion du fumier, incluant les émissions provenant du fumier déposé dans les pâturages, sont inclus dans les scénarios d'élevage de bétail. Après avoir été retiré d'un système de manutention, le fumier est

épanché sur les terres. Les émissions de  $N_2O$  provenant du fumier épanché sur les terres sont ensuite calculées et présentées comme étant des émissions de  $N_2O$  provenant du sol.

Les activités agricoles sont brièvement décrites. Les équations sont présentées en détails à l'annexe 4.

## Cultures/utilisation des terres – émissions directes et indirectes de N<sub>2</sub>O provenant du sol

Holos comprend un scénario général sur les cultures/herbages utilisé pour calculer les émissions directes et indirectes de N<sub>2</sub>O provenant du sol (Figure 4). D'autres renseignements nécessaires sont obtenus au moyen du formulaire pour le scénario sur l'utilisation des terres. Ces mêmes renseignements sont également utilisés dans le calcul des quantités de carbone stockées dans le sol et des émissions provenant du sol, ainsi que des émissions attribuables à la consommation d'énergie.

**Holos 1.1 - Ferme - [Culture/herbage]**

Télécharger ferme | Nouvelle ferme | Copier ferme | Supprimer ferme(s) | Préférences | Français | Fermer la session

**Renseignements**

Sauvegarder | Fermer

Indiquez la rotation de cultures annuelle la plus commune.  
L'herbage ne sont pas considérés comme faisant partie de la rotation.

Ajouter Culture/herbage | Supprimer Culture/herbage

Type d'utilisation des terres: Céréales

Culture/herbage: Orge

Zone: 130 ha = 321 acres

Production: 976 - 1560 kg / ha = 20 - 30 boisseaux/acre

Irrigation:  Vérifié = Oui

Herbicide:  Vérifié = Oui

Engrais azoté synthétique: 41 kg N / ha = 37 lbs N / acre

Engrais phosphaté synthétique: 25 kg P2O5 / ha = 22 lbs P2O5 / acre

\* Inscrire une valeur dans l'un ou l'autre des champs correspondant à une unité de mesure; la conversion se fera automatiquement dans l'autre champ. Les unités non métriques pourraient changer en raison de l'arrondissement.

Sélectionnez une rangée dans le tableau afin de modifier les données sur une culture. **Étendue totale (en hectares) = 455**

Type d'utilisation des terres	Culture/ herbage	Zone (ha)
Céréales	Orge	130
Herbage	Herbage	130
Jachère	Jachère	65
Plantes fourragères vivaces	Foin – herbes	130

Figure 4. Formulaire pour le scénario sur les cultures/herbage.

La méthode de calcul des émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol utilisée dans Holos s'inspire de la méthode élaborée spécifiquement pour le Canada lors de la préparation du Rapport d'inventaire national (2007) (Rochette et coll., 2008). Puisque cette méthode avait été élaborée pour estimer les émissions de N<sub>2</sub>O provenant de sols agricoles à une échelle régionale, des modifications ont été apportées pour tenir compte de la portée plus restreinte du programme Holos (à l'échelle de la ferme).

D'autres équations sont utilisées pour calculer les apports en azote de la ferme. Ces intrants comprennent l'azote contenu dans les engrais azotés et le fumier épandu sur les terres, ainsi que l'azote provenant de la décomposition des résidus agricoles enfouis et en surface et de la minéralisation de l'azote.

Dans Holos, le fumier épandu est considéré comme un apport en azote dans le sol, et les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du fumier épandu sur les terres sont comprises dans le calcul des émissions provenant du sol. Toutefois, les émissions provenant du fumier des animaux mis en pâturage sont calculées dans les scénarios d'élevage du bétail et sont comptabilisées à titre d'émissions provenant du fumier. Dans Holos, le calcul des émissions est fondé sur l'hypothèse voulant que tout le fumier stocké dans les systèmes de manutention est épandu chaque année.

Pour obtenir l'estimation des émissions, l'utilisateur doit indiquer la rotation de cultures type de la ferme ainsi que la superficie des zones respectives, les quantités d'engrais et d'herbicides utilisées, la production et le recours à l'irrigation. Des valeurs par défaut fondées sur l'emplacement de la ferme et le type de sol sont fournies pour la quantité d'engrais utilisée et la production. L'utilisateur doit également choisir le type de travail du sol (intensif, réduit ou aucun travail). Le type de travail du sol choisi doit correspondre aux pratiques adoptées pour l'ensemble de la zone cultivée, et non pour une culture ou un champ distinct. Cette restriction permet d'éviter les erreurs découlant d'un travail du sol intermittent. Par exemple, dans le cas d'une zone de terres cultivées faisant l'objet d'une rotation de cultures aux deux ans, dans laquelle une des deux cultures exige un travail du sol, ce travail du sol peut alors annuler en grande partie les avantages découlant de l'absence de travail du sol durant l'autre année de la rotation. La superficie de toute terre cultivée de sol organique (tourbeux ou marécageux) doit également être entrée.

Même si les autres types d'utilisation des terres doivent être entrés dans le formulaire sur les cultures/herbage pour calculer les autres émissions, seuls les intrants associés aux cultures annuelles, aux plantes fourragères vivaces et aux terres mises en jachère sont utilisés dans le calcul des émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol. La méthode de calcul dans Holos suppose que les prairies ne contribuent pas aux émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol.

Le coefficient d'émission utilisé pour évaluer les émissions dépend de l'emplacement de la ferme, puisqu'il est déterminé en fonction des données sur les précipitations durant la saison de croissance et l'évapotranspiration potentielle de l'écodistrict en question. Les émissions varient selon le travail du sol, la texture du sol, la topographie et le recours à l'irrigation et à la jachère. Les émissions indirectes – celles qui sont attribuables à la libération d'azote dans les environnements adjacents en raison de la lixiviation et du ruissellement ou de la volatilisation – dépendent également des précipitations durant la saison de croissance et de l'évapotranspiration potentielle (Rochette et coll., 2008).

Le logiciel Holos ne permet pas l'importation ou l'exportation du fumier, et les émissions provenant du fumier doivent être calculées à la ferme d'origine. L'importation de fumier peut avoir des avantages en réduisant l'utilisation d'engrais synthétiques. Les émissions attribuables à la décomposition des résidus agricoles sont également calculées à la ferme d'origine – dans la version actuelle de Holos, le retrait des résidus agricoles de la ferme n'entraîne pas une réduction des émissions estimées.

Les émissions attribuables à la culture des sols organiques sont également calculées (GIEC, 2006), mais on suppose que les émissions attribuables à la fixation de l'azote biologique sont négligeables (Rochette et Janzen, 2005).

**Hypothèses :**

- Tout le fumier est épandu chaque année.
- Les émissions attribuables au fumier épandu sont attribuées à la ferme d'origine du fumier.
- Les émissions attribuables aux résidus agricoles sont attribuées à la ferme d'origine des résidus.
- Le calcul des émissions tient compte de la texture de sol la plus courante sur la ferme.
- Un seul type de travail du sol est utilisé sur la ferme (aucun travail du sol ne doit être fait à l'échelle de la ferme, en aucun temps, pour que l'option Aucun travail puisse être sélectionnée).
- Les terres de cultures vivaces sont labourées tous les cinq ans.
- Les émissions attribuables à la fixation de l'azote biologique sont négligeables. (Toutefois, les émissions de N<sub>2</sub>O attribuables à la décomposition des résidus agricoles contenant de l'azote fixé biologiquement sont incluses.)

## Utilisation des terres – stockage de carbone dans le sol et émissions provenant du sol

Holos utilise la méthodologie élaborée pour le Rapport d'inventaire national, le Système de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports sur les gaz à effet de serre d'origine agricole du Canada (SSCR-AgCan)<sup>4</sup>, pour estimer les émissions et absorptions de CO<sub>2</sub> attribuables à la variation de la teneur en carbone dans le sol. Cette variation de la teneur en carbone est fondée sur la modification des pratiques de travail du sol, la mise en jachère, le pourcentage des cultures vivaces et les superficies de couverture végétale permanente ou de prairies. Comme nous l'avons décrit précédemment, les pratiques qui entraînent une augmentation des quantités de matière organique et de carbone dans le sol, telles que la réduction du travail du sol, la restauration des prairies, la plantation de cultures vivaces et l'élimination de la jachère, peuvent favoriser l'absorption du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Par ailleurs, les pratiques opposées entraînent la libération de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (McConkey et coll., 2007).

Les gains et pertes de carbone dans le sol dépendent de la modification des pratiques de gestion, de la zone visée par le changement de gestion et le temps écoulé depuis le changement. Les différents facteurs associés à chaque situation sont tirés du modèle CENTURY. Si aucun changement n'a été apporté aux pratiques de gestion, il n'y a aucune variation nette de la teneur en carbone (McConkey et coll., 2007). Ces algorithmes s'appliquent uniquement dans le cas des sols minéraux (Tableau 2).

Le SSCR-AgCan a été élaboré pour calculer la variation de la teneur en carbone à l'échelle régionale. Même si le SSCR-AgCan utilise des données historiques et des données statistiques à jour pour déterminer les changements à apporter aux pratiques de gestion, Holos est conçu pour obtenir ces renseignements spécifiques directement auprès de l'utilisateur au moyen des formulaires sur les cultures/herbage et l'utilisation des terres à remplir dans le logiciel.

L'utilisateur entre la superficie de la zone d'herbage dans le formulaire sur les cultures/herbage et précise dans chaque cas s'il s'agit d'herbages indigènes<sup>5</sup> ou le nombre d'années écoulés depuis l'ensemencement. Dans le formulaire sur l'utilisation des terres, accessible uniquement si des cultures sont entrées, l'utilisateur choisit l'intensité actuelle du travail du sol et l'intensité du travail du sol dans le passé. Le temps écoulé depuis le changement de pratique, s'il y a lieu, est indiqué. L'utilisateur précise également si la superficie d'herbages a été défrichée au cours des 20 dernières années et l'année de défrichage. De plus, selon les données entrées sur les cultures, l'utilisateur indique si le pourcentage des cultures vivaces ou des terres mises en jachère a varié sur la ferme. Le temps écoulé depuis que ces changements ont été apportés est également précisé. Pour faciliter l'entrée de données, des intervalles d'années sont proposés pour indiquer le temps écoulé depuis l'adoption des changements. Le programme Holos utilise la valeur médiane de ces intervalles aux fins de calcul (Figure 5).

---

<sup>4</sup> Le SSCR-AgCan portait préalablement le titre de Système national de comptabilisation et de vérification des quantités de carbone et des émissions de gaz à effet de serre (SVCVCG).

<sup>5</sup> Dans Holos, on suppose que les herbages indigènes ont un effet négligeable sur les quantités de carbone dans le sol.

**Holos 1.1 - Ferme - [Utilisation des terres]**

Télécharger ferme | Nouvelle ferme | Copier ferme | Supprimer ferme(s) | Préférences | Français | Fermer la session

**Renseignements**

Plantation d'arbres linéaire

✓ Cultures/herbage

Utilisation des terres

Vache/veau

Parc d'engraissement de bovins

Bovins de long engraissement

Vache laitières

Agneau de marché

Parc d'engraissement de moutons

Porc

Volaille

Autres animaux

**Résultats**

Rapports

Mesures d'atténuation possibles

Sauvegarder | Fermer

Inscrire les plus récents changements touchant la gestion des terres.

**Travail du sol**

Intensité actuelle du travail du sol

Aucun Réduit Intensif

Intensité du travail du sol dans le passé

Aucun Réduit Intensif

Année de changement du travail du sol

6-10 ans passés

**Fourrage vivace**

Pourcentage actuel de fourrage vivace = 40%

La zone culturale du fourrage vivace a-t-elle subi des changements?

Vérifié = Oui

Pourcentage passé du fourrage vivace

0-10

Année de changement du fourrage annuel

6-10 ans passés

**Herbages**

Superficie d'herbages récemment défrichée

ha = acres \*

0 =

Année de défrichage des herbages

**Sol organique**

Superficie de sol organique

ha = acres \*

0 =

\* Inscrivez une valeur dans l'un ou l'autre des champs correspondant à une unité de mesure; la conversion se fera automatiquement dans l'autre champ.

**Jachère**

Pourcentage actuel de terres en jachère = 20%

Constituaient-elles moins de 10 % de la superficie totale des terres en jachère

Vérifié = Oui

Figure 5. Formulaire pour le scénario sur l'utilisation des terres.

Les émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à la culture de sols organiques, dont la superficie est entrée par l'utilisateur, sont calculées, selon la méthode du GIEC (2006). Les émissions nettes de CH<sub>4</sub> provenant des sols sont jugées négligeables : on suppose que l'oxydation dans les zones sèches où prévalent des conditions aérobies est compensée par les émissions de CH<sub>4</sub> provenant des zones humides.

### Hypothèses :

- L'échange net de CH<sub>4</sub> avec le sol est nul.
- On suppose que la superficie passée et présente de la ferme est constante. (Cette hypothèse vise à éviter les effets artéfactuels sur les émissions de GES attribuables à la modification de la taille de la ferme.)
- Tous les sols organiques agricoles sont cultivés.
- Pour qu'il y ait stockage de carbone en raison de la réduction de la mise en jachère, la jachère doit être éliminée à l'échelle de la ferme (moins de 10 p. 100 de la superficie des terres cultivées).
- On parle de culture continue lorsque les terres en jachère représentent moins de 10 p. 100 des terres agricoles.
- Si des terres étaient en jachère par le passé, on suppose que leur superficie correspondait à 33 p. 100 de la superficie des terres agricoles.

- La diminution de la superficie des cultures vivaces est attribuée aux conversions à des cultures annuelles. Les cultures vivaces ne sont pas converties en couverture végétale permanente.
- Chaque zone d'herbages ensemencés ou de couverture permanente a été convertie à la culture de plantes annuelles.
- La zone d'herbages défrichés a été convertie à la culture de plantes annuelles.
- Aucun de sol organique n'a été converti en zone d'herbages et vice versa.
- L'année de changement des pratiques de gestion correspond à l'année d'adoption du plus récent changement.
- L'absence de travail du sol signifie qu'aucun travail du sol n'est effectué durant la rotation sauf pendant l'ensemencement.
- Le travail réduit du sol correspond à un ou deux passages de labour après quoi une majorité des résidus demeurent en surface.
- Le travail intensif du sol signifie que les résidus sont complètement enfouis.
- Lorsqu'on précise qu'un changement de gestion a été apporté il y a plus de 20 ans, la valeur par défaut dans Holos est fixée à 23 ans (c.-à-d., l'effet sur la teneur en C du sol est faible).

## Exploitations de vaches de boucherie-veaux – émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant du fumier

L'exploitation de vaches-veaux est la première étape du processus de production bovine. Les veaux sont généralement vendus aux parcs d'engraissement aux fins de croissance et de finition avant d'être traités comme des bovins. Une exploitation de vaches de boucherie-veaux est composée de vaches adultes, de taureaux et de veaux. Dans certains scénarios, les veaux sevrés sont également considérés comme des bovins brouteurs ou des bovins de semi-finition<sup>6</sup>.

L'usager choisit un des sept scénarios de naissance différents. Les sept scénarios varient selon la saison de vêlage (printemps ou automne), le type d'alimentation en cours d'année (bovins nourris pendant l'hiver ou en pâturage à longueur d'année) et la gestion des veaux après le sevrage (vente, mise au pâturage ou préparation pour la semi-finition à la ferme). Outre une description, Holos fournit également un diagramme du scénario de naissance choisi (Figure 6).

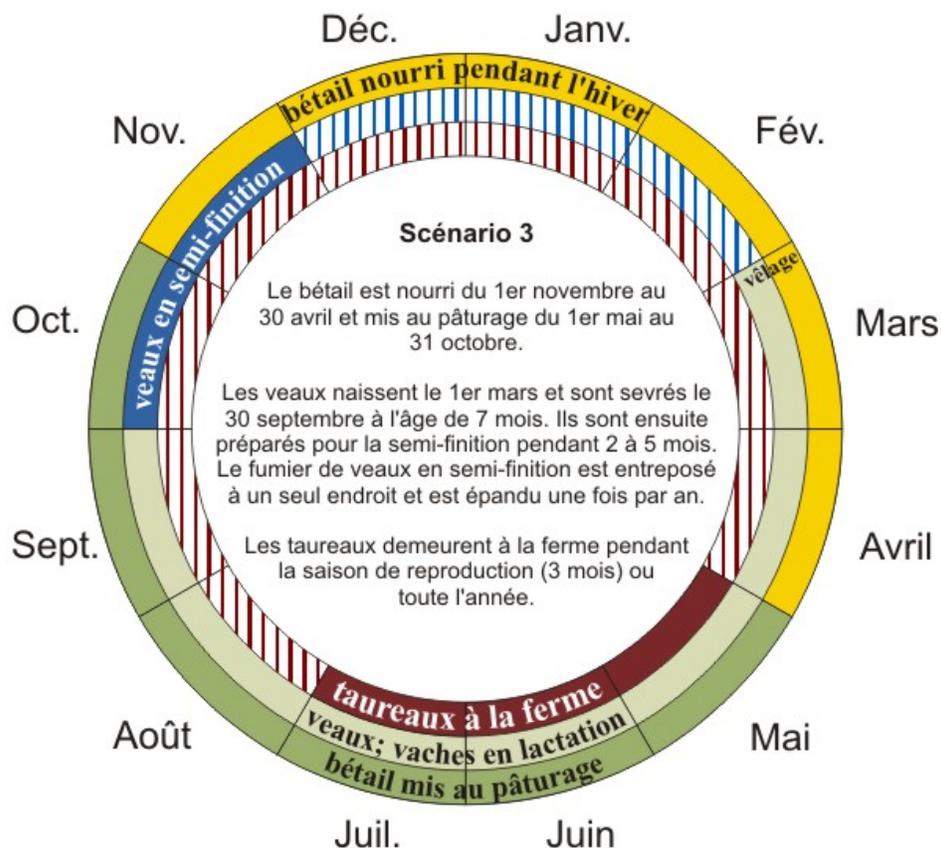


Figure 6. Exemple de diagramme de scénario. Ce diagramme décrit le scénario de naissance 3.

<sup>6</sup> Les bovins de semi-finition sont des veaux sevrés qui sont engraisés avant d'être envoyés dans un parc de finition.

L'utilisateur doit entrer le nombre de vaches et de taureaux dans le troupeau et la production moyenne de veaux. Il doit indiquer la qualité de l'alimentation (autant du foin que du pâturage) et le type de pâturage. Si les veaux sont conservés pour la semi-finition, le système applicable de manutention du fumier est sélectionné. L'utilisateur indique également si des additifs alimentaires, des matières grasses et des ionophores sont ajoutés aux aliments des bovins. Il peut également indiquer le nombre de mois durant lesquels les veaux sevrés et les taureaux sont conservés à la ferme (Figure 7).

**Vache/veau**

Sauvegarder | Fermer | Supprimer et fermer

Nombre de vaches: 50

Pourcentage de la production de veaux: 95

Aire de pâturage: Pâturage délimité

Qualité du pâturage: Fourrage de qualité moyenne

Nombre de taureaux: 2

Les taureaux sont-ils dans la ferme seulement pendant la période de reproduction?  Vérifié = Oui

Fourrage d'hiver: Fourrage de qualité moyenne

Additifs alimentaires ajoutés aux aliments des bovins en hiver: Aucun

Additifs pour les bovins de semi finition: Aucun

Manutention du fumier des bovins de semi finition: Litière profonde

Nombre de mois de semi finition: 5

Figure 7. Formulaire pour le scénario de naissance.

Les émissions attribuables à chaque catégorie de bovins sont calculées (vaches en lactation et tarées, taureaux, veaux et bovins de semi-finition) conformément à la méthodologie de 2006 du GIEC. La complexité de celle-ci a été augmentée pour déterminer la valeur énergétique des aliments, la quantité de matière sèche ingérée et le gain quotidien moyen (National Research Council, 2000). Les algorithmes varient selon le cycle de production bovine sélectionné par le choix de scénario.

Pour estimer les émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et provenant du fumier, Holos calcule d'abord les besoins énergétiques nets de l'animal<sup>7</sup>. Cette valeur varie selon la catégorie de bovins, le type de pâturage et la lactation. La quantité de matière sèche ingérée, l'énergie nette disponible dans les aliments et le gain quotidien

<sup>7</sup> Cette méthode de calcul et le résultat sont connus sous le nom d'« animal métabolique ».

moyen potentiel<sup>8</sup>, selon la taille des animaux et la qualité de l'alimentation indiquée par l'utilisateur, sont également déterminés. Dans le cas des bovins en croissance (bouillons et génisses), l'énergie nette de gain est également calculée. Cette valeur permet de calculer les besoins énergétiques bruts de chaque catégorie de bovins et d'estimer les émissions de CH<sub>4</sub> subséquentes. L'utilisation d'additifs alimentaires, une donnée entrée par l'utilisateur, influe sur les émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique

La détermination des besoins énergétiques bruts permet également de calculer la production de matières volatiles. Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier sont estimées en tenant compte de la production de matières volatiles et du système de gestion du fumier. Dans le cas d'une exploitation de vaches-veaux (excluant les bovins de semi-finition), on suppose que tout le fumier est déposé dans le pâturage.

L'apport en protéines dépend de la quantité de matière sèche ingérée et de la teneur en protéines des aliments. Les données sur les protéines ingérées et retenues sont utilisées pour calculer le taux d'excrétion de l'azote. Ce taux, ainsi le système de manutention du fumier, sont utilisés pour estimer les émissions directes et indirectes N<sub>2</sub>O provenant du fumier. Le fumier stocké dans les systèmes de manutention du fumier des bovins de semi-finition est finalement épandu. (Ces émissions entrent dans le calcul des émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol.)

### **Hypothèses :**

- La quantité d'aliments ingérés correspond aux besoins énergétiques des bovins.
- La qualité de l'alimentation demeure constante pendant la période d'alimentation (hiver ou saison de pâturage).
- Tous les aliments sont consommés. Les émissions provenant des aliments gaspillés ne sont pas comptabilisées.
- Toutes les vaches sont gestantes.
- Les vaches ont un poids moyen de 600 kg, une production laitière de 8 kg jour<sup>-1</sup>, avec une teneur en matières grasses de 4 p. 100 et une teneur en protéines de 3,5 p. 100.
- Une quantité de 5 kg de protéines est retenue à chaque gestation.
- Les veaux pèsent 40 kg à la naissance et sont sevrés lorsque leur poids correspond à 40 p. 100 de celui de leur mère (à 7 mois). Les veaux consomment 1 p. 100 de leur propre poids corporel sous forme d'aliments solides.
- Les veaux retiennent 20 p. 100 des protéines des aliments secs et 40 p. 100 des protéines contenues dans le lait.
- Dans le troupeau de veaux/bovins de semi-finition, il y a autant de mâles que de femelles.
- Vêlage du printemps – les veaux naissent le 1<sup>er</sup> mars et sont vendus le 30 septembre.
- Vêlage d'automne – les veaux naissent le 1<sup>er</sup> octobre et sont vendus le 30 avril.
- Mis au pâturage l'été/nourris tout l'hiver – les bovins sont nourris du 1<sup>er</sup> novembre au 30 avril et sont mis au pâturage du 1<sup>er</sup> mai au 31 octobre.
- Bovins en pâturage – les bovins sont mis en pâturage toute l'année.

---

<sup>8</sup> Avec la méthode de 2006 du GIEC, le gain quotidien moyen n'est pas calculé et doit être entré.

- Bovins en pâturage – les taureaux sont conservés toute l'année.
- Les bovins de semi-finition sont nourris à partir du 1<sup>er</sup> octobre dans un endroit délimité.
- S'ils sont conservés après le sevrage et mis au pâturage, les veaux demeurent au pâturage jusqu'à l'automne suivant (dans ce cas, ils auront plus d'un an; si l'utilisateur garde des animaux d'un an, ils doivent être considérés comme des bovins de long engraissement).
- Tout le fumier des vaches, taureaux et veaux est déposé dans le pâturage.
- Tout le fumier des bovins de semi-finition est entreposé à un endroit et épandu chaque année (à moins d'être déposé dans le pâturage).
- Le fumier ne peut pas être importé ni exporté, et les émissions sont calculées à la ferme d'origine.

## **Parc d'engraissement de bovins – émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant du fumier**

Les veaux qui ne sont pas gardés sur la ferme à titre d'animaux reproducteurs seront vendus à des parcs d'engraissement où ils recevront des rations à forte teneur énergétique pour atteindre leur poids avant d'être traités comme des bovins de boucherie. Il existe deux types de parcs d'engraissement : les parcs de finition, où les bovins sont engraisés avant leur traitement, et les parcs de semi-finition, où les bovins sont nourris avant leur transfert vers un parc de finition. L'utilisateur peut choisir l'un ou l'autre des scénarios de parcs d'engraissement.

L'utilisateur entre le nombre maximal d'animaux que peut accueillir le parc d'engraissement et, selon le scénario, entre le pourcentage d'occupation ou le nombre de mois d'occupation. L'utilisateur indique également le ratio bouvillon : génisse. Dans le cas d'un parc de finition, l'utilisateur entre le ratio orge : maïs des aliments. Il peut également indiquer si le bétail est gardé en étable et si des additifs sont ajoutés aux aliments (matière grasse ou ionophores). De plus, l'utilisateur sélectionne le système approprié de manutention du fumier.

Des valeurs pour les poids initial et final des bouvillons et des génisses sont fournies par défaut, selon le scénario. Toutefois, puisque ces valeurs peuvent varier selon les pratiques de gestion des parcs d'engraissement, l'utilisateur peut les modifier pour tenir compte de la situation du parc d'engraissement. Ces valeurs utilisées dans le calcul du poids moyen d'un animal seront utilisées dans d'autres équations.

Dans le formulaire pour le scénario sur les parcs d'engraissement, l'utilisateur peut entrer le ratio aliments du bétail : gain et/ou le gain quotidien moyen. Si une donnée est entrée, Holos l'utilisera au lieu de la valeur calculée du gain quotidien moyen potentiel. Les valeurs entrées du ratio aliments de bétail : gain et du gain quotidien moyen sont utilisées pour calculer la quantité de matière sèche ingérée et les besoins énergétiques bruts (Figure 8).

**Scénarios pour les parc d'engraissement de bovins**

Sauvegarder | Fermer | Supprimer et fermer

Capacité

Bétail en étable?  Vérifié = Oui

Pourcentage d'occupation

Additifs alimentaires

Manutention du fumier

Poids initial moyen – bouvillon  kg =  \* lbs

Poids final moyen – bouvillon  kg =  \* lbs

N'indiquez que des données connues.

Gain quotidien moyen  kg =  \* lbs

Aliment du bétail – Gain  
Échelle de 4 à 8

Bouvillon : Génisse

Ratio

Génisses uniquement 1:1 Bouvillons uniquement

Orge : Maïs

Rations annuelles

Maïs uniquement 1:1 Orge uniquement

\* Inscrivez une valeur en kilogrammes ou en livres, la conversion se fera automatiquement dans l'autre champ.

↑  
**Plus**  
↓

Figure 8. Formulaire pour le scénario sur les parcs de finition pour bovins.

Comme dans le cas des scénarios sur les exploitations de naissance, les émissions sont calculées à la fois pour les bouvillons et les génisses.

### Hypothèses :

- Le nombre d'animaux entré demeure constant toute l'année ou durant le nombre de mois entré.
- La quantité d'aliments ingérés correspond aux besoins énergétiques des bovins.
- La qualité des aliments demeure constante pendant la période d'alimentation.
- Tous les aliments sont consommés. Les émissions provenant des aliments gaspillés ne sont pas comptabilisées.

- Finition – les bovins reçoivent des rations types d’orge et/ou de maïs de finition.
- Finition – les bovins sont présents toute l’année conformément au pourcentage d’occupation entré.
- Semi-finition – les bovins reçoivent une alimentation de semi-finition standard.
- Semi-finition – Le parc d’engraissement accueille le nombre maximal d’animaux pendant le nombre de mois d’occupation par des bovins de semi-finition.
- Le ratio bouvillon : génisse demeure constant toute l’année.
- Tout le fumier du parc d’engraissement est entreposé à un endroit et épandu chaque année (à moins d’être déposé dans le pâturage).
- Le fumier ne peut pas être importé ni exporté, et les émissions sont calculées à la ferme d’origine.

## **Bovins de long engraissement – émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant du fumier**

Dans certains cas, les veaux demeurent au pâturage jusqu'à l'âge d'un an avant d'être transférés à un parc de finition. Au Canada, ces veaux sont appelés des bovins de long engraissement. On retrouve un scénario d'exploitation de bovins d'engraissement dans Holos. Si ces bovins sont nourris durant l'hiver avant d'être mis au pâturage, il s'agit alors d'une activité distincte qui correspond aux scénarios d'exploitation de naissance ou de parcs d'engraissement (à titre de bovins de semi-finition).

L'utilisateur entre la taille du troupeau de bovins de long engraissement, le nombre de mois mis au pâturage et le ratio bouvillons : génisses. Il indique le type d'aire de pâturage et la qualité du pâturage. Puisqu'un fourrage de faible qualité ne permet pas d'engraisser des animaux brouteurs en croissance, ce choix n'est pas offert dans le scénario de bovins de long engraissement de Holos. L'utilisateur a l'option d'ajouter des additifs alimentaires (matière grasse ou ionophores).

Comme dans le cas des parcs d'engraissement, l'utilisateur peut modifier les valeurs de poids initial et final fournies par défaut. L'utilisateur a également l'option d'entrer une valeur de gain quotidien moyen. Si une valeur est entrée, celle-ci remplacera la valeur calculée du gain quotidien moyen potentiel (Figure 9).

Holos 1.1.2 - Ferme - [Bovins de long engraissement et veaux d'herbe]

Télécharger ferme | Nouvelle ferme | Copier ferme | Supprimer ferme(s) | Préférences | English | Fermer la session

**Holos**

Renseignements

Plantation d'arbres linéaire

✓ Cultures/herbage

✓ Utilisation des terres

✓ Vache/veau

Parc d'engraissement de bovins

✓ Bovins de long engraissement

Vache laitières

Agneau de marché

Parc d'engraissement de moutons

Porc

Volaille

Autres animaux

**Résultats**

Rapports

Mesures d'atténuation possibles

Sauvegarder | Fermer | Supprimer et fermer

**Bovins de long engraissement et veaux d'herbe**

Nombre de bêtes

Nombre de mois mis au pâturage

Aire de pâturage

Qualité du pâturage

Additifs alimentaires

Poids d'arrivée moyen – bouvillons  kg =  lbs \*

Poids de départ moyen – bouvillons  kg =  lbs \*

Poids d'arrivée moyen – génisses  kg =  lbs \*

Poids de départ moyen – génisses  kg =  lbs \*

Inscrire seulement si on connaît la réponse, sinon laisser la valeur zéro

Gain de poids quotidien moyen  kg =  lbs \*

**Bouvillon : Génisse**

Ratio bouvillons : génisses

Génisses uniquement 1:1 Bouvillons uniquement

\* Inscrire une valeur en kilogrammes ou en livres, la conversion se fera automatiquement dans l'autre champ.

Figure 9. Formulaire pour le scénario sur les bovins de long engraissement.

Comme dans le cas des scénarios d'exploitations de naissance, les émissions sont calculées à la fois pour les bouvillons et les génisses.

### Hypothèses :

- Le nombre d'animaux entré demeure constant durant le nombre de mois entré.
- La quantité d'aliments ingérés correspond aux besoins énergétiques des bovins.
- La qualité des aliments demeure constante pendant la période d'alimentation.
- Le ratio bouvillons : génisses demeure constant toute l'année.
- Tout le fumier des bovins de long engraissement est déposé dans le pâturage.
- Le fumier ne peut pas être importé ni exporté, et les émissions sont attribuées à la ferme d'origine.

## **Vaches laitières – émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant du fumier**

Le but d'une exploitation laitière est de produire du lait. Un troupeau de bovins laitiers est composé de vaches adultes ayant des cycles de lactation et des périodes de tarissement. Le troupeau peut également comprendre des génisses nécessaires à la relève et des taureaux. Les veaux peuvent être gardés à la ferme. Dans Holos, les veaux gardés à la ferme sont des veaux de lait. Si des veaux sont gardés à la ferme et nourris, cette situation correspond aux scénarios d'exploitations de parcs d'engraissement.

Deux scénarios d'exploitations laitières sont proposés dans Holos. Dans le premier cas, le troupeau (à l'exception des taureaux) demeure en étable toute l'année. Dans le deuxième scénario, l'utilisateur indique la durée de mise en pâturage des vaches en lactation, des vaches tarées et des génisses nécessaires à la relève. Dans les deux scénarios, on considère que les taureaux sont en pâturage.

L'utilisateur entre le nombre de vaches en lactation dans le troupeau. Le nombre de génisses nécessaires à la relève, les taureaux et les veaux est calculé en fonction du nombre de vaches en lactation, mais l'utilisateur peut modifier ces valeurs. Il peut également choisir la race de vache – Holstein, Jersey ou autre. Ce choix détermine certaines constantes telles que la taille du troupeau et fournit des valeurs par défaut de volume de lait et de teneur en matière grasse du lait. L'utilisateur peut modifier ces valeurs.

Dans les scénarios d'exploitation laitière, l'utilisateur peut également indiquer la durée de la période sèche (tarissement). Le nombre de mois durant lesquels on garde les veaux à la ferme est également entré. Des valeurs par défaut sont fournies pour les aliments pour vaches en lactation et les aliments pour vaches tarées. Toutefois, de nombreux exploitants de fermes laitières au Canada connaissent bien ces informations et peuvent donc entrer ces valeurs. Les valeurs sur les aliments comprennent la teneur en protéines et les unités nutritives totales ou l'énergie nette en lait. L'utilisateur peut également indiquer si les additifs alimentaires sont utilisés – matière grasse ou ionophores – et le pourcentage de matière grasse ajoutée.

Le système de manutention du fumier de l'étable est indiqué. S'il s'agit d'un système de manutention de fumier liquide, la saison d'épandage du fumier doit être précisée (Figure 10). Le facteur de conversion du méthane pour les systèmes de manutention de fumier liquide varie selon la province et de la saison d'épandage et tient compte des températures moyennes et de la durée d'entreposage (Vergé et coll., 2006).

Sauvegarder | Fermer | Supprimer et fermer

Race:

Nombre de vaches:       Durée de la période sèche (en mois):

Nombre de génisses nécessaires à la relève:       Nombre de mois pendant lesquels les:

Nombre de veaux:

Nombre de taureaux:

**Aliments pour truies nourrices**

Unités nutritives totales:  %      <====> Énergie nette lait:  Mcal/kg

Teneur en protéines:  %      \*

**Aliments secs**

Unités nutritives totales:  %      <====> Énergie nette lait:  Mcal/kg

Teneur en protéines:  %      \*

\* Inscrire une valeur pour les UNT ou pour l'ENL et pour les Litres ou pour les Gallons impériaux et la valeur de l'autre unité apparaîtra automatiquement.

**Volume de lait**

Volume par jour:  litres <====>  Gallons impériaux

Matière grasse du lait:  %      \*

**Additifs alimentaires**

Additifs:

**Fumier**

Manutention du fumier dans l'étable:

Moment de l'épandage:

**Durée de la mise en pâturage**

Vaches en lactation:

Vaches tarées:

Génisses nécessaires à la relève:

0%      25%      50%      75%      100%

**Plus**

Figure 10. Formulaire pour le scénario sur les exploitations laitières.

Les émissions attribuables à chaque catégorie de bovins (vaches en lactation et tarées, génisses nécessaires à la relève, taureaux et veaux) sont calculées conformément à la méthodologie de 2006 du GIEC. Comme dans le cas des bovins de boucherie, la complexité de la méthodologie a été augmentée pour déterminer la valeur énergétique des aliments, la quantité de matière sèche ingérée et le gain quotidien moyen (National Research Council, 2001). Les algorithmes varient selon le cycle de production bovine sélectionné par le choix de scénario et en fonction des données entrées par l'utilisateur. La méthode de calcul des émissions est la même que pour les exploitations d'élevage de bovins de boucherie.

### **Hypothèses :**

- Toutes les vaches sont gestantes (aucune vache de réforme).
- Une quantité de 5 kg de protéines est retenue à chaque gestation.
- Toutes les vaches en lactation sont des vaches adultes.
- Le poids moyen des animaux est établi, en fonction de la race.
- On suppose que le poids initial des génisses nécessaires à la relève correspond à 72 p. 100 du poids d'une vache adulte.
- Tous les aliments sont consommés. Les émissions provenant des aliments gaspillés ne sont pas comptabilisées.
- L'alimentation est uniforme toute l'année (à l'exception du passage à des aliments pour vaches tarées). Lorsque le bétail est mis en pâturage (s'il y a lieu), on suppose que les valeurs relatives au régime alimentaire correspondent aux valeurs relatives aux aliments.
- Les additifs alimentaires sont ajoutés aux aliments des vaches en lactation et des vaches tarées.
- Les génisses nécessaires à la relève et les taureaux consomment des aliments secs.
- On considère que la valeur des unités nutritives totales correspond à la valeur d'énergie nutritive utilisée dans les équations.
- La quantité d'aliments ingérés correspond aux besoins énergétiques des bovins.
- Le volume de lait produit est constant toute l'année et il y a un cycle de production laitière par année.
- Les émissions provenant de la litière ne sont pas calculées.
- Les veaux consomment uniquement du lait. (Par la suite, les émissions peuvent être calculées dans les scénarios de parcs d'engraissement.)
- Le fumier des veaux reçoit le même traitement que le fumier produit à l'étable.
- Tout le fumier produit à l'étable est géré au moyen du même système de manutention.
- Une quantité constante de fumier est épandue à chaque occasion. Le fumier doit être épandu au moins une fois par année.
- Tout le fumier des taureaux est déposé dans le pâturage.
- Les animaux se trouvent dans un pâturage délimité.

## Porcs – émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant du fumier

La production porcine comprend différentes étapes de gestion puisque les porcs sont élevés de la naissance jusqu'à la mise en marché. Les exploitations d'élevage de porcs diffèrent selon les étapes de production qu'elles comprennent et les catégories de porcs visées (Tableau 3). Les étapes de production comprennent la reproduction, la gestation, la mise bas, l'allaitement, la croissance et la finition en vue de la mise en marché. Holos propose quatre scénarios types d'élevage de porcs : naissage-finition, naissage-sevrage, activité de finition et activité de nourricerie.

**Tableau 3. Catégories de porcs utilisées dans Holos.**

Catégories de porc	Description*
Porcelets sevrés	5-20 kg
Porcs d'engraissement	20-60 kg
Porcs de finition	60-110 kg
Truies en lactation	Animaux adultes
Truies taries	Animaux adultes incluant cochettes de reproduction
Verrats	Animaux adultes âgés de six mois ou plus

\* Descriptions fournies par Statistique Canada.

Une activité de naissage-finition comprend des porcs de toutes les catégories. Le nombre de truies est entré par l'utilisateur. Le nombre de verrats fourni par défaut peut être modifié. L'utilisateur entre également le taux de natalité annuel par truie et le taux de mortalité avant le sevrage. Ces valeurs sont utilisées pour calculer le nombre de porcs dans les catégories subséquentes (Figure 11).

Une activité de naissage-sevrage comprend des truies et des verrats. À nouveau, le nombre de truies est entré, et le nombre de verrats est fourni.

Une activité de finition comprend des porcs en phase de croissance et de finition. Une activité de nourricerie comprend uniquement des porcelets en phase de démarrage. Dans chaque scénario, le nombre de porcs est déterminé en fonction de la capacité de stabulation précisée par l'utilisateur.

Pour tous les scénarios, l'utilisateur doit entrer le type d'alimentation, le système de gestion du lisier utilisé et la saison d'épandage du lisier.

Porc			
Sauvegarder   Fermer   Supprimer et fermer			
Nombre de truies	500	Taux de natalité annuel	20
Nombre de verrats	25	Taux de mortalité avant	14
Alimentation	Aliments ordinaires		
Manutention du fumier	Liquide/lisier sans couverture		
Moment de l'épandage	Printemps et autom		

Figure 11. Formulaire pour le scénario sur l'activité de naissance-finition.

Les scénarios diffèrent non seulement en raison des catégories de porcs visées mais également du cycle annuel de la porcherie. Holos fournit une description et un diagramme de chaque scénario (Figure 12).



Figure 12. Exemple d'un diagramme de scénario. Ce diagramme décrit le scénario 1 de production porcine.

Les émissions sont calculées conformément à la méthodologie de 2006 du GIEC. Toutefois, Holos utilise des valeurs établies dans le Greenhouse Gas System Pork Protocol (2006) pour l'ingestion d'aliments, la teneur en protéines des aliments et l'excrétion de matière volatile. Les données sur le cycle annuel de la porcherie et la

période associée à chaque catégorie de porcs sont également tirées du Greenhouse Gas System Pork Protocol (2006).

Le logiciel Holos calcule les émissions attribuables à chaque catégorie de porcs (Tableau 3). Pour estimer les émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique, Holos utilise la valeur de 1,5 kg CH<sub>4</sub> tête<sup>-1</sup> année<sup>-1</sup> (GIEC, 2006) et tient compte du nombre de jours.

Holos utilise des valeurs d'ingestion d'aliments et de production de matière volatile, qui varient d'une province à l'autre, pour calculer les émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier. Cette valeur peut varier selon le choix de régime alimentaire composé d'aliments ordinaires à base de maïs et de soja en Ontario et au Québec et d'orge, de blé, de canola et de soja dans le reste du Canada (Greenhouse Gas System Pork Protocol, 2006). Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier dépendent également de la sélection du système de manutention et de la saison d'épandage du lisier. Comme dans le cas des exploitations laitières, les facteurs de conversion du méthane des systèmes de gestion du lisier liquide varient selon la province et la saison d'épandage (Vergé et coll., 2006).

Pour estimer les émissions de N<sub>2</sub>O attribuables à la gestion du lisier, Holos tient compte de la teneur en protéines des aliments et de la quantité d'aliments ingérés par chaque catégorie de porcs pour calculer les taux d'excrétion d'azote. Cette valeur varie d'une province à l'autre et dépend du choix de régime alimentaire (Greenhouse Gas System Pork Protocol, 2006). On tient compte du taux d'excrétion d'azote et du type de système de manutention du lisier pour estimer les émissions directes et indirectes de N<sub>2</sub>O provenant du fumier. Le lisier est finalement épandu. (Ces émissions entrent dans le calcul des émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol.)

#### **Hypothèses :**

- Tous les aliments sont consommés. Les émissions provenant des aliments gaspillés ne sont pas comptabilisées.
- L'alimentation est uniforme toute l'année (sauf dans le cas des truies qui passent à des aliments pour truies taries).
- Le choix de régime alimentaire (aliments ordinaires, réduits en protéines ou hautement digestibles) s'applique à tous les porcs d'une même catégorie dans le scénario.
- Les verrats et les truies taries ont le même régime alimentaire.
- Tout le lisier produit à la porcherie est géré au moyen du même système de manutention.
- Une quantité constante de fumier est épandue à chaque occasion. Le lisier doit être épandu au moins une fois par année.
- Aucune émission n'est attribuable aux porcelets durant la période d'allaitement.
- Activité de naissance-finition – il y a deux cycles de gestation par année.
- Activité de naissance-finition – l'allaitement dure 23 jours, le démarrage, 34 jours, la croissance, 47 jours et la finition, 54 jours.
- Activité de naissance-finition – 95 p. 100 des porcs passent de la phase de démarrage à la phase de croissance.

- Activité de naissage-finition – 95 p. 100 des porcs passent de la phase de croissance à la phase de finition.
- Activité de naissage-sevrage – il y a deux cycles de gestation par année.
- Activité de naissage-sevrage – la période d’allaitement dure 23 jours.
- Activité de finition – Le cycle de finition dure environ 17 semaine. Il y a trois cycles par année.
- Activité de finition – La porcherie est vide trois semaines par année pour permettre le nettoyage.
- Activité de finition - 95 p. 100 des porcs passent de la période de croissance à la période de finition.
- Activité de nourricerie – la porcherie fonctionne à capacité toute l’année.

## Moutons – agneaux de marché – émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant du fumier

Dans les exploitations d'élevage d'agneaux de marché, les agneaux sont élevés jusqu'à ce qu'ils atteignent leur poids marchand pour la production de viande ou jusqu'au sevrage puis sont transférés vers un parc d'engraissement de moutons pour la finition avant l'abattage. Il existe trois scénarios sur l'élevage d'agneaux de marché qui diffèrent en raison de leur utilisation du pâturage. Certains moutons passent une partie de l'année au pâturage et l'autre à la bergerie. D'autres moutons sont toujours mis au pâturage ou confinés en tout temps à la bergerie. L'utilisateur a le choix de garder les agneaux sevrés à la ferme ou de les vendre. Holos fournit une description et un diagramme de chaque scénario (Figure 13).

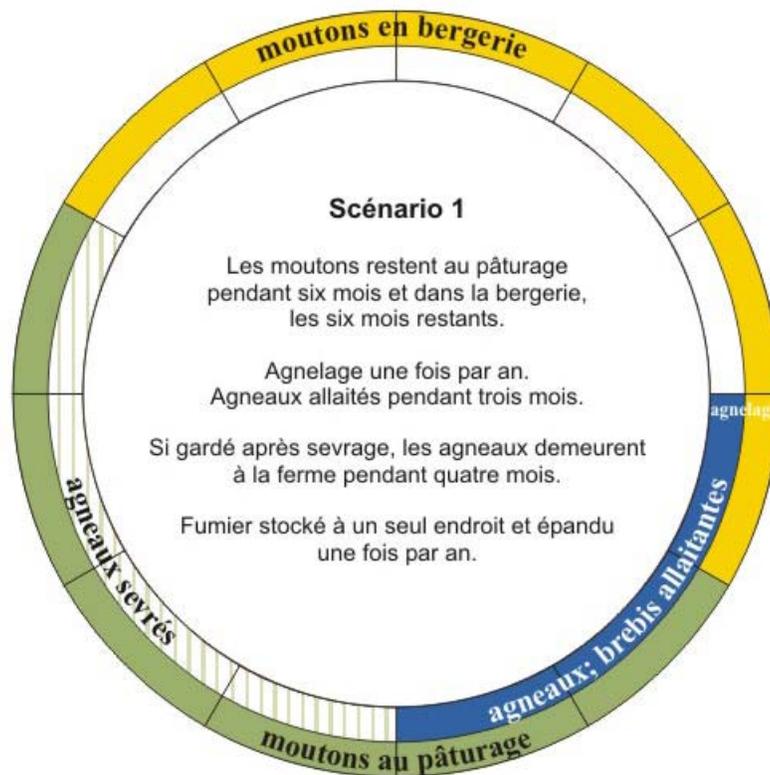


Figure 13. Exemple d'un diagramme de scénario. Ce diagramme décrit le scénario 1 d'élevage d'agneaux de marché.

L'utilisateur entre le nombre de brebis dans le troupeau. Le nombre de béliers est calculé, mais la valeur peut être modifiée. L'utilisateur choisit le ratio d'agneaux uniques : jumeaux dans le troupeau et le taux d'agnelage. La qualité du fourrage est sélectionnée. Dans les scénarios où les moutons restent dans la bergerie, l'utilisateur sélectionne le système de manutention du fumier utilisé (Figure 14). Dans le cas du scénario où les moutons restent au pâturage toute l'année, l'utilisateur précise le type de pâturage.

**Agneau de marché**

Sauvegarder | Fermer | Supprimer et fermer

Nombre de brebis: 300

Nombre de béliers: 10

Taux d'agnelage: 90

Garde-t-on les agneaux sevrés à l'exploitation?  Vérfié = Oui

Alimentation: Fourrage de faible qualité

Manutention du fumier à la bergerie: Litière profonde

Nombre d'agneaux par naissance

Agneau unique c. jumeaux

Jumeaux uniquement | 1:1 | Un seul agneau

Figure 14. Formulaire pour le scénario sur l'élevage des agneaux de marché.

Les émissions attribuables à chaque catégorie de moutons (brebis, béliers et agneaux sevrés) sont calculées conformément à la méthodologie de 2006 du GIEC. Les algorithmes varient selon le cycle de production du troupeau déterminé par le choix du scénario et des options.

Comme dans le cas des bovins, Holos calcule les besoins énergétiques nets de l'animal qui varient selon la catégorie de moutons, le confinement à la bergerie et le nombre d'agneaux par naissance. L'énergie nette de gain est fondée sur les poids initial et final (pour les moutons adultes, ces valeurs sont équivalentes). L'énergie nette, ainsi que la teneur énergétique des aliments, sont des facteurs qui influent sur les émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique.

La quantité de matières volatiles produites est également calculée en fonction des besoins énergétiques bruts. Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier sont estimées en tenant compte de la production de matières volatiles et du système de gestion du fumier. Dans le cas du scénario où les animaux sont mis au pâturage toute l'année, tout le fumier se retrouve dans le pâturage.

Chez les moutons, l'apport en protéines est fondé sur les besoins énergétiques bruts et la teneur en protéines des aliments. Les quantités de protéines ingérées et retenues sont utilisées pour calculer les taux d'excrétion d'azote. Ce taux, ainsi le système de manutention du fumier, sont utilisés pour estimer les émissions directes et indirectes N<sub>2</sub>O provenant du fumier. Le fumier stocké dans les systèmes de manutention du fumier des moutons confinés à la bergerie est finalement épandu. (Ces émissions entrent dans le calcul des émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol.)

### **Hypothèses :**

- Taux de survie des moutons de 100 p. 100.
- L'agnelage se produit une fois par année.
- Pendant la période d'allaitement, les agneaux ne produisent pas d'émissions.
- Les agneaux sont allaités pendant trois mois.
- Les agneaux sont nourris pendant quatre mois (s'ils sont gardés à la ferme après le sevrage).
- L'alimentation des moutons ne change pas au cours de l'année.
- La quantité d'aliments ingérés correspond aux besoins énergétiques des moutons.
- Tous les aliments sont consommés. Les émissions provenant des aliments gaspillés ne sont pas comptabilisées.
- Tout le fumier produit à la bergerie est stocké à un endroit et épandu chaque année.
- Troupeau fermier/confinement partiel – les moutons sont mis au pâturage pendant six mois et confinés à la bergerie pendant six mois.
- Troupeau fermier/confinement partiel – on suppose que le pâturage est plat et que les moutons marchent moins d'un km par jour.
- Troupeau fermier/confinement partiel – on considère que le fumier des agneaux sevrés est déposé dans le pâturage (si les agneaux sont gardés après le sevrage).
- Parcours de passage – Les moutons sont mis au pâturage toute l'année) (un abri marginal peut être offert).
- Parcours de passage – Tout le fumier est déposé dans le pâturage.
- Confinement total – Les moutons sont confinés à la bergerie toute l'année.

## Parc d'engraissement de moutons – émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant du fumier

Dans un parc d'engraissement de moutons, les agneaux consomment une alimentation riche en énergie pour prendre du poids avant leur traitement. Holos propose un scénario sur le parc d'engraissement de moutons.

L'utilisateur entre la capacité du parc d'engraissement et le nombre de mois où le parc est rempli. Il précise également la qualité du fourrage et le système de manutention du fumier utilisé (Figure 15).

The screenshot shows a software window titled "Holos 1.1 - Ferme - [Parcs d'engraissement des moutons]". The window has a menu bar with options: "Télécharger ferme", "Nouvelle ferme", "Copier ferme", "Supprimer ferme(s)", "Préférences", "Français", and "Fermer la session". Below the menu bar, there are three buttons: "Sauvegarder", "Fermer", and "Supprimer et fermer". The main content area is titled "Parcs d'engraissement des moutons" and contains the following fields:

- Capacité**: A text input field containing the value "1000".
- Nombre de mois où le parc est rempli**: A dropdown menu showing the value "8".
- Alimentation**: A dropdown menu showing the value "Fourrage de qualité moyenne".
- Manutention du fumier**: A dropdown menu showing the value "Compostage intensif en andains".

The left sidebar contains a navigation menu with the following items:

- Renseignements
- Plantation d'arbres linéaire
- ✓ Cultures/herbage
- ✓ Utilisation des terres
- ✓ Vache/veau
- Parc d'engraissement de bovins
- Bovins de long engraissement
- Vache laitières
- Agneau de marché
- Parc d'engraissement de moutons
- Porc
- Volaille
- Autres animaux
- Résultats
- Rapports
- Mesures d'atténuation possibles

Figure 15. Formulaire pour le scénario sur le parc d'engraissement de moutons.

Les émissions sont calculées de la même façon que les émissions attribuables aux agneaux sevrés dans les scénarios sur l'élevage des agneaux de marché.

### Hypothèses :

- Il y a le même nombre de mâles et de femelles dans le parc d'engraissement.

- Le parc d'engraissement accueille le nombre maximal d'animaux pendant le nombre de mois où il est rempli.
- Taux de survie des moutons de 100 p. 100.
- L'alimentation des moutons ne change pas au cours de l'année.
- La quantité d'aliments ingérés correspond aux besoins énergétiques des moutons.
- Tous les aliments sont consommés. Les émissions provenant des aliments gaspillés ne sont pas comptabilisées.
- Tout le fumier produit à la bergerie est stocké à un endroit et épandu chaque année.

## Volailles – émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant du fumier

Les activités d'élevage de volailles comprennent la production d'œufs ou de viande. La durée des cycles de vie des volailles varie de 5 à 54 semaines. Ainsi, plusieurs cycles distincts peuvent être en cours dans une exploitation pendant une année. Dans Holos, on utilise des taux d'émissions annuels et non des taux par cycle de vie animale aux fins de calcul. Le calcul des émissions est donc fondé sur la capacité du poulailler plutôt que sur le nombre d'animaux.

L'utilisateur peut choisir différents types de volailles (pondeuses, poulets à griller, dindons, canards ou oies) et, dans le cas des pondeuses, le type de système de manutention du fumier (fumier sec ou humide). Les émissions sont calculées conformément à la méthodologie de 2006 du GIEC. Les volailles ne produisent pas d'émissions de CH<sub>4</sub> attribuables de la fermentation entérique. Les estimations des émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier sont fondées sur un taux annuel et sur la capacité du poulailler, alors que les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du fumier sont évaluées en fonction d'un taux d'excrétion d'azote, de la capacité du poulailler et d'un coefficient d'émission directe. Les émissions indirectes sont également calculées, et le fumier est finalement épandu. (Ces émissions entrent dans le calcul des émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol.)

Volaille	Capacité du poulailler
Pondeuses (fumier sec)	5000
Pondeuses (fumier humide)	0
Poulets à griller	0
Dindons	0
Canards ou oies	0

Figure 16. Formulaire pour le scénario d'élevage de volailles.

**Hypothèses :**

- On suppose que le poulailler fonctionne à capacité toute l'année.
- Tout le fumier est stocké dans un système d'entreposage, puis épandu une fois par année.

## Autres animaux – émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant du fumier

Puisque d'autres animaux peuvent être élevés sur les fermes, Holos permet également de calculer les émissions attribuables aux chèvres, aux lamas et alpacas, aux cerfs ou wapitis, aux chevaux, aux mules et aux bisons (Figure 17).

Les émissions sont calculées conformément à la méthodologie de 2006 du GIEC. Les émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique et provenant du fumier sont fondées sur un taux annuel par animal, alors que les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du fumier sont évaluées en fonction d'un taux annuel d'excrétion d'azote par animal et d'un coefficient d'émission directe. Les émissions indirectes sont également calculées. On suppose que tout le fumier est déposé dans le pâturage et qu'il n'est donc pas épandu après avoir été stocké.

Autres animaux	Nombre moyen d'animaux
Bisons	45
Cerfs ou wapitis	0
Chèvres	0
Chevaux	10
Lamas et alpacas	10
Mulets et ânes	0

Figure 17. Formulaire pour le scénario sur l'élevage d'autres animaux.

### Hypothèses :

- Tout le fumier des autres animaux est déposé dans le pâturage, le parcours ou l'enclos.

## Plantations d'arbres linéaires – stockage de carbone dans le sol

Les plantations d'arbres linéaires, les brise-vent de ferme ou les plantations dans les zones riveraines sont des méthodes potentielles de stockage du carbone qui favorisent l'absorption du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. La quantité de carbone stockée chaque année dépend de la taille des arbres et donc de leur âge, ainsi que la taille de la plantation. Les différentes espèces d'arbres ont des potentiels de stockage distincts (Kort et Turnock, 1998).

Dans Holos, le calcul de la quantité de carbone stocké par arbre est fondé sur l'âge de la plantation entré par l'utilisateur, en tenant compte des distances courantes de plantation et de la taille de la plantation précisée par l'utilisateur et des estimations annuelles de stockage de carbone pour l'ensemble de la plantation (Figure 18). Dans le cas du caragancier, la quantité de carbone stockée est calculée pour une plantation d'une longueur de 10 mètres et non pour un arbre distinct.

**Indiquer la plantation d'arbres linéaire**

Ajouter un arbre | Effacer un arbre

Arbre: Peuplier

Âge (en années): 25

Nombre de rangées: 1

Longueur des rangées: 400 mètres = 437 verges \* = 0,25 milles \*

\* Inscrivez une valeur dans l'un ou l'autre des champs correspondant à une unité de mesure; la conversion se fera automatiquement dans l'autre champ. Les unités non métriques pourraient changer en raison de l'arrondissement.

Choisir une rangée du tableau pour modifier un arbre

Arbre	Nombre de rangées	Longueur des rangées (m)	Âge (en années)
Caragancier	1	400	25
Peuplier	1	400	25

Figure 18. Formulaire pour le scénario sur les plantations d'arbres linéaires.

Holos ne calcule pas le stockage ni les émissions des terrains boisés gérés et bien établis ou naturels. Dans la version 1.1 de Holos, on suppose que le stockage de carbone attribuable à la croissance de la biomasse est compensé par les quantités libérées par la décomposition des matières organiques et les récoltes.

**Hypothèses :**

- Taux de survie des arbres de 100 p. 100.
- Tous les arbres sont sains et intacts.
- La quantité de carbone stockée annuellement par les arbres (et le caraganier) âgés de deux ans ou moins est nulle.
- La quantité de carbone stockée dans l'Est du Canada est équivalente à la quantité stockée par les arbres plantés dans des sols de tchernoziom noir.
- Les arbres atteignent la hauteur d'homme à l'âge de deux ans<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Dans Holos, les données entrées par l'utilisateur précise l'âge du brise-vent, alors que la méthodologie élaborée par Kort et Turnock (1998) est fondée sur l'âge à hauteur d'homme. On souligne que la majorité des espèces d'arbres utilisées dans les brise-vent atteignent en moyenne la hauteur d'homme à l'âge de deux ans. Nous avons donc considéré que l'âge lorsque l'arbre atteint la hauteur d'homme correspond à deux ans (âge entré par l'utilisateur), sauf dans le cas du caraganier.

## Émissions de CO<sub>2</sub> produites par des sources d'énergie

Holos calcule les émissions de CO<sub>2</sub> produites par des sources primaires et secondaires d'énergie (selon la définition de Gifford, 1984). Les sources primaires utilisent du carburant et de l'énergie directement sur la ferme – travail du sol, ensemencement, pulvérisation, pompage d'eau, épandage de fumier, alimentation des animaux et chauffage, climatisation, éclairage et nettoyage des granges. Les sources secondaires de consommation d'énergie comprennent la fabrication d'engrais et d'herbicides. Holos ne tient pas compte des sources tertiaires de consommation d'énergie (p. ex., acquisition de matières brutes et fabrication de machinerie). Les émissions associées au transport des produits à destination ou en provenance de la ferme ne sont pas incluses.

Holos estime les émissions attribuables à la consommation d'énergie à la ferme en fonction des informations fournies sur les exploitations agricoles. Ainsi, les données entrées par l'utilisateur portant spécifiquement sur les émissions produites par des sources d'énergie sont recueillies au moyen des formulaires sur les activités agricoles. Holos fait état des émissions attribuables à la consommation d'énergie dans le cadre des activités de culture et d'élevage du bétail, incluant l'épandage du fumier.

Les émissions sont évaluées au moyen de différentes équations calculant l'énergie utilisée selon l'activité et la taille ou le nombre. L'énergie utilisée est convertie en émissions de CO<sub>2</sub> par différents facteurs, selon le type d'énergie (p. ex., diesel, gaz naturel, électricité) (Tableau 4).

**Tableau 4. Descriptions des émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à la consommation d'énergie et des sources.**

Source de consommation d'énergie	Facteurs influant sur la quantité d'émissions	Source des coefficients d'énergie	Conversion de l'énergie en émissions de CO <sub>2</sub>	Source des facteurs de conversion
Culture (incluant les terres mises en jachère dans l'Ouest canadien)	Emplacement de la ferme Type de sol Travail du sol Zone cultivée Type de culture (Est du Canada seulement)	Est du Canada – modèle des émissions attribuables à l'utilisation de combustibles fossiles pour les travaux agricoles (Fieldwork and Fossil Fuel Energy and Emissions (F4E2) model) (Dyer et Desjardins, 2003) Ouest canadien – dérivé de la modélisation de la machinerie typiquement utilisée dans les différentes régions et du nombre de passages dans les champs. La consommation de carburant par unité de superficie a été déterminée en fonction de la charge de travail et de l'efficacité des activités agricoles dans les champs. La quantité d'énergie produite par l'utilisation de carburant est le résultat de la conversion directe du volume utilisé pour toutes les activités agricoles aux champs (Elwin Smith, communications personnelles).	Énergie contenue dans le diesel convertie en émissions de CO <sub>2</sub>	Rapport d'inventaire national 1990-2005; Bioenergy Feedstock Information Network (BFIN)
Fabrication d'herbicides	Emplacement de la ferme Type de sol Travail du sol Zone cultivée Type de culture (Est du Canada seulement)	Est du Canada - Dyer et Desjardins, 2004 Ouest canadien – Les coefficients d'utilisation d'énergie pour la fabrication d'herbicides étaient fondés sur l'énergie nécessaire à la fabrication d'herbicides spécifiques et au taux recommandé d'application de l'herbicide. L'herbicide précisé pour une culture était le plus couramment utilisé, pour lutter en général contre les mauvaises herbes à large feuille et les graminées (Elwin Smith, communications personnelles).	Énergie nécessaire à la fabrication d'herbicide convertie en émissions de CO <sub>2</sub>	Dyer et Desjardins, 2007
Production d'engrais azotés	Zone fertilisée Taux d'épandage pour chaque culture	Conversion de l'engrais utilisé directement en émissions	Fondée sur la moyenne pondérée de 1/3 anhydre, 2/3 urée	Nagy, 2000

<b>Source de consommation d'énergie</b>	<b>Facteurs influant sur la quantité d'émissions</b>	<b>Source des coefficients d'énergie</b>	<b>Conversion de l'énergie en émissions de CO<sub>2</sub></b>	<b>Source des facteurs de conversion</b>
Production d'engrais phosphorés	Zone fertilisée Taux d'épandage pour chaque culture	Conversion de l'engrais utilisé directement en émissions		Nagy, 2000
Irrigation	Zone irriguée	Fondé sur l'énergie utilisée par un système à pivot central à faible pression équipé d'un moteur électrique de 43 chevaux pulvérisant l'eau à une distance de 15 pouces (38 cm) (Harms et Helgason, 2003)	Utilisation d'électricité et d'énergie contenue dans le gaz naturel convertie en émissions de CO <sub>2</sub> . La moyenne des émissions produites par les systèmes alimentés à l'électricité et au gaz naturel a été calculée pour créer un seul facteur.	Rapport d'inventaire national 1990-2005
Exploitations laitières	Nombre de vaches laitières	Vergé et coll., 2007	Énergie électrique utilisée convertie en émissions de CO <sub>2</sub>	Rapport d'inventaire national 1990-2005 (coefficient moyenne canadien)
Exploitations porcines	Scénarios 1 et 2 – Nombre de truies et de verrats Scénarios 3 et 4 – Capacité de la porcherie	Dyer et Desjardins, 2006	Énergie électrique utilisée convertie en émissions de CO <sub>2</sub>	Rapport d'inventaire national 1990-2005 (coefficient moyenne canadien)
Poulaillers	Capacité des poulaillers	Dyer et Desjardins, 2006	Énergie électrique utilisée convertie en émissions de CO <sub>2</sub>	Rapport d'inventaire national 1990-2005 (coefficient moyenne canadien)
Bovins de boucherie gardés à l'étable	Capacité du parc d'engraissement, si les bovins sont gardés à l'étable	Dyer et Desjardins, 2006	Énergie électrique utilisée convertie en émissions de CO <sub>2</sub>	Rapport d'inventaire national 1990-2005 (coefficient moyenne canadien)

Source de consommation d'énergie	Facteurs influant sur la quantité d'émissions	Source des coefficients d'énergie	Conversion de l'énergie en émissions de CO <sub>2</sub>	Source des facteurs de conversion
Épandage du fumier	Quantité d'azote contenu dans le fumier disponible pour l'épandage conformément à la valeur calculée précédemment Concentration type d'azote dans le fumier, liquide ou solide, par type d'animal ( <i>Loi sur les pratiques relatives aux opérations agricoles</i> (2001) citée dans Ormann, 2005, Tri-Provincial Manure Application and Use Guidelines 2004)	Fondé sur une distance de transport de 1,81 km, un débit d'épandage de 81,5 mètres cubes par hectare, moyenne de tuyau à traîne ou de remorque à fumier coulant (M. Wiens, projet La Broquerie, Université du Manitoba, communications personnelles)	Énergie contenue dans le diesel convertie en émissions de CO <sub>2</sub>	Rapport d'inventaire national 1990-2005; Bioenergy Feedstock Information Network (BFIN)

## Sommations et conversions

Lorsque les quantités de GES stockées ou émises sont calculées selon la masse atomique, les valeurs obtenues sont converties en masse moléculaire (Tableau 5).

**Tableau 5. Facteurs de conversion de la masse atomique en masse moléculaire.**

Conversion de :	À :	Multiplier par :
CO <sub>2</sub> -C	CO <sub>2</sub>	44/12
CH <sub>4</sub> -C	CH <sub>4</sub>	16/12
N <sub>2</sub> O-N	N <sub>2</sub> O	44/28

Par défaut, Holos utilise les facteurs de conversion du potentiel de réchauffement du globe (GIEC, 2006) pour convertir les émissions en équivalents CO<sub>2</sub> (éq. CO<sub>2</sub>), selon les unités de masse (tonne/tonne) (Tableau 6). L'utilisateur peut entrer d'autres facteurs de conversion.

**Tableau 6. Facteurs de conversion du potentiel de réchauffement planétaire (GIEC, 2006).**

Gaz à effet de serre	Facteur de conversion
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	23
N <sub>2</sub> O	296

Holos fait la somme des émissions provenant de toutes les sources et présente les résultats dans un rapport détaillé ou sous forme d'un graphique comparatif (Figure 19).

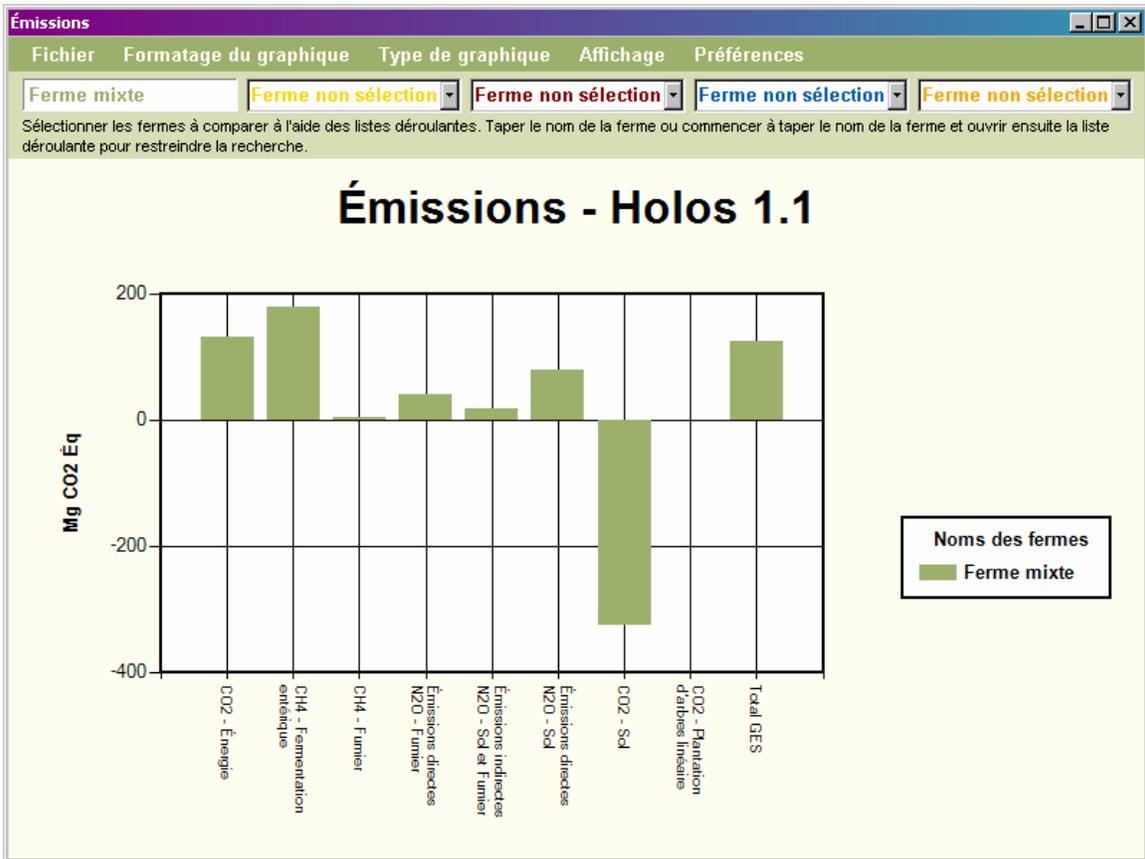


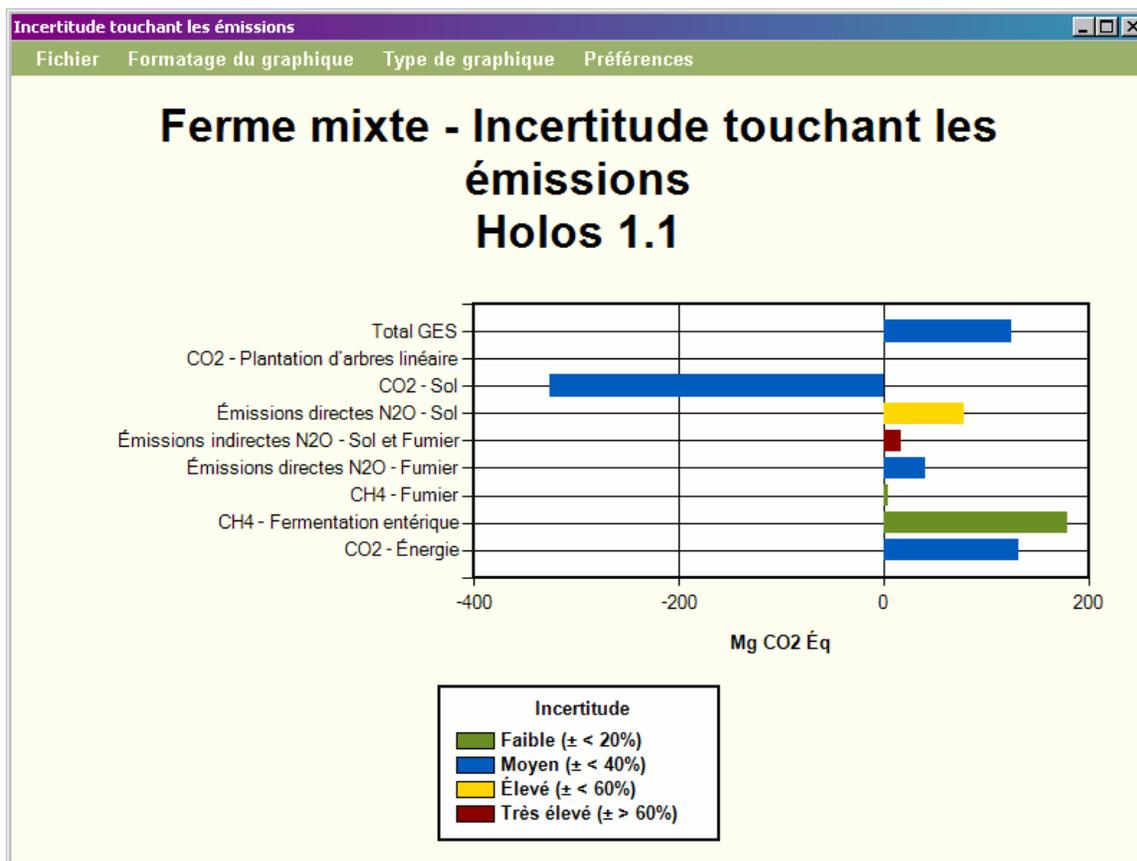
Figure 19. Émissions présentées dans un graphique comparatif.

# Incertitude

Une estimation approximative de l'incertitude a été élaborée, fondée sur l'opinion de spécialistes, pour chacune des catégories d'émissions présentées dans le rapport de Holos (Tableau 7). Un code de couleurs a été établi pour exprimer le niveau relatif d'incertitude dans le rapport graphique (Figure 20). Ces estimations, qui correspondent davantage à des marqueurs bruts et non à des évaluations définitives, sont fournies essentiellement pour attirer l'attention des usagers spécialement sur les secteurs d'incertitude potentiellement élevée.

**Tableau 7. Incertitude liée à chaque catégorie d'émissions.**

Catégorie d'émissions	Incertitude relative	Pourcentage
Émissions directes N <sub>2</sub> O – sol	Élevée	± <60 p. 100
CO <sub>2</sub> – sol	Moyenne	± <40 p. 100
CH <sub>4</sub> – fermentation entérique	Faible	± <20 p. 100
Émissions directes N <sub>2</sub> O – fumier	Moyenne	± <40 p. 100
Émissions indirectes N <sub>2</sub> O – sol et fumier –	Très élevée	± >60 p. 100
CH <sub>4</sub> – fumier	Faible	± <20 p. 100
CO <sub>2</sub> – Plantation d'arbres linéaire	Faible	± <20 p. 100
CO <sub>2</sub> – Énergie	Moyenne	± <40 p. 100



**Figure 20. Graphique de l'incertitude liée aux émissions avec code de couleurs des catégories d'incertitude relative.**

Une approche fondée sur des mesures pondérées a été utilisée pour établir l'incertitude globale liée à l'estimation des émissions nettes de GES à partir d'un ensemble précis de conditions agricoles.

# Mesures d'atténuation

Les exploitations agricoles au Canada ont la possibilité de réduire directement les émissions à la ferme en modifiant certaines pratiques de gestion. Elles peuvent favoriser l'absorption du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère en augmentant le stockage du carbone dans le sol et les arbres. En plus de réduire les émissions de GES, de nombreuses mesures d'atténuation ont également des avantages connexes – sur les plans social, environnemental et économique.

Les mesures d'atténuation peuvent influencer sur les émissions de plus d'un GES ou avoir des effets opposés sur les émissions de différents gaz, en entraînant une réduction des émissions d'un GES et une hausse des émissions d'un autre. Les différences en ce qui concerne le climat, les types de sol, les pratiques antérieures de gestion et d'autres variables agricoles peuvent influencer sur l'efficacité des mesures d'atténuation. Une pratique d'atténuation très efficace sur une ferme pourrait n'avoir aucun effet sur une autre (Smith et coll., 2007).

Puisqu'il n'existe pas d'ensemble de pratiques d'atténuation reconnues universellement, l'objectif de Holos consiste à encourager les usagers à envisager différentes options qui pourraient entraîner une réduction des émissions. Holos a été conçu pour permettre aux usagers de prévoir l'avenir, d'envisager des scénarios hypothétiques et de déterminer les pratiques qui réduiront au maximum les émissions à un site particulier avant leur mise en œuvre. Pour favoriser cet exercice, Holos présente un ensemble de mesures d'atténuation potentielles propres à chaque ferme et permet aux usagers d'examiner l'incidence de ces mesures (Tableau 8).

**Tableau 8. Mesures d'atténuation possibles envisagées avec Holos.**

<b>Pratique d'atténuation*</b>	<b>Mode d'action</b>	<b>Avantages connexes<sup>H</sup></b>
Ajout d'herbage	Favorise la séquestration du carbone dans le sol jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint. Les émissions de CO <sub>2</sub> associées à la consommation d'énergie peuvent également être réduites en raison de la moins grande utilisation de combustibles fossiles.	Prévient l'érosion du sol. Améliore l'habitat des animaux sauvage. L'utilisation de combustibles fossiles et de machinerie peut être réduite.
Ajout de cultures vivaces	Favorise la séquestration du carbone dans le sol jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint.	Augmente la stabilité structurale du sol et la teneur du sol en matière organique. L'apport d'azote dans le sol peut également être augmenté.

<b>Pratique d'atténuation*</b>	<b>Mode d'action</b>	<b>Avantages connexesH</b>
Réduction du travail du sol	Favorise la séquestration du carbone dans le sol jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint. Les émissions de CO <sub>2</sub> associées à la consommation d'énergie peuvent également être réduites en raison de la moins grande utilisation de combustibles fossiles. Les émissions de N <sub>2</sub> O provenant du sol peuvent diminuer (Prairies semi-arides) ou augmenter (régions humides de l'Est).	Peut également entraîner des économies. Favorise la stabilité structurale du sol. Prévient l'érosion du sol. Augmente la couverture végétale et maintient un habitat de nidification.
Élimination de la jachère	Favorise la séquestration du carbone dans le sol jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint.	Augmente la teneur en matière organique dans le sol.
Plantation d'arbres	Le carbone est stocké dans la biomasse des arbres.	Fournit une protection au bétail et aux animaux de la ferme. Fournit un abri aux animaux sauvages. Prévient l'érosion du sol. Influe sur la distribution de la neige. Aide à éliminer les polluants contenus dans les eaux de ruissellement et les eaux souterraines. Réduit l'odeur qui se dégage des fermes d'élevage intensif du bétail.
Réduction de la quantité d'engrais azoté synthétique§	Entraîne une diminution des émissions de N <sub>2</sub> O provenant du sol et des émissions de CO <sub>2</sub> associées à la consommation d'énergie.	Diminue les coûts de production. Réduit les polluants azotés libérés dans l'environnement.
Ajout d'additifs alimentaires aux régimes alimentaires des bovins	Réduit la production de CH <sub>4</sub> attribuable de la fermentation entérique.	Les matières grasses augmentent la densité énergétique du régime alimentaire. Les ionophores aident à réduire le ballonnement.
Réduction de la teneur en protéines des régimes alimentaires des bovinsI	Réduit les émissions de N <sub>2</sub> O provenant du fumier.	Les coûts d'alimentation pourraient être moindres. Les odeurs pourraient être réduites.
Alimentation plus riche en énergie/hautement nutritive pour les bovins	Réduit la production de CH <sub>4</sub> attribuable de la fermentation entérique. Les émissions de CH <sub>4</sub> provenant du fumier pourraient être réduites.	La productivité animale pourrait augmenter. Le volume de fumier produit pourrait diminuer.
Alimentation plus riche en maïs pour les bovins de boucherie	Réduit la production de CH <sub>4</sub> attribuable de la fermentation entérique.	
Utilisation d'un digesteur anaérobie	Les émissions de CH <sub>4</sub> provenant du fumier sont considérablement réduites.	Les biogaz recueillis peuvent servir à produire de la chaleur ou de l'électricité en vue d'une utilisation sur la ferme.
Épandage de fumier liquide ou lisier plus fréquemment	Réduit les émissions de CH <sub>4</sub> provenant du fumier.	L'efficacité accrue de l'utilisation des éléments nutritifs pourrait permettre de réduire les coûts liés à l'achat d'engrais commerciaux.

<b>Pratique d'atténuation*</b>	<b>Mode d'action</b>	<b>Avantages connexes<sup>H</sup></b>
Épandage de fumier liquide ou lisier au printemps**	Réduit les émissions de CH <sub>4</sub> provenant du fumier.	L'épandage de fumier au printemps favorise l'incorporation dans le sol et coïncide avec la demande des cultures en éléments nutritifs. L'efficacité accrue de l'utilisation des éléments nutritifs pourrait permettre de réduire les coûts liés à l'achat d'engrais commerciaux.

\* Pour de plus amples renseignements, consultez Kebreab et coll., 2006, Smith et coll., 2007, Beauchemin et coll., 2008, Desjardins et coll., 2008 et Janzen et coll., 2008.

<sup>H</sup> Les avantages peuvent se produire ou non selon la situation particulière de la ferme.

§ L'utilisation d'engrais synthétique peut être réduite en ajustant les taux de fertilisation pour répondre aux besoins des plantes, en appliquant l'engrais près des racines, en utilisant des formules à libération lente ou en remplaçant l'azote provenant d'engrais synthétiques par de l'azote organique (p. ex. fumier).

I Un régime alimentaire à teneur réduite en protéines peut être obtenu en évitant l'utilisation inefficace de protéines, soit en optimisant l'utilisation de protéines dégradables dans le rumen tout en évitant d'inclure dans le régime alimentaire des bovins une trop forte proportion de protéines non dégradables ou en optimisant l'équilibre des acides aminés dans l'alimentation des porcs.

\*\* L'épandage de fumier liquide/lisier au printemps permet d'éviter l'entreposage de grandes quantités de fumier pendant les mois les plus chauds de l'année.

# Améliorations futures et rêves

Holos tente d'estimer les émissions nettes produites à l'échelle de la ferme et encourage les usagers à explorer des pratiques qui pourraient potentiellement réduire les émissions. Il s'agit toutefois d'un objectif en évolution; à mesure que de nouvelles pratiques sont élaborées et qu'on acquiert une meilleure compréhension des phénomènes, de nouvelles possibilités sont offertes et des modèles plus complexes sont conçus. Au moment d'élaborer ce modèle, plusieurs améliorations possibles de Holos avaient été désignées en vue d'un examen ultérieur (Tableau 9). Cette liste n'est pas exhaustive, mais donne des exemples d'améliorations possibles et illustre la pertinence des mises à jour continues du logiciel.

**Tableau 9. Améliorations possibles à apporter aux versions futures de Holos.**

Secteur à améliorer	Holos – version 1.1	Amélioration
Topographie	Utilisation de la topographie de l'écodistrict.	Permettre à l'utilisateur de choisir la topographie de la ferme.
Pratiques liées à l'ajout de l'azote	Aucune différenciation entre les pratiques relatives à la fertilisation azotée et à l'amendement par le fumier.	Des coefficients additionnels pour différentes pratiques d'amendement (p. ex. épandage, synchronisation, formes de fertilisation, etc.)
Gestion du fumier	Un système seulement. Les coefficients d'émission tiennent compte de la durée d'entreposage.	Permettre de passer d'un système de manutention à l'autre. Tenir compte directement de la durée d'entreposage.
Litière	Les émissions provenant de la litière du bétail ne sont pas calculées.*	Inclure différentes émissions et matières de litière.
Additifs alimentaires	Utilisés seulement pour les bovins.	Les options relatives à ajout d'additifs alimentaires pourraient être offertes pour les moutons. Les facteurs de réduction des additifs alimentaires pourraient être précisés.
Valeurs $C_f$ pour les bovins de boucherie	La valeur $C_f$ est fondée sur la température hivernale moyenne au Canada de -2,5 EC.	Les données relatives à l'écodistrict pourraient être utilisées pour calculer la température hivernale moyenne de l'écodistrict et la valeur $C_f$ subséquente.
Type de fourrage	Différenciation de la qualité de fourrage.	Inclure différents types de fourrages (p.ex., luzerne, graminées).
Valeurs $Y_m$	Valeurs $Y_m$ générales utilisées.	De nouvelles recherches ont fourni des valeurs $Y_m$ plus précises.

Secteur à améliorer	Holos – version 1.1	Amélioration
Biomasse souterraine des arbres	Inclusion de la biomasse aérienne seulement.	Inclure la biomasse souterraine des arbres.
Émissions attribuables à la production d'électricité	Coefficient pancanadien des émissions attribuables à l'utilisation d'électricité.	Les coefficients propres aux provinces sont fournis dans le Rapport d'inventaire national.
Terrains boisés/vergers	Les terrains boisés/vergers ne sont pas inclus.	Inclure les terrains boisés/vergers.
Restauration des sols organiques	La restauration des sols organiques n'est pas incluse.	Inclure la restauration des sols organiques.
Terrains forestiers cultivés	Les terrains forestiers cultivés ne sont pas inclus.	Inclure les terrains forestiers cultivés.

\* Toutefois, les émissions provenant des résidus agricoles sont calculées à la ferme d'origine. Ces résidus peuvent être utilisés comme litière.

En plus de ces améliorations de base, les concepteurs de Holos rêvent d'incorporer une base de données modifiable pour permettre à l'utilisateur de modifier ou de créer des nouveaux coefficients d'émission, des coefficients et des valeurs établies. En raison des progrès de la recherche, les coefficients et les algorithmes sont continuellement précisés (p. ex., facteurs de conversion du méthane,  $Y_m$ ). En permettant aux usagers d'apporter des modifications, ceux-ci pourront explorer des situations hypothétiques (p. ex., coefficients d'émission plus élevés ou plus faibles) et leurs effets en aval.

Un autre but serait d'inclure des résultats en temps réel. Les résultats seraient présentés immédiatement sous forme graphique à mesure que les conditions agricoles sont entrées ou modifiées.

Holos propose des méthodes d'atténuation directes. Si l'on tient compte de l'intensité (émissions par unité de production), des méthodes d'atténuation indirectes pourraient être incluses. Celles-ci comprennent les pratiques qui réduisent les émissions par unité de production (p. ex., période de lactation étendue, taux de gain accru, rendement accru des récoltes).

Si les ressources le permettent, les versions futures du logiciel pourraient inclure un sous-programme sur les biocarburants et permettent une analyse économique plus directe en fusionnant les résultats avec ceux des modèles économiques existants.

Finalement, la nouvelle génération du logiciel pourrait tenir compte de relations de bilan massique et des cycles de nutriments équilibrés, au lieu des coefficients et algorithmes distincts, pour soutenir les prévisions d'émissions nettes de GES.

# Références

Beauchemin, K. A., D. M. Kreuzer, F. O'Mara et T. A. McAllister (2008), « Nutritional management for enteric methane abatement: a review », *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol. 48, p. 21-27.

Bioenergy Feedstock Information Network (BFIN), non daté, *Energy Conversion Factors*. [En ligne]

Source : [http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/energy\\_conv.html](http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/energy_conv.html) [consulté le 5 mai 2008].

Bouwman, A.F. et L.J.M. Boumans (2002), « Emissions of N<sub>2</sub>O and NO from fertilized fields: Summary of available measurement data », *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 16, p. 6-1 à 6-13.

Desjardins, R.L., H.H. Janzen, P. Rochette, B. McConkey, M. Boehm et D. Worth (2008), « Moving Canadian agricultural landscapes from GHG source to sink », pages 19-35 dans H. Hengeveld, L. Braithwaite, R. Desjardins, J. Gorjup et P. Hall (éd.), *Enhancement of Greenhouse Gas Sinks: A Canadian Science Assessment*, Environnement Canada, Bureau de l'intégration des évaluations scientifiques, Environnement Canada, Toronto, Canada.

Dyer, J.A. et Desjardins, R. L. (2003), « Simulated farm fieldwork, energy consumption and related greenhouse gas emissions in Canada », *Biosystems Engineering*, vol. 85, p. 503–513.

Dyer, J.A. et R.L. Desjardins (2004), *The Impact of Energy use in Canadian Agriculture on the Sector's Greenhouse Gas (GHG) Emissions*, Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada, rapport technique, 17 p.

Source : <http://www.canren.gc.ca/re-farms/documents/elecPub.cfm>

Dyer, J.A. et R.L. Desjardins (2006), « An integrated index of electrical energy use in Canadian agriculture with implications for greenhouse gas emissions », *Biosystems Engineering*, vol. 95, n° 3, p. 449-460.

Dyer, J.A. et R.L. Desjardins (2007), « Energy based GHG emissions from Canadian agriculture », *Journal of the Energy Institute*, vol. 80, n° 2, p. 93-95.

GIEC (2006), Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre. Volume 4. Agriculture, foresterie et autre affectations des terres. Préparé par le Programme des inventaires nationaux des gaz à effet de serre, Eggleston, H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (éd.), IGES, Japon.

Source : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>

Gifford, R.M (1984), « Energy in different agricultural systems: renewable and nonrenewable sources », pages 84-112 dans G. Stanhill (éd.), *Energy and Agriculture*, Springer-Verlag, Berlin, Allemagne.

*Greenhouse Gas System Pork Protocol: The Innovative Feeding of Swine and Storing and Spreading of Swine Manure* (version préliminaire) datée du 31 juillet 2006. Préparé par le groupe de travail technique sur le porc (GTTP), un sous-comité de l'Équipe nationale de quantification des compensations (ENQC).

Harms, T. et W. Helgason (2003), *Irrigation Pumping Costs Calculator*, Irrigation Branch, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et du Développement rural de l'Alberta.

Helgason, B.L., H.H. Janzen, D.A. Angers, M. Boehm, M. Bolinder, R.L. Desjardins, J. Dyer, B.H. Ellert, D.J. Gibb, E.G. Gregorich, R. Lemke, D. Massé, S.M. McGinn, T.A. McAllister, N. Newlands, E. Pattey, P. Rochette, W. Smith, A.J. VandenBygaart et H. Wang (2005), *GHGFarm : Instrument d'évaluation permettant d'estimer les émissions nettes de gaz à effet de serre des fermes canadiennes*, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Janzen, H. H., D. A. Angers, M. Boehm, M. Bolinder, R. L. Desjardins, J. A. Dyer, B. H. Ellert, D. J. Gibb, E. G. Gregorich, B. L. Helgason, R. Lemke, D. Massé, S. M. McGinn, T. A. McAllister, N. Newlands, E. Pattey, P. Rochette, W. Smith, A. J. VandenBygaart, and H. Wang (2006), « A proposed approach to estimate and reduce net greenhouse gas emissions from whole farms », *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 86, p. 401–418.

Janzen, H.H., R.L. Desjardins, P. Rochette, M. Boehm et D. Worth (éd.) (2008), *Une agriculture efficace pour un air plus sain : Une analyse scientifique des liens entre les pratiques agricoles et des gaz à effet de serre au Canada*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, Canada, 146 p.

Kebreab, E., K. Clark, C. Wagner-Riddle et J. France (2006), « Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review », *Canadian Journal of Animal Science*, vol. 86, p. 135-158.

Keeling, C.D., S.C. Piper, R.B. Bacastow, M. Wahlen, T.P. Whorf, M. Heimann and H.A. Major (2001), Exchanges of atmospheric CO<sub>2</sub> and <sup>13</sup>CO<sub>2</sub> with the terrestrial biosphere and oceans from 1978 to 2000. I. Global aspects. SJD Reference Series. No. 01-06, Scripps Institution of Oceanography, San Diego, É.-U., 88 pp.

Source : <http://scrippsco2.ucsd.edu/data/data.html>

Kort, J. et R. Turnock (1998), *Accumulations annuelles de carbone dans les plantations agroforestières*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre des brise-vent de l'ARAP, Indian Head, Canada. 7 p.

Source :

<http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1199722936936&lang=f>

Kort, J. et R. Turnock (1999), « Carbon reservoir and biomass in Canadian prairie shelterbelts », *Agroforestry Systems*, vol. 44, p. 175-186.

Marshall, I.B., P Schut et M. Ballard (compilateurs) (1999), *Cadre écologique national pour le Canada : Données d'attribut*, Direction de la qualité de l'environnement, Direction générale de la science des écosystèmes, Environnement Canada et la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa-Hull.  
Source : [http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/ecostrat/data\\_files.html](http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/ecostrat/data_files.html)

McConkey, B.G., D.A. Angers, M. Bentham, M. Boehm, T. Brierley, D. Cerkowniak, C. Liang, P. Collas, H. de Gooijer, R. Desjardins, S. Gameda, B. Grant, E. Huffman, J. Hutchinson, L. Hill, P. Krug, T. Martin, G. Patterson, P. Rochette, W. Smith, B. VandenBygaart, X. Vergé et D. Worth (2007), *Canadian Agricultural Greenhouse Gas Monitoring Accounting and Reporting System: Methodology and greenhouse gas estimates for agricultural land in the LULUCF sector for NIR 2006*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, Canada.

Mosier, A.R., J.M. Duxbury, J.R. Freney, O. Heinemeyer et K. Minami (1998), « Assessing and mitigating N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils », *Climatic Change*, vol. 40, p. 7-38.

Nagy, C.N. (2000), *Energy and greenhouse gas emissions coefficients for inputs used in agriculture*, rapport présenté au Prairie Adaptation Research Collaborative, 11 p.

National Research Council, (2000), *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000*, National Academy Press, Washington, É.-U.

National Research Council (2001), *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition: 2001*, National Academy Press, Washington, É.-U.

Ormann, T. (2005), *Manure Nutrient Value: Wisdom Gained from Experience in Southern Alberta*, comté de Lethbridge, Canada.

Source :

[http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/epw8709?opendocument](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/epw8709?opendocument)

*Rapport d'inventaire national 1990-2005 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada* (2007), préparé par la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Gatineau, Canada. 611 p.

Source : [http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory\\_report/2005\\_report/tdm-toc\\_fra.cfm](http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory_report/2005_report/tdm-toc_fra.cfm)

Rochette, P. et H.H. Janzen (2005), « Towards a revised coefficient for estimating N<sub>2</sub>O from legumes », *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 73, p. 171-179.

Rochette, P., D.E. Worth, R.L. Lemke, B.G. McConkey, D.J. Pennock, C. Wagner-Riddle and R.L. Desjardins (2008), « Estimation of N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils in Canada. I. Development of a country-specific methodology », *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 88, p. 641-654.

Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko (2007), « Agriculture » dans *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (éd.)], Cambridge University Press, Cambridge, R.-U. et New York, É.-U.

Source : <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter8.pdf>

*Tri-Provincial Manure Application and Use Guidelines* (2004), préparé par le Prairie Province's Committee on Livestock Development and Manure Management.

Source :

[http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/epw8709?opendocument](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/epw8709?opendocument)

Vergé, X., D. Worth, J. Hutchinson, R. Desjardins (2006), *Greenhouse gas emission from Canadian Agro-ecosystems*, n° de cat. AAFC-10181E, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, Canada, 38 p.

Vergé, X.P.C., J.A. Dyer, R.L. Desjardins, D. Worth (2007), « Greenhouse gas emissions from the Canadian dairy industry in 2001 », *Agricultural Systems*, vol. 94, p. 683-693.

## Annexe 1 – Exemple de ferme

Les instructions ci-dessous vous guideront tout au long du processus d'établissement d'un exemple de ferme mixte (vache/veau, fourrage, céréales) dans le sud de l'Alberta.

1. Lancez le logiciel Holos.
  - a. Si l'écran d'accueil est activé, choisissez votre langue puis cliquez sur **Créer une nouvelle ferme**.
  - b. Si l'écran d'accueil ne s'affiche pas lors du démarrage, cliquez sur **Nouvelle ferme**.
2. Le logiciel lance le sélectionneur d'écodistrict. Cliquez sur la flèche **Sélectionner** et choisissez l'endroit où se trouve la ferme dans le sud de l'Alberta (Lethbridge). Utilisez les options **Zoom avant** ou **Déplacer** si nécessaire (Figure 21).
3. Cliquez sur **OK** pour confirmer le choix de l'écodistrict.

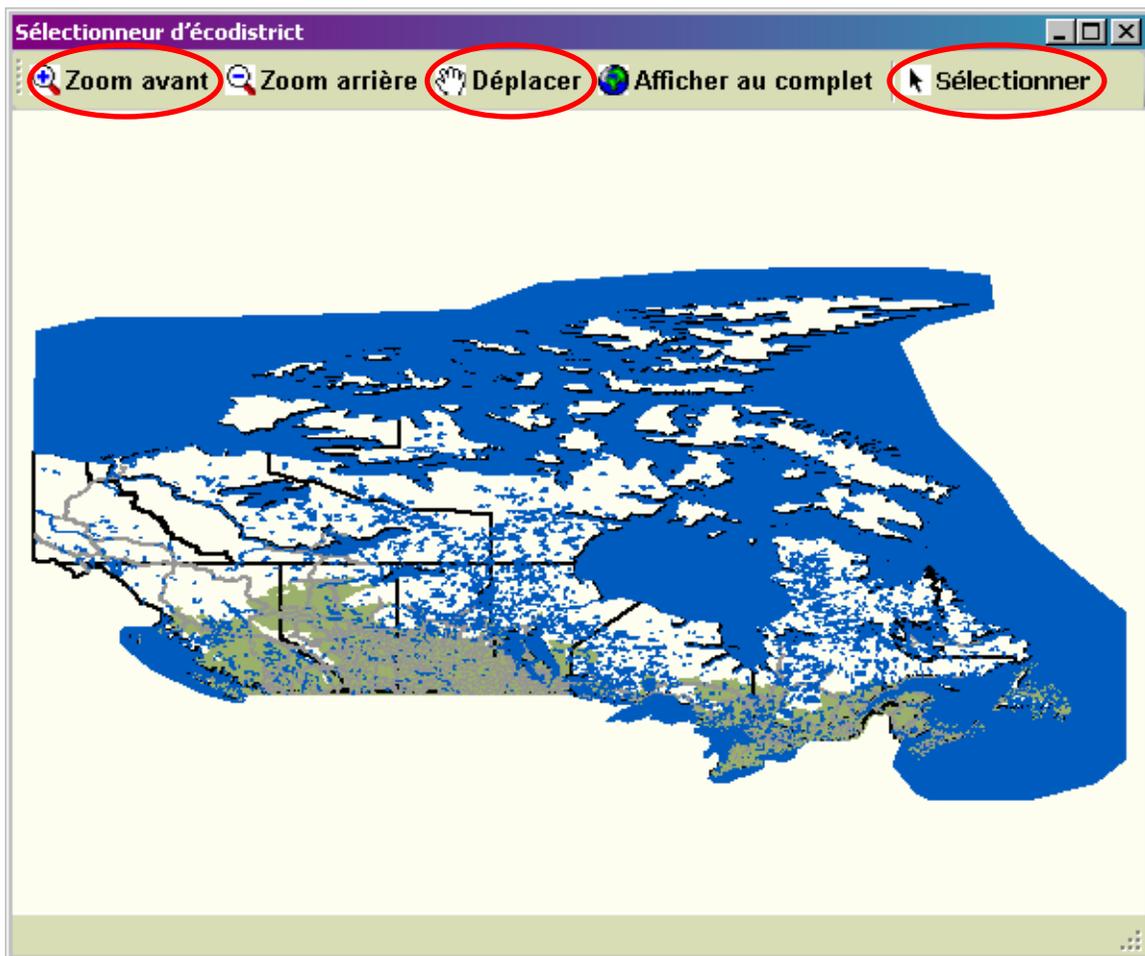


Figure 21. Sélectionneur d'écodistrict. Les boutons **Zoom avant**, **Déplacer** et **Sélectionner** sont encadrés.

4. Entrez Ferme mixte dans le champ Nom de la ferme.
5. Cliquez sur Sauvegarder la nouvelle ferme (Figure 22).

The screenshot shows a web application window titled 'Holos 1.1 - NouvelleFerme13 - [Renseignements sur la ferme]'. The main content area is a form for entering farm details. At the top of the form, there are two buttons: 'Sauvegarder la nouvelle ferme' (highlighted with a red circle) and 'Annuler la nouvelle ferme'. Below these are several input fields: 'Nom de la ferme' (containing 'Ferme mixte'), 'Écodistrict' (793), 'Province' (Alberta), 'Type de sol' (Tchernoziom brun foncé), and 'Texture du sol' (Moyenne). A large text area for 'Description de la ferme et notes' is at the bottom. The left sidebar contains a list of farm types in blue text: 'Plantation d'arbres linéaire', 'Cultures/herbage', 'Utilisation des terres', 'Vache/veau', 'Parc d'engraissement de bovins', 'Bovins de long engraissement', 'Vache laitières', 'Agneau de marché', 'Parc d'engraissement de moutons', 'Porc', 'Volaille', and 'Autres animaux'. Below this list are sections for 'Résultats', 'Rapports', and 'Mesures d'atténuation possibles'. The top navigation bar includes links for 'Télécharger ferme', 'Nouvelle ferme', 'Copier ferme', 'Supprimer ferme(s)', 'Préférences', 'English', and 'Fermer la session'.

Figure 22. Formulaire de renseignements sur la ferme. Le nom de la ferme a été entré, et le bouton Sauvegarder la nouvelle ferme est encerclé. Vous pouvez cliquer sur les termes apparaissant en bleu à l'écran pour obtenir davantage de renseignements ou des explications.

6. Choisissez l'option Cultures/herbage dans le menu de navigation (Figure 23).

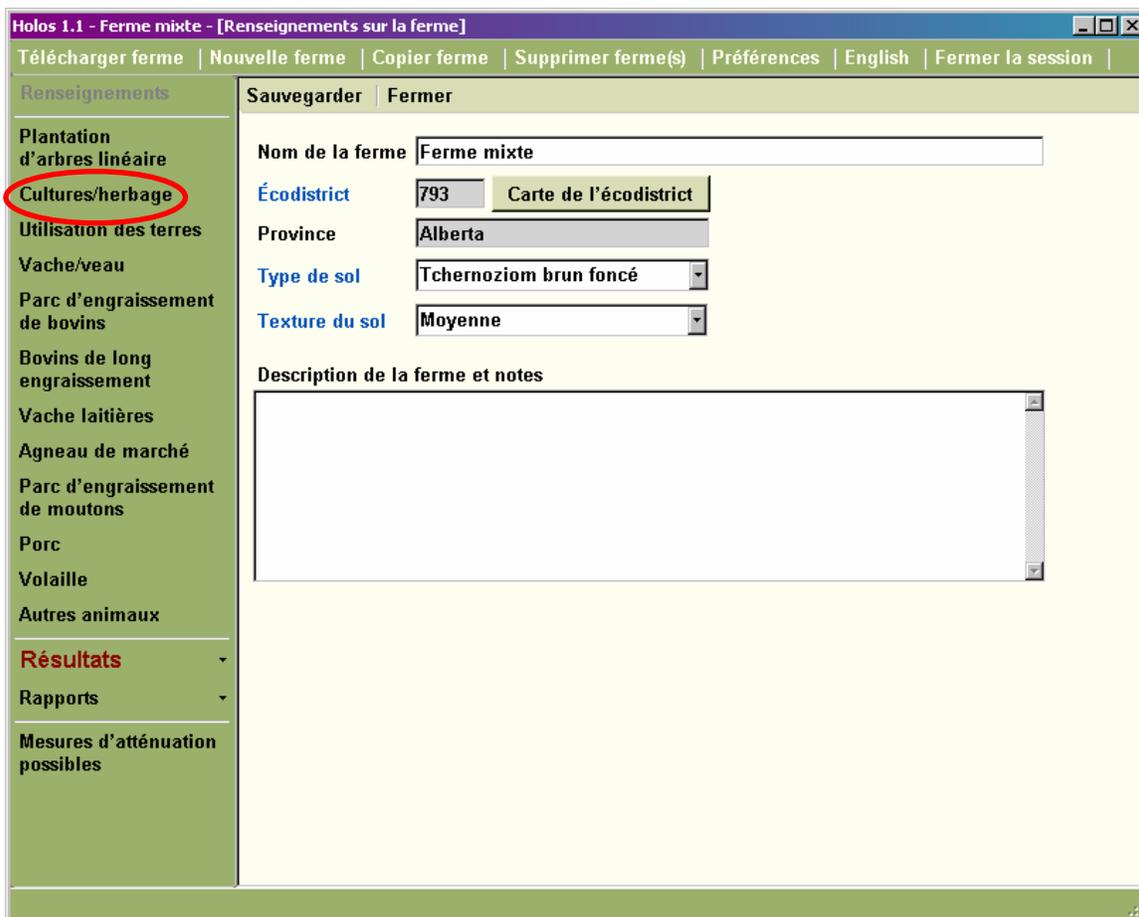


Figure 23. Menu navigation. Le bouton Cultures/herbage est encerclé.

7. Choisissez Céréales dans le menu déroulant Type d'utilisation des terres.
8. Choisissez Orge à titre de culture.
9. Entrez 130 dans le champ Zone. Laissez les valeurs par défaut dans les autres champs.
10. Cliquez sur Ajouter Culture/herbage (Figure 24).

Indiquez la rotation de cultures annuelle la plus commune.  
L'herbages ne sont pas considérés comme faisant partie de la rotation.

**Ajouter Culture/herbage**    **Supprimer Culture/herbage**

Type d'utilisation des terres: Céréales

Culture/herbage: Orge

Zone: 130 = 321

Production: 976 - 1560 = 20 - 30

Irrigation:  Vérifié = Oui

Engrais azoté synthétique: 42 kg N / ha = 37 lbs N / acre

Engrais phosphaté synthétique: 25 kg P205 / ha = 22 lbs P205 / acre

Sélectionnez une rangée dans le tableau afin de modifier les données sur une culture. **Étendue totale (en hectares) = 130**

Type d'utilisation des terres	Culture/ herbage	Zone (ha)
Céréales	Orge	130

Figure 24. Formulaire sur les cultures/herbage. Les menus déroulant Type d'utilisation des terres et Culture/herbage, le champ de saisie Zone et le bouton Ajouter Culture/herbage sont encerclés.

11. Choisissez Plantes fourragères vivaces dans le menu déroulant Type d'utilisation des terres.
12. Choisissez Foin – mélangé.
13. Entrez 130 dans le champ de saisie Zone.
14. Cochez la case Irrigation.

15. Modifiez la valeur par défaut en sélectionnant **2561-3520** dans le menu déroulant **Production**.
16. Cliquez sur **Ajouter Culture/herbage**.
17. Choisissez **Jachère** dans le menu déroulant **Type d'utilisation des terres**.
18. Entrez **65** dans le champ de saisie **Zone**.
19. Cliquez sur **Ajouter Culture/herbage**.
20. Choisissez **Herbage** dans le menu déroulant **Type d'utilisation des terres**.
21. Entrez **130** dans le champ de saisie **Zone**.
22. Sélectionnez **Herbages indigènes** dans le menu déroulant **Année d'ensemencement de l'herbage**.
23. Cliquez sur **Sauvegarder**.

24. Choisissez Utilisation des terres dans le menu de navigation.
25. Faites glisser le pointeur à Réduit à la rubrique Intensité actuelle du travail du sol et à Intensif à la rubrique Intensité du travail du sol dans le passé.
26. Sélectionnez 6-10 ans passés dans le menu déroulant Année de changement du travail du sol.
27. Cochez la case sous la question La zone culturale du fourrage vivace a-t-elle subi des changements?
28. Sélectionnez 0-10 dans le menu déroulant Pourcentage passé du fourrage vivace.
29. Sélectionnez 6-10 ans passés dans le menu déroulant Année de changement du fourrage annuel (Figure 25).
30. Cliquez sur Sauvegarder.

Télécharger ferme | Nouvelle ferme | Copier ferme | Supprimer ferme(s) | Préférences | English | Fermer la session |

Renseignements

Plantation d'arbres linéaire

✓ Cultures/herbage

Utilisation des terres

Vache/veau

Parc d'engraissement de bovins

Bovins de long engraissement

Vache laitières

Agneau de marché

Parc d'engraissement de moutons

Porc

Volaille

Autres animaux

Résultats

Rapports

Mesures d'atténuation possibles

Sauvegarder | Fermer

Inscrire les plus récents changements touchant la gestion des terres.

**Travail du sol**

Intensité actuelle du travail du sol

Aucun Réduit Intensif

Intensité du travail du sol dans le passé

Aucun Réduit Intensif

Année de changement du travail du sol

6-10 ans passés

**Fourrage vivace**

Pourcentage actuel de fourrage vivace =40%

La zone culturale du fourrage vivace a-t-elle subi des changements?

Vérifié = Oui

Pourcentage passé du fourrage vivace

0-10

Année de changement du fourrage annuel

6-10 ans passés

**Herbages**

Superficie d'herbages récemment défrichée

ha = acres \*

Année de défrichage des herbages

**Sol organique**

Superficie de sol organique

ha = acres \*

\* Inscrivez une valeur dans l'un ou l'autre des champs correspondant à une unité de mesure; la conversion se fera automatiquement dans l'autre champ.

Figure 25. Formulaire sur l'utilisation des terres. Les pointeurs de l'intensité actuelle et passée du travail du sol, les menus déroulants Année de changement du travail du sol, Pourcentage passé du fourrage vivace et Année de changement du fourrage annuel et la case indiquant que la zone culturale du fourrage vivace a subi des changements sont encerclés.

31. Choisissez Vache/veau dans le menu de navigation.
32. Choisissez le premier scénario en cliquant sur le bouton Créer/Modifier (Figure 26).

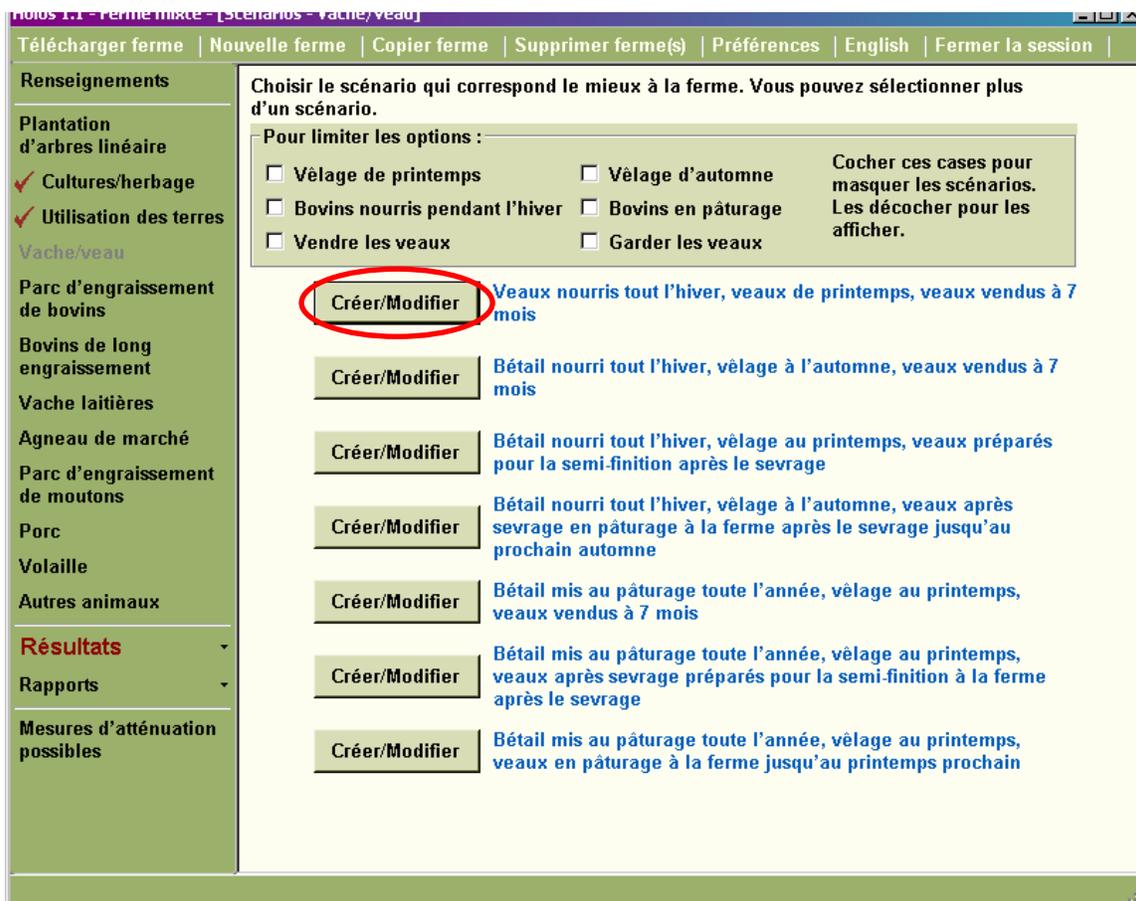


Figure 26. Formulaire pour le scénario sur l'exploitation vache/veau. Le bouton Créer/Modifier du scénario 1 est encadré. En cliquant sur la description en bleu du scénario, vous obtenez un diagramme détaillé du scénario.

33. Entrez 50 dans le champ de saisie Nombre de vaches.
34. Laissez les valeurs par défaut 2 taureaux, 95 p. 100 de la production de veaux, Pâturage délimité, Fourrage de qualité moyenne et Aucun additif alimentaire en hiver.
35. Décochez la case à droite de la question Les taureaux sont-ils dans la ferme seulement pendant la période de reproduction? (Figure 27).
36. Cliquez sur Sauvegarder, puis sur Fermer.

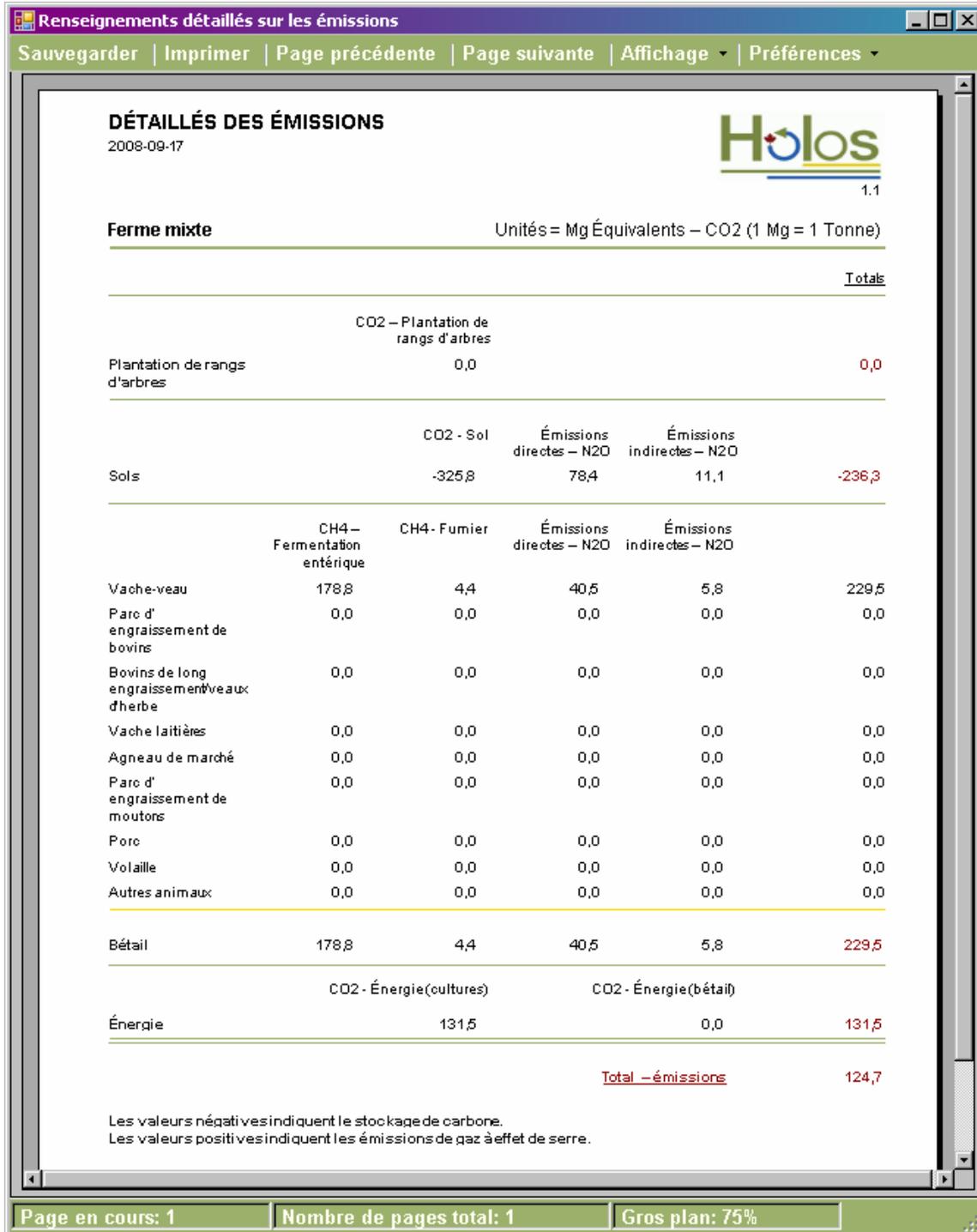
The image shows a web form titled "Vache/veau" with a navigation bar containing "Sauvegarder", "Fermer", and "Supprimer et fermer". The form contains several input fields and dropdown menus:

- Nombre de vaches:** A text input field containing the number "50", which is circled in red.
- Pourcentage de la production de veaux:** A text input field containing the number "95".
- Aire de pâturage:** A dropdown menu with "Pâturage délimité" selected.
- Qualité du pâturage:** A dropdown menu with "Fourrage de qualité moyenne" selected.
- Nombre de taureaux:** A text input field containing the number "2".
- Les taureaux sont-ils dans la ferme seulement pendant la période de reproduction?:** A checkbox that is unchecked and circled in red, followed by the text "Vérfifié = Oui".
- Fourrage d'hiver:** A dropdown menu with "Fourrage de qualité moyenne" selected.
- Additifs alimentaires ajoutés aux aliments des bovins en hiver:** A dropdown menu with "Aucun" selected.

Figure 27. Formulaire pour le scénario 1 d'exploitation vache/veau. Le nombre de vaches et la case indiquant si les taureaux sont dans la ferme seulement pendant la période de reproduction sont encerclés.

37. Pour afficher les renseignements détaillés sur la ferme, sélectionnez Rapports dans le menu de navigation et Rapport détaillé de la ferme.

38. Pour afficher l'estimation des émissions de la ferme, choisissez **Résultats et Rapport détaillé des émissions** pour une présentation sous forme de rapport (Figure 28) ou **Graphique comparatif des émissions** pour une présentation sous forme de graphique à barres (les entrées de fermes multiples peuvent être comparées sur ce graphique).



**Figure 28. Rapport détaillé des émissions.** Ce rapport peut être exporté et sauvegardé ou imprimé. Les préférences telles que la langue et l'unité d'affichage peuvent être modifiées.

39. Après avoir consulté les résultats, cliquez sur Mesures d'atténuation possibles dans le menu de navigation.
40. Parmi les différentes mesures d'atténuation proposées, choisissez Plantation d'arbres et Élimination de la jachère en cliquant sur le bouton Sélectionner.
41. Cliquez sur Exécuter (Figure 29).

**Mitigation**

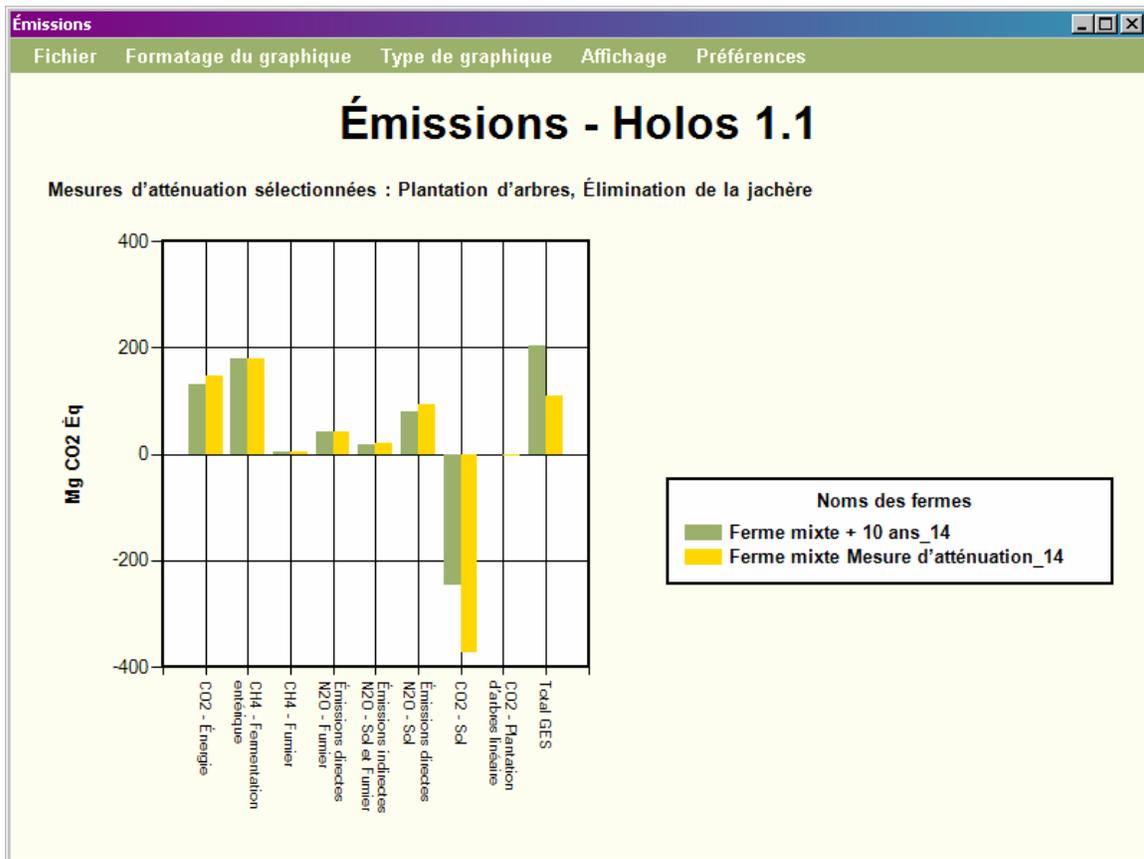
Choisir les mesures d'atténuation parmi les choix offerts ci-dessous, puis cliquez sur le bouton Exécuter. Vous pouvez choisir plusieurs mesures.

<b>Exécuter</b>	Mesures d'atténuation à prendre soi-même (PDF)
<b>Sélectionner</b>	Plantation d'arbres
<b>Sélectionner</b>	Réduction du travail du sol
<b>Sélectionner</b>	Élimination de la jachère
	Ajout de cultures vivaces
	Ajout d'herbage
<b>Sélectionner</b>	Réduire la quantité d'engrais azoté synthétique de 25 %
<b>Sélectionner</b>	Ajout d'additifs alimentaires aux régimes alimentaires des bovins
	Réduction de la teneur en protéines des régimes alimentaires des bovins laitiers
	Alimentation plus riche en énergie/hautement nutritive pour les bovins laitiers
<b>Sélectionner</b>	Alimentation hivernale de meilleure qualité pour

**Plus**

Figure 29. Formulaire sur les mesures d'atténuation. Les boutons de sélection Plantation d'arbres et Élimination de la jachère et le bouton Exécuter sont encadrés. En cliquant sur le texte en bleu, vous obtenez une explication de la pratique d'atténuation et une description des avantages connexes.

42. Les résultats de ce changement de gestion s'affichent à l'écran (Figure 30)<sup>10</sup>.



**Figure 30.** Graphique comparant les émissions de la ferme mixte originale dans 10 ans et celles de la ferme mixte dans 10 ans où les mesures d'atténuation sélectionnées sont mises en œuvre.

<sup>10</sup> Les émissions futures de la ferme originale sont calculées. Ceci permet de comparer les émissions de la ferme si elle reste telle quelle et celles de la ferme où des mesures d'atténuation sont mises en œuvre. Le logiciel Holos prévoit l'effet qu'auront les mesures d'atténuation sélectionnées dans 10 ans. Cet exercice correspond à répondre à la question suivante : « Si j'apporte ce changement maintenant, quelles seront les émissions de ma ferme dans 10 ans comparativement aux émissions de ma ferme si je n'apporte aucun changement? ».

## Annexe 2 – Entrée de types de fermes moins courants

Même si certains types de fermes canadiennes ne sont pas représentés dans HoloS, l'interface-utilisateur a été conçue pour offrir une marge de manœuvre. Il est donc possible de modifier les données à entrer selon le scénario pour tenir compte des caractéristiques des fermes moins courantes. Dans le Tableau 10, on décrit certaines de ces fermes et comment les entrer dans HoloS.

**Tableau 10. Entrée des fermes moins courantes dans HoloS.**

Type de ferme	Scénario modifié	Données à entrer
Taureau de race	Scénario 1 sur l'exploitation de vaches/veaux	Nombre de vaches = 0 Entrer le nombre de taureaux Décocher la case indiquant que les taureaux sont dans la ferme seulement pendant la période de reproduction. Choisir le type d'alimentation et de pâturage
Veau de lait	Scénario 1 sur l'exploitation laitière	Nombre de vaches = 0 Nombre de taureaux = 0 Entrer le nombre de veaux Entrer le nombre de mois pendant lesquels on garde les veaux à la ferme Choisir le système de manutention du fumier
Veau de grain	Scénario 1 sur le parc d'engraissement de bovins	Entrer le nombre de bovins Entrer les poids des veaux Choisir le ratio bouvillons : génisses, l'alimentation et le système de manutention du fumier
Cultures non présentes dans la liste	Scénario sur les cultures/herbage	Choisir la culture la plus courante Modifier les taux de fertilisation et la production
Systèmes multiples de travail du sol	Entrer comme s'il s'agissait de deux fermes	Entrer les rotations comme s'il s'agissait de deux fermes distinctes et faire la somme des émissions. Ceci s'applique uniquement dans le cas où deux rotations utilisent des systèmes de travail du sol complètement distincts. Dans le cas d'une rotation sans travail du sol, le travail du sol est possible uniquement au moment de l'ensemencement.

<b>Type de ferme</b>	<b>Scénario modifié</b>	<b>Données à entrer</b>
Parcs d'engraissement multiples	Entrer comme s'il s'agissait de plusieurs fermes	Si les pratiques de gestion des parcs d'engraissement sont complètement différentes, entrer les données comme s'il s'agissait de fermes distincts et faire la somme des émissions.

## Annexe 3 – spécifications de développement

Holos a été conçu pour fonctionner sous le système d'exploitation Windows 2000/XP/VISTA de Microsoft en utilisant l'environnement de développement intégré (EDI) de Visual Studio .NET 2005 Professional edition de Microsoft. Les principaux langages de programmation utilisés sont Visual Basic .NET et ADO.NET. Holos utilise la base de données principale Access de Microsoft pour stocker les données entrées par les usagers et les coefficients. Les systèmes de préparation de rapports ont été élaborés avec le moteur Crystal Reports de Business Objects America qui est compris dans le logiciel Visual Studio .NET 2005 de Microsoft. Les composantes graphiques utilisent Dundas Chart for Windows Forms Professional Edition de Dundas Data Visualization, Inc. La composante du SIG du programme utilise le logiciel MapWinGIS 4.4 Active X Component élaboré par Idaho State University.

Holos a été conçu à partir de zéro en utilisant des techniques de programmation itératives. Les résultats fournis ont été examinés et comparés avec les résultats obtenus avec un modèle indépendant. Les méthodologies orientées objet ont été mises en œuvre dans la conception du logiciel. Les commentaires des clients et les essais bêta ont permis d'améliorer le logiciel de façon continue. La maintenance du logiciel est offerte en réponse directe à l'utilisation des clients. Les usagers peuvent obtenir des services de dépannage et du soutien à l'adresse suivante : [holos@agr.gc.ca](mailto:holos@agr.gc.ca).

### *Exigences minimales recommandées du système :*

Système d'exploitation Windows XP/Vista 32 bits de Microsoft  
Processeur Intel/MD 1.0 GHZ  
Mémoire vive de 512 MB  
Espace disque de 200 MB (400 MB si .Net 2.0 n'est pas déjà installé)  
Résolution d'écran de 800x600

### *Références sur le développement du logiciel*

Business Objects Americas (2005), Crystal Reports for Visual Studio 2005 AAC60-G0CSA4B-V7000AY, Siège social pour l'Amérique du Nord, 3030 Orchard Parkway, San Jose, Californie, É.-U.

Dundas Data Visualization, Inc. (2007), Dundas Chart for Windows Forms Professional Edition v6.0, 500 - 250 Ferrand Drive, Toronto, Ontario, Canada.

Idaho State University (2007), MapWinGIS 4.6 Active X Component, Idaho State University, Campus Box 8265, Pocatello, Idaho, É.-U.

Microsoft Corporation (2001), Microsoft .NET Framework Version 2.0.50727 SP1, One Microsoft Way, Redmond, Washington, É.-U.

Microsoft Corporation (2001), Microsoft Windows XP Professional (5.1.2600) Service Pack 2 Build 2600, One Microsoft Way, Redmond, Washington, É.-U.

Microsoft Corporation (2002), Microsoft Access 2002 (10.6771.6839) Service Pack 3, One Microsoft Way, Redmond, Washington, É.-U.

Microsoft Corporation (2005), Microsoft Visual Studio 2005 Professional Edition Version 8.0.50727.42 (RTM.050727-4200), One Microsoft Way, Redmond, Washington, É.-U.

Microsoft Corporation (2005), Microsoft Visual Basic 2005 77626-009-0000007-41154, One Microsoft Way, Redmond, Washington, É.-U.

# Annexe 4 – Équations

## 1 Émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol en raison des cultures et de l'utilisation des terres

### Sols minéraux et organiques

Les équations (1.1) à (1.24) servent à calculer les émissions provenant des sols minéraux et organiques.

#### 1.1 Coefficient d'émission

$$EF_{eco} = 0.022 * \frac{P}{PE} - 0.0048 \quad (1.1)$$

Rochette et coll., 2008

$EF_{eco}$	Coefficient d'émission de l'écodistrict [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ] <b>Valeurs variant entre 0,0016 et 0,0170 (les valeurs &lt; 0,0016 sont fixées à 0,0016, les valeurs &gt; 0,0170 sont fixées à 0,0170)</b>
$P$	Précipitations durant la saison de croissance, par écodistrict (mai – octobre)
$PE$	Évapotranspiration potentielle durant la saison de croissance, par écodistrict (mai – octobre)

Les valeurs  $P$  et  $PE$  proviennent du SISCan et correspondent à la moyenne des données de 1971-2000 (Marshall et coll., 1999).

#### 1.2 Émissions directes

##### 1.2.1 Émissions attribuables aux apports d'azote

###### 1.2.1.1 Apports de N provenant des engrais

Les apports provenant des engrais devraient être calculés pour tous les types de cultures, y compris les cultures annuelles, les fourrages vivaces et les prairies/pâturages améliorés (les prairies/pâturages améliorés sont des pâturages fertilisés et/ou irrigués).

$$N_{fert} = N_{fert\_applied} * area \quad (1.2)$$

$N_{fert}$	Apports de N provenant d'engrais synthétiques (kg N)
$N_{fert\_applied}$	Engrais azotés épandus (kg ha <sup>-1</sup> )
$area$	Superficie de culture (ha)

$$Total\_N_{fert} = \sum_{allcrops} N_{fert} \quad (1.3)$$

$Total\_N_{fert}$	Total des apports de N provenant d'engrais synthétiques (kg N)
-------------------	--

### 1.2.1.2 Apports de N provenant de résidus agricoles

Les apports provenant de résidus agricoles devraient être calculés pour tous les types de cultures, y compris les cultures annuelles et les fourrages vivaces.

#### Résidus agricoles se trouvant en surface

$$AGresidue\_yield = \left[ Yield - (moisture\_content * Yield) \right] * \frac{AGresidue\_ratio}{Yield\_ratio} \quad (1.4)$$

<i>AGresidue_yield</i>	Production de résidus en surface (kg ha <sup>-1</sup> )
<i>Yield</i>	Rendement de la culture (kg ha <sup>-1</sup> )
<i>moisture_content</i>	Teneur en eau de la culture (p/p) (Tableau A4-1, par culture)
<i>AGresidue_ratio</i>	Ratio de résidus en surface (Tableau A4-1, par culture)
<i>Yield_ratio</i>	Ratio de rendement (Tableau A4-1, par culture)

$$AGresidue\_N = AGresidue\_yield * AGresidue\_N\_conc \quad (1.5)$$

<i>AGresidue_N</i>	N provenant de résidus en surface (kg N ha <sup>-1</sup> )
<i>AGresidue_N_conc</i>	Concentration de N provenant de résidus en surface (kg N kg <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-1, par culture)

#### Résidus agricoles enfouis

L'équation (1.6) devrait être utilisée pour tous les types de cultures annuelles alors que l'équation (1.7) est utilisée dans le cas des fourrages vivaces.

#### Pour les cultures annuelles :

$$BGresidue\_yield = \left[ Yield - (moisture\_content * Yield) \right] * \frac{BGresidue\_ratio}{Yield\_ratio} \quad (1.6)$$

#### Pour les fourrages vivaces (foin) :

$$BGresidue\_yield = 0.2 * \left[ \left[ Yield - (moisture\_content * Yield) \right] * \frac{BGresidue\_ratio}{Yield\_ratio} \right] \quad (1.7)$$

<i>BGresidue_yield</i>	Production de résidus agricoles enfouis (kg ha <sup>-1</sup> )
<i>Yield</i>	Rendement de la culture (kg ha <sup>-1</sup> )
<i>moisture_content</i>	Teneur en eau de la culture (p/p) (Tableau A4-1, par culture)
<i>BGresidue_ratio</i>	Ratio de résidus enfouis (Tableau A4-1, par culture)
<i>Yield_ratio</i>	Ratio de rendement (Tableau A4-1, par culture)

La multiplication par 0,2 permet de tenir compte de la nature vivace de ces cultures et suppose que la zone couverte de fourrages est labourée tous les cinq ans. Ainsi, la production totale de résidus enfouis est répartie proportionnellement sur une période de cinq ans.

$$BGresidue\_N = BGresidue\_yield * BGresidue\_N\_conc \quad (1.8)$$

<i>BGresidue_N</i>	N provenant de résidus enfouis (kg N ha <sup>-1</sup> )
<i>BGresidue_N_conc</i>	Concentration de N provenant de résidus en surface (kg N kg <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-1, par culture)

## Résidus totaux

$$N_{res} = (AGresidue\_N + BGresidue\_N) * area \quad (1.9)$$

$N_{res}$  Apports de N provenant des résidus agricoles retournés dans le sol (kg N)  
 $area$  Superficie de culture (ha)

$$Total\_N_{res} = \sum_{allcrops} N_{res} \quad (1.10)$$

$Total\_N_{res}$  Total des apports de N provenant de résidus agricoles (kg N)

### 1.2.1.3 Apports de N attribuables à la minéralisation

$$N_{min} = C_{mineral} * \frac{1}{10} \quad (1.11)$$

GIEC, 2006

$N_{min}$  Apports de N attribuables à la minéralisation de la matière organique dans le sol naturel (kg N)  
Cette valeur peut uniquement être positive.  
**Si le résultat est négatif, alors  $N_{min}$  est égal à zéro.**

$C_{mineral}$  Variation de la teneur en C (kg) (valeur calculée au moyen des équations sur la teneur en carbone dans le sol – équation (2.13))

10 Ratio C:N de la matière organique dans le sol au Canada (H. Janzen, communication personnelle)

Les apports de N attribuables à la minéralisation varient en fonction de la teneur en C dans le sol.

### 1.2.1.4 Apports de N provenant de fumier épandu

$$Total\_N_{landmanure} = \sum_{allscenarios} Scenario\_N_{landmanure} \quad (1.12)$$

$Total\_N_{landmanure}$  Total des apports de N provenant de l'ensemble du fumier épandu (kg – comprend le fumier produit à la ferme pour l'ensemble des scénarios d'exploitation).

$Scenario\_N_{landmanure}$  Fumier épandu (kg) (valeur calculée au moyen des équations (3.62), (4.56), (5.26), (5.64) et/ou (6.15))

### 1.2.1.5 Émissions attribuables aux apports totaux de N

$$N_2O-N_{inputs} = (Total\_N_{fert} + Total\_N_{res} + N_{min} + Total\_N_{landmanure}) * EF_{eco} \quad (1.13)$$

Rochette et coll., 2008

$N_2O-N_{inputs}$  Émissions de N attribuables aux apports dans le sol (kg N<sub>2</sub>O-N)  
 $EF_{eco}$  Coefficient d'émission de l'écodistrict [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>]

## 1.2.2 Émissions attribuables au travail du sol

$$N_2O-N_{till} = N_2O-N_{inputs} * (RF_{till} - 1) \quad (1.14)$$

Rochette et coll., 2008

$N_2O-N_{till}$  Émissions de N attribuables au travail du sol (kg N<sub>2</sub>O-N)  
 $RF_{till}$  Coefficient (Tableau A4-2 par province, type de sol, travail du sol)

## 1.2.3 Émissions attribuables à la texture du sol

$$N_2O-N_{text} = N_2O-N_{inputs} * (RF_{text} - 1) \quad (1.15)$$

Rochette et coll., 2008

$N_2O-N_{text}$  Émissions de N attribuables à la texture du sol (kg N<sub>2</sub>O-N)  
 $RF_{text}$  Coefficient (Tableau A4-2 par province, texture de sol)

## 1.2.4 Émissions attribuables à l'irrigation

Fraction de terres irriguées

$$F_{irrig} = \frac{area_{irrig}}{total\_area} \quad (1.16)$$

Rochette et coll., 2008

$F_{irrig}$  Fraction de terres agricoles irriguées  
 $area_{irrig}$  Superficie de l'ensemble des terres irriguées (ha)  
 $total\_area$  Superficie totale des terres cultivées (cultures, espèces fourragères, jachère) et de prairies/pâturages améliorés (ha)

$$N_2O - N_{irrig} = N_2O - N_{inputs} * \frac{(0.017 - EF_{eco})}{EF_{eco}} * F_{irrig} \quad (1.17)$$

Rochette et coll., 2008

$N_2O-N_{irrig}$  Émissions de N attribuables à l'irrigation (kg N<sub>2</sub>O-N)

## 1.2.5 Émissions attribuables à la position dans le paysage/topographie

$$N_2O - N_{topo} = N_2O - N_{inputs} * \frac{(0.017 - EF_{eco})}{EF_{eco}} * F_{topo} \quad (1.18)$$

Rochette et coll., 2008

$N_2O-N_{topo}$  Émissions de N attribuables à la position dans le paysage (kg N<sub>2</sub>O-N)  
 $F_{topo}$  Fraction de terres occupées par des portions plus basses du paysage (tirée de Rochette et coll., 2008)

## 1.2.6 Émissions attribuables à la jachère

Ces émissions sont calculées pour les provinces des prairies seulement.

### N potentiellement minéralisé durant la jachère

$$N_{\text{mineralized}} = N_{\text{appl\_stubble}} - N_{\text{appl\_fallow}} \quad (1.19)$$

$N_{\text{mineralized}}$	N minéralisé (kg ha <sup>-1</sup> )
$N_{\text{appl\_stubble}}$	Taux de fertilisation azotée pour le blé de printemps semé sur chaume (kg ha <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-3, par province, type de sol)
$N_{\text{appl\_fallow}}$	Taux de fertilisation azotée pour le blé de printemps semé sur jachère (kg ha <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-3, par province, type de sol)

$$N_2O_{\text{fallow}} \text{ rate} = N_{\text{mineralized}} * EF_{\text{eco}} \quad (1.20)$$

$N_2O_{\text{fallow}} \text{ rate}$	Taux d'émissions de N attribuables à la jachère (kg N <sub>2</sub> O-N ha <sup>-1</sup> )
-------------------------------------	---

$$N_2O-N_{\text{fallow}} = N_2O_{\text{fallow}} \text{ rate} * \text{area\_of\_fallow} \quad (1.21)$$

$N_2O-N_{\text{fallow}}$	Émissions de N attribuables à la jachère (kg N <sub>2</sub> O-N)
$\text{area\_of\_fallow}$	Superficie de terres mises en jachère (ha)

## 1.3 Émissions indirectes

### 1.3.1 Émissions attribuables à la lixiviation et l'écoulement de surface

#### Fraction perdue en raison de la lixiviation et de l'écoulement de surface

$$Frac_{\text{leach}} = 0.3247 * \frac{P}{PE} - 0.0247 \quad (1.22)$$

Rochette et coll., 2008

$Frac_{\text{leach}}$	Fraction de N perdu en raison de la lixiviation et de l'écoulement de surface <b>Les valeurs varient de 0,05 à 0,3. (Les valeurs &lt;0,05 sont fixées à 0,05, les valeurs &gt; 0,3 sont fixées à 0,3)</b>
$P$	Précipitations durant la saison de croissance, par écodistrict (mai – octobre)
$PE$	Évapotranspiration potentielle durant la saison de croissance, par écodistrict (mai – octobre)

Les valeurs  $P$  et  $PE$  proviennent du SISCan et correspondent à la moyenne des données de 1971-2000 (Marshall et coll., 1999).

$$N_2O-N_{leach} = (Total\_N_{fert} + Total\_N_{res} + N_{min} + Total\_N_{landmanure}) * Frac_{leach} * EF_{leachcrop} \quad (1.23)$$

Rochette et coll., 2008

$N_2O-N_{leach}$	Émissions de N attribuables à la lixiviation et à l'écoulement de surface (kg N <sub>2</sub> O-N)
$Total\_N_{fert}$	Total des apports de N provenant d'engrais synthétiques (kg N)
$Total\_N_{res}$	Total des apports de N provenant des résidus agricoles (kg N)
$N_{min}$	Apports de N provenant de la minéralisation de la matière organique dans le sol naturel (kg N)
$Total\_N_{landmanure}$	Total des apports de N provenant de l'ensemble du fumier épandu (kg)
$EF_{leachcrop}$	Coefficient d'émission lié à la lixiviation et à l'écoulement de surface [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]

Dans le logiciel Holos, la valeur de  $EF_{leachcrop}$  est fixée à 0,0075 (GIEC, 2006).

### 1.3.2 Émissions attribuables à la volatilisation

$$N_2O-N_{volatilization} = (Total\_N_{fert} + Total\_N_{landmanure}) * Frac_{volatilizationcrop} * EF_{volatilizationcrop} \quad (1.24)$$

Rochette et coll., 2008

$N_2O-N_{volatilization}$	Émissions de N attribuables à la volatilisation (kg N <sub>2</sub> O-N)
$Frac_{volatilizationcrop}$	Fraction de N perdu en raison de la volatilisation
$EF_{volatilizationcrop}$	Coefficient d'émission liée à la volatilisation [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]

Dans le logiciel Holos, la valeur de  $Frac_{volatilizationcrop}$  est fixée à 0,1 et celle de  $EF_{volatilizationcrop}$  à 0,01 (GIEC, 2006).

## 1.4 Émissions attribuables à la culture des sols organiques

Ces émissions s'ajoutent à celles qui ont été calculées au moyen des équations précédentes et sont calculées uniquement pour les sols organiques.

$$N_2O-N_{organic} = 8 * organicsoil\_area \quad (1.25)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{organic}$	Émissions de N provenant des sols organiques (kg N <sub>2</sub> O-N)
8	Coefficient d'émission lié à la culture des sols organiques (kg N <sub>2</sub> O-N ha <sup>-1</sup> ) (GIEC, 2006)
$organicsoil\_area$	Superficie de sols organiques (ha)

## 1.5 Émissions totales

### Émissions directes

$$N_2O-N_{directsoil} = N_2O-N_{inputs} + N_2O-N_{till} + N_2O-N_{text} + N_2O-N_{irrig} + N_2O-N_{topo} + N_2O-N_{fallow} + N_2O-N_{organic} \quad (1.26)$$

Rochette et coll., 2008

$N_2O-N_{directsoil}$	Émissions directes totales de N (kg N <sub>2</sub> O-N année <sup>-1</sup> )
$N_2O-N_{inputs}$	Émissions de N attribuables aux apports dans le sols (kg N <sub>2</sub> O-N)
$N_2O-N_{till}$	Émissions de N attribuables au travail du sol (kg N <sub>2</sub> O-N)
$N_2O-N_{text}$	Émissions de N attribuables à la texture du sol (kg N <sub>2</sub> O-N)
$N_2O-N_{irrig}$	Émissions de N attribuables à l'irrigation (kg N <sub>2</sub> O-N)
$N_2O-N_{topo}$	Émissions de N attribuables à la position dans le paysage (kg N <sub>2</sub> O-N)
$N_2O-N_{fallow}$	Émissions de N attribuables à la jachère (kg N <sub>2</sub> O-N)
$N_2O-N_{organic}$	Émissions de N attribuables à la culture des sols organiques (kg N <sub>2</sub> O-N)

### Émissions indirectes

$$N_2O-N_{indirectsoil} = N_2O-N_{leach} + N_2O-N_{volatilization} \quad (1.27)$$

$N_2O-N_{indirectsoil}$	Émissions indirectes totales de N (kg N <sub>2</sub> O-N année <sup>-1</sup> )
$N_2O-N_{leach}$	Émissions de N attribuables à la lixiviation et à l'écoulement de surface (kg N <sub>2</sub> O-N)
$N_2O-N_{volatilization}$	Émissions de N attribuables à la volatilisation (kg N <sub>2</sub> O-N)

### Émissions totales

$$N_2O-N_{soils} = N_2O-N_{direct} + N_2O-N_{indirect} \quad (1.28)$$

$N_2O-N_{soils}$	Émissions totales de N (kg N <sub>2</sub> O-N année <sup>-1</sup> )
------------------	---

## 1.6 Conversion de N<sub>2</sub>O-N en N<sub>2</sub>O

### Émissions directes

$$N_2O_{directsoil} = N_2O-N_{directsoil} * \frac{44}{28} \quad (1.29)$$

$N_2O_{directsoil}$	Émissions directes de N <sub>2</sub> O provenant des sols (kg N <sub>2</sub> O année <sup>-1</sup> )
$N_2O-N_{directsoil}$	Émissions directes totales de N (kg N <sub>2</sub> O-N année <sup>-1</sup> )
44/28	Conversion de N <sub>2</sub> O-N en N <sub>2</sub> O

### Émissions indirectes

$$N_2O_{indirectsoil} = N_2O-N_{indirectsoil} * \frac{44}{28} \quad (1.30)$$

$N_2O_{indirectsoil}$  Émissions indirectes de N<sub>2</sub>O provenant des sols (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)  
 $N_2O-N_{indirectsoil}$  Émissions indirectes totales de N (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

### Émissions totales

$$N_2O_{soils} = N_2O-N_{soils} * \frac{44}{28} \quad (1.31)$$

$N_2O_{soils}$  Émissions totales de N<sub>2</sub>O provenant des sols (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)  
 $N_2O-N_{soils}$  Émissions totales de N (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

**Tableau A4-1. Facteurs de production des cultures.**

Culture	moisture_ content (p/p)	AGresidue_N_ conc (kg N kg <sup>-1</sup> )	BGresidue_N_ conc (kg N kg <sup>-1</sup> )	Allocation de matière sèche relative		
				Yield_ ratio	AGresidue_ ratio	BGresidue_ ratio
Orge	0,12	0,007	0,01	0,38	0,47	0,15
Sarrasin	0,12	0,006	0,01	0,24	0,56	0,20
Graine à canaris	0,12	0,007	0,01	0,20	0,60	0,20
Canola	0,09	0,008	0,01	0,26	0,60	0,15
Pois chiches	0,13	0,018	0,01	0,29	0,51	0,20
Féverole à petits grains colorée, blanche	0,13	0,010	0,01	0,46	0,34	0,20
Pois secs	0,13	0,018	0,01	0,29	0,51	0,20
Graines de lin	0,08	0,007	0,01	0,26	0,60	0,15
Maïs fourrager	0,70	0,013	0,007	0,72	0,08	0,20
Maïs grain (égrené)	0,15	0,005	0,007	0,47	0,38	0,15
Foin et graines fourragères	0,13	0,015	0,013	0,12	0,48	0,40
Foin – herbe	0,13	0,016	0,01	0,18	0,12	0,70
Foin – légumineuses	0,13	0,015	0,015	0,40	0,10	0,50
Foin – mélangé	0,13	0,015	0,015	0,40	0,10	0,50
Lentilles	0,13	0,010	0,01	0,28	0,52	0,20
Céréales mélangées	0,12	0,0063	0,01	0,33	0,47	0,20
Graines de moutarde	0,09	0,008	0,01	0,26	0,60	0,15
Avoine	0,12	0,006	0,01	0,33	0,47	0,20
Pommes de terre	0,75	0,020	0,01	0,68	0,23	0,10
Seigle	0,12	0,006	0,01	0,34	0,51	0,15
Carthame	0,02	0,010	0,01	0,27	0,53	0,20
Soja	0,14	0,006	0,01	0,30	0,45	0,25
Blé de printemps, blé dur	0,12	0,006	0,01	0,34	0,51	0,15
Graines de tournesol	0,02	0,010	0,01	0,27	0,53	0,20
Triticale	0,12	0,006	0,01	0,32	0,48	0,20
Blé d'hiver	0,12	0,006	0,01	0,34	0,51	0,15

Janzen et coll., 2003.

**Tableau A4-2. Facteurs de ratio pour les émissions directes de N<sub>2</sub>O provenant du sol.**

Province	Type de sols	Travail du sol	Texture	$RF_{ill}$	$RF_{ext}$
AB, SK, MB	Brun et brun foncé	Intensif	Tous	1,0	1,0
		Réduit et aucun travail	Tous	0,8	1,0
AB, SK, MB	Noir	Intensif	Tous	1,0	1,0
		Réduit et aucun travail	Tous	0,8	1,0
ON, QC	Tous	Intensif	Fine	1,0	1,2
			Moyenne	1,0	0,8
			Grossière	1,0	0,8
		Réduit et aucun travail	Fine	1,1	1,2
			Moyenne	1,1	0,8
			Grossière	1,1	0,8
N.-B., N.-É., Î.-P.-É., T.-N.	Tous	Intensif	Fine	1,0	1,2
			Moyenne	1,0	0,8
			Grossière	1,0	0,8
		Réduit et aucun travail	Fine	1,1	1,2
			Moyenne	1,1	0,8
			Grossière	1,1	0,8
C.-B.	Tous	Tous	Tous	1,0	1,0

Rochette et coll., 2008.

**Tableau A4-3. Taux fertilisation azotée pour le blé de printemps semé sur chaume et jachère (pour les provinces des Prairies seulement).**

Province	Type de sol	$N_{appl\_stubble}$ (kg N ha <sup>-1</sup> )	$N_{appl\_fallow}$ (kg N ha <sup>-1</sup> )	$N_{mineralized}$ (chaume-jachère) (kg N ha <sup>-1</sup> )
AB	Brun	51	17	34
AB	Brun foncé	47	14	33
AB	Noir	61	21	40
SK	Brun	54	21	33
SK	Brun foncé	45	7	38
SK	Noir	77	41	36
MB	Tous	90	17	73

Ces valeurs proviennent du SSCR-AgCan (McConkey et coll., 2007) avec le calcul de moyennes et certaines modifications.

## 2 Émissions attribuables à la variation de la teneur en carbone dans le sol en raison de l'utilisation des terres

### 2.1 Variation de la teneur en carbone dans les sols minéraux

Les équations (2.1) à (2.14) doivent être utilisées pour les sols minéraux.

#### 2.1.1 Variation de la teneur en carbone attribuable à une modification des pratiques de travail du sol

$$\Delta C = lumC_{max} * \left( e^{[-k*(y-1)]} - e^{[-k*y]} \right) \quad (2.1)$$

McConkey et coll., 2007

$\Delta C$	Taux de variation de la teneur en C attribuable au travail du sol (g m <sup>-2</sup> année <sup>-1</sup> )
$lumC_{max}$	Maximum de C produit en raison du changement de gestion (g m <sup>-2</sup> ) (Tableau A4-4, par type de changement de gestion, zone de signalement, texture de sol)
$e$	Fonction exponentielle
$k$	Constante de vitesse (Tableau A4-4, par type de changement de gestion, zone de signalement, texture de sol)
$y$	Temps écoulé depuis le changement de gestion (années)

$$C_{tillage} = \Delta C * 10 * area \quad (2.2)$$

McConkey et coll., 2007

$C_{tillage}$	Variation de la teneur en C attribuable au travail du sol (kg C année <sup>-1</sup> )
10	Conversion de g m <sup>-2</sup> à kg ha <sup>-1</sup>
$area$	Superficie faisant l'objet du changement de gestion (ha)

$$CO_{2tillage} = -1 * C_{tillage} * \frac{44}{12} \quad (2.3)$$

$CO_{2tillage}$	Variation de la teneur en CO <sub>2</sub> attribuable au travail du sol (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
44/12	Conversion de C à CO <sub>2</sub>

La multiplication par -1 permet de convertir le résultat en une émission. (Une valeur positive correspond à une émission, tandis qu'une valeur négative indique une séquestration.)

### 2.1.2 Variation de la teneur en carbone attribuable à une modification de la superficie des terres mises en jachère

$$\Delta C = lumC_{max} * \left( e^{[-k*(y-1)]} - e^{[-k*y]} \right) \quad (2.4)$$

McConkey et coll., 2007

$\Delta C$	Taux de variation de la teneur en C attribuable à la jachère (g m <sup>-2</sup> année <sup>-1</sup> )
$lumC_{max}$	Maximum de C produit en raison du changement de gestion (g m <sup>2</sup> ) (Tableau A4-5, par type de changement de gestion, zone de signalement, texture de sol)
$e$	Fonction exponentielle
$k$	Constante de vitesse (Tableau A4-5, par type de changement de gestion, zone de signalement, texture de sol)
$y$	Temps écoulé depuis le changement de gestion (années)

$$C_{fallow} = \Delta C * 10 * area \quad (2.5)$$

McConkey et coll., 2007

$C_{fallow}$	Variation de la teneur en C attribuable à la jachère (kg C année <sup>-1</sup> )
10	Conversion de g m <sup>2</sup> à kg ha <sup>-1</sup>
$area$	Superficie faisant l'objet du changement de gestion (ha)

$$CO_{2fallow} = -1 * C_{fallow} * \frac{44}{12} \quad (2.6)$$

$CO_{2fallow}$	Variation de la teneur en CO <sub>2</sub> attribuable à la jachère (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
44/12	Conversion de C en CO <sub>2</sub>

La multiplication par -1 permet de convertir le résultat en une émission. (Une valeur positive correspond à une émission, tandis qu'une valeur négative indique une séquestration.)

### 2.1.3 Variation de la teneur en carbone attribuable à une modification de la proportion des superficies de cultures vivaces et annuelles

$$\Delta C = lumC_{max} * \left( e^{[-k*(y-1)]} - e^{[-k*y]} \right) \quad (2.7)$$

McConkey et coll., 2007

$\Delta C$	Taux de variation de la teneur en C attribuable à une modification de la proportion des superficies de cultures vivaces et annuelles (g m <sup>-2</sup> année <sup>-1</sup> )
$lumC_{max}$	Maximum de C produit en raison du changement de gestion (g m <sup>2</sup> ) (Tableau A4-6, par type de changement de gestion, zone de signalement, texture de sol)
$e$	Fonction exponentielle
$k$	Constante de vitesse (Tableau A4-6, par type de changement de gestion, zone de signalement, texture de sol)
$y$	Temps écoulé depuis le changement de gestion (années)

$$C_{perennial} = \Delta C * 10 * area \quad (2.8)$$

McConkey et coll., 2007

$C_{perennial}$	Variation de la teneur en C attribuable à une modification de la proportion des superficies de cultures vivaces et annuelles (kg C année <sup>-1</sup> )
10	Conversion de g m <sup>-2</sup> à kg ha <sup>-1</sup>
$area$	Superficie faisant l'objet du changement de gestion (ha)

$$CO_{2perennial} = -1 * C_{perennial} * \frac{44}{12} \quad (2.9)$$

$CO_{2perennial}$	Variation de la teneur en CO <sub>2</sub> attribuable à une modification de la proportion des superficies de cultures vivaces et annuelles (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
44/12	Conversion de C en CO <sub>2</sub>

La multiplication par -1 permet de convertir le résultat en une émission. (Une valeur positive correspond à une émission, tandis qu'une valeur négative indique une séquestration.)

#### 2.1.4 Variation de la teneur en carbone attribuable à un changement de superficie des prairies

$$\Delta C = lumC_{max} * \left( e^{[-k*(y-1)]} - e^{[-k*y]} \right) \quad (2.10)$$

McConkey et coll., 2007

$\Delta C$	Taux de variation de la teneur en C attribuable à un changement de superficie des prairies (g m <sup>-2</sup> année <sup>-1</sup> )
$lumC_{max}$	Maximum de C produit en raison du changement de gestion (g m <sup>-2</sup> ) (Tableau A4-6, par type de changement de gestion, zone de signalement, texture de sol)
$e$	Fonction exponentielle
$k$	Constante de vitesse (Tableau A4-6, par type de changement de gestion, zone de signalement, texture de sol)
$y$	Temps écoulé depuis le changement de gestion (années)

$$C_{grassland} = \Delta C * 10 * area \quad (2.11)$$

McConkey et coll., 2007

$C_{grassland}$	Variation de la teneur en C attribuable à un changement de superficie des prairies (kg C année <sup>-1</sup> )
10	Conversion de g m <sup>-2</sup> à kg ha <sup>-1</sup>
$area$	Superficie faisant l'objet du changement de gestion (ha)

$$CO_{2grassland} = -1 * C_{grassland} * \frac{44}{12} \quad (2.12)$$

$CO_{2grassland}$  Variation de la teneur en  $CO_2$  attribuable à un changement de superficie des prairies (kg  $CO_2$  année<sup>-1</sup>)  
44/12 Conversion de C en  $CO_2$

La multiplication par -1 permet de convertir le résultat en une émission. (Une valeur positive correspond à une émission, tandis qu'une valeur négative indique une séquestration.)

### 2.1.5 Variation de la teneur en carbone dans les sols minéraux

$$C_{mineral} = -1 * (C_{tillage} + C_{fallow} + C_{perennial} + C_{grassland}) \quad (2.13)$$

$C_{mineral}$  Variation de la teneur en C dans les sols minéraux (kg C année<sup>-1</sup>)

Cette valeur est transférée à l'équation (1.11) (équations servant à calculer les émissions de  $N_2O$  provenant du sol). La multiplication par -1 permet de convertir le résultat en une émission. (Une valeur positive correspond à une émission, tandis qu'une valeur négative indique une séquestration.)

$$CO_{2mineral} = CO_{2tillage} + CO_{2fallow} + CO_{2perennial} + CO_{2grassland} \quad (2.14)$$

$CO_{2mineral}$  Variation de la teneur en  $CO_2$  dans les sols minéraux (kg  $CO_2$  année<sup>-1</sup>)

## 2.2 Variation de la teneur en carbone dans les sols organiques

Les équations (2.15) et (2.16) doivent être utilisées pour les sols organiques.

$$C_{organic} = organicsoil\_area * 5 * 1000 \quad (2.15)$$

$C_{organic}$  Variation de la teneur en C dans les sols organiques (kg C année<sup>-1</sup>)  
 $organicsoil\_area$  Superficie des sols organiques (ha)  
5 Coefficient d'émission annuel lié aux sols organiques cultivés (Mg ha<sup>-1</sup>) (GIEC, 2006)  
1000 Conversion de mg à kg

$$CO_{2organic} = C_{organic} * \frac{44}{12} \quad (2.16)$$

$CO_{2organic}$  Variation de la teneur en  $CO_2$  dans les sols organiques (kg  $CO_2$  année<sup>-1</sup>)  
44/12 Conversion de C en  $CO_2$

## 2.3 Variation de la teneur en carbone totale à l'échelle de la ferme

$$CO_{2soil} = CO_{2mineral} + CO_{2organic} \quad (2.17)$$

$CO_{2soil}$  Émissions de  $CO_2$  provenant du sol (kg  $CO_2$  année<sup>-1</sup>)  
 $CO_{2mineral}$  Variation de la teneur en  $CO_2$  dans les sols minéraux (kg  $CO_2$  année<sup>-1</sup>)  
 $CO_{2organic}$  Variation de la teneur en  $CO_2$  dans les sols organiques (kg  $CO_2$  année<sup>-1</sup>)

**Tableau A4-4. Valeurs de  $LumC_{max}$  et de  $k$  liées à une modification des pratiques de travail du sol.**

		Modification des pratiques de travail du sol											
		D'un travail du sol intensif à un travail réduit		D'un travail du sol réduit à aucun travail		D'un travail du sol intensif à aucun travail		D'un travail du sol réduit à un travail intensif		D'aucun travail du sol à un travail réduit		D'aucun travail du sol à un travail intensif	
Zone de signalement	Texture du sol	$LumC_{max}$	$k$	$LumC_{max}$	$k$	$LumC_{max}$	$k$	$LumC_{max}$	$k$	$LumC_{max}$	$k$	$LumC_{max}$	$k$
Bouclier boréal – Ouest	Grossière	143	0,0262	441	0,0284	584	0,0306	-143	0,0262	-441	0,0284	-584	0,0306
Bouclier boréal – Ouest	Moyenne	217	0,0253	478	0,0282	695	0,0311	-217	0,0253	-478	0,0282	-695	0,0311
Bouclier boréal – Ouest	Fine	155	0,0258	398	0,0331	553	0,0403	-155	0,0258	-398	0,0331	-553	0,0403
Maritime de l'Atlantique	Grossière	232	0,0282	25	0,0252	257	0,0222	-232	0,0282	-25	0,0252	-257	0,0222
Maritime de l'Atlantique	Moyenne	246	0,0227	241	0,0219	486	0,0211	-246	0,0227	-241	0,0219	-486	0,0211
Maritime de l'Atlantique	Fine	349	0,0285	184	0,0291	533	0,0298	-349	0,0285	-184	0,0291	-533	0,0298
Plaines boréales	Grossière	221	0,0270	450	0,0283	671	0,0296	-221	0,0270	-450	0,0283	-671	0,0296
Plaines boréales	Moyenne	233	0,0219	464	0,0238	698	0,0258	-233	0,0219	-464	0,0238	-698	0,0258
Plaines boréales	Fine	163	0,0180	467	0,0231	630	0,0283	-163	0,0180	-467	0,0231	-630	0,0283
Bouclier boréal – Est	Grossière	277	0,0295	665	0,0268	941	0,0242	-277	0,0295	-665	0,0268	-941	0,0242
Bouclier boréal – Est	Moyenne	238	0,0266	311	0,0230	549	0,0193	-238	0,0266	-311	0,0230	-549	0,0193
Bouclier boréal – Est	Fine	206	0,0228	235	0,0178	441	0,0127	-206	0,0228	-235	0,0178	-441	0,0127
Plaines à forêts mixtes	Grossière	181	0,0307	435	0,0300	616	0,0293	-181	0,0307	-435	0,0300	-616	0,0293

		Modification des pratiques de travail du sol											
		D'un travail du sol intensif à un travail réduit		D'un travail du sol réduit à aucun travail		D'un travail du sol intensif à aucun travail		D'un travail du sol réduit à un travail intensif		D'aucun travail du sol à un travail réduit		D'aucun travail du sol à un travail intensif	
Zone de signalement	Texture du sol	$lumC_{max}$	$k$	$lumC_{max}$	$k$	$lumC_{max}$	$k$	$lumC_{max}$	$k$	$lumC_{max}$	$k$	$lumC_{max}$	$k$
Plaines à forêts mixtes	Moyenne	173	0,0262	264	0,0256	437	0,0250	-173	0,0262	-264	0,0256	-437	0,0250
Plaines à forêts mixtes	Fine	197	0,0208	207	0,0216	404	0,0223	-197	0,0208	-207	0,0216	-404	0,0223
Prairies semi-arides	Grossière	183	0,0226	316	0,0239	499	0,0252	-183	0,0226	-316	0,0239	-499	0,0252
Prairies semi-arides	Moyenne	233	0,0193	261	0,0230	495	0,0266	-233	0,0193	-261	0,0230	-495	0,0266
Prairies semi-arides	Fine	268	0,0149	193	0,0194	462	0,0240	-268	0,0149	-193	0,0194	-462	0,0240
Cordillère alpestre	Grossière	51	0,0141	289	0,0138	340	0,0135	-51	0,0141	-289	0,0138	-340	0,0135
Cordillère alpestre	Moyenne	446	0,0163	115	0,0159	561	0,0155	-446	0,0163	-115	0,0159	-561	0,0155
Cordillère alpestre	Fine	31	0,0073	581	0,0101	613	0,0129	-31	0,0073	-581	0,0101	-613	0,0129
Maritime du Pacifique	Grossière	105	0,0175	638	0,0153	743	0,0132	-105	0,0175	-638	0,0153	-743	0,0132
Maritime du Pacifique	Moyenne	763	0,0120	807	0,0131	1570	0,0143	-763	0,0120	-1256	0,0219	-1570	0,0143
Maritime du Pacifique	Fine	533	0,0091	778	0,0106	1311	0,0121	-533	0,0091	-441	0,0310	-1311	0,0121
Prairies subhumides	Grossière	256	0,0230	411	0,0266	667	0,0302	-256	0,0230	-411	0,0266	-667	0,0302
Prairies subhumides	Moyenne	331	0,0271	320	0,0287	651	0,0302	-331	0,0271	-320	0,0287	-651	0,0302
Prairies subhumides	Fine	196	0,0203	189	0,0230	385	0,0257	-196	0,0203	-189	0,0230	-385	0,0257

McConkey et coll., 2007.

**Tableau A4-5. Valeurs de  $LumC_{max}$  et de  $k$  liées à une modification des pratiques de mise en jachère.**

		Modification des pratiques de mise en jachère			
		De la mise en jachère à la culture continue		De la culture continue à la mise en jachère	
Zone de signalement	Texture du sol	$lumC_{max}$	$k$	$lumC_{max}$	$k$
Bouclier boréal – Ouest	Grossière	1314	0,0305	-1314	0,0305
Bouclier boréal – Ouest	Moyenne	1314	0,0305	-1314	0,0305
Bouclier boréal – Ouest	Fine	1314	0,0305	-1314	0,0305
Maritime de l’Atlantique	Grossière	1314	0,0305	-1314	0,0305
Maritime de l’Atlantique	Moyenne	1314	0,0305	-1314	0,0305
Maritime de l’Atlantique	Fine	1314	0,0305	-1314	0,0305
Plaines boréales	Grossière	1314	0,0305	-1314	0,0305
Plaines boréales	Moyenne	1314	0,0305	-1314	0,0305
Plaines boréales	Fine	1314	0,0305	-1314	0,0305
Bouclier boréal – Est	Grossière	1314	0,0305	-1314	0,0305
Bouclier boréal – Est	Moyenne	1314	0,0305	-1314	0,0305
Bouclier boréal – Est	Fine	1314	0,0305	-1314	0,0305
Plaines à forêts mixtes	Grossière	1314	0,0305	-1314	0,0305
Plaines à forêts mixtes	Moyenne	1314	0,0305	-1314	0,0305
Plaines à forêts mixtes	Fine	1314	0,0305	-1314	0,0305
Prairies semi-arides	Grossière	1314	0,0305	-1314	0,0305
Prairies semi-arides	Moyenne	1314	0,0305	-1314	0,0305
Prairies semi-arides	Fine	1314	0,0305	-1314	0,0305
Cordillère alpestre	Grossière	1314	0,0305	-1314	0,0305
Cordillère alpestre	Moyenne	1314	0,0305	-1314	0,0305
Cordillère alpestre	Fine	1314	0,0305	-1314	0,0305
Maritime du Pacifique	Grossière	1314	0,0305	-1314	0,0305
Maritime du Pacifique	Moyenne	1314	0,0305	-1314	0,0305
Maritime du Pacifique	Fine	1314	0,0305	-1314	0,0305
Prairies subhumides	Grossière	1314	0,0305	-1314	0,0305
Prairies subhumides	Moyenne	1314	0,0305	-1314	0,0305
Prairies subhumides	Fine	1314	0,0305	-1314	0,0305

McConkey et coll., 2007.

**Tableau A4-6. Valeur de  $LumC_{max}$  et de  $k$  liées à une modification de la superficie des cultures vivaces.**

		Modification de la superficie des cultures vivaces			
		Augmentation de la superficie des cultures vivaces		Diminution de la superficie des cultures vivaces	
Zone de signalement	Texture du sol	$lumC_{max}$	$k$	$lumC_{max}$	$K$
Bouclier boréal – Ouest	Grossière	1942	0,0350	-1942	0,0350
Bouclier boréal – Ouest	Moyenne	2757	0,0253	-2757	0,0253
Bouclier boréal – Ouest	Fine	3532	0,0218	-3532	0,0218
Maritime de l'Atlantique	Grossière	3769	0,0254	-3769	0,0254
Maritime de l'Atlantique	Moyenne	4813	0,0190	-4813	0,0190
Maritime de l'Atlantique	Fine	5281	0,0222	-5281	0,0222
Plaines boréales	Grossière	2080	0,0296	-2080	0,0296
Plaines boréales	Moyenne	3241	0,0216	-3241	0,0216
Plaines boréales	Fine	4107	0,0179	-4107	0,0179
Bouclier boréal – Est	Grossière	3115	0,0299	-3115	0,0299
Bouclier boréal – Est	Moyenne	4945	0,0215	-4945	0,0215
Bouclier boréal – Est	Fine	5586	0,0165	-5586	0,0165
Plaines à forêts mixtes	Grossière	3001	0,0299	-3001	0,0299
Plaines à forêts mixtes	Moyenne	3691	0,0241	-3691	0,0241
Plaines à forêts mixtes	Fine	4865	0,0215	-4865	0,0215
Prairies semi-arides	Grossière	1639	0,0336	-1639	0,0336
Prairies semi-arides	Moyenne	2519	0,0289	-2519	0,0289
Prairies semi-arides	Fine	3750	0,0218	-3750	0,0218
Cordillère alpestre	Grossière	2231	0,0197	-2231	0,0197
Cordillère alpestre	Moyenne	3787	0,0174	-3787	0,0174
Cordillère alpestre	Fine	4803	0,0108	-4803	0,0108
Maritime du Pacifique	Grossière	3043	0,0167	-3043	0,0167
Maritime du Pacifique	Moyenne	6071	0,0123	-6071	0,0123
Maritime du Pacifique	Fine	5193	0,0113	-5193	0,0113
Prairies subhumides	Grossière	1756	0,0298	-1756	0,0298
Prairies subhumides	Moyenne	2735	0,0249	-2735	0,0249
Prairies subhumides	Fine	3036	0,0187	-3036	0,0187

McConkey et coll., 2007.

### 3 Émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O attribuables aux bovins de boucherie

En cas de changement de gestion ou touchant les bovins (p. ex. modification de l'alimentation, modification des activités d'alimentation, lactation, gestion du fumier), calculez les émissions de chaque période de gestion et faites la somme des émissions produites pendant l'année.

#### 3.1 CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique

Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique devraient être calculées pour chaque catégorie de bovins (à l'exception des veaux).

$$avg\_wt = \frac{initial\_wt + final\_wt}{2} \quad (3.1)$$

<i>avg_wt</i>	Poids moyen (kg tête <sup>-1</sup> )
<i>initial_wt</i>	Poids initial (kg tête <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-7, par catégorie de bovins)
<i>final_wt</i>	Poids final (kg tête <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-7, par catégorie de bovins)

##### 3.1.1 Besoins énergétiques nets

$$NE_{maintenance} = C_f * (avg\_wt)^{0.75} \quad (3.2)$$

GIEC, 2006

<i>NE<sub>maintenance</sub></i>	Énergie nette de maintien (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>C<sub>f</sub></i>	Coefficient de maintien (MJ jour <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-7, par catégorie de bovins)

$$NE_{activity} = C_a * NE_{maintenance} \quad (3.3)$$

GIEC, 2006

<i>NE<sub>activity</sub></i>	Énergie nette nécessaire à l'activité (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>C<sub>a</sub></i>	Coefficient d'activité d'alimentation (Tableau A4-8, par type d'activité)

**Pour les vaches de boucherie allaitantes seulement (utilisez seulement lorsque les vaches allaitent) :**

$$NE_{lactation} = [milk\_production * (1.47 + 0.40 * fat\_content)] \quad (3.4)$$

GIEC, 2006

<i>NE<sub>lactation</sub></i>	Énergie nette de lactation (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>milk_production</i>	Production laitière (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>fat_content</i>	Teneur en matière grasse (p. 100)

Dans le logiciel Holos, la valeur de *milk\_production* est fixée à 8 kg jour<sup>-1</sup> et celle de *fat\_content*, à 4 p. 100. La valeur *fat\_content* est entrée sous forme de pourcentage (p. ex. 4 plutôt que 0,04).

**Pour les vaches de boucherie gestantes seulement :**

$$NE_{pregnancy} = 0.10 * NE_{maintenance} \quad (3.5)$$

GIEC, 2006

$NE_{pregnancy}$  Énergie nette de gestation (MJ tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

Cette équation permet de calculer la moyenne des besoins énergétiques nécessaires à la gestation durant toute l'année.

### 3.1.2 Gain quotidien moyen, énergie nette de gain

$$NE_{required\_Mcal} = NE_{required} / 4.184 \quad (3.6)$$

$NE_{required\_Mcal}$  Énergie nette totale requise (Mcal tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
4.184 Conversion de Mcal à MJ

$$Feed\_NE_m = (0.0305 * DE) - 0.5058 \quad (3.7)$$

National Research Council, 2000

$Feed\_NE_m$  Énergie nette de maintien dans les aliments (Mcal kg<sup>-1</sup>)  
 $DE$  Pourcentage d'énergie nutritive dans les aliments (Tableau A4-9, par régime alimentaire)

La valeur  $DE$  doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

$$Feed\_NE_g = (0.877 * Feed\_NE_m) - 0.41 \quad (3.8)$$

National Research Council, 2000

$Feed\_NE_g$  Énergie nette de gain dans les aliments (Mcal kg<sup>-1</sup>)

$$Feed_m = NE_{required\_Mcal} / Feed\_NE_m \quad (3.9)$$

$Feed_m$  Aliments d'entretien (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

**Pour les bovins de boucherie matures (vaches et taureaux) seulement :**

$$NE_m intake = (avg\_wt)^{0.75} * [(0.04997 * Feed\_NE_m^2) + 0.04631] \quad (3.10)$$

National Research Council, 2000

**Pour les bovins de boucherie en croissance (bouillons et génisses) seulement :**

$$NE_m intake = (avg\_wt)^{0.75} * [(0.2435 * Feed\_NE_m) - (0.0466 * Feed\_NE_m^2) - 0.0869] \quad (3.11)$$

National Research Council, 2000

$NE_m intake$  Apport calorique net pour l'entretien (Mcal tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

$$DMI = NE_m intake / Feed\_NE_m \quad (3.12)$$

National Research Council, 2000

*DMI* Ingestion de matière sèche (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

$$Feed_g = DMI - Feed_m \quad (3.13)$$

National Research Council, 2001

*Feed<sub>g</sub>* Aliments disponibles pour le gain de poids (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

$$NE_g available = Feed_g * Feed\_NE_g \quad (3.14)$$

*NE<sub>g</sub>available* Énergie nette de gain (Mcal tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

$$EQSBW = (478 / final\_wt) * avg\_wt \quad (3.15)$$

National Research Council, 2000

*EQSBW* Poids corporel réduit équivalent (freinte) (kg)

**Pour les bovins de boucherie matures (vaches et taureaux) seulement :**

$$ADG = 0 \quad (3.16)$$

**Pour les bovins de boucherie en croissance (bouillons et génisses) seulement :**

$$ADG = 13.91 * NE_g available^{0.9116} * EQSBW^{-0.6837} \quad (3.17)$$

National Research Council, 2000

*ADG* Gain quotidien moyen (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
Note : Si la valeur ADG est connue, utilisez la valeur connue.

$$NE_{gain} = 22.02 * \left( \frac{avg\_wt}{C_d * 658} \right)^{0.75} * ADG^{1.097} \quad (3.18)$$

GIEC, 2006

*NE<sub>gain</sub>* Énergie nette de gain (MJ tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
*658* Poids vif d'une femelle adulte à maturité dans un état d'engraissement modéré (kg) (D. Gibb, 2007, communication personnelle)  
*C<sub>d</sub>* Coefficient de gain (Tableau A4-7, par catégorie de bovins)

### 3.1.3 Ratios de l'énergie nette disponible par rapport à l'énergie nutritive

$$REM = 1.123 - (4.092 \times 10^{-3} * DE) + (1.126 \times 10^{-5} * DE^2) - \left( \frac{25.4}{DE} \right) \quad (3.19)$$

GIEC, 2006

*REM* Ratio de l'énergie nette de maintien dans les aliments par rapport à l'énergie nutritive consommée

La valeur *DE* doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

$$REG = 1.164 - (5.160 \times 10^{-3} * DE) + (1.308 \times 10^{-5} * DE^2) - \left( \frac{37.4}{DE} \right) \quad (3.20)$$

GIEC, 2006

*REG* Ratio de l'énergie nette de gain dans les aliments par rapport à l'énergie nutritive consommée

La valeur *DE* doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

### 3.1.4 Énergie brute

$$GE = \frac{\left[ \left( \frac{NE_{maintenance} + NE_{activity} + NE_{lactation} + NE_{pregnancy}}{REM} \right) + \left( \frac{NE_{gain}}{REG} \right) \right]}{\frac{DE}{100}} \quad (3.21)$$

GIEC, 2006

*GE* Apport en énergie brute (MJ tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

La valeur *DE* doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

**Si les valeurs *ADG* et *feed:gain* sont connues, utilisez les équations (3.22) et (3.23) pour calculer l'énergie brute.**

$$DMI = ADG * feed:gain \quad (3.22)$$

$$GE = DMI * 18.45 \quad (3.23)$$

GIEC, 2006

*feed:gain* Efficacité alimentaire sous forme du rapport aliments:gain (kg kg<sup>-1</sup>)  
18.45 Facteur de conversion de l'énergie brute par kg de matière sèche (MJ kg<sup>-1</sup>)

### 3.1.5 Émissions de CH<sub>4</sub>

$$CH_{4\text{enteric\_rate}} = GE * \frac{Y_m}{55.65} * \left(1 - \frac{AR}{100}\right) \quad (3.24)$$

GIEC, 2006

$Y_m$	Facteur de conversion du méthane (Tableau A4-9, par régime alimentaire)
55.65	Contenu énergétique du CH <sub>4</sub> (MJ kg <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )
$AR$	Facteur de réduction des additifs (Tableau A4-10, par additif)
$CH_{4\text{enteric\_rate}}$	Taux d'émission du CH <sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )

$$CH_{4\text{enteric}} = CH_{4\text{enteric\_rate}} * \#cattle * \#days \quad (3.25)$$

GIEC, 2006

$CH_{4\text{enteric}}$	Émissions de CH <sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg CH <sub>4</sub> )
$\#cattle$	Nombre de bovins
$\#days$	Nombre de jours durant la période

## 3.2 CH<sub>4</sub> provenant du fumier

Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier devraient être calculées pour chaque catégorie de bovins (à l'exception des veaux).

### 3.2.1 Matières volatiles

$$VS = \left[ GE * \left(1 - \frac{DE}{100}\right) + (0.04 * GE) \right] * \left(1 - \frac{Ash}{100}\right) * \frac{1}{18.45} \quad (3.26)$$

GIEC, 2006

$VS$	Matières volatiles (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$GE$	Apport en énergie brute (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$DE$	Pourcentage d'énergie nutritive dans les aliments (Tableau A4-9, par régime alimentaire)
$Ash$	Teneur en cendres du fumier (p. 100)
18.45	Facteur de conversion de l'énergie brute par kg de matière sèche (MJ kg <sup>-1</sup> )

Dans le logiciel Holos, la teneur en cendres est fixée à 8 (GIEC, 2006). La valeur  $DE$  doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

### 3.2.2 Émissions de CH<sub>4</sub>

$$CH_{4manure\_rate} = VS * B_o * MCF * 0.67 \quad (3.27)$$

GIEC, 2006

$CH_{4manure\_rate}$	Taux d'émission du CH <sub>4</sub> provenant du fumier (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$B_o$	Capacité de production de méthane
$MCF$	Facteur de conversion du méthane (Tableau A4-11, par système de manutention)
0.67	Facteur de conversion du volume à la masse (kg m <sup>-3</sup> )

Dans le logiciel Holos, la valeur de  $B_o$  est fixée à 0,19 (GIEC, 2006).

$$CH_{4manure} = CH_{4manure\_rate} * \#cattle * \#days \quad (3.28)$$

GIEC, 2006

$CH_{4manure}$	Émissions de CH <sub>4</sub> provenant du fumier (kg CH <sub>4</sub> )
$\#cattle$	Nombre de bovins
$\#days$	Nombre de jours durant la période

### 3.3 N<sub>2</sub>O provenant du fumier

Les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du fumier devraient être calculées pour chaque catégorie de bovins (à l'exception des veaux).

#### 3.3.1 Excrétion d'azote

$$PI = \frac{GE}{18.45} * protein\_content \quad (3.29)$$

GIEC, 2006

$PI$	Apport en protéines (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$GE$	Apport en énergie brute (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
18.45	Facteur de conversion de l'énergie brute par kg de matière sèche (MJ kg <sup>-1</sup> )
$protein\_content$	Teneur en protéines (kg kg <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-9, par régime alimentaire)

**Pour les vaches de boucherie gestantes seulement :**

$$PR_{fetal} = \frac{5}{\#days} \quad (3.30)$$

$PR_{fetal}$	Protéines retenues pendant la gestation (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
5	Protéines retenues par gestation (kg tête <sup>-1</sup> ) (National Research Council, 2000)
$\#days$	Nombre de jours durant la période

Cette équation permet de calculer la moyenne des protéines retenues pendant la période de gestation.

**Pour les vaches de boucherie allaitantes seulement (utilisez seulement lorsque les vaches allaitent) :**

$$PR_{lactation} = milk\_production * 0.035 \quad (3.31)$$

GIEC, 2006

$PR_{lactation}$  Protéines retenues pour la lactation (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $milk\_production$  Production laitière (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 0.035 Teneur en protéines du lait (kg kg<sup>-1</sup>)

**Pour les bovins de boucherie (bouillons et génisses) seulement :**

$$EBW = avg\_wt * 0.891 \quad (3.32)$$

National Research Council, 2000

$EBW$  Poids corporel vide (kg tête<sup>-1</sup>)  
 $avg\_wt$  Poids moyen (kg tête<sup>-1</sup>)

**Pour les bovins de boucherie (bouillons et génisses) seulement :**

$$EBG = ADG * 0.956 \quad (3.33)$$

National Research Council, 2000

$EBG$  Gain de poids corporel vide (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $ADG$  Gain quotidien moyen (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 Note : Si la valeur ADG est connue, utilisez la valeur connue.

**Pour les bovins de boucherie (bouillons et génisses) seulement :**

$$RE = 0.0635 * EBW^{0.75} * EBG^{1.097} \quad (3.34)$$

National Research Council, 2000

$RE$  Énergie retenue (Mcal tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

$$PR_{gain} = ADG * \frac{268 - \left( 29.4 * \frac{RE}{ADG} \right)}{1000} \quad (3.35)$$

National Research Council, 2000

$PR_{gain}$  Protéines retenues pour le gain de poids (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

$$N_{excretion\_rate} = \frac{PI}{6.25} - \left( \frac{PR_{fetal}}{6.25} + \frac{PR_{lactation}}{6.38} + \frac{PR_{gain}}{6.25} \right) \quad (3.36)$$

Dérivées de GIEC, 2006

$N_{excretion\_rate}$  Taux d'excrétion de N (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 6.25 Conversion des protéines alimentaires en N alimentaire  
 6.38 Conversion des protéines laitières en N du lait

### 3.3.2 Émissions de N<sub>2</sub>O

#### 3.3.2.1 Émissions directe

$$N_2O-N_{direct\_rate} = N_{excretion\_rate} * EF_{direct} \quad (3.37)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{direct\_rate}$  Taux d'émission directe de N provenant du fumier (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $EF_{direct}$  Facteur d'émission [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>] (Tableau A4-11, par système de manutention)

$$N_2O-N_{directmanure} = N_2O-N_{direct\_rate} * \#cattle * \#days \quad (3.38)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{directmanure}$  Émissions directes de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)  
 $\#cattle$  Nombre de bovins  
 $\#days$  Nombre de jours durant la période

#### 3.3.2.2 Émissions indirectes – volatilisation et lixiviation/ruissellement

$$N_2O-N_{volatilization\_rate} = N_{excretion\_rate} * Frac_{volatilization} * EF_{volatilization} \quad (3.39)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{volatilization\_rate}$  Taux d'émission de N attribuable à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $Frac_{volatilization}$  Fraction de volatilisation (Tableau A4-11, par système de manutention)  
 $EF_{volatilization}$  Coefficient d'émission lié à la volatilisation [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>] (Tableau A4-11, par système de manutention)

$$N_2O-N_{volatilization} = N_2O-N_{volatilization\_rate} * \#cattle * \#days \quad (3.40)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{volatilization}$  Émissions de N attribuable à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

$$N_2O-N_{leaching\_rate} = N_{excretion\_rate} * Frac_{leach} * EF_{leaching} \quad (3.41)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{leaching\_rate}$  Taux d'émission de N attribuable à la lixiviation de l'azote du fumier (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $Frac_{leach}$  Fraction de lixiviation (Tableau A4-11, par système de manutention)  
 $EF_{leaching}$  Coefficient d'émission lié à la lixiviation [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>] (Tableau A4-11, par système de manutention)

$$N_2O-N_{leaching} = N_2O-N_{leaching\_rate} * \#cattle * \#days \quad (3.42)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{leaching}$  Émissions de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

$$N_2O-N_{indirectmanure} = N_2O-N_{volatilization} + N_2O-N_{leaching} \quad (3.43)$$

$N_2O-N_{indirectmanure}$  Émissions indirectes de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

$$N_2O-N_{manure} = N_2O-N_{directmanure} + N_2O-N_{indirectmanure} \quad (3.44)$$

$N_2O-N_{manure}$  Émissions de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

### 3.3.2.3 Fumier (N) disponible aux fins d'épandage

**Pour le fumier de bovins provenant des systèmes de manutention (n'utilisez pas cette équation si le fumier est déposé dans les pâturages ou les enclos). Fumier de bovins de semi-finition seulement.**

$$N_{landmanure} = (N_{excretion} - rate * \#cattle * \#days) * [1 - (Frac_{volatilization} + Frac_{leach})] \quad (3.45)$$

GIEC, 2006

$N_{landmanure}$  Fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)

## Pour les veaux

Les équations suivantes servent à calculer les émissions produites par les veaux.

### 3.4 CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique - veaux

$$DMI = \frac{(avg\_wt_{cow} * 0.4)}{2} * 0.01 \quad (3.46)$$

$DMI$  Ingestion de matière sèche (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $avg\_wt_{cow}$  Poids moyen de la vache (kg tête<sup>-1</sup>)

$$GE = DMI * 18.45 \quad (3.47)$$

GIEC, 2006

$GE$  Apport en énergie brute (MJ tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 18.45 Facteur de conversion de l'énergie brute par kg de matière sèche (MJ kg<sup>-1</sup>)

Utilisez les équations (3.24) et (3.25) pour calculer les émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique.

### 3.5 CH<sub>4</sub> provenant du fumier – veaux

Utilisez les équations (3.26) à (3.28) pour calculer les émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier.

### 3.6 N<sub>2</sub>O provenant du fumier – veaux

$$PI_{solid} = DMI * protein\_content \quad (3.48)$$

Janzen et coll., 2006

$PI_{solid}$	Protéines ingérées par les veaux provenant d'aliments solides (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$DMI$	Ingestion de matière sèche (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$protein\_content$	Teneur en protéines (kg kg <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-9, par régime alimentaire)

$$PI_{milk} = milk\_production * 0.035 \quad (3.49)$$

$PI_{milk}$	Protéines ingérées par les veaux provenant du lait (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$milk\_production$	Production laitière (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
0.035	Teneur en protéines du lait (kg kg <sup>-1</sup> )

$$PI = PI_{solid} + PI_{milk} \quad (3.50)$$

$PI$	Protéines ingérées par les veaux (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
------	--

$$PR_{solid} = PI_{solid} * 0.20 \quad (3.51)$$

$PR_{solid}$	Protéines retenues par les veaux provenant d'aliments solides (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
--------------	---

$$PR_{milk} = PI_{milk} * 0.40 \quad (3.52)$$

$PR_{milk}$	Protéines retenues par les veaux provenant du lait (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
-------------	--

$$PR = PR_{solid} + PR_{milk} \quad (3.53)$$

$PR$	Protéines retenues (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
------	--

$$N_{excretion\_rate} = \frac{PI}{6.25} - \frac{PR}{6.25} \quad (3.54)$$

Dérivées de GIEC, 2006

$N_{excretion\_rate}$	Taux d'excrétion de N (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
6.25	Conversion des protéines alimentaires en N alimentaire
6.38	Conversion des protéines laitières en N du lait

Utilisez les équations (3.37) à (3.44) pour calculer les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du fumier.

### 3.7 Émissions totales

Les émissions totales correspondent à l'ensemble des émissions attribuables aux différentes catégories de bovins et aux divers changements de gestion.

$$Total\_CH_{4enteric} = \sum_{allscenariocattle} CH_{4enteric} \quad (3.55)$$

$Total\_CH_{4enteric}$  Émissions totales de  $CH_4$  provenant de la fermentation entérique des bovins de boucherie (kg  $CH_4$  année<sup>-1</sup>)  
 $CH_{4enteric}$  Émissions de  $CH_4$  provenant de la fermentation entérique (kg  $CH_4$ )

$$Total\_CH_{4manure} = \sum_{allscenariocattle} CH_{4manure} \quad (3.56)$$

$Total\_CH_{4manure}$  Émissions totales de  $CH_4$  provenant du fumier des bovins de boucherie (kg  $CH_4$  année<sup>-1</sup>)  
 $CH_{4manure}$  Émissions de  $CH_4$  provenant du fumier (kg  $CH_4$ )

$$Total\_N_2O-N_{directmanure} = \sum_{allscenariocattle} N_2O-N_{directmanure} \quad (3.57)$$

$Total\_N_2O-N_{directmanure}$  Émissions directes totales de N provenant du fumier des bovins de boucherie (kg  $N_2O-N$  année<sup>-1</sup>)  
 $N_2O-N_{directmanure}$  Émissions directes de N provenant du fumier (kg  $N_2O-N$ )

$$Total\_N_2O-N_{volatilization} = \sum_{allscenariocattle} N_2O-N_{volatilization} \quad (3.58)$$

$Total\_N_2O-N_{volatilization}$  Émissions totales de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier des bovins de boucherie (kg  $N_2O-N$  année<sup>-1</sup>)  
 $N_2O-N_{volatilization}$  Émissions de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg  $N_2O-N$ )

$$Total\_N_2O-N_{leaching} = \sum_{allscenariocattle} N_2O-N_{leaching} \quad (3.59)$$

$Total\_N_2O-N_{leaching}$  Émissions totales de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier des bovins de boucherie (kg  $N_2O-N$  année<sup>-1</sup>)  
 $N_2O-N_{leaching}$  Émissions de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier (kg  $N_2O-N$ )

$$Total\_N_2O-N_{indirectmanure} = Total\_N_2O-N_{volatilization} + Total\_N_2O-N_{leaching} \quad (3.60)$$

$Total\_N_2O-N_{indirectmanure}$  Émissions indirectes totales de N provenant du fumier des bovins de boucherie (kg  $N_2O-N$  année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O-N_{manure} = Total\_N_2O-N_{directmanure} + Total\_N_2O-N_{indirectmanure} \quad (3.61)$$

$Total\_N_2O-N_{manure}$  Émissions totales de N provenant du fumier des bovins de boucherie (kg  $N_2O-N$  année<sup>-1</sup>)

$$Scenario\_N_{landmanure} = \sum_{allscenariocattle} N_{landmanure} \quad (3.62)$$

$Scenario\_N_{landmanure}$  Scénarios de fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)  
 $N_{landmanure}$  Fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)

La valeur  $Scenario\_N_{landmanure}$  est insérée dans les équations servant à calculer les émissions de  $N_2O$  provenant du sol (équation (1.12)) et les équations servant à calculer les émissions de  $CO_2$  provenant de sources d'énergie (équation (9.24)).

### 3.8 Conversion de $N_2O-N$ en $N_2O$

$$Total\_N_2O_{directmanure} = Total\_N_2O-N_{directmanure} * \frac{44}{28} \quad (3.63)$$

$Total\_N_2O_{directmanure}$  Émissions directes totales de  $N_2O$  provenant du fumier des bovins de boucherie (kg  $N_2O$  année<sup>-1</sup>)  
 $Total\_N_2O-N_{directmanure}$  Émissions directes totales de N provenant du fumier des bovins de boucherie (kg  $N_2O-N$  année<sup>-1</sup>)  
 44/28 Conversion de  $N_2O-N$  en  $N_2O$

$$Total\_N_2O_{indirectmanure} = Total\_N_2O-N_{indirectmanure} * \frac{44}{28} \quad (3.64)$$

$Total\_N_2O_{indirectmanure}$  Émissions indirectes totales de  $N_2O$  provenant du fumier des bovins de boucherie (kg  $N_2O$  année<sup>-1</sup>)  
 $Total\_N_2O-N_{indirectmanure}$  Émission indirecte totale de N provenant du fumier des bovins de boucherie (kg  $N_2O-N$  année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O_{manure} = Total\_N_2O-N_{manure} * \frac{44}{28} \quad (3.65)$$

$Total\_N_2O_{manure}$  Émissions totales de  $N_2O$  provenant du fumier des bovins de boucherie (kg  $N_2O$  année<sup>-1</sup>)  
 $Total\_N_2O-N_{manure}$  Émissions totales de N provenant du fumier des bovins de boucherie (kg  $N_2O-N$  année<sup>-1</sup>)

**Tableau A4-7. Coefficients – bovins de boucherie.**

Catégorie de bovins	$C_f^*$ (MJ j <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )	$C_d$	<i>initial_wt</i> (kg)	<i>final_wt</i> (kg)
Vache de boucherie allaitante	0,494	0,80	600	600
Vache de boucherie tarie	0,430	0,80	600	600
Taureau	0,478	1,20	820	820
Bouvillon de semi-finition	0,430	1,00	225	350
Génisse de semi-finition	0,430	0,80	225	350
Bouvillon de finition	0,430	1,00	350	625
Génisse de finition	0,430	0,80	325	575
Source :	GIEC, 2006	GIEC, 2006	D. Gibb et F. Van Herk, communication personnelle	D. Gibb et F. Van Herk, communication personnelle

\* Les valeurs  $C_f$  ont été ajustées en fonction d'une température hivernale moyenne de -2,5 EC.

**Tableau A4-8. Coefficients liés aux différentes activités d'alimentation des bovins de boucherie.**

Activité	$C_a$
Confinés	0,00
Pâturage délimité	0,17
Pâturage accidenté ou parcours libre	0,36

GIEC, 2006.

**Tableau A4-9. Coefficients liés aux différents régimes alimentaires des bovins de boucherie.**

Régime alimentaire	DE (p. 100)	<i>Protein_content</i> (kg kg <sup>-1</sup> )	$Y_m$
Orge pour la finition	81	0,125	0,040
Maïs pour la finition	83	0,13	0,030
Semi-finition	70	0,12	0,065
Fourrage de bonne qualité	65	0,18	0,065
Fourrage de qualité moyenne	55	0,12	0,070
Fourrage de faible qualité*	45	0,06	0,080

Ces valeurs sont fondées sur l'opinion d'experts (Darryl Gibb, Karen Beauchemin, Sean McGinn, AAC).

\* Un fourrage de faible qualité entraînera une valeur ADG négative chez les animaux en croissance en raison de la valeur DE (45 p. 100).

**Tableau A4-10. Facteurs de réduction des additifs – bovins de boucherie.**

Additif	AR (p. 100)
Aucun additif	0
Ionophore	20*30/#days H
Matière grasse	20
Ionophore + matière grasse	20 + 0.5 * 20 * 30/ #jours

Ces valeurs sont fondées sur l'opinion d'experts (Darryl Gibb, Karen Beauchemin, Sean McGinn, AAC).

H L'effet des ionophores diminue avec le temps. Ce calcul permet de réduire proportionnellement l'effet au cours de la période visée.

**Tableau A4-11. Facteurs de conversion du méthane et coefficients d'émission de N<sub>2</sub>O pour les bovins de boucherie.**

Système de manutention	<i>MCF</i>	<i>EF<sub>direct</sub></i> [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]	<i>Frac<sub>volatilization</sub></i>	<i>EF<sub>volatilization</sub></i> [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]	<i>Frac<sub>leach</sub></i>	<i>EF<sub>leach</sub></i> [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]
Pâturage/parcours/ enclos – bovins	0,010	0,02	0,20	0,01	Valeur calculée*	0,0075
Entreposage solide – bovins	0,020	0,005	0,45	0,01	0	0,0075
Compostage intensif en andains – bovins	0,005	0,1	0,45	0,01	0	0,0075
Compostage passif en andains – bovins	0,005	0,01	0,45	0,01	0	0,0075
Litière profonde > 1 mois, sans brassage – bovins	0,170	0,01	0,30	0,01	0	0,0075

GIEC, 2006.

\* La quantité de fumier dans les pâturages est calculée au moyen de l'équation (1.22) servant au calcul des émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol.

## 4 Émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant des bovins laitiers

En cas de changement de gestion ou touchant les bovins (p. ex. modification de l'alimentation, modification des activités d'alimentation, lactation, gestion du fumier), calculez les émissions de chaque période de gestion et faites la somme des émissions produites pendant l'année.

### 4.1 CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique

Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique devraient être calculées pour chaque catégorie de bovins (à l'exception des veaux).

$$avg\_wt = \frac{initial\_wt + final\_wt}{2} \quad (4.1)$$

<i>avg_wt</i>	Poids moyen (kg tête <sup>-1</sup> )
<i>initial_wt</i>	Poids initial (kg tête <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-12, par catégorie de bovins)
<i>final_wt</i>	Poids final (kg tête <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-12, par catégorie de bovins)

#### 4.1.1 Besoins énergétiques nets

$$NE_{maintenance} = C_f * (avg\_wt)^{0.75} \quad (4.2)$$

GIEC, 2006

<i>NE<sub>maintenance</sub></i>	Énergie nette de maintien (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>C<sub>f</sub></i>	Coefficient de maintien (MJ jour <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-12, par catégorie de bovins)

$$NE_{activity} = C_a * NE_{maintenance} \quad (4.3)$$

GIEC, 2006

<i>NE<sub>activity</sub></i>	Énergie nette nécessaire à l'activité (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>C<sub>a</sub></i>	Coefficient d'activité d'alimentation (Tableau A4-13, par type d'activité)

**Pour les vaches de boucherie allaitantes seulement (utilisez seulement lorsque les vaches allaitent) :**

$$NE_{lactation} = [milk\_production * (1.47 + 0.40 * fat\_content)] \quad (4.4)$$

GIEC, 2006

<i>NE<sub>lactation</sub></i>	Énergie nette de lactation (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>milk_production</i>	Production laitière (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-12, par race)
<i>fat_content</i>	Teneur en matière grasse (p. 100)(Tableau A4-12, par race) Note : La production laitière ou la teneur en matière grasse est connue, utilisez la valeur connue.

La valeur *fat\_content* est entrée sous forme de pourcentage (p. ex. 4 plutôt que 0,04).

**Pour les vaches laitières seulement :**

$$NE_{pregnancy} = 0.10 * NE_{maintenance} \quad (4.5)$$

GIEC, 2006

$NE_{pregnancy}$  Énergie nette de gestation (MJ tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

Cette équation permet de calculer la moyenne des besoins énergétiques nécessaires à la gestion durant toute l'année.

#### 4.1.2 Gain quotidien moyen, énergie nette de gain

$$NE_{required\_Mcal} = NE_{required} / 4.184 \quad (4.6)$$

$NE_{required\_Mcal}$  Énergie nette totale requise (Mcal tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
4.184 Conversion de Mcal à MJ

$$Feed\_NE_m = (0.0305 * DE) - 0.5058 \quad (4.7)$$

National Research Council, 2001

$Feed\_NE_m$  Énergie nette de maintien dans les aliments (Mcal kg<sup>-1</sup>)  
 $DE$  Pourcentage d'énergie nutritive dans les aliments (Tableau A4-14, par régime alimentaire)  
Égale aux unités nutritives totales ( $TDN$ )  
Note : Si la valeur  $DE/TDN$  ou  $NE_L$  est connue, utilisez la valeur connue.

La valeur  $DE$  doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

**Pour convertir  $NE_L$  à  $DE/TDN$  :**

$$DE/TDN = \frac{(NE_L + 0.12)}{0.0245} \quad (4.8)$$

National Research Council, 2001

$NE_L$  Énergie nette lait (Mcal kg<sup>-1</sup>)

$$Feed\_NE_g = (0.877 * Feed\_NE_m) - 0.41 \quad (4.9)$$

National Research Council, 2001

$Feed\_NE_g$  Énergie nette de gain dans les aliments (Mcal kg<sup>-1</sup>)

$$Feed_m = NE_{required\_Mcal} / Feed\_NE_m \quad (4.10)$$

$Feed_m$  Aliment de maintenance (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

**Pour les vaches laitières matures seulement :**

$$DMI = 0.372 * milk\_production + 0.0968 * avg\_wt^{0.75} \quad (4.11)$$

National Research Council, 2001

$DMI$  Ingestion de matière sèche (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

**Pour les taureaux laitiers seulement :**

$$NE_m intake = (avg\_wt)^{0.75} * [(0.04997 * Feed\_NE_m^2) + 0.04631] \quad (4.12)$$

National Research Council, 2000

**Pour les génisses laitières nécessaires à la relève seulement :**

$$NE_m intake = (avg\_wt)^{0.75} * [(0.2435 * Feed\_NE_m) - (0.0466 * Feed\_NE_m^2) - 0.0869] \quad (4.13)$$

National Research Council, 2001

$NE_m intake$  Apport calorique net pour l'entretien (Mcal tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

**Pour les taureaux laitiers et les génisses laitières nécessaires à la relève seulement :**

$$DMI = NE_m intake / Feed\_NE_m \quad (4.14)$$

National Research Council, 2000

$$Feed_g = DMI - Feed_m \quad (4.15)$$

National Research Council, 2000

$Feed_g$  Aliments disponibles pour le gain de poids (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

$$NE_g available = Feed_g * Feed\_NE_g \quad (4.16)$$

$NE_g available$  Énergie nette de gain (Mcal tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

$$EQSBW = (478 / final\_wt) * avg\_wt \quad (4.17)$$

National Research Council, 2000

$EQSBW$  Poids corporel réduit équivalent (freinte) (kg)

**Pour les bovins laitiers matures (vaches et taureaux) seulement :**

$$ADG = 0 \quad (4.18)$$

**Pour les génisses laitières nécessaires à la relève seulement :**

$$ADG = 13.91 * NE_g available^{0.9116} * EQSBW^{-0.6837} \quad (4.19)$$

National Research Council, 2000

$ADG$  Gain quotidien moyen (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

$$NE_{gain} = 22.02 * \left( \frac{avg\_wt}{C_d * final\_wt_{milkcow}} \right)^{0.75} * ADG^{1.097} \quad (4.20)$$

GIEC, 2006

$NE_{gain}$  Énergie nette de gain (MJ tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

$final\_wt_{milkcow}$   
 $C_d$

Poids final de la vache laitière (kg) (Tableau A4-12, par race)  
Gain coefficient (Tableau A4-12, par catégorie de bovins)

#### 4.1.3 Ratios de l'énergie nette disponible par rapport à l'énergie nutritive

$$REM = 1.123 - (4.092 \times 10^{-3} * DE) + (1.126 \times 10^{-5} * DE^2) - \left( \frac{25.4}{DE} \right) \quad (4.21)$$

GIEC, 2006

$REM$  Ratio de l'énergie nette de maintien dans les aliments par rapport à l'énergie nutritive consommée

La valeur  $DE$  doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

$$REG = 1.164 - (5.160 \times 10^{-3} * DE) + (1.308 \times 10^{-5} * DE^2) - \left( \frac{37.4}{DE} \right) \quad (4.22)$$

GIEC, 2006

$REG$  Ratio de l'énergie nette de gain dans les aliments par rapport à l'énergie nutritive consommée

La valeur  $DE$  doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

#### 4.1.4 Énergie brute

$$GE = \frac{\left[ \left( \frac{NE_{maintenance} + NE_{activity} + NE_{lactation} + NE_{pregnancy}}{REM} \right) + \left( \frac{NE_{gain}}{REG} \right) \right]}{\frac{DE}{100}} \quad (4.23)$$

GIEC, 2006

$GE$  Apport en énergie brute (MJ tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

La valeur  $DE$  doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

#### 4.1.5 Émissions de CH<sub>4</sub>

$$CH_{4enteric\_rate} = GE * \frac{Y_m}{55.65} * \left( 1 - \frac{AR}{100} \right) \quad (4.24)$$

GIEC, 2006

$CH_{4enteric\_rate}$  Taux d'émission de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $Y_m$  Facteur de conversion du méthane (Tableau A4-14, par régime alimentaire)  
55.65 Contenu énergétique du CH<sub>4</sub> (MJ kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>)  
 $AR$  Facteur de réduction des additifs (Tableau A4-15, par additif)

$$CH_{4enteric} = CH_{4enteric\_rate} * \#cattle * \#days \quad (4.25)$$

GIEC, 2006

$CH_{4enteric}$	Émissions de CH <sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg CH <sub>4</sub> )
$\#cattle$	Nombre de bovins
$\#days$	Nombre de jours durant la période

## 4.2 CH<sub>4</sub> provenant du fumier

Les émissions CH<sub>4</sub> provenant du fumier devraient être calculées pour chaque catégorie de bovins (à l'exception des veaux).

### 4.2.1 Matières volatiles

$$VS = \left[ \left( GE * \left( 1 - \frac{DE}{100} \right) + (0.04 * GE) \right) * \left( 1 - \frac{Ash}{100} \right) * \frac{1}{18.45} \right] \quad (4.26)$$

GIEC, 2006

$VS$	Matières volatiles (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$GE$	Apport en énergie brute (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$DE$	Pourcentage d'énergie nutritive dans les aliments (Tableau A4-14, par régime alimentaire)
$Ash$	Teneur en cendres du fumier (pourcentage)
18.45	Facteur de conversion de l'énergie brute par kg de matière sèche (MJ kg <sup>-1</sup> )
	Note : Si la valeur DE ou NE <sub>L</sub> est connue, utilisez la valeur connue.

Dans le logiciel Holos, la teneur en cendres est fixée à 8 (GIEC, 2006). La valeur  $DE$  doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

### 4.2.2 Émissions de CH<sub>4</sub>

$$CH_{4manure\_rate} = VS * B_o * MCF * 0.67 \quad (4.27)$$

GIEC, 2006

$CH_{4manure\_rate}$	Taux d'émission du CH <sub>4</sub> provenant du fumier CH <sub>4</sub> provenant du fumier (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$B_o$	Capacité de production de méthane
$MCF$	Facteur de conversion du méthane (Tableau A4-16 ou Tableau A4-17, par système de manutention, province, saison d'épandage)
0.67	Facteur de conversion du volume à la masse (kg m <sup>-3</sup> )

Dans le logiciel Holos, la valeur  $B_o$  est fixée à 0,24 (GIEC, 2006).

$$CH_{4manure} = CH_{4manure\_rate} * \#cattle * \#days \quad (4.28)$$

GIEC, 2006

$CH_{4manure}$	Émission de CH <sub>4</sub> provenant du fumier (kg CH <sub>4</sub> )
$\#cattle$	Nombre de bovins
$\#days$	Nombre de jours durant la période

### 4.3 N<sub>2</sub>O provenant du fumier

Les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du fumier devraient être calculées pour chaque catégorie de bovins (à l'exception des veaux).

#### 4.3.1 Excrétion d'azote

$$PI = \frac{GE}{18.45} * \text{protein\_content} \quad (4.29)$$

GIEC, 2006

<i>PI</i>	Apport en protéines (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>GE</i>	Apport en énergie brute (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
18.45	Facteur de conversion de l'énergie brute par kg de matière sèche (MJ kg <sup>-1</sup> )
<i>protein_content</i>	Teneur en protéines (kg kg <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-9, par régime alimentaire)
	Note : Si la teneur en protéines est connue, utilisez la valeur connue.

**Pour les vaches laitières seulement :**

$$PR_{fetal} = \frac{5}{\#days} \quad (4.30)$$

<i>PR<sub>fetal</sub></i>	Protéines retenues pendant la gestation (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
5	Protéines retenues par gestation (kg tête <sup>-1</sup> ) (National Research Council, 2000)
<i>#days</i>	Nombre de jours durant la période

Cette équation permet de calculer la moyenne des protéines retenues pendant la période de gestation.

**Pour les vaches laitières allaitantes seulement (utilisez seulement lorsque les vaches allaitent) :**

$$PR_{lactation} = \text{milk\_production} * 0.035 \quad (4.31)$$

GIEC, 2006

<i>PR<sub>lactation</sub></i>	Protéines retenues pour la lactation (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>milk_production</i>	Production laitière (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
	Note : Si la production laitière est connue, utilisez la valeur connue.
0.035	Teneur en protéines du lait (kg kg <sup>-1</sup> )

**Pour les génisses laitières nécessaires à la relève :**

$$EBW = \text{avg\_wt} * 0.891 \quad (4.32)$$

National Research Council, 2000

<i>EBW</i>	Poids corporel vide (kg tête <sup>-1</sup> )
<i>avg_wt</i>	Poids moyen (kg tête <sup>-1</sup> )

**Pour les génisses laitières nécessaires à la relève :**

$$EBG = \text{ADG} * 0.956 \quad (4.33)$$

National Research Council, 2000

<i>EBG</i>	Gain de poids corporel vide (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>ADG</i>	Gain quotidien moyen (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )

**Pour les génisses laitières nécessaires à la relève :**

$$RE = 0.0635 * EBW^{0.75} * EBG^{1.097} \quad (4.34)$$

National Research Council, 2000

*RE* Énergie retenue (Mcal tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

$$PR_{gain} = ADG * \frac{268 - \left( 29.4 * \frac{RE}{ADG} \right)}{1000} \quad (4.35)$$

National Research Council, 2000

*PR<sub>gain</sub>* Protéines retenues pour le gain de poids (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

$$N_{excretion\_rate} = \frac{PI}{6.25} - \left( \frac{PR_{fetal}}{6.25} + \frac{PR_{lactation}}{6.38} + \frac{PR_{gain}}{6.25} \right) \quad (4.36)$$

Dérivées de GIEC, 2006

*N<sub>excretion\_rate</sub>* Taux d'excrétion de N (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 6.25 Conversion des protéines alimentaires en N alimentaire  
 6.38 Conversion des protéines laitières en N du lait

## 4.3.2 Émissions de N<sub>2</sub>O

### 4.3.2.1 Émissions directes

$$N_2O - N_{direct\_rate} = N_{excretion\_rate} * EF_{direct} \quad (4.37)$$

GIEC, 2006

*N<sub>2</sub>O-N<sub>direct\_rate</sub>* Taux d'émission directe de N provenant du fumier (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
*EF<sub>direct</sub>* Coefficient d'émission [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>] (Tableau A4-16 ou Tableau A4-17, par système de manutention, province, saison d'épandage)

$$N_2O - N_{directmanure} = N_2O - N_{direct\_rate} * \#cattle * \#days \quad (4.38)$$

GIEC, 2006

*N<sub>2</sub>O-N<sub>directmanure</sub>* Émissions directes de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)  
*#cattle* Nombre de bovins  
*#days* Nombre de jours durant la période

#### 4.3.2.2 Émissions indirectes – volatilisation et lixiviation/ruissellement

$$N_2O-N_{volatilization\_rate} = N_{excretion\_rate} * Frac_{volatilization} * EF_{volatilization} \quad (4.39)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{volatilization\_rate}$	Taux d'émission de N attribuable à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$Frac_{volatilization}$	Fraction de volatilisation (Tableau A4-16 au Tableau A4-17, par système de manutention, province, saison d'épandage)
$EF_{volatilization}$	Coefficient d'émission lié à la volatilisation [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ] (Tableau A4-16 ou Tableau A4-17, par système de manutention, province, saison d'épandage)

$$N_2O-N_{volatilization} = N_2O-N_{volatilization\_rate} * \#cattle * \#days \quad (4.40)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{volatilization}$	Émissions de N attribuable à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg N <sub>2</sub> O-N)
---------------------------	--

$$N_2O-N_{leaching\_rate} = N_{excretion\_rate} * Frac_{leach} * EF_{leaching} \quad (4.41)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{leaching\_rate}$	Taux d'émission de N attribuable à la lixiviation de l'azote du fumier (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$Frac_{leach}$	Fraction de lixiviation (Tableau A4-16 ou Tableau A4-17, par système de manutention, province, saison d'épandage)
$EF_{leaching}$	Coefficient d'émission lié à la lixiviation [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ] (Tableau A4-16 ou Tableau A4-17, par système de manutention, province, saison d'épandage)

$$N_2O-N_{leaching} = N_2O-N_{leaching\_rate} * \#cattle * \#days \quad (4.42)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{leaching}$	Émissions de N attribuable à la lixiviation de l'azote du fumier (kg N <sub>2</sub> O-N)
---------------------	--

$$N_2O-N_{indirectmanure} = N_2O-N_{volatilization} + N_2O-N_{leaching} \quad (4.43)$$

$N_2O-N_{indirectmanure}$	Émissions indirectes de N provenant du fumier (kg N <sub>2</sub> O-N)
---------------------------	---

$$N_2O-N_{manure} = N_2O-N_{direct} + N_2O-N_{indirect} \quad (4.44)$$

$N_2O-N_{manure}$	Émissions de N provenant du fumier (kg N <sub>2</sub> O-N)
-------------------	--

#### 4.3.2.3 Fumier (N) disponible aux fins d'épandage

**Pour le fumier de bovins provenant des systèmes de manutention (n'utilisez pas cette équation si le fumier est déposé dans les pâturages ou les enclos). Fumier de bovins de semi-finition seulement.**

$$N_{landmanure} = (N_{excretion\_rate} * \#cattle * \#days) * [1 - (Frac_{volatilization} + Frac_{leach})] \quad (4.45)$$

GIEC, 2006

$N_{landmanure}$	Fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)
------------------	--

## Pour les veaux

Les équations suivantes servent à calculer les émissions produites par les veaux laitiers.

### 4.4 $CH_4$ provenant de la fermentation entérique - veaux

$$CH_{4enteric} = 0 \quad (4.46)$$

GIEC, 2006

$CH_{4enteric}$  Émissions de  $CH_4$  provenant de la fermentation entérique (kg  $CH_4$ )

Selon des données de 2006, le GIEC recommande d'utiliser un facteur de conversion du méthane ( $Y_m$ ) de zéro dans le cas des veaux de lait. Ainsi, aucune émission de  $CH_4$  provenant de la fermentation entérique n'est associée aux veaux de lait.

### 4.5 $CH_4$ provenant du fumier – veaux

$$VS = 1.42 \quad (4.47)$$

Marinier et coll., 2004

VS Matières volatiles (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

Utilisez les équations (4.27) et (4.28) pour calculer les émissions de  $CH_4$  provenant du fumier.

### 4.6 $N_2O$ provenant du fumier – veaux

$$N_{excretion\_rate} = 0.057 \quad (4.48)$$

GIEC, 2006

$N_{excretion\_rate}$  Taux d'excrétion de N (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

Cette valeur est fondée sur un poids moyen de 130 kg (poids à la naissance de 40 kg, poids à l'abattage de 220 kg).

Utilisez les équations (4.37) à (4.45) pour calculer les émissions de  $N_2O$  provenant du fumier.

### 4.7 Émissions totales

Les émissions totales correspondent à l'ensemble des émissions attribuables aux différentes catégories de bovins et aux divers changements de gestion.

$$Total\_CH_{4enteric} = \sum_{allscenariocattle} CH_{4enteric} \quad (4.49)$$

$Total\_CH_{4enteric}$  Émissions totales de  $CH_4$  provenant de la fermentation entérique des bovins laitiers (kg  $CH_4$  année<sup>-1</sup>)

$CH_{4enteric}$  Émissions de  $CH_4$  provenant de la fermentation entérique (kg  $CH_4$ )

$$Total\_CH_{4manure} = \sum_{allscenariocattle} CH_{4manure} \quad (4.50)$$

$Total\_CH_{4manure}$  Émissions totales de CH<sub>4</sub> provenant du fumier des bovins laitiers (kg CH<sub>4</sub> année<sup>-1</sup>)

$CH_{4manure}$  Émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier (kg CH<sub>4</sub>)

$$Total\_N_2O-N_{directmanure} = \sum_{allscenariocattle} N_2O-N_{directmanure} \quad (4.51)$$

$Total\_N_2O-N_{directmanure}$  Émissions directes totales de N provenant du fumier des bovins laitiers (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$N_2O-N_{directmanure}$  Émissions directes de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

$$Total\_N_2O-N_{volatilization} = \sum_{allscenariocattle} N_2O-N_{volatilization} \quad (4.52)$$

$Total\_N_2O-N_{volatilization}$  Émissions totales de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier des bovins laitiers (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$N_2O-N_{volatilization}$  Émissions de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

$$Total\_N_2O-N_{leaching} = \sum_{allscenariocattle} N_2O-N_{leaching} \quad (4.53)$$

$Total\_N_2O-N_{leaching}$  Émissions totales de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier des bovins laitiers (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$N_2O-N_{leaching}$  Émissions de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

$$Total\_N_2O-N_{indirectmanure} = Total\_N_2O-N_{volatilization} + Total\_N_2O-N_{leaching} \quad (4.54)$$

$Total\_N_2O-N_{indirectmanure}$  Émissions indirectes totales de N provenant du fumier des bovins laitiers (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O-N_{manure} = Total\_N_2O-N_{directmanure} + Total\_N_2O-N_{indirectmanure} \quad (4.55)$$

$Total\_N_2O-N_{manure}$  Émissions totales de N provenant du fumier des bovins laitiers (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Scenario\_N_{landmanure} = \sum_{allscenariocattle} N_{landmanure} \quad (4.56)$$

$Scenario\_N_{landmanure}$  Scénarios de fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)

$N_{landmanure}$  Fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)

La valeur  $Scenario\_N_{landmanure}$  est insérée dans les équations servant à calculer les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol (équation (1.12)) et les équations servant à calculer les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de sources d'énergie (équation (9.21) ou (9.24)).

## 4.8 Conversion de N<sub>2</sub>O-N en N<sub>2</sub>O

$$Total\_N_2O_{directmanure} = Total\_N_2O-N_{directmanure} * \frac{44}{28} \quad (4.57)$$

*Total\_N<sub>2</sub>O<sub>directmanure</sub>* Émissions directes totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des bovins laitiers (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)  
*Total\_N<sub>2</sub>O-N<sub>directmanure</sub>* Émissions directes totales de N provenant du fumier des bovins laitiers (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)  
 44/28 Conversion de N<sub>2</sub>O-N en N<sub>2</sub>O

$$Total\_N_2O_{indirectmanure} = Total\_N_2O-N_{indirectmanure} * \frac{44}{28} \quad (4.58)$$

*Total\_N<sub>2</sub>O<sub>indirectmanure</sub>* Émissions indirectes totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des bovins laitiers (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)  
*Total\_N<sub>2</sub>O-N<sub>indirectmanure</sub>* Émissions indirectes totales de N provenant du fumier des bovins laitiers (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O_{manure} = Total\_N_2O-N_{manure} * \frac{44}{28} \quad (4.59)$$

*Total\_N<sub>2</sub>O<sub>manure</sub>* Émissions totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des bovins laitiers (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)  
*Total\_N<sub>2</sub>O-N<sub>manure</sub>* Émissions totales de N provenant du fumier des bovins laitiers (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

**Tableau A4-12. Coefficients – bovins laitiers.**

Catégorie de bovin	$C_f$ (MJ j <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )	$C_d$	<i>initial_wt</i> (kg)	<i>final_wt</i> (kg)	<i>milk_production</i> (L j <sup>-1</sup> )	<i>fat_content</i> (p. 100)
Vache Holstein – allaitante	0,386	0,8	650	650	27	3,71
Vache Holstein – tarie	0,322	0,8	650	650	0	0
Génisse Holstein – remplacement	0,322	0,8	468	650	0	0
Taureau Holstein	0,37	1,2	1 200	1 200	0	0
Vache Jersey – allaitante	0,386	0,8	450	450	20	4,83
Vache Jersey – tarie	0,322	0,8	450	450	0	0
Génisse Jersey – remplacement	0,322	0,8	324	450	0	0
Taureau Jersey	0,37	1,2	1 200	1 200	0	0
Source :	GIEC, 2006	GIEC, 2006			Dairy Farmers of Ontario	Centre canadien d'information laitière

**Tableau A4-13. Coefficients liés aux différentes activités d'alimentation des bovins laitiers.**

Activité	$C_a$
Confinés	0.00
Pâturage délimité	0.17

GIEC, 2006.

**Tableau A4-14. Coefficients de régime alimentaire pour les bovins laitiers.**

Régime alimentaire	DE (p. 100)	Protein_content (kg kg <sup>-1</sup> )	$Y_m$
Aliments pour vaches en lactation	70	0,16	0,065
Aliments pour vaches tarées	60	0,12	0,065

Ces valeurs sont fondées sur l'opinion d'experts (Darryl Gibb, Karen Beauchemin, Sean McGinn, AAC).

**Tableau A4-15. Facteurs de réduction des additifs pour bovins laitiers.**

Additif	AR (p. 100)
Aucun additif	0
Ionophore	$20 * 30 / \#days H$
Matière grasse	$5 * p. 100addedfat §$
Ionophore + matière grasse	$(5 * p. 100addedfat) + 0.5 * (20 * 30 / \#jours)$

Ces valeurs sont fondées sur l'opinion d'experts (Darryl Gibb, Karen Beauchemin, Sean McGinn, AAC).

H L'effet des ionophores diminue avec le temps. Ce calcul permet de réduire proportionnellement l'effet au cours de la période visée.

§ Jusqu'à 6 p. 100 de matière grasse ajoutée.

**Tableau A4-16. Facteurs de conversion du méthane et coefficients d'émission de N<sub>2</sub>O pour les bovins laitiers.**

Système de manutention	<i>MCF</i>	<i>EF<sub>direct</sub></i> [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]	<i>Frac<sub>volatilization</sub></i>	<i>EF<sub>volatilization</sub></i> [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]	<i>Frac<sub>leach</sub></i>	<i>EF<sub>leach</sub></i> [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]
Pâturage/parcours/ enclos – bovins laitiers	0,010	0,02	0,20	0,01	Valeur calculée*	0,0075
Épandage quotidien – bovins laitiers	0,001	0	0,07	0,01	0	0,0075
Entreposage solide – bovins laitiers	0,020	0,005	0,30	0,01	0	0,0075
Compostage intensif en andains – bovins laitiers	0,005	0,1	0,30	0,01	0	0,0075
Compostage passif en andains – bovins laitiers	0,005	0,01	0,30	0,01	0	0,0075
Litière profonde > 1 mois, sans brassage – bovins laitiers	0,170	0,01	0,30	0,01	0	0,0075
Liquide/lisier avec croûte naturelle – bovins laitiers	Voir Tableau A4-17	0,005	0,40	0,01	0	0,0075
Liquide/lisier sans croûte naturelle – bovins laitiers	Voir Tableau A4-17	0	0,40	0,01	0	0,0075
Digesteur anaérobie – bovins laitiers	0,01	0	0,40	0,01	0	0,0075

GIEC, 2006.

\*La valeur associée au fumier dans les pâturages est calculée au moyen de l'équation (1.22) servant à calculer les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol.

**Tableau A4-17. Facteurs de conversion du méthane provenant du fumier liquide/lisier selon la saison d'épandage.**

Système de manutention	Province	MCF				
		printemps	été	automne	hiver	printemps et automne <sup>H</sup>
Fumier liquide/lisier avec croûte naturelle*	N.-B., N.-É., Î.-P.-É., T.-N.	0,131	0,188	0,197	0,160	0,109
	QC	0,140	0,202	0,202	0,161	0,116
	ON	0,140	0,210	0,210	0,168	0,116
	MB	0,130	0,196	0,195	0,157	0,108
	SK	0,128	0,191	0,191	0,154	0,106
	AB	0,127	0,191	0,183	0,149	0,105
	C.-B.	0,130	0,182	0,186	0,151	0,108
Fumier liquide/lisier sans croûte naturelle	N.-B., N.-É., Î.-P.-É., T.-N.	0,219	0,313	0,329	0,267	0,182
	QC	0,233	0,337	0,336	0,269	0,193
	ON	0,233	0,350	0,350	0,280	0,193
	MB	0,216	0,327	0,325	0,262	0,179
	SK	0,214	0,319	0,318	0,257	0,178
	AB	0,211	0,319	0,305	0,249	0,175
	C.-B.	0,216	0,304	0,310	0,252	0,179

Vergé et coll., 2006.

\*Réduction de 40 p. 100 des valeurs MCF associées au fumier liquide/lisier avec une croûte naturelle (GIEC, 2006).

<sup>H</sup> Les valeurs associées à l'épandage au printemps et à l'automne correspondent à 83 p. 100 des valeurs associées à l'épandage au printemps seulement.

## 5 Émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O attribuables aux porcs

### 5.1 CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique

Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique devraient être calculées pour chaque catégorie de porcs.

$$CH_{4\text{enteric\_rate}} = \frac{1.5}{365} \quad (5.1)$$

$CH_{4\text{enteric\_rate}}$  Taux d'émission de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
1.5 Taux d'émission annuelle de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (GIEC, 2006)

$$CH_{4\text{enteric}} = CH_{4\text{enteric\_rate}} * \# \text{ pigs} * \# \text{ days} \quad (5.2)$$

GIEC, 2006

$CH_{4\text{enteric}}$  Émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg CH<sub>4</sub> année<sup>-1</sup>)  
#pigs Nombre de porcs  
#days Nombre de jours (Tableau A4-18, par catégorie de porcs, scénario)

En utilisant le nombre de jours établi dans le Tableau A4-18, vous pourrez calculer la quantité d'émissions produites au cours d'une année au moyen de la méthode et des scénarios utilisés par le logiciel Holos.

### 5.2 CH<sub>4</sub> provenant du fumier

Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier devraient être calculées pour chaque catégorie de porcs.

#### 5.2.1 Matières volatiles

$$VS_{\text{adjusted}} = VS_{\text{excretion}} * VS_{\text{adjustment}} \quad (5.3)$$

Greenhouse Gas System Pork Protocol, 2006

$VS_{\text{adjusted}}$  Matières volatiles – valeur ajustée  
 $VS_{\text{excretion}}$  Excrétion de matières volatiles (kg kg<sup>-1</sup>) (Tableau A4-19, par catégorie de porcs, province)  
 $VS_{\text{adjustment}}$  Facteur d'ajustement des matières volatiles (kg kg<sup>-1</sup>) (Tableau A4-20, par régime alimentaire)

$$VS = \text{feed\_intake} * VS_{\text{adjusted}} \quad (5.4)$$

Greenhouse Gas System Pork Protocol, 2006

$VS$  Matières volatiles (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $\text{feed\_intake}$  Ingestion d'aliments (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>) (Tableau A4-21, par catégorie de porcs, province)

## 5.2.2 Émissions de CH<sub>4</sub>

$$CH_{4manure\_rate} = VS * B_o * MCF * 0.67 \quad (5.5)$$

GIEC, 2006

$CH_{4manure\_rate}$	Taux d'émission du CH <sub>4</sub> provenant du fumier (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$B_o$	Capacité de production de méthane
$MCF$	Facteur de conversion du méthane (Tableau A4-22 ou Tableau A4-23, par système de manutention, province, saison d'épandage)
0.67	Facteur de conversion du volume à la masse (kg m <sup>-3</sup> )

Dans le logiciel, la valeur  $B_o$  est fixée à 0,48 (GIEC, 2006).

$$CH_{4manure} = CH_{4manure\_rate} * \#pigs * \#days \quad (5.6)$$

GIEC, 2006

$CH_{4manure}$	Émissions de CH <sub>4</sub> provenant du fumier (kg CH <sub>4</sub> année <sup>-1</sup> )
$\#pigs$	Nombre de porcs
$\#days$	Nombre de jours (Tableau A4-18, par catégorie de porcs, scénario)

En utilisant le nombre de jours établi dans le Tableau A4-18, vous pourrez calculer la quantité d'émissions produites au cours d'une année au moyen de la méthode et des scénarios utilisés par le logiciel Holos.

## 5.3 N<sub>2</sub>O provenant du fumier

Les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du fumier devraient être calculées pour chaque catégorie de porcs.

### 5.3.1 Excrétion d'azote

$$PI = feed\_intake * protein\_content \quad (5.7)$$

Greenhouse Gas System Pork Protocol, 2006

$PI$	Apport en protéines (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$feed\_intake$	Ingestion d'aliments (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-21, par catégorie de porcs, province)
$protein\_content$	Teneur en protéines (kg kg <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-24, par catégorie de porcs, province)

$$PR = 0.30 \quad (5.8)$$

GIEC, 2006

$PR$	Protéines retenues (kg (kg de protéines ingérées) <sup>-1</sup> )
------	---

$$N_{excretion\_rate} = \frac{PI * (1 - PR)}{6.25} * Nexcreted_{adjustment} \quad (5.9)$$

Dérivée de GIEC, 2006

$N_{excretion\_rate}$	Taux d'excrétion de N (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
6.25	Conversion des protéines alimentaires en N alimentaire
$Nexcreted_{adjustment}$	Facteur d'ajustement de N excrété (kg kg <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-20, par régime alimentaire)

## 5.3.2 Émissions de N<sub>2</sub>O

### 5.3.2.1 Émissions directes

$$N_2O - N_{direct\_rate} = N_{excretion\_rate} * EF_{direct} \quad (5.10)$$

GIEC, 2006

$N_2O - N_{direct\_rate}$  Taux d'émission directe de N provenant du fumier (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $EF_{direct}$  Coefficient d'émission [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>] (Tableau A4-22 ou Tableau A4-23, par système de manutention, province, saison d'épandage)

$$N_2O - N_{directmanure} = N_2O - N_{direct\_rate} * \#pigs * \#days \quad (5.11)$$

GIEC, 2006

$N_2O - N_{directmanure}$  Émissions directes de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)  
 $\#pigs$  Nombre de porcs  
 $\#days$  Nombre de jours (Tableau A4-18, par catégorie de porcs, scénario)

En utilisant le nombre de jours établi dans le Tableau A4-18, vous pourrez calculer la quantité d'émissions produites au cours d'une année au moyen de la méthode et des scénarios utilisés par le logiciel Holos.

### 5.3.2.2 Émissions indirectes – volatilisation et lixiviation/ruissellement

$$N_2O - N_{volatilization\_rate} = N_{excretion\_rate} * Frac_{volatilization} * EF_{volatilization} \quad (5.12)$$

GIEC, 2006

$N_2O - N_{volatilization\_rate}$  Taux d'émission de N attribuable à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $Frac_{volatilization}$  Fraction de volatilisation (Tableau A4-22 ou Tableau A4-23, par système de manutention, province, saison d'épandage)  
 $EF_{volatilization}$  Coefficient d'émission lié à la volatilisation [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>] (Tableau A4-22 ou Tableau A4-23, par système de manutention, province, saison d'épandage)

$$N_2O - N_{volatilization} = N_2O - N_{volatilization\_rate} * \#pigs * \#days \quad (5.13)$$

GIEC, 2006

$N_2O - N_{volatilization}$  Émissions de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$N_2O - N_{leaching\_rate} = N_{excretion\_rate} * Frac_{leach} * EF_{leaching} \quad (5.14)$$

GIEC, 2006

$N_2O - N_{leaching\_rate}$  Taux d'émission de N attribuable à la lixiviation de l'azote du fumier (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $Frac_{leach}$  Fraction de lixiviation fraction (Tableau A4-22 ou Tableau A4-23, par système de manutention, province, saison d'épandage)  
 $EF_{leaching}$  Coefficient d'émission lié à la lixiviation [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>] (Tableau A4-22 ou Tableau A4-23, par système de manutention, province, saison d'épandage)

$$N_2O - N_{leaching} = N_2O - N_{leaching\_rate} * \# pigs * \# days \quad (5.15)$$

GIEC, 2006

$N_2O - N_{leaching}$  Émissions de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$N_2O - N_{indirectmanure} = N_2O - N_{volatilization} + N_2O - N_{leaching} \quad (5.16)$$

$N_2O - N_{indirectmanure}$  Émissions indirectes de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$N_2O - N_{manure} = N_2O - N_{directmanure} + N_2O - N_{indirectmanure} \quad (5.17)$$

$N_2O - N_{manure}$  Émissions de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

### 5.3.2.3 Fumier (N) disponible aux fins d'épandage

**Pour le lisier de porc provenant de systèmes de manutention.**

$$N_{landmanure} = (N_{excretion\_rate} * \# pigs * \# days) * [1 - (Frac_{volatilization} + Frac_{leach})] \quad (5.18)$$

GIEC, 2006

$N_{landmanure}$  Fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)

## 5.4 Émissions totales

Les émissions totales correspondent à l'ensemble des émissions produites par les différentes catégories de porcs.

$$Total\_CH_{4enteric} = \sum_{allscenariopigs} CH_{4enteric} \quad (5.19)$$

$Total\_CH_{4enteric}$  Émissions totales de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique des porcs (kg CH<sub>4</sub> année<sup>-1</sup>)

$CH_{4enteric}$  Émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg CH<sub>4</sub> année<sup>-1</sup>)

$$Total\_CH_{4manure} = \sum_{allscenariopigs} CH_{4manure} \quad (5.20)$$

$Total\_CH_{4manure}$  Émissions totales de CH<sub>4</sub> provenant du fumier des porcs (kg CH<sub>4</sub> année<sup>-1</sup>)

$CH_{4manure}$  Émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier (kg CH<sub>4</sub> année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O - N_{directmanure} = \sum_{allscenariopigs} N_2O - N_{directmanure} \quad (5.21)$$

$Total\_N_2O - N_{directmanure}$  Émissions directes totale de N provenant du fumier des porcs (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$N_2O - N_{directmanure}$  Émissions directes de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O-N_{volatilization} = \sum_{allscenariopigs} N_2O-N_{volatilization} \quad (5.22)$$

$Total\_N_2O-N_{volatilization}$  Émissions totales de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier des porcs (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$N_2O-N_{volatilization}$  Émissions de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O-N_{leaching} = \sum_{allscenariopigs} N_2O-N_{leaching} \quad (5.23)$$

$Total\_N_2O-N_{leaching}$  Émissions totales de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier des porcs (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$N_2O-N_{leaching}$  Émissions de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O-N_{indirectmanure} = Total\_N_2O-N_{volatilization} + Total\_N_2O-N_{leaching} \quad (5.24)$$

$Total\_N_2O-N_{indirectmanure}$  Émissions indirectes totales de N provenant du fumier des porcs (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O-N_{manure} = Total\_N_2O-N_{direct} + Total\_N_2O-N_{indirect} \quad (5.25)$$

$Total\_N_2O-N_{manure}$  Émissions totales de N provenant du fumier des porcs (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Scenario\_N_{landmanure} = \sum_{allscenariopigs} N_{landmanure} \quad (5.26)$$

$Scenario\_N_{landmanure}$  Scénarios de fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)

$N_{landmanure}$  Fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)

La valeur  $Scenario\_N_{landmanure}$  est insérée dans les équations servant à calculer les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol (équation (1.12)) et les équations servant à calculer les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de sources d'énergie (équation (9.21) ou (9.24)).

## 5.5 Conversion de N<sub>2</sub>O-N en N<sub>2</sub>O

$$Total\_N_2O_{directmanure} = Total\_N_2O-N_{directmanure} * \frac{44}{28} \quad (5.27)$$

$Total\_N_2O_{directmanure}$  Émissions directes totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des porcs (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)

$Total\_N_2O-N_{directmanure}$  Émissions directes totales de N provenant du fumier des porcs (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

44/28 Conversion de N<sub>2</sub>O-N en N<sub>2</sub>O

$$Total\_N_2O_{indirectmanure} = Total\_N_2O - N_{indirectmanure} * \frac{44}{28} \quad (5.28)$$

$Total\_N_2O_{indirectmanure}$  Émissions indirectes totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des porcs (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)

$Total\_N_2O - N_{indirectmanure}$  Émissions indirectes totales de N provenant du fumier des porcs (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O_{manure} = Total\_N_2O - N_{manure} * \frac{44}{28} \quad (5.29)$$

$Total\_N_2O_{manure}$  Émissions totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des porcs (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)

$Total\_N_2O - N_{manure}$  Émissions totales de N provenant du fumier des porcs (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

**Tableau A4-18. Nombre de jours pour chaque catégorie de porcs, par scénario dans Holos.**

Catégorie de porcs	Nombre de jours			
	Scénario 1 - Naissage-finition	Scénario 2 - Naissage-sevrage	Scénario 3 - Activités de finition	Scénario 4 - Activités de nourricerie
Porcelets sevrés	68	0	0	365
Porcs d'engraissement	94	0	159	0
Porcs de finition	108	0	183	0
Truies en lactation	46	46	0	0
Truies tarées	319	319	0	0
Verrats	365	365	0	0

Élaboré à partir des cycles d'activités d'exploitation porcine décrits dans le Greenhouse Gas System Pork Protocol, 2006.

**Tableau A4-19. Excrétion de matières volatiles liée aux aliments ordinaires qui optimisent le rendement pour chaque catégorie de porcs, par province.**

Catégorie de porcs	$VS_{excretion}$ (kg VS kg <sup>-1</sup> d'aliments, à la distribution)									
	C.-B.	AB	SK	MB	ON	QC	T.-N.	N.-É.	N.-B.	Î.-P.-É.
Porcelets sevrés	0,1446	0,1504	0,1292	0,1034	0,0985	0,0845	0,0936	0,0886	0,0949	0,0966
Porcs d'engraissement	0,1391	0,1389	0,1539	0,1514	0,1034	0,1097	0,1354	0,1478	0,1525	0,1470
Porcs de finition	0,1391	0,1389	0,1539	0,1514	0,1034	0,1097	0,1354	0,1478	0,1525	0,1470
Truies tarées et verrats	0,1227	0,1228	0,1321	0,1406	0,0712	0,1053	0,1232	0,1243	0,1278	0,1243
Truies en lactation	0,1227	0,1228	0,1321	0,1406	0,0712	0,1053	0,1232	0,1243	0,1278	0,1243

Greenhouse Gas System Pork Protocol, 2006

**Tableau A4-20. Facteurs d'ajustement des matières volatiles et de l'excrétion d'azote, par régime alimentaire.**

Régime alimentaire	$VS_{adjustment}$ (kg kg <sup>-1</sup> )	$N_{excreted_{adjustment}}$ (kg kg <sup>-1</sup> )
Aliments ordinaires	1	1
Aliments faibles en protéines	0,99	0,70
Aliments hautement digestibles	0,95	0,95

Greenhouse Gas System Pork Protocol, 2006.

**Tableau A4-21. Ingestion quotidienne d'aliments (à la distribution) pour chaque catégorie de porcs, par province.**

Catégorie de porcs	$feed\_intake$ (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )									
	C.-B.	AB	SK	MB	ON	QC	T.-N.	N.-É.	N.-B.	Î.-P.-É.
Porcelets sevrés	0,70	0,70	0,70	0,70	0,65	0,65	0,70	0,70	0,70	0,70
Porcs d'engraissement	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Porcs de finition	3,00	3,00	3,00	3,00	2,80	2,80	3,00	3,00	3,00	3,00
Truies tarées et verrats	2,55	2,55	2,55	2,55	2,45	2,45	2,55	2,55	2,55	2,55
Truies en lactation	6,11	6,11	6,11	6,11	5,85	5,85	6,11	6,11	6,11	6,11

Greenhouse Gas System Pork Protocol, 2006.

**Tableau A4-22. Facteurs de conversion du méthane et coefficients d'émission de N<sub>2</sub>O pour les porcs.**

Système de manutention	<i>MCF</i>	<i>EF<sub>direct</sub></i> [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]	<i>Frac<sub>volatilization</sub></i>	<i>EF<sub>volatilization</sub></i> [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]	<i>Frac<sub>leach</sub></i>	<i>EF<sub>leach</sub></i> [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]
Fumier solide – porcs	0,020	0,005	0,45	0,01	0	0,0075
Fumier liquide/ lisier avec croûte naturelle – porcs	Voir Tableau A4-23	0,005	0,48	0,01	0	0,0075
Fumier liquide/ lisier sans croûte naturelle – porcs	Voir Tableau A4-23	0	0,48	0,01	0	0,0075
Digesteur anaérobie – porcs	0,01	0	0,48	0,01	0	0,0075
Fosse profonde sous la porcherie – porcs	0,3514H	0,002	0,25	0,01	0	0,0075

GIEC, 2006.

HCeci suppose que la température est constante à 15 EC et que le lisier est épandu directement (aucun entreposage externe).

**Tableau A4-23. Facteurs de conversion du méthane provenant du fumier liquide/lisier selon la saison d'épandage.**

Système de manutention	Province	MCF				
		printemps	été	automne	hiver	printemps et automne <sup>H</sup>
Fumier liquide/ lisier avec croûte naturelle *	N.-B., N.-É., Î.-P.-É., T.-N.	0,131	0,188	0,197	0,160	0,109
	QC	0,140	0,202	0,202	0,161	0,116
	ON	0,140	0,210	0,210	0,168	0,116
	MB	0,130	0,196	0,195	0,157	0,108
	SK	0,128	0,191	0,191	0,154	0,106
	AB	0,127	0,191	0,183	0,149	0,105
	C.-B.	0,130	0,182	0,186	0,151	0,108
	Fumier liquide/ lisier sans croûte naturelle	N.-B., N.-É., Î.-P.-É., T.-N.	0,219	0,313	0,329	0,267
QC	0,233	0,337	0,336	0,269	0,193	
ON	0,233	0,350	0,350	0,280	0,193	
MB	0,216	0,327	0,325	0,262	0,179	
SK	0,214	0,319	0,318	0,257	0,178	
AB	0,211	0,319	0,305	0,249	0,175	
C.-B.	0,216	0,304	0,310	0,252	0,179	

Vergé et coll., 2006.

\*Réduction de 40 p. 100 des valeurs MCF associées au fumier liquide/lisier avec une croûte naturelle (GIEC, 2006).

<sup>H</sup> Les valeurs associées à l'épandage au printemps et à l'automne correspondent à 83 p. 100 des valeurs associées à l'épandage au printemps seulement.

**Tableau A4-24. Teneur en protéines dans les aliments, à la distribution, pour chaque catégorie de porcs, par province.**

Catégorie de porcs	Protein_content (kg de protéines kg <sup>-1</sup> d'aliments, à la distribution)									
	C.-B.	AB	SK	MB	ON	QC	T.-N.	N.-É.	N.-B.	Î.-P.-É.
Porcelets sevrés	0,220	0,220	0,220	0,220	0,210	0,210	0,220	0,220	0,220	0,220
Porcs d'engraissement	0,180	0,180	0,180	0,180	0,175	0,175	0,180	0,180	0,180	0,180
Porcs de finition	0,155	0,155	0,155	0,155	0,135	0,135	0,155	0,155	0,155	0,155
Truies tarées et verrats	0,145	0,145	0,145	0,145	0,135	0,135	0,145	0,145	0,145	0,145
Truies en lactation	0,200	0,200	0,200	0,200	0,185	0,185	0,200	0,200	0,200	0,200

Greenhouse Gas System Pork Protocol, 2006.

## 6 Émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O attribuables aux moutons

En cas de changement de gestion ou touchant les bovins (p. ex. modification de l'alimentation, modification des activités d'alimentation, lactation, gestion du fumier), calculez les émissions de chaque période de gestion et faites la somme des émissions produites pendant l'année.

### 6.1 CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique

Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique devraient être calculées pour chaque catégorie de moutons.

$$avg\_wt = \frac{initial\_wt + final\_wt}{2} \quad (5.30)$$

<i>avg_wt</i>	Poids moyen (kg tête <sup>-1</sup> )
<i>initial_wt</i>	Poids initial (kg tête <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-25, par catégorie de moutons)
<i>final_wt</i>	Poids final (kg tête <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-25, par catégorie de moutons)

#### 6.1.1 Besoins énergétiques nets

$$NE_{maintenance} = C_f * (avg\_wt)^{0.75} \quad (5.31)$$

GIEC, 2006

<i>NE<sub>maintenance</sub></i>	Énergie nette de maintien (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>C<sub>f</sub></i>	Coefficient d'entretien (MJ jour <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-25, par catégorie de moutons)

$$NE_{activity} = C_a * avg\_wt \quad (5.32)$$

GIEC, 2006

<i>NE<sub>activity</sub></i>	Énergie nette nécessaire à l'activité (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>C<sub>a</sub></i>	Coefficient d'activité d'alimentation (MJ kg <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-26, par type d'activité)

**Pour les brebis en lactation seulement (utilisez uniquement lorsque les brebis allaitent) :**

$$NE_{lactation} = \left[ 5 * 0.6 * \frac{\%twins}{100} \right] + \left[ 5 * 0.4 * \left( 1 - \frac{\%twins}{100} \right) \right] * EV_{milk} \quad (5.33)$$

Dérivé de GIEC, 2006

<i>NE<sub>lactation</sub></i>	Énergie nette de lactation (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>p. 100twins</i>	Pourcentage de jumeaux
<i>EV<sub>milk</sub></i>	Énergie requise pour produire 1 L de lait (MJ kg <sup>-1</sup> )

Cette valeur est fondée sur un gain pondéral combiné des jumeaux de 0,6 kg jour<sup>-1</sup> et un gain pondéral des agneaux uniques de 0,4 kg jour<sup>-1</sup> (Helgason et coll., 2005). La valeur *EV<sub>milk</sub>* est fixée à 4,6 MJ kg<sup>-1</sup> (GIEC, 2006).

**Pour les brebis gestantes seulement :**

$$NE_{pregnancy} = \left\{ \left[ 0.126 * \frac{\%twins}{100} \right] + \left[ 0.077 * \left( 1 - \frac{\%twins}{100} \right) \right] \right\} * NE_{maintenance} \quad (5.34)$$

Dérivé de GIEC, 2006

$NE_{pregnancy}$	Énergie nette de gestation (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
0.126	Constante de gestation pour les jumeaux (GIEC, 2006)
0.077	Constante de gestation pour les agneaux uniques (GIEC, 2006)

Cette équation permet de calculer la moyenne des besoins énergétiques nécessaires à la gestation durant toute l'année et tient compte de l'agnelage d'agneaux uniques et de jumeaux.

**Pour les brebis et les béliers seulement :**

$$NE_{wool} = \frac{EV_{wool} * wool\_production}{\#days} \quad (5.35)$$

GIEC, 2006

$NE_{wool}$	Énergie nette de production de laine (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$EV_{wool}$	Valeur énergétique de 1 kg de laine (MJ kg <sup>-1</sup> )
$wool\_production$	Production de laine (kg année <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-25, par catégorie de moutons)
$\#days$	Nombre de jours durant la période

La valeur  $EV_{wool}$  est fixée à 24 MJ kg<sup>-1</sup> (GIEC, 2006).

$$NE_{gain} = \frac{(final\_wt - initial\_wt) * [a + 0.5b(initial\_wt + final\_wt)]}{\#days} \quad (5.36)$$

GIEC, 2006

$NE_{gain}$	Énergie nette de gain (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
$a$	Coefficient a (MJ kg <sup>-1</sup> ) (Table Tableau A4-25, par catégorie de moutons)
$b$	Coefficient b (MJ kg <sup>-2</sup> ) (Table Tableau A4-25, par catégorie de moutons)

### 6.1.2 Ratios de l'énergie nette disponible par rapport à l'énergie nutritive

$$REM = 1.123 - (4.092 * 10^{-3} * DE) + (1.126 * 10^{-5} * DE^2) - \left( \frac{25.4}{DE} \right) \quad (5.37)$$

GIEC, 2006

$REM$	Ratio de l'énergie nette de maintien par rapport à l'énergie nutritive consommée
$DE$	Pourcentage d'énergie nutritive dans les aliments (Tableau A4-27, par régime alimentaire)

La valeur  $DE$  doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

$$REG = 1.164 - (5.160 \times 10^{-3} * DE) + (1.308 \times 10^{-5} * DE^2) - \left( \frac{37.4}{DE} \right) \quad (5.38)$$

GIEC, 2006

*REG* Ratio de l'énergie nette de gain par rapport à l'énergie nutritive consommée

La valeur *DE* doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

### 6.1.3 Énergie brute

$$GE = \frac{\left[ \left( \frac{NE_{maintenance} + NE_{activity} + NE_{lactation} + NE_{pregnancy}}{REM} \right) + \left( \frac{NE_{gain} + NE_{wool}}{REG} \right) \right]}{\frac{DE}{100}} \quad (5.39)$$

GIEC, 2006

*GE* Apport en énergie brute (MJ tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

La valeur *DE* doit être entrée sous forme de pourcentage p. ex. 81 plutôt que 0,81).

### 6.1.4 Émissions de CH<sub>4</sub>

$$CH_{4enteric\_rate} = GE * \frac{Y_m}{55.65} \quad (5.40)$$

GIEC, 2006

*CH<sub>4enteric\_rate</sub>* Taux d'émission de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)

*Y<sub>m</sub>* Facteur de conversion du méthane (Tableau A4-25, par catégorie de moutons)

55.65 Contenu énergétique du CH<sub>4</sub> (MJ kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>)

$$CH_{4enteric} = CH_{4enteric\_rate} * \#sheep * \#days \quad (5.41)$$

GIEC, 2006

*CH<sub>4enteric</sub>* Émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg CH<sub>4</sub>)

*#sheep* Nombre de moutons

*#days* Nombre de jours durant la période

## 6.2 CH<sub>4</sub> provenant du fumier

Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier devraient être calculées pour chaque catégorie de moutons.

### 6.2.1 Matières volatiles

$$VS = \left[ GE * \left( 1 - \frac{DE}{100} \right) + (0.04 * GE) \right] * \left( 1 - \frac{Ash}{100} \right) * \frac{1}{18.45} \quad (5.42)$$

GIEC, 2006

<i>VS</i>	Matières volatiles (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>GE</i>	Apport en énergie brute (MJ tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>DE</i>	Pourcentage d'énergie nutritive dans les aliments (Tableau A4-27, par régime alimentaire)
<i>Ash</i>	Teneur en cendres du fumier (p. 100)
18.45	Facteur de conversion de l'énergie brute par kg de matière sèche (MJ kg <sup>-1</sup> )

Dans le logiciel Holos, la teneur en cendres est fixée à 8 (GIEC, 2006).

### 6.2.2 Émissions de CH<sub>4</sub>

$$CH_{4manure\_rate} = VS * B_o * MCF * 0.67 \quad (5.43)$$

GIEC, 2006

<i>CH<sub>4manure_rate</sub></i>	Taux d'émission de CH <sub>4</sub> provenant du fumier (kg tête <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )
<i>B<sub>o</sub></i>	Capacité de production de méthane
<i>MCF</i>	Facteur de conversion du méthane (Tableau A4-28, par système de manutention)
0.67	Facteur de conversion du volume à la masse (kg m <sup>-3</sup> )

Dans le logiciel Holos, la valeur *B<sub>o</sub>* est fixée à 0,19 (GIEC, 2006).

$$CH_{4manure} = CH_{4manure\_rate} * \#sheep * \#days \quad (5.44)$$

GIEC, 2006

<i>CH<sub>4manure</sub></i>	Émissions de CH <sub>4</sub> provenant du fumier (kg CH <sub>4</sub> )
<i>\#sheep</i>	Nombre de moutons
<i>\#days</i>	Nombre de jours durant la période

### 6.3 N<sub>2</sub>O provenant du fumier

Les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du fumier devraient être calculées pour chaque catégorie de moutons.

#### 6.3.1 Excrétion d'azote

$$PI = \frac{GE}{18.45} * \text{protein\_content} \quad (5.45)$$

GIEC, 2006

*PI* Apport en protéines (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
*GE* Apport en énergie brute (MJ tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
*protein\_content* Teneur en protéines (kg kg<sup>-1</sup>) (Tableau A4-27, par régime alimentaire)

$$PR = 0.10 \quad (5.46)$$

GIEC, 2006

*PR* Protéines retenues (kg (kg de protéines ingérées)<sup>-1</sup>)

$$N_{\text{excretion\_rate}} = \frac{PI * (1 - PR)}{6.25} \quad (5.47)$$

Dérivé de GIEC, 2006

*N<sub>excretion\_rate</sub>* Taux d'excrétion de N (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
6.25 Conversion des protéines alimentaires en N alimentaire

#### 6.3.2 Émissions de N<sub>2</sub>O

##### 6.3.2.1 Émissions directes

$$N_2O - N_{\text{direct\_rate}} = N_{\text{excretion\_rate}} * EF_{\text{direct}} \quad (5.48)$$

GIEC, 2006

*N<sub>2</sub>O-N<sub>direct\_rate</sub>* Taux d'émission directe de N provenant du fumier (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
*EF<sub>direct</sub>* Coefficient d'émission [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>] (Tableau A4-28, par système de manutention)

$$N_2O - N_{\text{directmanure}} = N_2O - N_{\text{direct\_rate}} * \# \text{sheep} * \# \text{days} \quad (5.49)$$

GIEC, 2006

*N<sub>2</sub>O-N<sub>directmanure</sub>* Émissions directes de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)  
*#sheep* Nombre de moutons  
*#days* Nombre de jours durant la période

### 6.3.2.2 Émissions indirectes – volatilisation et lixiviation/ruissellement

$$N_2O-N_{volatilization\_rate} = N_{excretion\_rate} * Frac_{volatilization} * EF_{volatilization} \quad (5.50)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{volatilization\_rate}$  Taux d'émission de N attribuable à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $Frac_{volatilization}$  Fraction de volatilisation (Tableau A4-28, par système de manutention)  
 $EF_{volatilization}$  Coefficient d'émission lié à la volatilisation [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>] (Tableau A4-28, par système de manutention)

$$N_2O-N_{volatilization} = N_2O-N_{volatilization\_rate} * \#sheep * \#days \quad (5.51)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{volatilization}$  Émissions de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

$$N_2O-N_{leaching\_rate} = N_{excretion\_rate} * Frac_{leach} * EF_{leaching} \quad (5.52)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{leaching\_rate}$  Taux d'émission de N attribuable à la lixiviation de l'azote du fumier (kg tête<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>)  
 $Frac_{leach}$  Fraction de lixiviation (Tableau A4-28, par système de manutention)  
 $EF_{leaching}$  Coefficient d'émission lié à la lixiviation [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>] (Tableau A4-28, par système de manutention)

$$N_2O-N_{leaching} = N_2O-N_{leaching\_rate} * \#sheep * \#days \quad (5.53)$$

GIEC, 2006

$N_2O-N_{leaching}$  Émissions de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

$$N_2O-N_{indirectmanure} = N_2O-N_{volatilization} + N_2O-N_{leaching} \quad (5.54)$$

$N_2O-N_{indirectmanure}$  Émissions indirectes de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

$$N_2O-N_{manure} = N_2O-N_{directmanure} + N_2O-N_{indirectmanure} \quad (5.55)$$

$N_2O-N_{manure}$  Émissions de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

### 6.3.2.3 Fumier (N) disponible aux fins d'épandage

**Pour le fumier de moutons provenant des systèmes de manutention (n'utilisez pas cette équation si le fumier est déposé dans les pâturages).**

$$N_{landmanure} = (N_{excretion\_rate} * \#sheep * \#days) * [1 - (Frac_{volatilization} + Frac_{leach})] \quad (5.56)$$

GIEC, 2006

$N_{landmanure}$  Fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)

## 6.4 Émissions totales

Les émissions totales correspondent à l'ensemble des émissions produites par les différentes catégories de porcs et aux différents changements de gestion.

$$Total\_CH_{4enteric} = \sum_{allscenariosheep} CH_{4enteric} \quad (5.57)$$

$Total\_CH_{4enteric}$  Émissions totales de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique des moutons (kg CH<sub>4</sub> année<sup>-1</sup>)  
 $CH_{4enteric}$  Émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg CH<sub>4</sub>)

$$Total\_CH_{4manure} = \sum_{allscenariosheep} CH_{4manure} \quad (5.58)$$

$Total\_CH_{4manure}$  Émissions totales de CH<sub>4</sub> provenant du fumier des moutons (kg CH<sub>4</sub> année<sup>-1</sup>)  
 $CH_{4manure}$  Émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier (kg CH<sub>4</sub>)

$$Total\_N_2O-N_{directmanure} = \sum_{allscenariosheep} N_2O-N_{directmanure} \quad (5.59)$$

$Total\_N_2O-N_{directmanure}$  Émissions directes totales de N provenant du fumier des moutons (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)  
 $N_2O-N_{directmanure}$  Émissions directes de N provenant du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

$$Total\_N_2O-N_{volatilization} = \sum_{allscenariosheep} N_2O-N_{volatilization} \quad (5.60)$$

$Total\_N_2O-N_{volatilization}$  Émissions totales de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier des moutons (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)  
 $N_2O-N_{volatilization}$  Émissions de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

$$Total\_N_2O-N_{leaching} = \sum_{allscenariosheep} N_2O-N_{leaching} \quad (5.61)$$

$Total\_N_2O-N_{leaching}$  Émissions totales de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier des moutons (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)  
 $N_2O-N_{leaching}$  Émissions de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N)

$$Total\_N_2O-N_{indirectmanure} = Total\_N_2O-N_{volatilization} + Total\_N_2O-N_{leaching} \quad (5.62)$$

$Total\_N_2O-N_{indirectmanure}$  Émissions indirectes totales de N provenant du fumier des moutons (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O-N_{manure} = Total\_N_2O-N_{direct} + Total\_N_2O-N_{indirect} \quad (5.63)$$

$Total\_N_2O-N_{manure}$  Émissions totales de N provenant du fumier des moutons (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Scenario\_N_{landmanure} = \sum_{allscenariosheep} N_{landmanure} \quad (5.64)$$

$Scenario\_N_{landmanure}$  Scénarios de fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)  
 $N_{landmanure}$  Fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)

La valeur  $Scenario\_N_{landmanure}$  est insérée dans les équations servant à calculer les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol (équation (1.12)) et les équations servant à calculer les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de sources d'énergie (équation (9.24)).

## 6.5 Conversion de N<sub>2</sub>O-N en N<sub>2</sub>O

$$Total\_N_2O_{directmanure} = Total\_N_2O-N_{directmanure} * \frac{44}{28} \quad (5.65)$$

$Total\_N_2O_{directmanure}$  Émissions directes totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des moutons (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)  
 $Total\_N_2O-N_{directmanure}$  Émissions directes totales de N provenant du fumier des moutons (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)  
 44/28 Conversion de N<sub>2</sub>O-N en N<sub>2</sub>O

$$Total\_N_2O_{indirectmanure} = Total\_N_2O-N_{indirectmanure} * \frac{44}{28} \quad (5.66)$$

$Total\_N_2O_{indirectmanure}$  Émissions indirectes totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des moutons (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)  
 $Total\_N_2O-N_{indirectmanure}$  Émissions indirectes totales de N provenant du fumier des moutons (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O_{manure} = Total\_N_2O-N_{manure} * \frac{44}{28} \quad (5.67)$$

$Total\_N_2O_{manure}$  Émissions totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des moutons (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)  
 $Total\_N_2O-N_{manure}$  Émissions totales de N provenant du fumier des moutons (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

**Tableau A4-25. Coefficients – moutons.**

Catégorie de moutons	$C_f$ (MJ j <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )	$a$ (MJ kg <sup>-1</sup> )	$b$ (MJ kg <sup>-2</sup> )	$initial\_wt$ (kg)	$final\_wt$ (kg)	$wool\_production$ (kg année <sup>-1</sup> )	$Y_m$
Brebis	0,217	2,1	0,45	70	70	4	0,065
Bélier	0,250	2,5	0,35	125	125	4	0,065
Agneau sevré	0,236	3,25	0,385	30	50	0	0,045
Source :	GIEC, 2006	GIEC, 2006	GIEC, 2006	Helgason et coll., 2005	Helgason et coll., 2005	Helgason et coll., 2005	GIEC, 2006

**Tableau A4-26. Coefficients – activités d'alimentation des moutons.**

Activité	$C_a$ (MJ j <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )
Confinés	0,0067
Pâturage plat	0,0107
Pâturage accidenté ou parcours libre	0,0240

GIEC, 2006.

**Tableau A4-27. Coefficients – régimes alimentaires des moutons.**

Régime alimentaire	DE (p. 100)	Protein_content (kg kg <sup>-1</sup> )
Fourrage de bonne qualité	65	0,18
Fourrage de qualité moyenne	55	0,12
Fourrage de faible qualité	45	0,06

Ces valeurs sont fondées sur l'opinion d'experts (Darryl Gibb, Karen Beauchemin, Sean McGinn, AAC).

**Tableau A4-28. Facteurs de conversion du méthane et coefficients d'émission de N<sub>2</sub>O pour les moutons.**

Système de manutention	MCF	$EF_{direct}$ [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]	$Frac_{volatilization}$	$EF_{volatilization}$ [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]	$Frac_{leach}$	$EF_{leach}$ [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]
Pâturage/parcours / enclos – moutons	0,010	0,01	0,20	0,01	Valeur calculée*	0,0075
Fumier solide – moutons	0,020	0,005	0,12	0,01	0	0,0075
Compostage intensif en andains – moutons	0,005	0,1	0,12	0,01	0	0,0075
Compostage passif en andains – moutons	0,005	0,01	0,12	0,01	0	0,0075
Litière profonde > 1 mois, sans brassage – moutons	0,170	0,01	0,25	0,01	0	0,0075

GIEC, 2006.

\* La valeur associée au fumier dans les pâturages est calculée au moyen de l'équation (1.22) servant à calculer les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol.

## 7 Émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O attribuables aux volailles

### 7.1 CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique

Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique devraient être calculées pour chaque type de volaille.

$$CH_{4\text{enteric}} = CH_{4\text{enteric\_rate}} * barn\_capacity \quad (6.1)$$

GIEC, 2006

$CH_{4\text{enteric\_rate}}$	Taux d'émission de CH <sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg tête <sup>-1</sup> année <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-29, par type de volaille)
$barn\_capacity$	Capacité du poulailler
$CH_{4\text{enteric}}$	Émissions de CH <sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg CH <sub>4</sub> année <sup>-1</sup> )

$$Total\_CH_{4\text{enteric}} = \sum_{\text{allpoultry}} CH_{4\text{enteric}} \quad (6.2)$$

$Total\_CH_{4\text{enteric}}$	Émissions totales de CH <sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique des volailles (kg CH <sub>4</sub> année <sup>-1</sup> )
-------------------------------	---

### 7.2 CH<sub>4</sub> provenant du fumier

Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier devraient être calculées pour chaque type de volaille.

$$CH_{4\text{manure}} = CH_{4\text{manure\_rate}} * barn\_capacity \quad (6.3)$$

GIEC, 2006

$CH_{4\text{manure\_rate}}$	Taux d'émission de CH <sub>4</sub> provenant du fumier (kg tête <sup>-1</sup> année <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-29, par type de volaille)
$barn\_capacity$	Capacité du poulailler
$CH_{4\text{manure}}$	Émissions de CH <sub>4</sub> provenant du fumier (kg CH <sub>4</sub> année <sup>-1</sup> )

$$Total\_CH_{4\text{manure}} = \sum_{\text{allpoultry}} CH_{4\text{manure}} \quad (6.4)$$

$Total\_CH_{4\text{manure}}$	Émissions totales de CH <sub>4</sub> provenant du fumier des volailles (kg CH <sub>4</sub> année <sup>-1</sup> )
------------------------------	--

### 7.3 N<sub>2</sub>O provenant du fumier

Les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du fumier devraient être calculées pour chaque type de volaille.

#### 7.3.1 Excrétion d'azote

$$N_{manure} = N_{excretion\_rate} * barn\_capacity \quad (6.5)$$

GIEC, 2006

$N_{excretion\_rate}$	Taux d'excrétion de N (kg tête <sup>-1</sup> année <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-29, par type de volaille)
$barn\_capacity$	Capacité du poulailler
$N_{manure}$	N dans le fumier (kg N année <sup>-1</sup> )

#### 7.3.2 Émissions de N<sub>2</sub>O

##### 7.3.2.1 Émission directe

$$N_2O - N_{directmanure} = N_{manure} * EF_{direct} \quad (6.6)$$

GIEC, 2006

$N_2O - N_{directmanure}$	Émission directe de N provenant du fumier (kg N <sub>2</sub> O-N année <sup>-1</sup> )
$N_{manure}$	N dans le fumier (kg N année <sup>-1</sup> )
$EF_{direct}$	Coefficient d'émission [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ] (Tableau A4-29, par type de volaille)

$$Total\_N_2O - N_{directmanure} = \sum_{allpoultry} N_2O - N_{directmanure} \quad (6.7)$$

$Total\_N_2O - N_{directmanure}$  Émissions directes totales de N provenant du fumier des volailles (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

##### 7.3.2.2 Émissions indirectes – volatilisation et lixiviation/ruissellement

$$N_2O - N_{volatilization} = N_{manure} * Frac_{volatilization} * EF_{volatilization} \quad (6.8)$$

GIEC, 2006

$N_2O - N_{volatilization}$	Émissions de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg N <sub>2</sub> O-N année <sup>-1</sup> )
$Frac_{volatilization}$	Fraction de volatilisation
$EF_{volatilization}$	Coefficient d'émission lié à la volatilisation [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]

Dans le logiciel Holos, la valeur  $Frac_{volatilization}$  est fixée à 0,4 et la valeur  $EF_{volatilization}$  à 0,01 (GIEC, 2006).

$$Total\_N_2O - N_{volatilization} = \sum_{allpoultry} N_2O - N_{volatilization} \quad (6.9)$$

$Total\_N_2O - N_{volatilization}$  Émissions totales de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier des volailles (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$N_2O - N_{leaching} = N_{manure} * Frac_{leach} * EF_{leaching} \quad (6.10)$$

GIEC, 2006

$N_2O - N_{leaching}$  Émissions de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$Frac_{leach}$  Fraction de lixiviation

$EF_{leaching}$  Coefficient d'émission lié à la lixiviation [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>]

Dans Holos, la valeur  $Frac_{leach}$  est fixée à 0 et la valeur  $EF_{leaching}$ , à 0,0075 (GIEC, 2006).

$$Total\_N_2O - N_{leaching} = \sum_{allpoultry} N_2O - N_{leaching} \quad (6.11)$$

$Total\_N_2O - N_{leaching}$  Émissions totales de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier des volailles (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O - N_{indirectmanure} = Total\_N_2O - N_{volatilization} + Total\_N_2O - N_{leaching} \quad (6.12)$$

$Total\_N_2O - N_{indirectmanure}$  Émissions indirectes totales de N provenant du fumier des volailles (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O - N_{manure} = Total\_N_2O - N_{directmanure} + Total\_N_2O - N_{indirectmanure} \quad (6.13)$$

$Total\_N_2O - N_{manure}$  Émissions totales de N provenant du fumier des volailles (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

### 7.3.2.3 Fumier (N) disponible aux fins d'épandage

**Pour le fumier des volailles provenant de systèmes de manutention.**

$$N_{landmanure} = N_{manure} * [1 - (Frac_{volatilization} + Frac_{leach})] \quad (6.14)$$

GIEC, 2006

$N_{landmanure}$  Fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)

$$Scenario\_N_{landmanure} = \sum_{allpoultry} N_{landmanure} \quad (6.15)$$

$Scenario\_N_{landmanure}$  Scénarios de fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)

La valeur  $Scenario\_N_{landmanure}$  est insérée dans les équations servant à calculer les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol (équation (1.12)) et les équations servant à calculer les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de sources d'énergie (équation (9.21) ou (9.24)).

## 7.4 Conversion de N<sub>2</sub>O-N en N<sub>2</sub>O

$$Total\_N_2O_{directmanure} = Total\_N_2O-N_{directmanure} * \frac{44}{28} \quad (6.16)$$

*Total\_N<sub>2</sub>O<sub>directmanure</sub>* Émissions directes totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des volailles (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)  
*Total\_N<sub>2</sub>O-N<sub>directmanure</sub>* Émissions directes totales de N provenant du fumier des volailles (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)  
 44/28 Conversion de N<sub>2</sub>O-N en N<sub>2</sub>O

$$Total\_N_2O_{indirectmanure} = Total\_N_2O-N_{indirectmanure} * \frac{44}{28} \quad (6.17)$$

*Total\_N<sub>2</sub>O<sub>indirectmanure</sub>* Émissions indirectes totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des volailles (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)  
*Total\_N<sub>2</sub>O-N<sub>indirectmanure</sub>* Émissions indirectes totales de N provenant du fumier des volailles (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O_{manure} = Total\_N_2O-N_{manure} * \frac{44}{28} \quad (6.18)$$

*Total\_N<sub>2</sub>O<sub>manure</sub>* Émissions totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des volailles (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)  
*Total\_N<sub>2</sub>O-N<sub>manure</sub>* Émissions totales de N provenant du fumier des volailles (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

**Tableau A4-29. Taux d'émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O des volailles.**

Type de volaille	<i>CH<sub>4</sub>enteric_rate</i> (kg tête <sup>-1</sup> année <sup>-1</sup> )	<i>CH<sub>4</sub>manure_rate</i> (kg tête <sup>-1</sup> année <sup>-1</sup> )	<i>Nexcretion_rate</i> (kg tête <sup>-1</sup> année <sup>-1</sup> )	<i>EF<sub>direct</sub></i> [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]
Pondeuses (fumier sec)	0	0.03	0.55	0.001
Pondeuses (fumier humide)	0	1.20	0.55	0.001
Poulets à griller	0	0.02	0.36	0.001
Dindons	0	0.09	1.84	0.001
Canards et oies*	0	0.02	0.82	0.001

GIEC, 2006.

\*Les oies ont été ajoutées à cette catégorie.

## 8 Émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O attribuables à d'autres animaux

### 8.1 CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique

Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique devraient être calculées pour chaque type d'animal.

$$CH_{4\text{enteric}} = CH_{4\text{enteric\_rate}} * \#animals \quad (7.1)$$

GIEC, 2006

*CH<sub>4enteric\_rate</sub>* Taux d'émission de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg tête<sup>-1</sup> année<sup>-1</sup>) (Tableau A4-30, par type d'animal)  
*#animals* Nombre d'animaux  
*CH<sub>4enteric</sub>* Émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique (kg CH<sub>4</sub> année<sup>-1</sup>)

$$Total\_CH_{4\text{enteric}} = \sum_{\text{allanimals}} CH_{4\text{enteric}} \quad (7.2)$$

*Total\\_CH<sub>4enteric</sub>* Émissions totales de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique d'autres animaux (kg CH<sub>4</sub> année<sup>-1</sup>)

### 8.2 CH<sub>4</sub> provenant du fumier

$$CH_{4\text{manure}} = CH_{4\text{manure\_rate}} * \#animals \quad (7.3)$$

GIEC, 2006

*CH<sub>4manure\_rate</sub>* Taux d'émission de CH<sub>4</sub> provenant du fumier (kg tête<sup>-1</sup> année<sup>-1</sup>) (Tableau A4-30, par type d'animal)  
*#animals* Nombre d'animaux  
*CH<sub>4manure</sub>* Émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier (kg CH<sub>4</sub> année<sup>-1</sup>)

$$Total\_CH_{4\text{manure}} = \sum_{\text{allanimals}} CH_{4\text{manure}} \quad (7.4)$$

*Total\\_CH<sub>4manure</sub>* Émissions totales de CH<sub>4</sub> provenant du fumier d'autres animaux (kg CH<sub>4</sub> année<sup>-1</sup>)

### 8.3 N<sub>2</sub>O provenant du fumier

Les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du fumier devraient être calculées pour chaque type d'animal.

#### 8.3.1 Excrétion d'azote

$$N_{manure} = N_{excretion\_rate} * \#animals \quad (7.5)$$

GIEC, 2006

$N_{excretion\_rate}$	Taux d'excrétion de N (kg tête <sup>-1</sup> année <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-30, par type d'animal)
$\#animals$	Nombre d'animaux
$N_{manure}$	N provenant du fumier (kg N année <sup>-1</sup> )

#### 8.3.2 Émissions de N<sub>2</sub>O

##### 8.3.2.1 Émissions directes

$$N_2O - N_{directmanure} = N_{manure} * EF_{direct} \quad (7.6)$$

GIEC, 2006

$N_2O - N_{directmanure}$	Émissions directes de N provenant du fumier (kg N <sub>2</sub> O-N année <sup>-1</sup> )
$N_{manure}$	N provenant du fumier (kg N année <sup>-1</sup> )
$EF_{direct}$	Coefficient d'émission [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ] (Tableau A4-30, par type d'animal)

$$Total\_N_2O - N_{directmanure} = \sum_{allanimals} N_2O - N_{directmanure} \quad (7.7)$$

$Total\_N_2O - N_{directmanure}$	Émissions directes totales de N provenant du fumier d'autres animaux (kg N <sub>2</sub> O-N année <sup>-1</sup> )
----------------------------------	---

##### 8.3.2.2 Émissions indirectes – volatilisation et lixiviation/ruissellement

$$N_2O - N_{volatilization} = N_{manure} * Frac_{volatilization} * EF_{volatilization} \quad (7.8)$$

GIEC, 2006

$N_2O - N_{volatilization}$	Émissions de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier (kg N <sub>2</sub> O-N année <sup>-1</sup> )
$Frac_{volatilization}$	Fraction de volatilisation
$EF_{volatilization}$	Coefficient d'émission lié à la volatilisation [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]

Dans Holos, les valeurs  $Frac_{volatilization}$  et  $EF_{volatilization}$ , sont fixées à 0,2 et à 0,01, respectivement (GIEC, 2006).

$$Total\_N_2O - N_{volatilization} = \sum_{allanimals} N_2O - N_{volatilization} \quad (7.9)$$

$Total\_N_2O - N_{volatilization}$	Émissions totales de N attribuables à la volatilisation de l'ammoniac du fumier d'autres animaux (kg N <sub>2</sub> O-N année <sup>-1</sup> )
------------------------------------	---

$$N_2O - N_{leaching} = N_{manure} * Frac_{leach} * EF_{leaching} \quad (7.10)$$

GIEC, 2006

$N_2O - N_{leaching}$  Émissions de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$Frac_{leach}$  Fraction de lixiviation – calculée au moyen de l'équation (1.22) qui sert à calculer les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol.

$EF_{leaching}$  Coefficient d'émission lié à la lixiviation [kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>]

Dans Holos, la valeur  $EF_{leaching}$  est fixée à 0,0075 (GIEC, 2006). Puisque le fumier de tous les autres animaux est déposé dans le pâturage, la valeur  $Frac_{leach}$  est calculée.

$$Total\_N_2O - N_{leaching} = \sum_{allanimals} N_2O - N_{leaching} \quad (7.11)$$

$Total\_N_2O - N_{leaching}$  Émissions totales de N attribuables à la lixiviation de l'azote du fumier des autres animaux (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O - N_{indirectmanure} = Total\_N_2O - N_{volatilization} + Total\_N_2O - N_{leaching} \quad (7.12)$$

$Total\_N_2O - N_{indirectmanure}$  Émissions indirectes totales de N provenant du fumier des autres animaux (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O - N_{manure} = Total\_N_2O - N_{directmanure} + Total\_N_2O - N_{indirectmanure} \quad (7.13)$$

$Total\_N_2O - N_{manure}$  Émissions totales de N provenant du fumier des autres animaux (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

### 8.3.2.3 Fumier (N) disponible aux fins d'épandage

$$Scenario\_N_{landmanure} = 0 \quad (7.14)$$

$Scenario\_N_{landmanure}$  Scénarios de fumier disponible aux fins d'épandage (kg N)

$Scenario\_N_{landmanure} = 0$  parce que le fumier se retrouve dans le pâturage!

## 8.4 Conversion de N<sub>2</sub>O-N en N<sub>2</sub>O

$$Total\_N_2O_{directmanure} = Total\_N_2O - N_{directmanure} * \frac{44}{28} \quad (7.15)$$

$Total\_N_2O_{directmanure}$  Émissions directes totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des autres animaux (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)

$Total\_N_2O - N_{directmanure}$  Émissions directes totales de N provenant du fumier des autres animaux (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

44/28 Conversion de N<sub>2</sub>O-N en N<sub>2</sub>O

$$Total\_N_2O_{indirectmanure} = Total\_N_2O - N_{indirectmanure} * \frac{44}{28} \quad (7.16)$$

*Total\_N2O<sub>indirectmanure</sub>* Émissions indirectes totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des autres animaux (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)

*Total\_N2O-N<sub>indirectmanure</sub>* Émissions indirectes totales de N provenant du fumier des autres animaux (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

$$Total\_N_2O_{manure} = Total\_N_2O - N_{manure} * \frac{44}{28} \quad (7.17)$$

*Total\_N2O<sub>manure</sub>* Émissions totales de N<sub>2</sub>O provenant du fumier des autres animaux (kg N<sub>2</sub>O année<sup>-1</sup>)

*Total\_N2O-N<sub>manure</sub>* Émissions totales de N provenant du fumier des autres animaux (kg N<sub>2</sub>O-N année<sup>-1</sup>)

**Tableau A4-30. Taux d'émission de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O des autres animaux.**

Type d'animal	<i>CH<sub>4</sub>enteric_rate</i> (kg tête <sup>-1</sup> année <sup>-1</sup> )	<i>CH<sub>4</sub>manure_rate</i> (kg tête <sup>-1</sup> année <sup>-1</sup> )	<i>Nexcretion_rate</i> (kg tête <sup>-1</sup> année <sup>-1</sup> )	<i>EF<sub>direct</sub></i> [kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> ]
Chèvres	5	0,13	6,6	0,01
Lamas et alpacas	8	0,19§	10,0§	0,01
Cerfs et wapitis*	20	0,22	18,4§	0,01
Chevaux	18	1,56	60,2	0,01
Mules	10	0,76	26,8	0,01
BisonsH	53	1	69,2	0,02

GIEC, 2006.

\*Les wapitis ont été ajoutés à cette catégorie.

H Les valeurs déterminées pour les « autres bovins » ont été utilisées (avec un poids moyen de 612 kg).

§ Ces valeurs ont été estimées à la suggestion du GIEC, 2006, Section 10.2.

## 9 Stockage de carbone au moyen de brise-vent et de plantations d'arbres linéaires

### 9.1 Stockage de carbone dans la biomasse ligneuse – conifères et feuillus

Pour les arbres de plus de deux ans (autrement  $C_{tree} = 0$ ).

$$C_{tree} = [a * (age - 2)]^b \quad (8.1)$$

Kort et Turnock, 1998

$C_{tree}$	Accumulation annuelle de C par arbre (kg C année <sup>-1</sup> )
$a$	Coefficient a (Tableau A4-31, par type de sol, espèce d'arbre)
$b$	Coefficient b (Tableau A4-31, par type de sol, espèce d'arbre)
$age$	Âge du brise-vent (années)

$$C_{planting} = C_{tree} * \frac{length}{planting\_space} * \#rows \quad (8.2)$$

Kort et Turnock, 1998

$C_{planting}$	Accumulation annuelle de C par plantation linéaire (kg C année <sup>-1</sup> )
$length$	Longueur de la rangée (m)
$planting\_space$	Distance de plantation (Tableau A4-31, par espèce d'arbre)
$\#rows$	Nombre de rangées

### 9.2 Stockage de carbone dans la biomasse ligneuse – caragancier

Pour les arbres de plus de deux ans (autrement  $CO_2 - C_{tree} = 0$ ).

$$C_{tree} = [a * (age)]^b \quad (8.3)$$

Kort et Turnock, 1998

$C_{tree}$	Accumulation annuelle de C par arbre (kg C année <sup>-1</sup> )
$a$	Coefficient a (Tableau A4-31, par type de sol, espèce d'arbre)
$b$	Coefficient b (Tableau A4-31, par type de sol, espèce d'arbre)
$age$	Âge du brise-vent (années)

$$C_{planting} = C_{tree} * \frac{length}{10} * \#rows \quad (8.4)$$

Kort et Turnock, 1998

$C_{planting}$	Accumulation annuelle de C par plantation linéaire (kg C année <sup>-1</sup> )
$length$	Longueur de la rangée (m)
$\#rows$	Nombre de rangées

### 9.3 Accumulation totale de carbone dans les brise-vent/plantations d'arbres linéaires

$$Total\_C_{shelterbelt} = \sum_{allplantings} C_{planting} \quad (8.5)$$

$Total\_C_{shelterbelt}$  Accumulation annuelle totale de C dans les plantations d'arbres linéaires/brise-vent (kg C année<sup>-1</sup>)  
 $C_{planting}$  Accumulation annuelle de C par plantation linéaire (kg C année<sup>-1</sup>)

### 9.4 Conversion de C en CO<sub>2</sub> et en émission

$$Total\_CO_{2shelterbelt} = Total\_C_{shelterbelt} * \frac{44}{12} * -1 \quad (8.6)$$

$Total\_CO_{2shelterbelt}$  Émissions totales de CO<sub>2</sub> provenant des plantations d'arbres/brise-vent (kg CO<sub>2</sub> année<sup>-1</sup>)  
 $Total\_C_{shelterbelt}$  Accumulation annuelle totale de C dans les brise-vent (kg C année<sup>-1</sup>)  
 44/12 Conversion de C en CO<sub>2</sub>

La multiplication par -1 permet de convertir le résultat en une émission. (Une valeur positive correspond à une émission, tandis qu'une valeur négative indique une séquestration.)

**Tableau A4-31. Coefficients d'accumulation annuelle de carbone de différentes espèces d'arbres utilisées dans les brise-vent.**

Espèces	Tchernoziom brun		Tchernoziom brun foncé		Tchernoziom noir et sol de l'Est du Canada <sup>H</sup>		Planting_ space (m)
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	
Frêne vert	0,5218	0,2932	0,7284	0,2932	1,1391	0,2932	2,5
Érable du Manitoba	0,0916	1,0568	0,0654	1,0568	0,1177	1,0568	2,5
Peuplier	0,2089	0,9651	0,3232	0,9651	0,7679	0,9651	2,5
Orme de Sibérie	1,6595	0,2551	2,0672	0,2551	2,6801	0,2551	2,5
Épinette du Colorado	0,8193	0,4560	0,9950	0,4560	1,0394	0,4560	3,5
Épinette blanche	0,1633	0,8970	0,1345	0,8970	0,2318	0,8960	3,5
Pin sylvestre	0,2266	0,6716	0,2895	0,6716	0,3159	0,6716	3,5
Caraganier*	0,4017	0,6446	0,4511	0,6446	0,5987	0,6446	s. o.

Kort et Turnock, 1998.

\*L'accumulation annuelle de carbone d'un brise-vent linéaire est exprimée en kg 10m<sup>-1</sup> (c.-à-d. l'ensemble de la biomasse aérienne a été réparti en section d'une longueur de 10 m).

<sup>H</sup>Pour les endroits situés dans l'Est du Canada, les coefficients de la zone de tchernoziom noir ont été utilisés.

## 10 Émissions de CO<sub>2</sub> associées à la consommation d'énergie

### 10.1 Émissions attribuables aux pratiques culturales

Ces équations servent à calculer les émissions attribuables à l'utilisation de carburants. Utilisez les équations (9.1) à (9.3) dans le cas des terres cultivées, y compris les cultures annuelles et les plantes fourragères vivaces, et l'équation (9.4) dans le cas des terres en jachère.

#### 10.1.1 Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à l'utilisation de carburants

##### 10.1.1.1 Terres cultivées

Pour l'Ouest du Canada seulement :

$$Total\_CO_{2cropfuel} = E_{fuel} * area_{crop} * 75 \quad (9.1)$$

$Total\_CO_{2cropfuel}$	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à l'utilisation de carburants dans le cadre des pratiques culturales (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$E_{fuel}$	Énergie produite par l'utilisation de carburants (GJ ha <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-32, par région, type de sol, travail du sol, type de culture (dans l'Ouest canadien, on utilise les « cultures », alors que dans l'Est, on utilise les types de culture décrits au Tableau A4-33))
$area_{crop}$	Superficie des cultures (ha) (comprend les cultures annuelles et les plantes fourragères vivaces)
75	Conversion des GJ de diesel en kg CO <sub>2</sub> (Rapport d'inventaire national 1990-2005, Bioenergy Feedstock Information Network)

Pour l'Est du Canada seulement :

$$CO_{2cropfuel} = E_{fuel} * area_{crop} * 75 \quad (9.2)$$

$CO_{2cropfuel}$	Émissions de CO <sub>2</sub> attribuables à l'utilisation de carburants dans le cadre des pratiques culturales (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
------------------	--

$$Total\_CO_{2cropfuel} = \sum_{allcrops} CO_{2cropfuel} \quad (9.3)$$

##### 10.1.1.2 Terres en jachère

Pour l'Ouest canadien (terre en jachère) seulement :

$$Total\_CO_{2fallowfuel} = E_{fuel} * area_{fallow} * 75 \quad (9.4)$$

$Total\_CO_{2fallowfuel}$	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à l'utilisation de carburants pour la mise en jachère (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$E_{fuel}$	Énergie dégagée par l'utilisation de carburants (GJ ha <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-32, par région, type de sol, travail du sol, « jachère » à titre de type de culture)
$area_{fallow}$	Superficie des terres en jachère (ha)

## 10.1.2 Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à la production d'herbicides

Ces équations permettent de calculer les émissions attribuables à la production d'herbicides. Utilisez les équations (9.5) à (9.7) dans le cas des terres cultivées, incluant les cultures annuelles et les plantes fourragères vivaces, et l'équation (9.8) pour les terres mises en jachère.

### 10.1.2.1 Terres cultivées

Pour l'Ouest canadien seulement :

$$Total\_CO_{2cropherbicide} = E_{herbicide} * area_{crop} * 5.8 \quad (9.5)$$

$Total\_CO_{2cropherbicide}$	Émissions totales CO <sub>2</sub> attribuables à la production d'herbicides utilisés pour les cultures (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$E_{herbicide}$	Énergie consommée pour la production d'herbicides (GJ ha <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-32, par région, type de sol, travail du sol, type de culture (dans l'Ouest canadien, on utilise les « cultures », alors que dans l'Est du Canada, on utilise les types de culture décrits au Tableau A4-33))
5.8	Conversion des GJ consommés pour produire des herbicides en kg CO <sub>2</sub> (Dyer et Desjardins, 2007)

Pour l'Est du Canada seulement :

$$CO_{2cropherbicide} = E_{herbicide} * area_{crop} * 5.8 \quad (9.6)$$

$CO_{2cropherbicide}$	Émissions de CO <sub>2</sub> attribuables à la production d'herbicides utilisés pour les cultures (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
-----------------------	---

$$Total\_CO_{2cropherbicide} = \sum_{allcrops} CO_{2cropherbicide} \quad (9.7)$$

### 10.1.2.2 Terres en jachère

Pour l'Ouest canadien (terre en jachère) seulement :

$$Total\_CO_{2fallowherbicide} = E_{herbicide} * area_{fallow} * 5.8 \quad (9.8)$$

$Total\_CO_{2fallowherbicide}$	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à la production d'herbicides utilisés sur les terres en jachère (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$E_{herbicide}$	Énergie consommée pour la production d'herbicides (GJ ha <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-32, par région, type de sol, travail du sol, « jachère » à titre de type de culture)

### 10.1.3 Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à la production d'engrais azotés et phosphorés

Ces équations permettent de calculer les émissions attribuables à la production d'engrais azotés et phosphorés. Utilisez ces équations pour chaque culture fertilisée, incluant les cultures annuelles, les plantes fourragères vivaces et les pâturages améliorés.

#### 10.1.3.1 Production d'engrais azotés

$$CO_{2Nfertilizer} = N\_fert\_applied * area * 3.59 \quad (9.9)$$

$CO_{2Nfertilizer}$	Émissions de CO <sub>2</sub> attribuables à la production d'engrais azotés (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$N\_fert\_applied$	Engrais azoté épandu (kg ha <sup>-1</sup> )
$area$	Superficie des cultures fertilisées (ha) (comprend les cultures annuelles et les plantes fourragères vivaces et les pâturages améliorés s'ils sont fertilisés)
3.59	Conversion des kg d'engrais azotés produits en kg CO <sub>2</sub> (Nagy, 2000)

$$Total\_CO_{2Nfertilizer} = \sum_{allcrops} CO_{2Nfertilizer} \quad (9.10)$$

$Total\_CO_{2Nfertilizer}$	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à la production d'engrais azotés (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
----------------------------	--

#### 10.1.3.2 Production d'engrais phosphorés

$$CO_{2Pfertilizer} = P_2O_{5rate} * area * 0.5699 \quad (9.11)$$

$CO_{2Pfertilizer}$	Émissions de CO <sub>2</sub> attribuables à la production d'engrais phosphorés (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$P_2O_{5rate}$	Taux de fertilisation phosphorée (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg ha <sup>-1</sup> )
0.5699	Conversion des kg d'engrais phosphorés (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) produits en kg CO <sub>2</sub> (Nagy, 2000)

$$Total\_CO_{2Pfertilizer} = \sum_{allcrops} CO_{2Pfertilizer} \quad (9.12)$$

$Total\_CO_{2Pfertilizer}$	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à la production d'engrais phosphorés (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
----------------------------	---

### 10.1.4 Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à l'irrigation

Cette équation permet de calculer les émissions attribuables au recours à l'irrigation.

$$Total\_CO_{2irrigation} = area * 370 \quad (9.13)$$

$Total\_CO_{2irrigation}$	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à l'irrigation (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$area$	Superficie des cultures irriguées (ha) (comprend les cultures annuelles et les plantes fourragères vivaces et les pâturages améliorés s'ils sont fertilisés)
370	Conversion de la superficie des terres irriguées en kg CO <sub>2</sub>

## 10.2 Émissions attribuables aux animaux d'élevage

### 10.2.1 Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables aux vaches laitières

Cette équation permet de calculer les émissions des exploitations laitières en se fondant sur le nombre de vaches laitières.

$$Total\_CO_{2dairy} = \#cows * 968 * 0.220 \quad (9.14)$$

<i>Total_CO<sub>2dairy</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables aux exploitations laitières (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>#cows</i>	Nombre de vaches laitières
968	kWh d'électricité par vache laitière par année (Vergé et coll., 2007)
0.220	Conversion des kWh d'électricité en kg d'émissions de CO <sub>2</sub> (Rapport d'inventaire national 1990-2005)

### 10.2.2 Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables aux porcs

Cette équation permet d'utiliser les émissions des exploitations porcines en se fondant sur le nombre de truies et de verrats ou de porcs en phase de démarrage ou de finition, selon le scénario.

**Nombre de porcs dans le scénario 1 - Naissage-finition et le scénario 2 - Naissage-sevrage :**

$$\#pigs = \#sows + \#boars \quad (9.15)$$

**Nombre de porcs dans le scénario 3 - Activités de finition :**

$$\#pigs = \#finishers \quad (9.16)$$

**Nombre de porcs dans le scénario 4 - Activités de nourricerie :**

$$\#pigs = \#starters \quad (9.17)$$

<i>#pigs</i>	Nombre de porcs
<i>#sows</i>	Nombre de truies
<i>#boars</i>	Nombre de verrats
<i>#finishers</i>	Nombre de porcs en phase de finition
<i>#starters</i>	Nombre de porcs en phase de démarrage

$$Total\_CO_{2swine} = \#pigs * 1.06 * 0.220 \quad (9.18)$$

<i>Total_CO<sub>2swine</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables aux exploitations porcines (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
1.06	kWh d'électricité par porc par année (Dyer et Desjardins, 2006)
0.220	Conversion des kWh d'électricité en kg d'émissions de CO <sub>2</sub> (Rapport d'inventaire national 1990-2005)

### 10.2.3 Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables aux volailles

Cette équation permet de calculer les émissions attribuables aux volailles en se fondant sur la capacité du poulailler.

$$Total\_CO_{2poultry} = barn\_capacity * 2.88 * 0.220 \quad (9.19)$$

<i>Total_CO<sub>2poultry</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables aux exploitations d'élevage de volailles (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>barn_capacity</i>	Capacité du poulailler
2.88	kWh d'électricité par placement de volailles par année (Dyer et Desjardins, 2006)
0.220	Conversion des kWh d'électricité en kg d'émissions de CO <sub>2</sub> (Rapport d'inventaire national)

### 10.2.4 Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables aux bovins élevés en étable

Cette équation permet de calculer les émissions attribuables aux bovins élevés en étable en se fondant sur le nombre de bovins.

$$Total\_CO_{2housedbeef} = \#cattle * 65.7 * 0.220 \quad (9.20)$$

<i>Total_CO<sub>2housedbeef</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables aux exploitations d'élevage de bovins en étable (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>\#cattle</i>	Nombre de bovins élevés en étable
65.7	kWh d'électricité par bovin par année (Dyer et Desjardins, 2006)
0.220	Conversion des kWh d'électricité en kg d'émissions de CO <sub>2</sub> (Rapport d'inventaire national 1990-2005)

## 10.3 Émissions attribuables à l'épandage de fumier

### 10.3.1 Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à l'épandage de fumier

Ces équations permettent de calculer les émissions associées aux carburants utilisés pour épandre le fumier.

#### 10.3.1.1 Pour l'épandage de fumier liquide

$$Volume_{manure} = \frac{Scenario\_N_{landmanure}(liquid)}{N\_concentration} \quad (9.21)$$

<i>Volume<sub>manure</sub></i>	Volume de fumier liquide (1000 litres)
<i>Scenario_N<sub>landmanure</sub>(liquid)</i>	Quantité totale de N provenant du fumier <b>liquide</b> épandu (dans chaque scénario – bovins laitiers, porcs et volailles) (kg N) (provenant des équations (4.56), (5.26) et/ou (6.15))
<i>N_concentration</i>	Concentration de N du fumier liquide selon le type d'animal (kg N 1000 litre <sup>-1</sup> ) (Tableau A4-34, par type d'animal)

$$CO_{2liquidmanure} = Volume_{manure} * 0.0248 * 75 \quad (9.22)$$

$CO_{2liquidmanure}$  Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à l'épandage de fumier liquide (kg CO<sub>2</sub> année<sup>-1</sup>)  
 0.0248 GJ d'énergie par 1000 litres de fumier liquide épandu (M. Wiens, projet de La Broquerie, Université du Manitoba, communications personnelles)  
 75 Conversion des GJ de diesel en kg CO<sub>2</sub> (Rapport d'inventaire national 1990-2005, Bioenergy Feedstock Information Network)

$$Total\_CO_{2liquidmanure} = \sum_{all\ animals} CO_{2liquidmanure} \quad (9.23)$$

$Total\_CO_{2liquidmanure}$  Émissions totales de CO<sub>2</sub> attribuables à l'épandage de fumier liquide (kg CO<sub>2</sub> année<sup>-1</sup>)

### 10.3.1.2 Pour l'épandage de fumier solide

$$Volume_{manure} = \frac{Scenario\_N_{landmanure}(solid)}{N\_concentration} \quad (9.24)$$

$Volume_{manure}$  Volume de fumier solide (litres)  
 $Scenario\_N_{landmanure}(solid)$  Quantité totale de N provenant du fumier **solide** épandu (dans chaque scénario – bovins de boucherie, bovins laitiers, porcs, moutons et volailles) (kg N) (provenant des équations (3.62), (4.56), (5.26), (5.64) et/ou (6.15))  
 $N\_concentration$  Concentration de N du fumier solide selon le type d'animal (kg litre<sup>-1</sup>) (Tableau A4-35, par type d'animal)

$$CO_{2solidmanure} = Volume_{manure} * 0.0248 * 75 \quad (9.25)$$

$CO_{2solidmanure}$  Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à l'épandage du fumier solide (kg CO<sub>2</sub> année<sup>-1</sup>)

$$Total\_CO_{2solidmanure} = \sum_{all\ animals} CO_{2solidmanure} \quad (9.26)$$

$Total\_CO_{2solidmanure}$  Émissions totales de CO<sub>2</sub> attribuables à l'épandage du fumier solide (kg CO<sub>2</sub> année<sup>-1</sup>)

## 10.4 Émissions totales

$$\begin{aligned}
 Total\_CO_{2energy} = & \\
 Total\_CO_{2cropfuel} + Total\_CO_{2fallowfuel} + Total\_CO_{2cropherbicide} + Total\_CO_{2fallowherbicide} + Total\_CO_{2Nfertilizer} + & \\
 Total\_CO_{2Pfertilizer} + Total\_CO_{2irrigation} + Total\_CO_{2dairy} + Total\_CO_{2swine} + Total\_CO_{2poultry} + & \\
 Total\_CO_{2housedbeef} + Total\_CO_{2liquidmanure} + Total\_CO_{2solidmanure} &
 \end{aligned} \tag{9.27}$$

<i>Total_CO<sub>2energy</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> associées à la consommation d'énergie (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2cropfuel</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à l'utilisation de carburants dans le cadre des pratiques culturales (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2fallowfuel</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à l'utilisation de carburants dans le cadre de la mise en jachère (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2cropherbicide</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à la production d'herbicides aux fins de cultures (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2fallowherbicide</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à la production d'herbicides utilisés sur les terres en jachère (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2Nfertilizer</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à la production d'engrais azotés (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2Pfertilizer</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à la production d'engrais phosphorés (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2irrigation</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à l'irrigation (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2dairy</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables aux exploitations laitières (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2swine</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables aux exploitations porcines (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2poultry</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables aux exploitations d'élevage de volailles (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2housedbeef</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables aux exploitations d'élevage de bovins en étable (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2liquidmanure</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à l'épandage de fumier liquide (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
<i>Total_CO<sub>2solidmanure</sub></i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables à l'épandage de fumier solide (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )

**Tableau A4-32. Estimations des besoins énergétiques dans les systèmes de cultures courants, pour les différentes régions du Canada.**

Région*	Type de sol	Intensité du travail du sol	Type de cultureH	$E_{fuel}$ (GJ ha <sup>-1</sup> )	$E_{herbicide}$ (GJ ha <sup>-1</sup> )
Ouest du Canada	Brun	Intensif	Culture	2,02	0,16
Ouest du Canada	Brun	Intensif	Jachère	1,62	0
Ouest du Canada	Brun	Réduit	Culture	1,78	0,23
Ouest du Canada	Brun	Réduit	Jachère	1,16	0,07
Ouest du Canada	Brun	Aucun travail	Culture	1,42	0,46
Ouest du Canada	Brun	Aucun travail	Jachère	0,34	0,78
Ouest du Canada	Brun foncé	Intensif	Culture	2,02	0,16
Ouest du Canada	Brun foncé	Intensif	Jachère	1,62	0
Ouest du Canada	Brun foncé	Réduit	Culture	1,78	0,23
Ouest du Canada	Brun foncé	Réduit	Jachère	1,16	0,07
Ouest du Canada	Brun foncé	Aucun travail	Culture	1,42	0,46
Ouest du Canada	Brun foncé	Aucun travail	Jachère	0,34	0,78
Ouest du Canada	Noir	Intensif	Culture	2,63	0,16
Ouest du Canada	Noir	Intensif	Jachère	2,35	0,06
Ouest du Canada	Noir	Réduit	Culture	2,39	0,23
Ouest du Canada	Noir	Réduit	Jachère	1,71	0,11
Ouest du Canada	Noir	Aucun travail	Culture	1,43	0,46
Ouest du Canada	Noir	Aucun travail	Jachère	0,93	0,6
Est du Canada	Sol de l'Est du Canada	Intensif	Type 1	3,29	0,08
Est du Canada	Sol de l'Est du Canada	Intensif	Type 2	3,11	0,08
Est du Canada	Sol de l'Est du Canada	Intensif	Type 3	2,83	0,16
Est du Canada	Sol de l'Est du Canada	Intensif	Type 4	0,81	0
Est du Canada	Sol de l'Est du Canada	Réduit	Type 1	2,30	0,12
Est du Canada	Sol de l'Est du Canada	Réduit	Type 2	2,13	0,12

Région*	Type de sol	Intensité du travail du sol	Type de culture <sup>H</sup>	$E_{fuel}$ (GJ ha <sup>-1</sup> )	$E_{herbicide}$ (GJ ha <sup>-1</sup> )
Est du Canada	Sol de l'Est du Canada	Réduit	Type 3	1,80	0,24
Est du Canada	Sol de l'Est du Canada	Réduit	Type 4	0,81	0
Est du Canada	Sol de l'Est du Canada	Aucun travail	Type 1	1,90	0,12
Est du Canada	Sol de l'Est du Canada	Aucun travail	Type 2	1,72	0,12
Est du Canada	Sol de l'Est du Canada	Aucun travail	Type 3	1,34	0,24
Est du Canada	Sol de l'Est du Canada	Aucun travail	Type 4	0,81	0

Ouest du Canada - Elwin Smith, communications personnelles.

Est du Canada - Jim Dyer, Farm Fieldwork and Fossil Fuel Energy and Emissions (F4E2) model ( $E_{fuel}$ ) ou Dyer et Desjardins, 2004 ( $E_{herbicide}$ )

\* L'Ouest du Canada comprend les provinces suivantes : C.-B., AB, SK, MB. L'Est du Canada comprend les provinces suivantes : ON, QC, N.-B., N.-É., Î.-P.-É., T.-N.

<sup>H</sup> Utilisez le Tableau A4-33 pour déterminer le type de culture dans l'Est du Canada.

**Tableau A4-33. Tableau des types de culture pour l'Est du Canada, utilisés pour déterminer les valeurs  $E_{fuel}$  et  $E_{herbicide}$ .**

Culture	Type de culture
Orge	3
Sarrasin	3
Graine à canaris	3
Canola	3
Pois chiches	2
Féverole à petits grains colorée, blanche	2
Pois secs	2
Graines de lin	3
Maïs fourrager	1
Maïs-grain	1
Foin et graines fourragères	4
Foin – herbe	4
Foin – légumineuses	4
Foin – mélangé	4
Lentilles	2
Céréales	3
Graines de moutarde	3
Avoine	3
Pommes de terre	1
Seigle	3
Carthame	3
Soja	2
Blé de printemps, blé dur	3
Graines de tournesol	3
Triticale	3
Blé d'hiver	3

**Tableau A4-34. Concentrations d'azote du fumier liquide.**

Type d'animal	$N_{concentration}$ (kg N 1000 litre <sup>-1</sup> )
Porc	3,5
Bovin laitier	3,4
Volaille	6,0

*Loi sur les pratiques relatives aux opérations agricoles* (2001) citée dans Ormann, 2005 et dans les *Tri-Provincial Manure Application and Use Guidelines*, 2004.

**Tableau A4-35. Concentrations d'azotes du fumier solide.**

Type d'animal	<i>N_concentration</i> (kg 1000 litre <sup>-1</sup> )
Porc	8,0
Bovin laitier	5,0
Volaille	24,1
Bovin de boucherie	10,0
Mouton	10,0

*Loi sur les pratiques relatives aux opérations agricoles* (2001) citée dans Ormann, 2005.

## 11 Sommations

Les équations suivantes font la somme des émissions provenant de toutes les sources et convertissent ces émissions en équivalents CO<sub>2</sub> (Mg) selon leur potentiel de réchauffement du globe (Tableau A4-36).

### 11.1 Émissions de N<sub>2</sub>O provenant du sol

Les émissions de N<sub>2</sub>O provenant du fumier épandu sont incluses ici.

#### 11.1.1 Émissions directes de N<sub>2</sub>O provenant du sol

$$N_2O_{directsoil}(CO_2eq) = \frac{N_2O_{directsoil} * 296}{1000} \quad (10.1)$$

$N_2O_{directsoil}(CO_2eq)$	Émissions directes de N <sub>2</sub> O provenant du sol (Mg d'éq. CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$N_2O_{directsoil}$	Émissions directes de N <sub>2</sub> O provenant du sol (kg N <sub>2</sub> O année <sup>-1</sup> ) (provenant de l'équation (1.29))
296	Facteur de conversion du potentiel de réchauffement du globe
1000	Conversion de kg à Mg

#### 11.1.2 Émissions indirectes de N<sub>2</sub>O provenant du sol

$$N_2O_{indirectsoil}(CO_2eq) = \frac{N_2O_{indirectsoil} * 296}{1000} \quad (10.2)$$

$N_2O_{indirectsoil}(CO_2eq)$	Émissions indirectes de N <sub>2</sub> O provenant du sol (Mg éq. CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$N_2O_{indirectsoil}$	Émissions indirectes de N <sub>2</sub> O provenant du sol (kg N <sub>2</sub> O année <sup>-1</sup> ) (provenant de l'équation (1.30))

### 11.2 Émissions de CO<sub>2</sub> provenant du sol

$$CO_{2soil}(CO_2eq) = \frac{CO_{2soil}}{1000} \quad (10.3)$$

$CO_{2soil}(CO_2eq)$	Émissions de CO <sub>2</sub> provenant du sol (Mg éq. CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$CO_{2soil}$	Émissions de CO <sub>2</sub> provenant du sol (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> ) (provenant de l'équation (2.17))
1000	Conversion de kg à Mg

### 11.3 Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables aux brise-vent et aux plantations linéaires

$$CO_{2shelterbelt}(CO_2eq) = \frac{Total\_CO_{2shelterbelt}}{1000} \quad (10.4)$$

$CO_{2shelterbelt}(CO_2eq)$	Émissions de CO <sub>2</sub> attribuables aux plantations d'arbres/brise-vent (Mg éq. CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$Total\_CO_{2shelterbelt}$	Émissions totales de CO <sub>2</sub> attribuables aux plantations d'arbres/brise-vent (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> ) (provenant de l'équation (8.6))
1000	Conversion de kg à Mg

### 11.4 Émissions de CO<sub>2</sub> associées à la consommation d'énergie

$$CO_{2energy}(CO_2eq) = \frac{Total\_CO_{2energy}}{1000} \quad (10.5)$$

$CO_{2energy}(CO_2eq)$	Émissions de CO <sub>2</sub> associées à la consommation d'énergie (Mg éq. CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$Total\_CO_{2energy}$	Émissions totales de CO <sub>2</sub> associées à la consommation d'énergie (kg CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> ) (provenant de l'équation (9.27))
1000	Conversion de kg à Mg

### 11.5 Émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique

$$CH_{4enteric}(CO_2eq) = \frac{\sum_{all\_livestock\_operations} Total\_CH_{4enteric} * 23}{1000} \quad (10.6)$$

$CH_{4enteric}(CO_2eq)$	Émissions de CH <sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique du bétail (Mg éq. CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$Total\_CH_{4enteric}$	Émissions totales de CH <sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique du bétail (kg CH <sub>4</sub> année <sup>-1</sup> ) (provenant des équations (3.55), (4.49), (5.19), (5.57), (6.2) et/ou (7.2))
23	Facteur de conversion du potentiel de réchauffement du globe
1000	Conversion de kg à Mg

### 11.6 Émissions de CH<sub>4</sub> provenant du fumier

$$CH_{4manure}(CO_2eq) = \frac{\sum_{all\_livestock\_operations} Total\_CH_{4manure} * 23}{1000} \quad (10.7)$$

$CH_{4manure}(CO_2eq)$	Émissions de CH <sub>4</sub> provenant du fumier du bétail (Mg éq. CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$Total\_CH_{4manure}$	Émissions totales de CH <sub>4</sub> provenant du fumier du bétail (kg CH <sub>4</sub> année <sup>-1</sup> ) (provenant des équations (3.56), (4.50), (5.20), (5.58), (6.4) et/ou (7.4))
23	Facteur de conversion du potentiel de réchauffement du globe
1000	Conversion de kg à Mg

## 11.7 Émissions de N<sub>2</sub>O provenant du fumier

### 11.7.1 Émissions directes de N<sub>2</sub>O provenant du fumier

$$N_2O_{directmanure}(CO_2eq) = \frac{\sum_{all\_livestock\_operations} Total\_N_2O_{directmanure} * 296}{1000} \quad (10.8)$$

$N_2O_{directmanure}(CO_2eq)$	Émissions directes de N <sub>2</sub> O provenant du fumier du bétail (Mg éq. CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$Total\_N_2O_{directmanure}$	Émissions directes totales de N <sub>2</sub> O provenant du fumier du bétail (kg N <sub>2</sub> O année <sup>-1</sup> ) (provenant des équations (3.63), (4.57), (5.27), (5.65), (6.16) et/ou (7.15))
296	Facteur de conversion du potentiel de réchauffement du globe
1000	Conversion de kg à Mg

### 11.7.2 Émissions indirectes de N<sub>2</sub>O provenant du fumier

$$N_2O_{indirectmanure}(CO_2eq) = \frac{\sum_{all\_livestock\_operations} Total\_N_2O_{indirectmanure} * 296}{1000} \quad (10.9)$$

$N_2O_{indirectmanure}(CO_2eq)$	Émissions indirectes de N <sub>2</sub> O provenant du fumier du bétail (Mg éq. CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$Total\_N_2O_{indirectmanure}$	Émissions indirectes totales de N <sub>2</sub> O provenant du fumier du bétail (kg N <sub>2</sub> O année <sup>-1</sup> ) (provenant des équations (3.64), (4.58), (5.28), (5.66), (6.17) et/ou (7.16))

## 11.8 Émissions indirectes de N<sub>2</sub>O – sol et fumier

$$N_2O_{indirect}(CO_2eq) = N_2O_{indirectsoil}(CO_2eq) + N_2O_{indirectmanure}(CO_2eq) \quad (10.10)$$

$N_2O_{indirect}(CO_2eq)$	Émissions indirectes de N <sub>2</sub> O provenant de la ferme (Mg éq. CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$N_2O_{indirectsoil}(CO_2eq)$	Émissions indirectes de N <sub>2</sub> O provenant du sol (Mg éq. CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )
$N_2O_{indirectmanure}(CO_2eq)$	Émissions indirectes de N <sub>2</sub> O provenant du fumier du bétail (Mg éq. CO <sub>2</sub> année <sup>-1</sup> )

## 11.9 Émissions totales par ferme

$$CO_{2eqfarm} = N_2O_{directsoil}(CO_{2eq}) + CO_{2soil}(CO_{2eq}) + CO_{2shelterbelt}(CO_{2eq}) + CO_{2energy}(CO_{2eq}) + CH_{4enteric}(CO_{2eq}) + CH_{4manure}(CO_{2eq}) + N_2O_{directmanure}(CO_{2eq}) + N_2O_{indirect}(CO_{2eq}) \quad (10.11)$$

$CO_{2eq}$	Émissions annuelles totales d'éq. $CO_2$ provenant de la ferme (Mg éq. $CO_2$ année <sup>-1</sup> )
$N_2O_{directsoil}(CO_{2eq})$	Émissions directes de $N_2O$ provenant du sol (Mg éq. $CO_2$ année <sup>-1</sup> )
$CO_{2soil}(CO_{2eq})$	Émissions de $CO_2$ provenant du sol (Mg éq. $CO_2$ année <sup>-1</sup> )
$CO_{2shelterbelt}(CO_{2eq})$	Émissions de $CO_2$ attribuables aux plantations d'arbres/brise-vent (Mg éq. $CO_2$ année <sup>-1</sup> )
$CO_{2energy}(CO_{2eq})$	Émissions de $CO_2$ associées à la consommation d'énergie (Mg éq. $CO_2$ année <sup>-1</sup> )
$CH_{4enteric}(CO_{2eq})$	Émissions de $CH_4$ attribuables à la fermentation entérique du bétail (Mg éq. $CO_2$ année <sup>-1</sup> )
$CH_{4manure}(CO_{2eq})$	Émissions de $CH_4$ provenant du fumier du bétail (Mg éq. $CO_2$ année <sup>-1</sup> )
$N_2O_{directmanure}(CO_{2eq})$	Émissions directes $N_2O$ provenant du fumier du bétail (Mg éq. $CO_2$ année <sup>-1</sup> )
$N_2O_{indirect}(CO_{2eq})$	Émissions indirectes de $N_2O$ provenant de la ferme (Mg éq. $CO_2$ année <sup>-1</sup> )

**Tableau A4-36. Potentiel de réchauffement du globe des émissions.**

Gaz à effet de serre	Facteur de conversion
$CO_2$	1
$CH_4$	23
$N_2O$	296

Ces facteurs de conversion sont les potentiels directs de réchauffement du globe (en fonction de la masse) relativement au potentiel de réchauffement du dioxyde de carbone (pour les gaz dont la durée de vie a été adéquatement caractérisée). L'horizon temporel est de 100 années (GIEC, 2006).

**Tableau A4-37. Facteurs de conversion de la masse atomique à la masse moléculaire.**

Conversion de :	À :	Multiplié par :
$CO_2$ -C	$CO_2$	44/12
$CH_4$ -C	$CH_4$	16/12
$N_2O$ -N	$N_2O$	44/28

Ces conversions ont été effectuées dans les équations précédentes.

## 12 Expression de l'incertitude

### 12.1 Incertitude associée à chaque catégorie d'émissions

L'incertitude associée à chacune des catégories d'émissions traitées dans le rapport de Holos (Tableau A4-38) a été évaluée en se fondant sur l'opinion de spécialistes. Un système de catégorisation a été élaboré et est présenté au Tableau A4-39.

### 12.2 Estimation de l'incertitude associée aux émissions nettes

Pour déterminer l'incertitude globale associée à l'estimation des émissions nettes de GES attribuables à un ensemble précis de conditions agricoles, l'équation suivante est utilisée.

$$Uncertainty = \frac{\left[ (A*a)^2 + (B*b)^2 + \dots \right]^{0.5}}{(A^2 + B^2 + \dots)^{0.5}} \quad (12.1)$$

<i>Uncertainty</i>	Incertitude associée à l'estimation des émissions nettes d'une ferme
<i>A</i>	Estimation des émissions pour chaque catégorie d'émissions (Mg d'éq CO <sub>2</sub> – calculée à la section Sommations, équations (10.1) à (10.10))
<i>a</i>	Estimation de l'incertitude (Tableau A4-39, par catégorie d'incertitude associée à la catégorie d'émissions et incertitude relative dans le Tableau A4-38)

**Tableau A4-38. Incertitude relative associée à chaque catégorie d'émissions.**

Catégorie d'émissions	Incertitude relative
Émissions directes N <sub>2</sub> O – sol	Élevée
CO <sub>2</sub> – sol	Moyenne
CH <sub>4</sub> – fermentation entérique	Faible
Émissions directes N <sub>2</sub> O – fumier	Moyenne
Émissions indirectes N <sub>2</sub> O – sol et fumier	Très élevée
CH <sub>4</sub> – fumier	Faible
CO <sub>2</sub> – Énergie	Moyenne
CO <sub>2</sub> – Plantation d'arbres linéaire	Faible

**Tableau A4-39. Catégories d'incertitude et estimations connexes.**

Incertitude relative	Incertitude	Estimation de l'incertitude « a »
Faible	± <20 p. 100	1
Moyenne	± <40 p. 100	2
Élevée	± <60 p. 100	3
Très élevée	± >60 p. 100	4

## 13 Références sur les équations

Bioenergy Feedstock Information Network (BFIN). Undated. Energy Conversion Factors. [en ligne]  
Source : [http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/energy\\_conv.html](http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/energy_conv.html) [consulté le 5 mai 2008].

Centre canadien d'information laitière - Agriculture et Agroalimentaire Canada, Production de lait par race, [en ligne]  
Source : [http://www.dairyinfo.gc.ca/francais/dff/dff\\_2/dff\\_2b\\_f.htm](http://www.dairyinfo.gc.ca/francais/dff/dff_2/dff_2b_f.htm) [consulté le 1<sup>er</sup> novembre 2007].

Dairy Farmers of Ontario Dairy cattle breeds. [en ligne]  
Source : <http://www.milk.org/Corporate/view.aspx?content=Students/DairyCattleBreeds>  
[consulté le 1 November 2007].

Dyer, J.A. et R.L. Desjardins (2004), *The Impact of Energy use in Canadian Agriculture on the Sector's Greenhouse Gas (GHG) Emissions*, Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada, rapport technique, 17 p.  
Source : <http://www.canren.gc.ca/re-farms/documents/elecPub.cfm>

Dyer, J.A. et R.L. Desjardins (2006), « An integrated index of electrical energy use in Canadian agriculture with implications for greenhouse gas emissions », *Biosystems Engineering*, vol. 95, n° 3, p. 449-460.

Dyer, J.A. et R.L. Desjardins (2007), « Energy based GHG emissions from Canadian agriculture », *Journal of the Energy Institute*, vol. 80, n° 2, p. 93-95.

GIEC (2006), Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre. Volume 4. Agriculture, foresterie et autres affectations des terres. Préparé par le Programme des inventaires nationaux des gaz à effet de serre, Eggleston, H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (éd.), IGES, Japon.  
Source : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>

*Greenhouse Gas System Pork Protocol: The Innovative Feeding of Swine and Storing and Spreading of Swine Manure* (version préliminaire) datée du 31 juillet 2006. Préparé par le groupe de travail technique sur le porc (GTTP), un sous-comité de l'Équipe nationale de quantification des compensations (ENQC).

Helgason, B.L., H.H. Janzen, D.A. Angers, M. Boehm, M. Bolinder, R.L. Desjardins, J. Dyer, B.H. Ellert, D.J. Gibb, E.G. Gregorich, R. Lemke, D. Massé, S.M. McGinn, T.A. McAllister, N. Newlands, E. Pattey, P. Rochette, W. Smith, A.J. VandenBygaart et H. Wang (2005), *GHGFarm : Instrument d'évaluation permettant d'estimer les émissions nettes de gaz à effet de serre des fermes canadiennes*, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Janzen, H.H., K.A. Beauchemin, Y. Bruinsma, C.A. Campbell, R.L. Desjardins, B.H. Ellert & E.G. Smith (2003), « The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates », *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 67, p. 85-102.

Janzen, H. H., D. A. Angers, M. Boehm, M. Bolinder, R. L. Desjardins, J. A. Dyer, B. H. Ellert, D. J. Gibb, E. G. Gregorich, B. L. Helgason, R. Lemke, D. Massé, S. M. McGinn, T. A. McAllister, N. Newlands, E. Pattey, P. Rochette, W. Smith, A. J. VandenBygaart, and H. Wang (2006), « A proposed approach to estimate and reduce net greenhouse gas emissions from whole farms », *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 86, p. 401-418.

Kort, J. et R. Turnock (1998), Accumulations annuelles de carbone dans les plantations agroforestières, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre des brise-vent de l'ARAP, Indian Head, Canada. 7 p.  
Source : <http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1199722936936&lang=f>

Marinier, M., K. Clark et C. Wagner-Riddle (2004), *Determining manure management practices for major domestic animals in Canada*, rapport final du Projet d'inventaire des gaz à effet de serre d'Environnement Canada, 30 p.

Marshall, I.B., P Schut et M. Ballard (compilateurs) (1999), *Cadre écologique national pour le Canada : Données d'attribut*, Direction de la qualité de l'environnement, Direction générale de la science des écosystèmes, Environnement Canada et la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa-Hull.  
Source : [http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/ecostrat/data\\_files.html](http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/ecostrat/data_files.html)

McConkey, B.G., D.A. Angers, M. Bentham, M. Boehm, T. Brierley, D. Cerkowniak, C. Liang, P. Collas, H. de Gooijer, R. Desjardins, S. Gameda, B. Grant, E. Huffman, J. Hutchinson, L. Hill, P. Krug, T. Martin, G. Patterson, P. Rochette, W. Smith, B. VandenBygaart, X. Vergé et D. Worth (2007), *Canadian Agricultural Greenhouse Gas Monitoring Accounting and Reporting System: Methodology and greenhouse gas estimates for agricultural land in the LULUCF sector for NIR 2006*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, Canada.

Nagy, C.N. (2000), *Energy and greenhouse gas emissions coefficients for inputs used in agriculture*, rapport présenté au Prairie Adaptation Research Collaborative, 11 p.

National Research Council (2000), *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000*, National Academy Press, Washington, É.-U.

National Research Council (2001), *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition: 2001*, National Academy Press, Washington, É.-U.

Ormann, T. (2005), *Manure Nutrient Value: Wisdom Gained from Experience in Southern Alberta*, comté de Lethbridge, Canada.  
Source : [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/epw8709?opendocument](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/epw8709?opendocument)

*Rapport d'inventaire national 1990-2005 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada* (2007), préparé par la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Gatineau, Canada. 611 p.  
Source : [http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory\\_report/2005\\_report/tm-toc\\_fra.cfm](http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory_report/2005_report/tm-toc_fra.cfm)

Rochette, P., D.E. Worth, R.L. Lemke, B.G. McConkey, D.J. Pennock, C. Wagner-Riddle and R.L. Desjardins (2008), « Estimation of N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils in Canada. I. Development of a country-specific methodology », *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 88, p. 641-654.

*Tri-Provincial Manure Application and Use Guidelines* (2004), préparé par le Prairie Province's Committee on Livestock Development and Manure Management.  
Source : [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/epw8709?opendocument](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/epw8709?opendocument)

Vergé, X., D. Worth, J. Hutchinson, R. Desjardins (2006), *Greenhouse gas emission from Canadian Agro-ecosystems*, n° de cat. AAFC-10181E, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, Canada, 38 p.

Vergé, X.P.C., J.A. Dyer, R.L. Desjardins, D. Worth (2007), « Greenhouse gas emissions from the Canadian dairy industry in 2001 », *Agricultural Systems*, vol. 94, p. 683-693.

