

**STRATÉGIES OPTIMALES DE GESTION DES DÉJECTIONS POUR DES FERMES
LAIITIÈRES QUÉBÉCOISES PRODUCTIVES ET FAIBLES ÉMETTRICES DE GES**

16-GES-04

DURÉE DU PROJET : 02-2017 / 02-2019

RAPPORT FINAL

Réalisé par :
Stéphane Godbout, IRDA
Sébastien Fournel, Université Laval
Édith Charbonneau, Université Laval
Simon Binggeli, Université Laval
Doris Pellerin, Université Laval
Jean-Michel Dion, Université Laval
Martin Chantigny, AAC

1^{ER} FÉVRIER 2019

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

TITRE DU PROJET : STRATÉGIES OPTIMALES DE GESTION DES DÉJECTIONS POUR DES FERMES LAITIÈRES QUÉBÉCOISES PRODUCTIVES ET FAIBLES ÉMETTRICES DE GES

NUMÉRO DU PROJET : 16-GES-04

RÉSUMÉ DU PROJET

Les méthodes de mitigation des émissions de gaz à effet de serre (GES) sont bien connues, mais peu utilisées au Québec. Le projet prévoyait donc cibler les stratégies de gestion des déjections à mettre en place (mode de stabulation, système de manutention, méthode d'atténuation des GES et type de litière) pour obtenir des entreprises laitières plus rentables et avec un impact environnemental moindre. Pour ce faire, le modèle N-CyCLES, qui permet d'analyser par simulation les répercussions économiques et environnementales d'un changement de pratiques au bâtiment, à l'entreposage ou au champ sur l'ensemble de la ferme, a été utilisé. Il a été déterminé que pour deux fermes représentatives de la Montérégie et du Bas-St-Laurent, une transition de la stabulation entravée en gestion solide (système traditionnel) vers la stabulation libre en gestion liquide (système en expansion) était viable sur les plans économique et environnemental. Ce changement d'aménagement n'impliquait en effet aucune baisse de profit (stable à 0,33 et 0,19 \$/kg_{lait}, respectivement) et réduisait les bilans d'azote (16,63 à 12,53 g/kg_{lait} et 15,00 à 11,77 g/kg_{lait}, respectivement), de phosphore (0,79 à 0,52 g/kg_{lait} et 1,88 à 1,41 g/kg_{lait}, respectivement) et de GES (1,87 à 1,78 kg_{CO2e}/kg_{lait} et 1,71 à 1,67 kg_{CO2e}/kg_{lait}, respectivement). L'implantation d'une couverture permanente et rigide sur la fosse et l'utilisation d'une litière de sable permettaient aussi d'améliorer le revenu net tout en atténuant les GES dans les deux régions (+15 à +122 \$/t_{CO2} sauvée). Ces résultats permettent aux producteurs laitiers québécois de connaître les stratégies de gestion des fumiers à implanter lors de la mise à niveau des infrastructures ou des pratiques agricoles.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

L'objectif du projet était de déterminer les stratégies de gestion des déjections à privilégier, en termes de mode de stabulation, de système de manutention, de méthode d'atténuation des GES et de type de litière, pour que les fermes laitières du Québec soient productives et à faible impact environnemental. Afin d'y arriver, une approche globale et intégrée par modélisation (N-CyCLES), qui prenait en compte les interactions entre les composantes végétales et animales d'une entreprise laitière, était nécessaire.

Sommairement, le modèle N-CyCLES évalue les bilans d'azote (N) et de phosphore (P) et la production de GES lorsque l'allocation des fumiers, le choix des rotations et la formulation des rations sont optimisées pour permettre d'obtenir le profit maximal d'une entreprise laitière sur litière de paille de céréales en stabulation entravée ou libre et en gestion solide ou liquide (figure A1). Le bénéfice net est calculé en soustrayant les dépenses aux revenus. Les bilans de N et de P sont la différence entre les importations (aliments et fertilisants achetés, fixation biologique et déposition atmosphérique) et les exportations (lait, animaux et cultures vendus). Les émissions de GES sont calculées à partir des équations d'estimation de l'Inventaire canadien des GES, qui suit le guide méthodologique du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Par contre, lorsque disponibles dans la littérature, des facteurs d'émission pour des stratégies spécifiques en lien avec le projet (e.g., mode de stabulation) ont été introduits dans le modèle pour accroître la précision (tableau B1).

L'équipe de travail a aussi recueilli des données technico-économiques et agronomiques de référence pour intégrer au modèle deux fermes représentatives de la Montérégie et du Bas-St-Laurent. Ces régions ont été sélectionnées étant donné leur forte concentration de fermes laitières et leur dissimilitude en termes de système de production (possibilité de cultiver ou non du maïs-grain). Les données répertoriées concernaient la description du cheptel, des revenus, des dépenses d'exploitation, de la composition de la ration, des intrants alimentaires, de la gestion des fumiers, des fertilisants et des choix de cultures et de rotations (tableaux B2 à B4). L'ensemble des informations a été assemblé à partir des résultats de deux projets des collaborateurs, soit d'Édith Charbonneau financée par le FRQNT-Novalait-MAPAQ et de Doris Pellerin financé par la Grappe de recherche laitière, en plus de la visite de 18 producteurs laitiers dans les deux régions et d'une revue des bases de données du MAPAQ, des Groupes conseils agricoles du Québec et de Valacta.

Une autre revue des méthodes de gestion des déjections au Québec a permis de définir les options de mitigation des GES (incorporation du fumier, séparation solide-liquide, compostage, couverture étanche sur la fosse et digestion anaérobie) et de litière (fumier recyclé, copeaux de bois, sable et paille de panic érigé) qui allaient être ajoutées au modèle. L'incorporation du fumier considérait l'utilisation d'un chisel (commun sur les fermes) pour introduire dans le sol les déjections moins de 24 h après l'application (coût additionnel d'opération de 1,87 \$/t de fumier épandue). La séparation solide-liquide considérait l'utilisation d'un séparateur mécanique (coût d'acquisition de 75 000 \$) et d'un composteur rotatif (coût d'acquisition de 75 000 \$) pour la production d'une litière de fumier recyclé (coût additionnel pour l'électricité de 0,02 \$/m³ de fumier et charge de travail supplémentaire considérée de 2 h/semaine) sous abri (coût de construction de 20 000 \$). Le compostage considérait un tas entreposé à l'extérieur qui était retourné à l'aide d'un tracteur muni d'un chargeur (charge de travail supplémentaire considérée de 5 h/semaine). La couverture de fosse considérait l'installation d'une structure permanente et rigide en bois (coût d'acquisition et d'installation de 50 000 \$). La digestion anaérobie considérait la dégradation du lisier dans une fosse recouverte d'une toile étanche ainsi que le traitement du gaz produit par biofiltration (coût d'acquisition et d'installation de 110 000 \$). Les litières de copeaux (0,27 \$/kg) et de sable (7 \$/t) étaient achetées de l'extérieur, alors que le panic érigé était cultivé à la ferme avec les équipements disponibles. Dans le cas de la litière de sable, une réduction du taux de réforme de 10 % a aussi été considérée.

La version bonifiée de N-CyCLES a été utilisée pour réaliser trois séries de simulations. La première (scénarios de référence) visait à calculer et optimiser le bénéfice net, les bilans de N et de P et la production de GES pour les deux fermes sur litière traditionnelle et leurs variantes en termes de systèmes de production (stabulation entravée ou libre en gestion solide ou liquide). La seconde série avait pour but d'estimer les impacts économiques et agroenvironnementaux de l'utilisation des cinq méthodes d'atténuation des GES sur les scénarios de l'étape précédente. La troisième série s'attardait à évaluer le choix du type de litière sur les scénarios de référence. Une étude comparative des différents scénarios pour les trois séries de simulations et une analyse de sensibilité des scénarios de référence au prix des aliments ($\pm 35\%$) et des fertilisants ($\pm 25\%$) ont aussi été réalisées.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Les résultats économiques et agroenvironnementaux pour la première série de simulations sont présentés aux tableaux B4 à B7. Les deux fermes de référence de cette étude sont confrontées à des conditions bien différentes à cause du climat. Ce dernier a un effet direct sur la superficie de terres nécessaire pour alimenter le même nombre d'animaux et sur les charges fixes et variables par hectolitre. Conséquemment, la possibilité pour la ferme de la Montérégie de cultiver des espèces végétales avec une grande valeur marchande comme le maïs-grain, le soya et le blé a généré des revenus (0,95 \$/kg_{lait}) supérieurs à ceux du Bas-St-

Laurent (0,86 \$/kg_{lait}). Cette différence, lorsque jumelée à l'écart entre les régions sur les coûts fixes (0,05 \$/kg_{lait}), a entraîné un bénéfice net plus élevé pour la ferme de la Montérégie (0,33 \$/kg_{lait}) que pour celle du Bas-St-Laurent (0,19 \$/kg_{lait}). Le mode de stabulation et le système de manutention n'ont pas eu d'impact sur le revenu net.

Comme une bonne partie des champs en Montérégie était utilisée pour la culture de plantes vouées à la vente, les exportations de N dans le sud de la province ont surpassé celles du Bas-St-Laurent (+3,60 g/kg_{lait}). Toutefois, la production d'espèces exigeantes en fertilisants azotés (e.g., nitrate d'ammonium calcique), qui ne serviront pas à alimenter le troupeau, a entraîné la ferme de la Montérégie à acheter davantage d'ingrédients provenant de l'extérieur (foin, drêche, soya et canola). Ceci a résulté en des importations de N (24,0-28,7 g/kg_{lait}) excédant celles de la ferme du Bas-St-Laurent (19,9-23,4 g/kg_{lait}), même si celle-ci introduisait davantage de N par fixation biologique (+1,40 g/kg_{lait}) et déposition atmosphérique (+0,37 g/kg_{lait}). Au final, le bilan en N de la ferme du Bas-St-Laurent était de 6 à 10 % plus faible que celui de la ferme de la Montérégie, dépendamment du mode de stabulation et du système de manutention. Comparativement à la stabulation entravée, la stabulation libre a augmenté le bilan en N des fermes d'environ 0,33 g/kg_{lait} en raison d'une utilisation accrue de fertilisants azotés ou d'une plus grande superficie de culture dédiée aux légumineuses. Ces pratiques étaient nécessaires afin de compenser des pertes ammoniacales plus élevées à l'étable en raison d'une plus grande surface souillée par les déjections. La gestion liquide a réduit le bilan en N d'environ 4,00 g/kg_{lait} par rapport à la gestion solide puisque la gestion liquide requiert moins de fertilisants étant donné la meilleure disponibilité des éléments nutritifs du fumier liquide pour les plantes.

Les importations de P ont été plus élevées au Bas-St-Laurent (2,72-3,16 g/kg_{lait}) qu'en Montérégie (2,45-2,71 g/kg_{lait}) étant donné que l'utilisation de fertilisants phosphatés dans le sud du Québec était limitée (sols riches en P). Les ventes culturelles importantes en Montérégie ont également permis d'exporter des quantités plus élevées de P qu'au Bas-St-Laurent (+0,63 g/kg_{lait}). Par conséquent, la ferme de la Montérégie a obtenu un bilan en P plus favorable, alors que les niveaux atteints étaient deux fois et demie plus faibles qu'à celle du Bas-St-Laurent. Le mode de stabulation n'a pas influencé le bilan en P. La gestion solide a nécessité davantage de fertilisants à base de P (+0,27-0,47 g/kg_{lait}) que la gestion liquide pour les mêmes raisons évoquées pour l'azote.

La production de dioxyde de carbone (CO₂) en Montérégie (0,30-0,43 kg_{CO2e}/kg_{lait}) a généralement surpassé celle du Bas-St-Laurent (0,25-0,32 kg_{CO2e}/kg_{lait}) en raison de la quantité plus importante de fertilisants et d'aliments importés. Les niveaux d'oxyde nitreux (N₂O) provenant des applications d'amendements organique et inorganique et de la décomposition des résidus de culture ont varié selon le type de sol (influence l'absorption des nutriments par les plantes) dans chaque région: 0,12 kg_{CO2e}/kg_{lait} en Montérégie (argile) et 0,05 kg_{CO2e}/kg_{lait} au Bas-St-Laurent (loam). Globalement, la production de GES en Montérégie (1,78-1,87 kg_{CO2e}/kg_{lait}) a surpassé celle du Bas-St-Laurent (1,67-1,71 kg_{CO2e}/kg_{lait}). Les limites inférieure et supérieure de ces gammes de valeurs correspondent respectivement à la gestion liquide et à la gestion solide. Comme l'effet bénéfique du lisier sur les émissions de N₂O en raison d'une meilleure absorption de N après l'épandage (-0,22 kg_{CO2e}/kg_{lait}) est annulée par une plus grande production de CH₄ à la fosse (+0,26 kg_{CO2e}/kg_{lait}), le principal avantage de la gestion liquide résidait dans la diminution de l'utilisation de fertilisants (-0,13 kg_{CO2e}/kg_{lait}). Le mode de stabulation a affecté légèrement les émissions de GES, alors la quantité de CH₄ associée à la gestion des fumiers était de 0,01-0,03 kg_{CO2e}/kg_{lait} plus faible pour les fermes en stabulation libre que pour celles en stabulation entravée. Le calcul de la part des émissions de GES attribuable aux trois produits (lait, animaux et cultures vendus) a révélé que le lait comptait respectivement pour 79 et 83 % de l'empreinte carbone en Montérégie et au Bas-St-Laurent. Ce résultat est normal

compte tenu que l'allocation économique entre les ventes de lait et de cultures a tendance à favoriser la portion du lait à cause du prix élevé de ce dernier qui est associé au contingentement de la production.

Les résultats économiques et agroenvironnementaux pour la deuxième série de simulations sont présentés aux tableaux B8 à B12. L'incorporation du fumier n'a entraîné aucun changement du côté des revenus, mais a accru les dépenses de 0,01 \$/kg_{lait}. Cette méthode, qui a l'avantage d'améliorer l'utilisation de N par les cultures, a permis soit de réduire l'emploi de fertilisants azotés, soit de réduire la proportion de terres cultivées en légumineuses fixatrices de N. Ainsi, le bilan en N s'est amélioré de 2 à 9 % par rapport aux scénarios de référence. L'incorporation du fumier n'a eu aucun impact sur le bilan en P des scénarios en gestion solide, alors que celui des scénarios en gestion liquide ont varié de -1 à +4 % selon le type d'aliments cultivés et achetés. Une diminution des émissions de CO₂ et de N₂O a été principalement induite par la baisse d'importations de fertilisants, entraînant une diminution de la production de GES de 0,01 à 0,06 kg_{CO2e}/kg_{lait}.

L'intégration de la séparation solide-liquide sur les fermes en gestion liquide pour la production de litière de fumier recyclé n'a pas eu d'effet sur le bilan économique global, même si certains postes budgétaires ont varié. L'utilisation de plus de fertilisants azotés pour compenser pour une fraction liquide après séparation moins riche en nutriments a entraîné, en Montérégie, une augmentation de la production et de la vente de maïs-grain, de soya et de blé et, au Bas-St-Laurent, une augmentation de la proportion et de l'utilisation de fourrages à la ferme. Ces pratiques ont permis de limiter la hausse du bilan en N à moins de 2 % par rapport aux scénarios de référence. La baisse de qualité du lisier a aussi causé une augmentation de l'utilisation des fertilisants phosphatés (surtout au Bas-St-Laurent) et du bilan en P. L'utilisation d'équipements pour la production de litière de fumier recyclé a cependant eu un impact positif sur les GES (-20 à -24 %). Malgré la hausse des émissions de CO₂ et de N₂O reliées au transport et à l'application de fertilisants, les changements au sein des choix de rotations ont provoqué des baisses en ce qui concerne l'achat d'ingrédients, la fermentation entérique et l'émission indirecte du N₂O.

Le compostage en andains du fumier solide a entraîné une hausse des coûts fixes, réduisant le bénéfice net des fermes de 0,01 \$/kg_{lait}. Cette technique, qui implique plusieurs retournements de la matière, a engendré de grandes pertes de N par volatilisation ayant pour effet d'accroître le besoin en fertilisants azotés. Par conséquent, le bilan en N a augmenté de 9 à 12 % par rapport aux scénarios de référence. Le bilan en P a également augmenté de 15 à 23 %. Une utilisation plus intensive de fertilisants a généré une hausse des émissions de GES reliées à leur transport et leur application. Toutefois, elles ont été largement compensées par des réductions importantes de CH₄ et de N₂O lors de la préparation et de l'épandage du compost respectivement. Au final, l'option du compostage a diminué les GES d'environ 0,07 kg_{CO2e}/kg_{lait}.

L'installation d'une couverture de fosse a permis de limiter la dilution du fumier par les précipitations et la volatilisation du N. Par conséquent, cela a réduit considérablement les frais et l'impact environnemental reliés à la gestion des fertilisants et des fumiers et, dans certains cas, a amélioré les ventes de cultures. Malgré une augmentation des coûts fixes, le bénéfice net pour ce scénario était de 1 à 4 % plus élevé comparativement aux scénarios de référence. Le bilan en N s'est également amélioré et abaissé de 0,22 à 1,95 g/kg_{lait}. Le bilan en P est demeuré inchangé. Le recouvrement de la fosse a eu un effet de réduction sur tous les GES, induisant une baisse globale de 0,34 et de 0,18 kg_{CO2e}/kg_{lait} en gestion solide et liquide, respectivement. La mise en place d'une unité de digestion anaérobie a obtenu des résultats similaires au scénario précédent comme les effets sont pratiquement les mêmes.

Seul l'entreposage du digestat (produit solide) a impliqué des émissions de N₂O plus élevées, amenuisant le bilan de GES de ce scénario par rapport au précédent.

Les résultats économiques et agroenvironnementaux pour la troisième série de simulations comportant des litières alternatives outre la paille de céréales (tableaux B4 à B7) et le fumier recyclé (tableau B9) sont présentés aux tableaux B13 à B15. L'achat de copeaux de bois a entraîné une augmentation des coûts fixes et une diminution du bénéfice net (-0,03 \$/kg_{lait}). L'immobilisation d'azote causée par la lente décomposition du bois dans le sol, en plus de sa faible teneur en minéraux, ont forcé le modèle à augmenter la quantité de fertilisants (surtout azotés) utilisée pour combler les besoins des cultures. Cela a engendré un changement des rotations pour inclure davantage de fourrages pouvant être utilisés dans les rations des vaches et remplaçant des ingrédients achetés de l'extérieur des fermes. Par conséquent, les bilans en N (-0,42 à -0,97 g/kg_{lait}), en P (-0,04 à -0,27 g/kg_{lait}) et en GES (0,00 à -0,07 kg_{CO2e}/kg_{lait}) se sont améliorés comparativement aux scénarios de référence.

Le scénario avec litière de sable a aussi impliqué des coûts d'acquisition et de gestion supérieurs à la paille, mais a causé une diminution de l'importation d'aliments, résultant en une légère amélioration du bénéfice net (1-2 %). Le sable, ne contenant aucun élément nutritif, a entraîné des besoins en fertilisants azotés et phosphatés plus importants. Par contre, l'achat accru de fertilisants a permis d'augmenter la culture et la vente du maïs-grain, du soya et du canola selon la région, augmentant du même coup les exportations de N et de P. Les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O ont toutes diminué en raison, respectivement, de moins de transport d'aliments, du changement de rations qui a induit une baisse du CH₄ ruminal et des volumes de fumier moins importants à épandre sur les sols. L'effet de réduction global sur les GES a atteint 0,03-0,07 kg_{CO2e}/kg_{lait}.

Le remplacement de la paille de céréales par celle de panic érigé a nécessité de substituer des superficies dédiées à la luzerne, au maïs-grain et à l'orge pour faire la culture de cette nouvelle litière. Cela a engendré une baisse des revenus et des exportations de N et de P provenant de la vente des cultures, une réduction de la fixation symbiotique d'azote et une diminution des ingrédients importés. Ce dernier élément est celui qui a eu le plus d'effet sur les bilans, qui, au net, sont demeurés inchangés, ou se sont améliorés.

Le rapport coût-efficacité des options de mitigation et de litière par rapport aux scénarios de référence est présenté au tableau B16. Seules l'implantation d'une couverture de fosse et l'utilisation d'une litière de sable ont atteint des rapports coût-efficacité positifs pour les deux régions (+15 à +122 \$/t_{CO2} sauvée). Une litière de panic érigé était aussi envisageable en Montérégie afin d'améliorer le bénéfice net tout en atténuant les GES (+9 à +36 \$/t_{CO2} sauvée).

L'analyse de sensibilité des scénarios de référence au prix des aliments et des fertilisants n'a révélé qu'une faible incidence de ces paramètres sur les bilans de N et de P et la production de GES. En effet, la variation n'a jamais dépassé 5 % (tableau B17). Pour ce qui est du bénéfice net, les fluctuations du prix des fertilisants n'ont pratiquement pas eu d'impact (<2 %), alors que des modifications au prix des aliments ont entraîné des variations de 0,02 à 0,04 \$/kg_{lait}, représentant des écarts de ±7 % en Montérégie et de ±21 % au Bas-St-Laurent.

DIFFUSION DES RÉSULTATS

Les résultats du projet ont été présentés dans le cadre d'une conférence (*Determining environmental benefits and economic costs of different manure handling strategies in Quebec's dairy production using farm simulation*) au 10th International Livestock Environment Symposium (26 septembre 2018; Omaha, NE) et d'une affiche (Stratégies optimales de gestion des déjections pour des fermes laitières québécoises productives et faibles

émettrices de GES) au Symposium sur les bovins laitiers (30 octobre 2018; Drummondville, QC). Une autre affiche (Impacts du mode de stabulation et du type de gestion des fumiers sur les bilans économique et agroenvironnemental des fermes laitières du Québec) sera présentée à la Journée d'information scientifique sur les bovins laitiers et plantes fourragères (26 février 2019; Drummondville, QC). Deux articles scientifiques (*Optimal housing and manure management strategies to favor productive and environment-friendly dairy farms in Quebec, Canada: Part I. Representative farm simulations & Optimal housing and manure management strategies to favor productive and environment-friendly dairy farms in Quebec, Canada: Part II. GHG mitigation methods*) ont également été soumis aux *Transactions of ASABE* le 18 décembre 2018. Un article de vulgarisation a aussi été soumis à la revue agricole *Le producteur de lait québécois* pour publication lors de l'édition de mai 2019.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

L'avancement des connaissances sur les stratégies de gestion des déjections en production laitière au Québec permet d'améliorer la qualité de l'information disponible sur la réduction des émissions de GES à la ferme et de favoriser l'intégration ultérieure des méthodes les plus prometteuses. En effet, l'établissement de recommandations sur les systèmes de production (stabulation libre en gestion liquide), les méthodes d'atténuation (couverture de fosse) et les types de litière (sable) à privilégier des points de vue économique et environnemental permettront une meilleure prise de décision par les producteurs lors de la mise à niveau de leurs infrastructures ou de la mise en place de bonnes pratiques agricoles.

POINTS DE CONTACT POUR INFORMATION

Stéphane Godbout, ing., agr., Ph. D.
Chercheur et professeur associé, IRDA
2700, rue Einstein, Québec
Québec, Canada G1P 3W8
Téléphone : 418-643-2380 poste 600
Courriel : stephane.godbout@irda.qc.ca

Sébastien Fournel, ing., Ph. D.
Professeur adjoint, Université Laval
2425, rue de l'Agriculture (bureau 2203)
Québec, Canada G1V 0A6
Téléphone : 418-656-2131 poste 8139
Courriel : sebastien.fournel@fsaa.ulaval.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé en vertu du volet 4 du programme Prime-Vert 2013-2018 et il a bénéficié d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) par l'entremise du Fonds vert. Ce projet a aussi reçu le soutien financier du Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies et de Mitacs en vertu du programme Accélération par l'entremise de bourses postdoctorales.

ANNEXE A : FIGURES

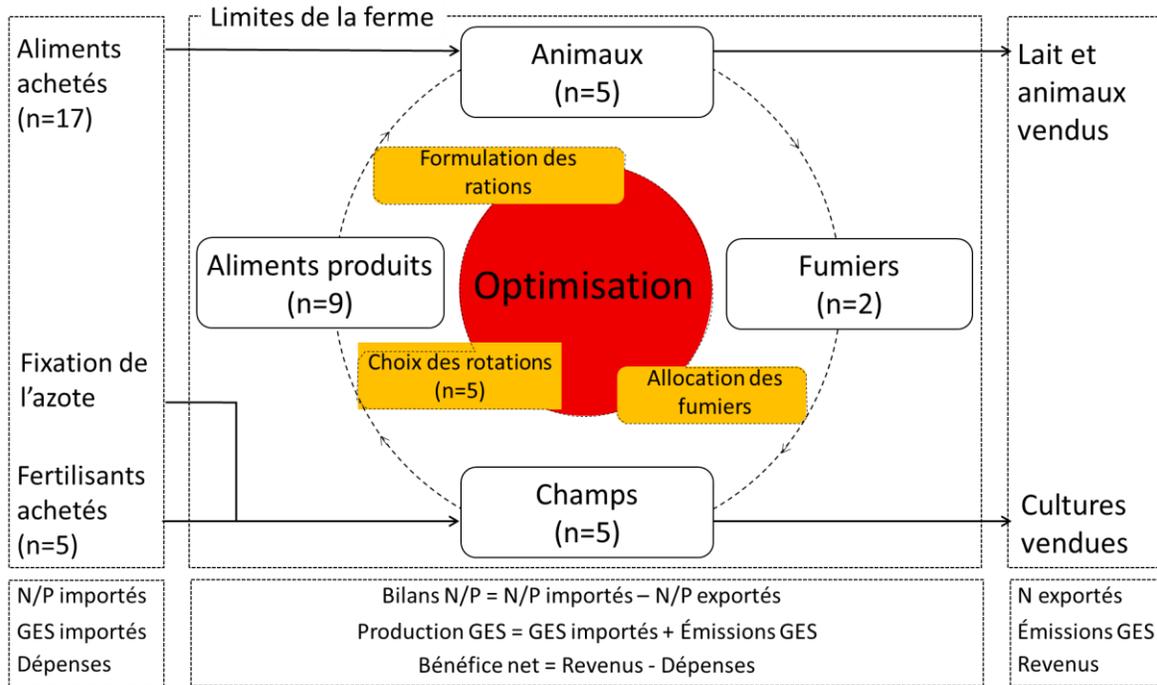


Figure A1. Schématisation des éléments et des interactions pris en compte dans N-CyCLES

ANNEXE B : TABLEAUX

Tableau B1. Facteurs d'émission pour le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O) tirés de la littérature et utilisés dans le modèle selon la provenance (bâtiment, fosse ou champ) et les différentes variables du projet.

	CH ₄	N ₂ O		
	g/m ³ /j	g/vache/j	g/tmh/j	% N appliqué
Bâtiment				
Stabulation entravée				
Stalle sur litière traditionnelle		0,570		
Stabulation libre				
Logette sur litière traditionnelle		0,750		
Logette sur sable		0,003		
Sur litière accumulée		3,030		
Fosse				
Fumier solide				
Traditionnel	18,79		0,897	
Séparé composté	0,039		0,488	
Fumier liquide				
Couvert	19,70		0,188	
Traité par digestion anaérobie	5,80		0,188	
Non croûté	17,65		0,357	
Séparé	23,18		0,188	
Champ				
Fumier solide				
Épandu sur sol argileux				1,42
Épandu sur sol loameux				0,30
Incorporé				0,25
Fumier liquide				
Épandu sur sol argileux				3,40
Épandu sur sol loameux				1,04
Épandu sur sol sableux				0,61
Incorporé				0,10

Tableau B1. Description des fermes de la Montérégie et du Bas-St-Laurent incluses dans N-CyCLES

Donnée	Montérégie	Bas-St-Laurent
Production		
Espèce	Holstein	Holstein
Nombre de vaches	95	95
Poids (kg/vache)	673	667
Intervalle vêlage (mois)	14,0	13,9
Âge au premier vêlage (mois)	25,0	25,1
Taux de remplacement (%)	31,2	34,0
Production laitière (kg/an/vache)	10 107	9 756
Gras du lait (%)	4,08	4,10
Protéine brute du lait (%)	3,39	3,38
Autres solides du lait (%)	5,72	5,72
Lait corrigé ^[a] (kg/an)	926 914	896 233
Coûts		
Prix du lait (\$/hL)	77,52	77,63
Autres revenus ^[b] (\$/hL)	8,59	6,47
Coûts variables ^[b] (\$/hL)	6,75	7,50
Main-d'œuvre (\$/an)	80 100	91 732
Taxes et assurances (\$/an)	39 037	48 389
Dépréciation (\$/an)	61 673	69 013
Intérêts (\$/an)	35 215	42 664
Autres coûts (\$/an)	27 900	26 484
Alimentation		
Vaches en début de lactation		
Consommation de matière sèche (kg/j)	25,0	24,5
Intervalle de protéine dégradable dans la ration (%)	10,5–12,1	10,4–12,0
P disponible dans la ration (%)	0,27	0,25
Vaches en milieu-fin de lactation		
Consommation de matière sèche (kg/j)	23,1	22,6
Intervalle de protéine dégradable dans la ration (%)	10,2–11,7	10,1–11,6
P disponible dans la ration (%)	0,36	0,33
Champ		
Type de sol	Argile	Loam
Superficie (ha)	127	178

^[a] Pour le gras et la protéine.

^[b] Excluent les revenus et coûts associés aux cultures.

Tableau B2. Noms, prix et limites pour les aliments, ingrédients et fertilisants inclus dans N-CyCLES pour les fermes de la Montérégie et du Bas-St-Laurent

Nom	Prix ^[a] (\$/t de matière sèche)		Limite ^[b]
	Montérégie	Bas-St-Laurent	
Aliments pouvant être produits à la ferme			
Ensilage de maïs	143,95	144,08	40
Ensilage de luzerne	185,44	185,73	
Ensilage mixte	185,85	185,62	
Foin	185,83	185,70	10
Canola		531,11	
Soya	477,87		
Maïs-grain	271,91	317,09	40
Orge		225,46	20
Blé	297,43		20
Aliments ou ingrédients pouvant être achetés			
Orge	232,53		
Blé		297,43	
Tourteau de canola	351,34	351,34	
Sel de calcium	1 815,65	1 952,72	7
Tourteau de soya (extraction par pression)	708,15	718,45	
Tourteau de soya (extraction par solvant)	600,13	608,86	
Fin gluten de maïs	970,74	974,74	
Drêche de brasserie	349,72	452,88	10
Paille de céréales	120,69	120,22	
Pulpe de betterave sucrière	558,52	558,52	
Carbonate de calcium (CaCO ₃)	271,00	359,00	
Phosphate bicalcique (CaHPO ₄)	833,00	833,00	
Oxyde de magnésium (MgO)	805,00	816,00	
Sulfate de calcium dihydraté (CaSO ₄ .2H ₂ O)	538,98	538,98	
Chlorure de sodium (NaCl)	333,00	382,00	3,5
Sulfate de magnésium heptahydraté (MgSO ₄ .7H ₂ O)	606,60	606,60	
Fertilisants pouvant être achetés			
Nitrate d'ammonium calcique (27-0-0)	641,00	641,00	
Phosphate de diammonium (18-46-0)	876,00	876,00	
Phosphate de monoammonium (11-52-0)	895,00	895,00	
Superphosphate triple (0-46-0)	976,00	976,00	
Muriate de potassium (0-0-60)	762,00	762,00	

^[a] Prix médians représentatifs de la période 2010–2014 dans la base de données de Valacta.

^[b] Limite supérieure dans la ration exprimée en matière sèche.

Tableau B3. Rotations, recommandations en azote (N), en phosphore (P) et en potassium (K), consommation de carburant et coût de production inclus dans N-CyCLES pour les fermes de la Montérégie (MTRG) et du Bas-St-Laurent (BSL)

Rotation ^[a]	Année de la rotation							Fertilisation recommandée			Consommation de carburant (L/ha)	Coût ^[c] (\$/ha)
	1	2	3	4	5	6	7	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O ₅ (kg/ha)		
MTRG												
Champ 1 ^[b]												
#1	M	L	L	E				38,44	29,38	63,13	106,14	576,24
#2	G	G	S					97,50	21,67	40,00	68,16	623,68
#3	G	M	Z	L	E	E	F	66,07	28,04	58,39	108,58	545,65
#4	Z	L	E	E				20,63	26,88	59,38	109,32	521,75
#5	M	M	Z	L	E	E		57,71	27,92	64,58	127,30	600,64
Champ 2 ^[b]												
#1	M	L	L	E				55,00	48,13	134,38	106,14	576,24
#2	B	G	S					91,67	41,67	68,63	58,46	542,37
#3	G	M	Z	L	E	E	F	83,57	42,68	120,89	108,58	545,65
#4	Z	L	E	E				32,50	40,63	133,13	109,32	521,75
#5	M	M	Z	L	E	E		75,00	43,75	137,08	127,30	600,64
BSL												
Champ 1 ^[b]												
#1	Z	L	E	E				18,75	26,88	59,38	103,72	413,86
#2	O	O	C					67,92	30,83	32,50	74,03	293,79
#3	M	Z	L	E	E			28,75	27,50	62,50	115,84	457,40
#4	M	M	Z	L	E			46,75	28,50	65,50	129,09	513,72
#5	Z	L	E	E	F			33,25	27,25	56,75	99,16	368,89
Champ 2 ^[b]												
#1	O	Z	L	E	E			37,00	43,26	118,76	97,28	385,88
#2	O	C	Z	L	E			49,00	46,26	100,76	93,47	386,94
#3	Z	L	E	E				30,63	40,63	133,13	103,72	413,86
#4	Z	L	E					27,50	42,50	130,83	105,59	439,20
#5	Z	L	E	E	F			46,50	39,75	126,25	99,16	368,89

^[a] B = blé; C = canola; E = ensilage mixte de luzerne et foin; F = foin; G = maïs-grain; L = ensilage de luzerne; M = ensilage de maïs; O = orge; S = soya; Z = ensilage de luzerne établi avec du blé (MTRG) ou de l'orge (BSL).

^[b] Champ 1 = champ avec une concentration en P dans le sol de moyenne à élevée et se situant à 0,8 km de la ferme; Champ 2 = champ avec une concentration en P dans le sol de faible à moyenne et se situant à 3,2 km de la ferme.

^[c] Exclut les coûts reliés à la fertilisation (achat et application), mais inclut l'assurance de stabilisation pour le blé, le maïs-grain, l'orge et le soya.

Tableau B4. Résultats économiques ($\$/\text{kg}_{\text{lait}}^{[a]}$) des simulations de référence dans N-CyCLES par région, mode de stabulation^[b] et système de manutention^[c]

	Montérégie				Bas-St-Laurent			
	SE		SL		SE		SL	
	GS	GL	GS	GL	GS	GL	GS	GL
Revenus	0,95	0,95	0,95	0,95	0,86	0,86	0,86	0,86
Lait	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Animaux	0,13	0,13	0,13	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10
Cultures	0,07	0,08	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02
Dépenses	0,62	0,62	0,62	0,62	0,67	0,67	0,66	0,67
Coûts fixes et variables	0,33	0,33	0,33	0,33	0,38	0,38	0,38	0,38
Aliments produits	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10
Aliments achetés	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14
Coûts des fertilisants	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Coûts d'épandage des fumiers	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05
Bénéfice net	0,33	0,33	0,33	0,33	0,19	0,19	0,19	0,19

^[a] kg_{lait} = kg de lait corrigé à 4,0 % de gras et à 3,3 % de protéines.

^[b] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[c] Systèmes de manutention : GS = gestion solide; GL = gestion liquide.

Tableau B5. Rotations et aliments, ingrédients et fertilisants produits et achetés lors des simulations de référence dans N-CyCLES par région, mode de stabulation^[a] et système de manutention^[b]

	Montérégie				Bas-St-Laurent			
	SE		SL		SE		SL	
	GS	GL	GS	GL	GS	GL	GS	GL
Rotation ^[c] (%)								
M/L/L/E	16,70	0,00	16,70	11,47	—	—	—	—
G/G/S	43,96	41,40	43,96	43,43	—	—	—	—
G/M/B+L/L/E/E/F	0,00	11,06	0,00	3,01	—	—	—	—
M/M/B+L/L/E/E	39,33	47,54	39,33	42,09	—	—	—	—
O/O/C	—	—	—	—	0,00	6,27	0,00	4,22
M/O+L/L/E/E	—	—	—	—	18,20	3,62	18,20	7,83
M/M/O+L/L/E/E	—	—	—	—	31,80	40,11	31,80	37,95
O/C/O+L/L/E	—	—	—	—	50,00	50,00	50,00	50,00
Aliments produits à la ferme (g/kg _{lait} ^[d])								
Utilisés à la ferme								
Ensilage maïs	382,43	382,43	382,43	382,43	335,94	342,79	335,94	342,79
Ensilage de luzerne	118,48	99,79	118,48	112,28	228,52	214,19	228,52	218,89
Ensilage mixte de luzerne et foin	115,37	125,63	115,37	118,14	168,21	139,81	168,21	148,37
Foin	0,00	8,66	0,00	2,35	—	—	—	—
Maïs-grain	147,30	137,23	147,30	145,97	—	—	—	—
Orge	—	—	—	—	99,56	113,31	99,56	108,80
Vendus								
Soya	46,98	44,24	46,98	46,41	—	—	—	—
Maïs-grain	179,58	189,96	179,58	182,19	—	—	—	—
Blé	7,84	11,37	7,84	8,91	—	—	—	—
Canola	—	—	—	—	33,56	40,58	33,56	38,28
Aliments achetés (g/kg _{lait} ^[d])								
Foin	98,33	98,37	98,33	98,14	62,38	77,57	62,38	74,54
Maïs-grain	0,00	0,00	0,00	0,00	30,13	13,79	30,13	13,79
Orge	33,81	41,05	33,81	36,08	39,64	52,66	39,64	45,21
Blé	0,00	0,00	0,00	0,00	46,64	60,45	46,64	60,45
Tourteau de canola	65,62	62,53	65,62	65,96	24,98	20,45	24,98	22,48
Savons de calcium	9,37	9,37	9,37	9,37	9,30	9,71	9,30	9,71
Tourteau de soya (extraction par pression)	0,00	0,00	0,00	0,00	40,97	41,18	40,97	41,27
Tourteau de soya (extraction par solvant)	41,58	41,58	41,58	41,58	0,00	0,00	0,00	0,00
Fin gluten de maïs	0,48	0,00	0,48	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00
Drêche de brasserie	78,61	85,24	78,61	78,61	34,59	34,59	34,59	34,59
Paille de céréales	10,43	10,43	10,43	10,43	15,26	15,26	15,26	15,26
Carbonate de calcium (CaCO ₃)	2,51	2,52	2,51	2,54	0,93	1,02	0,93	0,96
Phosphate bicalcique (CaHPO ₄)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00
Oxyde de magnésium (MgO)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,07	0,05	0,06

Sulfate de calcium dihydraté (CaSO ₄ .2H ₂ O)	0,68	0,89	0,68	0,68	0,91	1,20	0,91	1,07
Chlorure de sodium (NaCl)	4,40	4,38	4,40	4,41	4,34	4,38	4,34	4,37
Sulfate de magnésium heptahydraté (MgSO ₄ .7H ₂ O)	0,51	0,20	0,51	0,51	0,21	0,21	0,21	0,21
Litière de paille de céréales (g/kg _{lait} ^[d])								
Produite	5,53	8,02	5,53	6,28	41,21	46,67	41,21	44,88
Achetée	114,84	112,35	114,84	114,09	84,89	79,42	84,89	81,22
Fertilisants (g/kg _{lait} ^[d])								
Fumier produit	5756,40	7260,41	5527,61	6968,26	5903,03	7486,69	5668,01	7185,09
Fertilisants achetés								
Nitrate d'ammonium calcique (27-0-0)	21,37	6,50	22,67	7,29	6,94	0,00	8,38	0,00
Phosphate de diammonium (18-46-0)	1,34	0,00	1,34	0,00	7,46	0,00	7,46	0,00
Phosphate de monoammonium (11-52-0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,56	0,00	4,52

^[a] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[b] Systèmes de manutention : GS = gestion solide; GL = gestion liquide.

^[c] B = blé; C = canola; E = ensilage mixte de luzerne et foin; F = foin; G = maïs-grain; L = ensilage de luzerne; M = ensilage de maïs; O = orge; S = soya.

^[d] kg_{lait} = kg de lait corrigé à 4,0 % de gras et à 3,3 % de protéines.

Tableau B6. Bilans (g/kg_{lait}^[a]) d'azote (N) et de phosphore (P) pour les simulations de référence dans N-CyCLES par région, mode de stabulation^[b] et système de manutention^[c]

	Montérégie				Bas-St-Laurent			
	SE		SL		SE		SL	
	GS	GL	GS	GL	GS	GL	GS	GL
Azote (N)								
Intrants	28,38	24,04	28,73	24,31	23,00	19,91	23,38	20,06
Aliments achetés	16,28	16,44	16,28	16,33	11,72	12,00	11,72	11,95
Fertilisants achetés	6,01	1,75	6,36	1,97	3,22	0,50	3,61	0,50
Fixation par les légumineuses	5,27	5,02	5,27	5,19	6,87	6,22	6,87	6,42
Déposition atmosphérique	0,82	0,82	0,82	0,82	1,19	1,19	1,19	1,19
Extrants	11,75	11,82	11,75	11,78	7,99	8,43	7,99	8,29
Lait	5,23	5,23	5,23	5,23	5,20	5,20	5,20	5,20
Animaux	0,62	0,62	0,62	0,62	0,68	0,68	0,68	0,68
Cultures	5,90	5,97	5,90	5,93	2,11	2,55	2,11	2,40
Bilan	16,63	12,22	16,99	12,53	15,00	11,48	15,39	11,77
Phosphore (P)								
Intrants	2,71	2,50	2,71	2,45	3,16	2,74	3,16	2,72
Aliments achetés	2,44	2,50	2,44	2,45	1,66	1,70	1,66	1,69
Fertilisants achetés	0,27	0,00	0,27	0,00	1,50	1,04	1,50	1,03
Extrants	1,92	1,95	1,92	1,93	1,28	1,32	1,28	1,31
Lait	0,89	0,89	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88
Animaux	0,18	0,18	0,18	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20
Cultures	0,85	0,88	0,85	0,86	0,20	0,24	0,20	0,23
Bilan	0,79	0,55	0,79	0,52	1,88	1,42	1,88	1,41

^[a] kg_{lait} = kg de lait corrigé à 4,0 % de gras et à 3,3 % de protéines.

^[b] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[c] Systèmes de manutention : GS = gestion solide; GL = gestion liquide.

Tableau B7. Production de gaz à effet de serre (GES^[a]; kg_{CO2e}/kg_{lait}^[b]) et empreinte carbone du lait, des animaux et des cultures pour les simulations de référence dans N-CyCLES par région, mode de stabulation^[c] et système de manutention^[d]

	Montérégie				Bas-St-Laurent			
	SE		SL		SE		SL	
	GS	GL	GS	GL	GS	GL	GS	GL
CO ₂	0,42	0,30	0,43	0,30	0,31	0,25	0,32	0,25
Aliments achetés	0,18	0,18	0,18	0,18	0,14	0,15	0,14	0,15
Fertilisants achetés	0,18	0,05	0,19	0,06	0,08	0,02	0,10	0,02
Décomposition des résidus de culture	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Consommation de carburant	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06
CH ₄	0,92	1,19	0,91	1,16	0,94	1,22	0,93	1,20
Fermentation entérique	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,64
Gestion du fumier	0,29	0,56	0,28	0,54	0,30	0,58	0,29	0,55
N ₂ O	0,53	0,32	0,52	0,31	0,45	0,22	0,45	0,22
Gestion du fumier	0,26	0,06	0,25	0,06	0,26	0,06	0,26	0,06
Application du fumier	0,03	0,07	0,02	0,07	0,01	0,03	0,01	0,03
Application des fertilisants	0,05	0,01	0,05	0,02	0,03	0,00	0,03	0,00
Décomposition des résidus de culture	0,04	0,05	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02
Volatilisation indirecte	0,10	0,07	0,10	0,08	0,09	0,07	0,10	0,07
Ruissellement indirect	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
GES	1,87	1,80	1,86	1,78	1,71	1,69	1,70	1,67
Allocation du lait	1,48	1,43	1,48	1,41	1,41	1,40	1,41	1,38
Allocation des animaux	0,24	0,23	0,24	0,23	0,26	0,25	0,26	0,25
Allocation des cultures	0,15	0,14	0,14	0,14	0,04	0,04	0,04	0,04

^[a] Les GES sont : CO₂ = dioxyde de carbone; CH₄ = méthane; N₂O = oxyde nitreux.

^[b] kg_{CO2e}/kg_{lait} = kg de CO₂ équivalent par kg de lait corrigé à 4,0 % de gras et à 3,3 % de protéines.

^[c] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[d] Systèmes de manutention : GS = gestion solide; GL = gestion liquide.

Tableau B8. Bilans^[a] économiques et agroenvironnementaux par région, mode de stabulation^[b] et système de manutention^[c] pour les fermes de référence dans N-CyCLES considérant le scénario de l'incorporation du fumier

	Montérégie				Bas-St-Laurent			
	SE		SL		SE		SL	
	GS	GL	GS	GL	GS	GL	GS	GL
Finances (\$/kg _{lait} ^[d])								
Revenus	0,95 (0)	0,95 (0)	0,95 (0)	0,95 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)
Dépenses	0,63 (+2)	0,63 (+2)	0,63 (+1)	0,63 (+2)	0,67 (+1)	0,69 (+2)	0,67 (+1)	0,68 (+2)
Bénéfice net	0,32 (-3)	0,32 (-3)	0,32 (-3)	0,32 (-3)	0,18 (-5)	0,17 (-7)	0,18 (-5)	0,18 (-7)
Azote (N; g/kg_{lait}^[d])								
Intrants	27,87 (-2)	22,90 (-5)	28,26 (-2)	23,28 (-4)	22,31 (-3)	19,82 (0)	22,75 (-3)	19,82 (-1)
Extrants	11,75 (0)	11,78 (0)	11,75 (0)	11,78 (0)	7,99 (0)	8,56 (+1)	7,99 (0)	8,56 (+3)
Bilan	16,13 (-3)	11,12 (-9)	16,51 (-3)	11,50 (-8)	14,32 (-5)	11,26 (-2)	14,75 (-4)	11,26 (-4)
Phosphore (P; g/kg_{lait}^[d])								
Intrants	2,71 (0)	2,48 (-1)	2,71 (0)	2,48 (+1)	3,16 (0)	2,76 (+1)	3,16 (0)	2,76 (+2)
Extrants	1,92 (0)	1,93 (-1)	1,92 (0)	1,93 (0)	1,28 (0)	1,33 (+1)	1,28 (0)	1,33 (+2)
Bilan	0,79 (0)	0,55 (-1)	0,79 (0)	0,55 (+4)	1,88 (0)	1,43 (+1)	1,88 (0)	1,43 (+1)
GES^[e] (kg CO₂e^[f]/kg_{lait}^[d])								
CO ₂	0,40 (-4)	0,26 (-13)	0,41 (-3)	0,27 (-9)	0,29 (-7)	0,26 (+1)	0,30 (-6)	0,26 (+2)
CH ₄	0,92 (0)	1,19 (0)	0,91 (0)	1,17 (0)	0,94 (0)	1,22 (0)	0,93 (0)	1,20 (0)
N ₂ O	0,53 (-1)	0,30 (-7)	0,52 (-1)	0,30 (-5)	0,45 (-1)	0,21 (-5)	0,44 (-1)	0,21 (-5)
Total	1,85 (-1)	1,74 (-3)	1,84 (-1)	1,73 (-2)	1,68 (-2)	1,68 (-1)	1,68 (-1)	1,66 (0)
Allocation (kg CO₂e^[f]/kg_{lait}^[d])								
Lait	1,47 (-1)	1,38 (-3)	1,46 (-1)	1,37 (-2)	1,39 (-2)	1,39 (-1)	1,39 (-1)	1,37 (-1)
Animaux	0,24 (-1)	0,22 (-3)	0,24 (-1)	0,22 (-2)	0,25 (-2)	0,25 (-1)	0,25 (-1)	0,25 (-1)
Cultures	0,14 (-1)	0,14 (-5)	0,14 (-1)	0,14 (-2)	0,04 (-2)	0,04 (+4)	0,04 (-1)	0,04 (+10)

^[a] Les nombres entre parenthèses indiquent la différence (%) avec les scénarios de référence.

^[b] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[c] Systèmes de manutention : GS = gestion solide; GL = gestion liquide.

^[d] kg_{lait} = kg de lait corrigé à 4,0 % de gras et à 3,3 % de protéines.

^[e] Gaz à effet de serre (GES) : CO₂ = dioxyde de carbone; CH₄ = méthane; N₂O = oxyde nitreux.

^[f] kg_{CO₂e} = kg de CO₂ équivalent.

Tableau B9. Bilans^[a] économiques et agroenvironnementaux par région et mode de stabulation^[b] pour les fermes de référence en gestion liquide dans N-CyCLES considérant le scénario de la séparation solide-liquide

	Montérégie		Bas-St-Laurent	
	SE	SL	SE	SL
Finances (\$/kg _{lait} ^[c])				
Revenus	0,95 (0)	0,95 (+1)	0,86 (0)	0,86 (0)
Dépenses	0,62 (+1)	0,62 (+1)	0,67 (0)	0,67 (0)
Bénéfice net	0,33 (-1)	0,33 (-1)	0,19 (-1)	0,19 (-2)
Azote (N; g/kg _{lait} ^[c])				
Intrants	24,52 (+2)	25,08 (+3)	19,71 (-1)	19,74 (-2)
Extrants	12,19 (+3)	12,23 (+4)	8,16 (-3)	8,11 (-2)
Bilan	12,33 (+1)	12,84 (+3)	11,55 (+1)	11,63 (-1)
Phosphore (P; g/kg _{lait} ^[c])				
Intrants	2,58 (+3)	2,54 (+4)	3,16 (+15)	3,15 (+16)
Extrants	2,00 (+3)	2,00 (+4)	1,30 (-2)	1,29 (-1)
Bilan	0,58 (+5)	0,53 (+2)	1,86 (+31)	1,86 (+32)
GES ^[d] (kg CO ₂ e ^[e] /kg _{lait} ^[c])				
CO ₂	0,33 (+12)	0,35 (+16)	0,25 (-3)	0,25 (-2)
CH ₄	0,80 (-32)	0,79 (-32)	0,82 (-33)	0,81 (-32)
N ₂ O	0,29 (-9)	0,29 (-6)	0,21 (-5)	0,21 (-5)
Total	1,43 (-21)	1,43 (-20)	1,27 (-25)	1,27 (-24)
Allocation (kg CO ₂ e ^[e] /kg _{lait} ^[c])				
Lait	1,12 (-21)	1,13 (-20)	1,05 (-25)	1,05 (-24)
Animaux	0,18 (-21)	0,18 (-20)	0,19 (-25)	0,19 (-24)
Cultures	0,12 (-16)	0,12 (-13)	0,03 (-32)	0,03 (-29)

^[a] Les nombres entre parenthèses indiquent la différence (%) avec les scénarios de référence.

^[b] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[c] kg_{lait} = kg de lait corrigé à 4,0 % de gras et à 3,3 % de protéines.

^[d] Gaz à effet de serre (GES) : CO₂ = dioxyde de carbone; CH₄ = méthane; N₂O = oxyde nitreux.

^[e] kg_{CO₂e} = kg de CO₂ équivalent.

Tableau B10. Bilans^[a] économiques et agroenvironnementaux par région et mode de stabulation^[b] pour les fermes de référence en gestion solide dans N-CyCLES considérant le scénario du compostage

	Montérégie		Bas-St-Laurent	
	SE	SL	SE	SL
Finances (\$/kg_{lait}^[c])				
Revenus	0,95 (0)	0,95 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)
Dépenses	0,63 (+2)	0,63 (+2)	0,68 (+2)	0,68 (+2)
Bénéfice net	0,32 (-4)	0,32 (-4)	0,18 (-7)	0,18 (-7)
Azote (N; g/kg_{lait}^[c])				
Intrants	29,64 (+5)	29,90 (+5)	24,41 (+7)	24,70 (+7)
Extrants	11,75 (0)	11,75 (0)	7,99 (0)	7,99 (0)
Bilan	17,89 (+10)	18,15 (+9)	16,41 (+12)	16,70 (+11)
Phosphore (P; g/kg_{lait}^[c])				
Intrants	2,83 (+5)	2,83 (+5)	3,37 (+8)	3,37 (+8)
Extrants	1,92 (0)	1,92 (0)	1,28 (0)	1,28 (0)
Bilan	0,91 (+22)	0,91 (+23)	2,09 (+15)	2,09 (+15)
GES^[d] (kg CO₂e^[e]/kg_{lait}^[c])				
CO ₂	0,47 (+18)	0,48 (+17)	0,37 (+22)	0,38 (+21)
CH ₄	0,84 (-6)	0,84 (-6)	0,86 (-6)	0,86 (-6)
N ₂ O	0,48 (-17)	0,47 (-16)	0,41 (-21)	0,40 (-20)
Total	1,79 (-4)	1,79 (-4)	1,64 (-4)	1,64 (-4)
Allocation (kg CO₂e^[e]/kg_{lait}^[c])				
Lait	1,42 (-4)	1,42 (-4)	1,36 (-4)	1,36 (-4)
Animaux	0,23 (-4)	0,23 (-4)	0,25 (-4)	0,25 (-4)
Cultures	0,14 (-4)	0,14 (-4)	0,03 (-3)	0,03 (-3)

^[a] Les nombres entre parenthèses indiquent la différence (%) avec les scénarios de référence.

^[b] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[c] kg_{lait} = kg de lait corrigé à 4,0 % de gras et à 3,3 % de protéines.

^[d] Gaz à effet de serre (GES) : CO₂ = dioxyde de carbone; CH₄ = méthane; N₂O = oxyde nitreux.

^[e] kg_{CO₂e} = kg de CO₂ équivalent.

Tableau B11. Bilans^[a] économiques et agroenvironnementaux par région, mode de stabulation^[b] et système de manutention^[c] pour les fermes de référence dans N-CyCLES considérant le scénario d'une couverture sur la fosse

	Montérégie				Bas-St-Laurent			
	SE		SL		SE		SL	
	GS	GL	GS	GL	GS	GL	GS	GL
Finances (\$/kg _{lait} ^[d])								
Revenus	0,95 (0)	0,95 (0)	0,95 (0)	0,95 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)
Dépenses	0,61 (-1)	0,62 (0)	0,61 (-1)	0,61 (0)	0,66 (-1)	0,67 (0)	0,66 (-1)	0,67 (0)
Bénéfice net	0,34 (+3)	0,33 (+1)	0,34 (+2)	0,33 (+1)	0,20 (+4)	0,19 (+1)	0,20 (+4)	0,19 (+1)
Azote (N; g/kg _{lait} ^[d])								
Intrants	27,38 (-4)	23,85 (-1)	27,80 (-3)	24,17 (-1)	21,87 (-5)	19,82 (0)	22,33 (-4)	19,97 (0)
Extrants	11,75 (0)	11,82 (0)	11,75 (0)	11,82 (0)	7,99 (0)	8,52 (+1)	7,99 (0)	8,38 (+1)
Bilan	15,63 (-6)	12,03 (-2)	16,05 (-6)	12,35 (-1)	13,87 (-8)	11,30 (-2)	14,34 (-7)	11,59 (-1)
Phosphore (P; g/kg _{lait} ^[d])								
Intrants	2,71 (0)	2,50 (0)	2,71 (0)	2,50 (+2)	3,16 (0)	2,75 (0)	3,16 (0)	2,73 (0)
Extrants	1,92 (0)	1,95 (0)	1,92 (0)	1,95 (+1)	1,28 (0)	1,33 (+1)	1,28 (0)	1,32 (+1)
Bilan	0,79 (0)	0,55 (0)	0,79 (0)	0,55 (+5)	1,88 (0)	1,42 (0)	1,88 (0)	1,41 (0)
GES^[e] (kg CO₂e^[f]/kg_{lait}^[d])								
CO ₂	0,39 (-7)	0,29 (-2)	0,40 (-7)	0,30 (+1)	0,28 (-11)	0,26 (0)	0,29 (-10)	0,25 (0)
CH ₄	0,86 (-7)	1,04 (-12)	0,85 (-7)	1,03 (-12)	0,88 (-7)	1,07 (-12)	0,87 (-7)	1,05 (-12)
N ₂ O	0,31 (-41)	0,31 (-2)	0,32 (-40)	0,31 (0)	0,23 (-50)	0,21 (-4)	0,23 (-50)	0,22 (-4)
Total	1,56 (-17)	1,65 (-9)	1,57 (-16)	1,64 (-8)	1,38 (-19)	1,54 (-9)	1,39 (-18)	1,52 (-9)
Allocation (kg CO₂e^[f]/kg_{lait}^[d])								
Lait	1,24 (-17)	1,30 (-9)	1,24 (-16)	1,30 (-8)	1,14 (-19)	1,27 (-9)	1,15 (-18)	1,26 (-9)
Animaux	0,20 (-17)	0,21(-9)	0,20 (-16)	0,21 (-8)	0,21 (-19)	0,23 (-9)	0,21 (-18)	0,23 (-9)
Cultures	0,12 (-17)	0,13 (-9)	0,12 (-16)	0,13 (-6)	0,03 (-19)	0,03 (-6)	0,03 (-18)	0,04 (-6)

^[a] Les nombres entre parenthèses indiquent la différence (%) avec les scénarios de référence.

^[b] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[c] Systèmes de manutention : GS = gestion solide; GL = gestion liquide.

^[d] kg_{lait} = kg de lait corrigé à 4,0 % de gras et à 3,3 % de protéines.

^[e] Gaz à effet de serre (GES) : CO₂ = dioxyde de carbone; CH₄ = méthane; N₂O = oxyde nitreux.

^[f] kgCO₂e = kg de CO₂ équivalent.

Tableau B12. Bilans^[a] économiques et agroenvironnementaux par région et mode de stabulation^[b] pour les fermes de référence en gestion liquide dans N-CyCLES considérant le scénario de la digestion anaérobie

	Montérégie		Bas-St-Laurent	
	SE	SL	SE	SL
Finances (\$/kg_{lait}^[c])				
Revenus	0,95 (+1)	0,95 (+1)	0,86 (0)	0,86 (0)
Dépenses	0,63 (+2)	0,63 (+2)	0,68 (+1)	0,68 (+1)
Bénéfice net	0,33 (-1)	0,33 (-1)	0,18 (-4)	0,18 (-4)
Azote (N; g/kg_{lait}^[c])				
Intrants	23,93 (0)	24,28 (0)	19,82 (0)	19,82 (-1)
Extrants	12,22 (+3)	12,22 (+4)	8,56 (+1)	8,52 (+3)
Bilan	11,71 (-4)	12,06 (-4)	11,26 (-2)	11,30 (-4)
Phosphore (P; g/kg_{lait}^[c])				
Intrants	2,55 (+2)	2,55 (+4)	2,76 (+1)	2,75 (+1)
Extrants	2,01 (+3)	2,01 (+4)	1,33 (+1)	1,33 (+2)
Bilan	0,54 (-1)	0,54 (+4)	1,43 (+1)	1,42 (+1)
GES^[d] (kg CO₂e^[e]/kg_{lait}^[c])				
CO ₂	0,29 (-3)	0,30 (+1)	0,26 (+1)	0,26 (+1)
CH ₄	0,84 (-29)	0,83 (-29)	0,86 (-30)	0,85 (-29)
N ₂ O	0,39 (+21)	0,38 (+22)	0,25 (+11)	0,24 (+9)
Total	1,51 (-16)	1,51 (-15)	1,36 (-20)	1,35 (-19)
Allocation (kg CO₂e^[e]/kg_{lait}^[c])				
Lait	1,19 (-16)	1,19 (-15)	1,12 (-20)	1,11 (-20)
Animaux	0,19 (-16)	0,19 (-15)	0,20 (-20)	0,20 (-20)
Cultures	0,13 (-11)	0,13 (-7)	0,04 (-16)	0,03 (-12)

^[a] Les nombres entre parenthèses indiquent la différence (%) avec les scénarios de référence.

^[b] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[c] kg_{lait} = kg de lait corrigé à 4,0 % de gras et à 3,3 % de protéines.

^[d] Gaz à effet de serre (GES) : CO₂ = dioxyde de carbone; CH₄ = méthane; N₂O = oxyde nitreux.

^[e] kg_{CO₂e} = kg de CO₂ équivalent.

Tableau B13. Bilans^[a] économiques et agroenvironnementaux par région, mode de stabulation^[b] et système de manutention^[c] pour les fermes de référence dans N-CyCLES considérant l'utilisation d'une litière de copeaux de bois

	Montérégie				Bas-St-Laurent			
	SE		SL		SE		SL	
	GS	GL	GS	GL	GS	GL	GS	GL
Finances (\$/kg _{lait} ^[d])								
Revenus	0,95 (0)	0,95 (0)	0,95 (0)	0,95 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)
Dépenses	0,65 (+5)	0,64 (+4)	0,65 (+5)	0,64 (+4)	0,69 (+4)	0,70 (+4)	0,69 (+4)	0,69 (+4)
Bénéfice net	0,30 (-8)	0,31 (-7)	0,30 (-8)	0,31 (-7)	0,16 (-15)	0,16 (-14)	0,16 (-15)	0,16 (-14)
Azote (N; g/kg _{lait} ^[d])								
Intrants	27,68 (-2)	23,10 (-4)	28,01 (-3)	23,75 (-2)	22,24 (-3)	19,26 (-3)	22,61 (-3)	19,31 (-4)
Extrants	11,83 (+1)	11,84 (0)	11,83 (+1)	11,84 (+1)	8,02 (0)	8,21 (-3)	8,02 (0)	8,15 (-2)
Bilan	15,84 (-5)	11,25 (-8)	16,17 (-5)	11,90 (-5)	14,22 (-5)	11,06 (-4)	14,59 (-5)	11,15 (-5)
Phosphore (P; g/kg _{lait} ^[d])								
Intrants	2,46 (-9)	2,38 (-5)	2,46 (-9)	2,38 (-3)	3,11 (-1)	2,67 (-3)	3,11 (-1)	2,66 (-2)
Extrants	1,94 (+1)	1,95 (0)	1,94 (+1)	1,95 (+1)	1,28 (0)	1,30 (-2)	1,28 (0)	1,30 (-1)
Bilan	0,52 (-34)	0,43 (-22)	0,52 (-34)	0,43 (-18)	1,83 (-3)	1,37 (-3)	1,83 (-3)	1,37 (-3)
GES^[e] (kg CO _{2e} ^[f] /kg _{lait} ^[d])								
CO ₂	0,42 (+1)	0,28 (-4)	0,43 (+1)	0,30 (+2)	0,30 (-5)	0,23 (-9)	0,31 (-5)	0,23 (-9)
CH ₄	0,89 (-3)	1,14 (-4)	0,88 (-3)	1,12 (-4)	0,92 (-3)	1,17 (-4)	0,90 (-3)	1,15 (-4)
N ₂ O	0,55 (+3)	0,31 (-5)	0,54 (+3)	0,31 (-2)	0,47 (+2)	0,22 (-3)	0,46 (+2)	0,22 (-4)
Total	1,86 (0)	1,73 (-4)	1,85 (0)	1,73 (-3)	1,68 (-2)	1,62 (-4)	1,67 (-2)	1,60 (-4)
Allocation (kg CO _{2e} ^[f] /kg _{lait} ^[d])								
Lait	1,47 (0)	1,37 (-4)	1,47 (-1)	1,37 (-3)	1,39 (-2)	1,34 (-4)	1,38 (-2)	1,32 (-4)
Animaux	0,24 (0)	0,22 (-4)	0,24 (-1)	0,22 (-3)	0,25 (-2)	0,24 (-4)	0,25 (-2)	0,24 (-4)
Cultures	0,15 (+2)	0,14 (-4)	0,15 (+2)	0,14 (-1)	0,04 (0)	0,04 (-12)	0,04 (0)	0,04 (-9)

^[a] Les nombres entre parenthèses indiquent la différence (%) avec les scénarios de référence.

^[b] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[c] Systèmes de manutention : GS = gestion solide; GL = gestion liquide.

^[d] kg_{lait} = kg de lait corrigé à 4,0 % de gras et à 3,3 % de protéines.

^[e] Gaz à effet de serre (GES) : CO₂ = dioxyde de carbone; CH₄ = méthane; N₂O = oxyde nitreux.

^[f] kg_{CO_{2e}} = kg de CO₂ équivalent.

Tableau B14. Bilans^[a] économiques et agroenvironnementaux par région et mode de stabulation^[b] pour les fermes de référence en gestion liquide dans N-CyCLES considérant l'utilisation d'une litière de sable

	Montérégie		Bas-St-Laurent	
	SE	SL	SE	SL
Finances (\$/kg_{lait}^[c])				
Revenus	0,95 (0)	0,95 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)
Dépenses	0,62 (0)	0,62 (0)	0,67 (-1)	0,66 (-1)
Bénéfice net	0,33 (+1)	0,33 (+1)	0,19 (+2)	0,19 (+2)
Azote (N; g/kg_{lait}^[c])				
Intrants	23,09 (-4)	23,74 (-2)	19,05 (-4)	19,09 (-5)
Extrants	11,93 (+1)	11,93 (+1)	8,32 (-1)	8,27 (0)
Bilan	11,16 (-9)	11,81 (-6)	10,73 (-8)	10,82 (-7)
Phosphore (P; g/kg_{lait}^[c])				
Intrants	2,36 (-5)	2,36 (-4)	2,69 (-2)	2,68 (-1)
Extrants	1,95 (0)	1,95 (+1)	1,30 (-2)	1,30 (-1)
Bilan	0,41 (-26)	0,41 (-22)	1,39 (-2)	1,38 (-2)
GES^[d] (kg CO_{2e}^[e]/kg_{lait}^[c])				
CO ₂	0,29 (-3)	0,31 (+3)	0,23 (-9)	0,23 (-8)
CH ₄	1,16 (-2)	1,14 (-2)	1,19 (-2)	1,17 (-2)
N ₂ O	0,30 (-6)	0,30 (-4)	0,21 (-6)	0,21 (-7)
Total	1,74 (-3)	1,74 (-2)	1,63 (-4)	1,60 (-4)
Allocation (kg CO_{2e}^[e]/kg_{lait}^[c])				
Lait	1,40 (-2)	1,40 (-1)	1,36 (-2)	1,34 (-3)
Animaux	0,20 (-11)	0,20 (-10)	0,22 (-12)	0,22 (-12)
Cultures	0,14 (-1)	0,14 (+3)	0,04 (-5)	0,04 (-2)

^[a] Les nombres entre parenthèses indiquent la différence (%) avec les scénarios de référence.

^[b] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[c] kg_{lait} = kg de lait corrigé à 4,0 % de gras et à 3,3 % de protéines.

^[d] Gaz à effet de serre (GES) : CO₂ = dioxyde de carbone; CH₄ = méthane; N₂O = oxyde nitreux.

^[e] kg_{CO_{2e}} = kg de CO₂ équivalent.

Tableau B15. Bilans^[a] économiques et agroenvironnementaux par région, mode de stabulation^[b] et système de manutention^[c] pour les fermes de référence dans N-CyCLES considérant l'utilisation d'une litière de paille de panic érigé

	Montérégie				Bas-St-Laurent			
	SE		SL		SE		SL	
	GS	GL	GS	GL	GS	GL	GS	GL
Finances (\$/kg _{lait} ^[d])								
Revenus	0,93 (-2)	0,93 (-2)	0,93 (-2)	0,93 (-2)	0,86 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)	0,86 (0)
Dépenses	0,60 (-3)	0,60 (-3)	0,60 (-3)	0,60 (-3)	0,66 (0)	0,66 (-1)	0,66 (0)	0,66 (-1)
Bénéfice net	0,33 (0)	0,33 (0)	0,33 (0)	0,33 (0)	0,19 (+2)	0,19 (+3)	0,19 (+2)	0,20 (+3)
Azote (N; g/kg _{lait} ^[d])								
Intrants	26,69 (-6)	22,08 (-8)	27,02 (-6)	22,73 (-6)	22,97 (0)	19,60 (-2)	23,33 (0)	19,39 (-3)
Extrants	10,70 (-9)	10,70 (-9)	10,70 (-9)	10,70 (-9)	8,00 (0)	8,33 (-1)	8,00 (0)	7,96 (-4)
Bilan	15,99 (-4)	11,38 (-7)	16,32 (-4)	12,03 (-4)	14,97 (0)	11,27 (-2)	15,33 (0)	11,43 (-3)
Phosphore (P; g/kg _{lait} ^[d])								
Intrants	2,52 (-7)	2,37 (-5)	2,52 (-7)	2,37 (-3)	2,94 (-7)	2,55 (-7)	2,94 (-7)	2,45 (-10)
Extrants	1,75 (-8)	1,75 (-10)	1,75 (-8)	1,75 (-9)	1,29 (+1)	1,32 (0)	1,29 (+1)	1,28 (-2)
Bilan	0,77 (-3)	0,62 (+0,12)	0,77 (-3)	0,62 (+0,17)	1,65 (-12)	1,23 (-13)	1,65 (-12)	1,17 (-17)
GES^[e] (kg CO ₂ e ^[f] /kg _{lait} ^[d])								
CO ₂	0,40 (-5)	0,26 (-14)	0,41 (-5)	0,28 (-7)	0,33 (+7)	0,24 (-8)	0,34 (+7)	0,23 (-7)
CH ₄	0,92 (0)	1,19 (0)	0,91 (0)	1,17 (0)	0,94 (0)	1,22 (0)	0,93 (0)	1,20 (0)
N ₂ O	0,51 (-3)	0,29 (-9)	0,51 (-3)	0,29 (-6)	0,45 (-1)	0,21 (-4)	0,45 (-1)	0,21 (-4)
Total	1,83 (-2)	1,73 (-4)	1,82 (-2)	1,74 (-2)	1,73 (+1)	1,67 (-1)	1,72 (+1)	1,65 (-1)
Allocation (kg CO ₂ e ^[f] /kg _{lait} ^[d])								
Lait	1,48 (0)	1,40 (-2)	1,47 (0)	1,40 (-1)	1,43 (+1)	1,38 (-1)	1,43 (+1)	1,36 (-1)
Animaux	0,24 (0)	0,23 (-2)	0,24 (0)	0,23 (-1)	0,26 (+1)	0,25 (-1)	0,26 (+1)	0,25 (-1)
Cultures	0,12 (-20)	0,11 (-24)	0,12 (-20)	0,11 (-21)	0,04 (+6)	0,04 (-2)	0,04 (+5)	0,04 (-11)

^[a] Les nombres entre parenthèses indiquent la différence (%) avec les scénarios de référence.

^[b] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[c] Systèmes de manutention : GS = gestion solide; GL = gestion liquide.

^[d] kg_{lait} = kg de lait corrigé à 4,0 % de gras et à 3,3 % de protéines.

^[e] Gaz à effet de serre (GES) : CO₂ = dioxyde de carbone; CH₄ = méthane; N₂O = oxyde nitreux.

^[f] kg_{CO₂e} = kg de CO₂ équivalent.

Tableau B16. Variation du bénéfice net (\$), de la réduction des gaz à effet de serre (GES; t_{CO2e}^[a] sauvée) et rapport coût-efficacité (\$/t_{CO2e}^[a] sauvée) par région, mode de stabulation^[b] et système de manutention^[c] des options de mitigation testées dans N-CyCLES

	Montérégie				Bas-St-Laurent			
	SE		SL		SE		SL	
	GS	GL	GS	GL	GS	GL	GS	GL
Litière de sable								
Bénéfice net		3848		3578		3462		3407
Réduction GES		54		29		58		60
Coût-efficacité		72		122		59		57
Litière de panic érigé								
Bénéfice net	1219	855	1256	344	3604	5633	3645	4956
Réduction GES	34	64	34	37	-19	23	-18	21
Coût-efficacité	36	13	37	9	-195	249	-206	232
Couverture de fosse								
Bénéfice net	7707	2761	7159	2679	7613	2323	7064	2023
Réduction GES	287	146	274	126	291	139	278	133
Coût-efficacité	27	19	26	21	26	17	25	15
Séparation solide-liquide								
Bénéfice net		-2106		-2530		-2420		-3633
Réduction GES		350		318		376		358
Coût-efficacité		-6		-8		-6		-10
Digestion anaérobie								
Bénéfice net		-4434		-4564		-6468		-6675
Réduction GES		267		245		300		290
Coût-efficacité		-17		-19		-22		-23
Compostage en tas								
Bénéfice net	-12119		-11926		-12525		-12318	
Réduction GES	70		68		60		59	
Coût-efficacité	-172		-175		-208		-210	
Incorporation du fumier								
Bénéfice net	-8857	-10334	-8539	-9748	-8442	-12436	-8148	-11803
Réduction GES	17	57	16	40	24	8	22	7
Coût-efficacité	-515	-182	-533	-244	-353	-1630	-366	-1669
Litière de ripe de bois								
Bénéfice net	-24652	-22672	-24473	-22916	-25466	-23076	-25315	-23131
Réduction GES	4	68	6	42	27	67	29	67
Coût-efficacité	-5648	-334	-3938	-551	-949	-342	-883	-344

^[a] t_{CO2e} = tonne de dioxyde de carbone équivalent.

^[b] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

^[c] Systèmes de manutention : GS = gestion solide; GL = gestion liquide.

Tableau B17. Effet des variations (%) du prix des aliments et des fertilisants sur les résultats économiques et agroenvironnementaux^[a] par région, mode de stabulation^[b] et système de manutention^[c] pour les fermes de référence dans N-CyCLES

	Montérégie				Bas-St-Laurent			
	SE		SL		SE		SL	
	GS	GL	GS	GL	GS	GL	GS	GL
Prix des aliments +35 %								
Bénéfice net	-7	-7	-7	-7	-21	-21	-21	-21
Bilan N	+2	0	+2	+2	0	0	0	0
Bilan P	-3	-3	-3	+1	0	-1	0	-2
GES	+2	0	+2	+1	0	-1	0	-1
Allocation du lait	-2	-3	-2	-2	0	-2	0	-1
Prix des fertilisants +25 %								
Bénéfice net	-1	0	-1	0	-1	-1	-2	-1
Bilan N	0	-1	0	0	0	0	0	0
Bilan P	+3	0	+3	+3	0	0	0	0
GES	0	-1	0	0	0	0	0	0
Allocation du lait	0	-1	0	0	0	0	0	0
Prix des fertilisants -25%								
Bénéfice net	+1	0	+1	0	+1	+1	+2	0
Bilan N	+2	0	+2	+2	0	-2	0	-4
Bilan P	-2	-3	-2	+1	0	+1	0	+1
GES	+2	0	+2	+1	0	0	0	0
Allocation du lait	+1	0	+1	+1	0	0	0	0
Prix des aliments -35 %								
Bénéfice net	+7	+7	+7	+7	+21	+21	+21	+21
Bilan N	0	-1	0	0	0	-1	0	-1
Bilan P	+5	-1	+5	+4	0	+1	0	+1
GES	0	-1	0	0	0	0	0	0
Allocation du lait	+3	+2	+3	+3	+1	+1	+1	+1

[a] GES = gaz à effet de serre; N = azote; P = phosphore.

[b] Modes de stabulation : SE = stabulation entravée; SL = stabulation libre.

[c] Systèmes de manutention : GS = gestion solide; GL = gestion liquide.