



Fédération des producteurs de porcs du Québec

*Évaluation du niveau de perfectionnement
à apporter à l'outil de quantification des
émissions de GES de la FPPQ pour
quantifier l'empreinte carbone de la
production porcine au Québec*

Décembre 2010



Équipe de réalisation

Personne	Fonction
Mourad Kharoune, Ph.D.	Directeur du projet
Martin Brisebois, M.Env.	Chargé du projet – quantification de GES
Renaud Dugré-Brisson, ing. jr	Chargé du projet – ingénierie

Table des matières

1.	Mise en contexte	1
2.	Détermination des frontières d'une empreinte carbone du porc au Québec.....	2
2.1.	Analyse du calculateur de la FPPQ	2
2.2.	Revue des ACV sur la production porcine et les impacts sur les GES.....	2
2.3.	Définition du système retenu	5
3.	Calcul de l'empreinte carbone préliminaire	8
3.1.	Méthodologie.....	8
3.1.1.	Production de l'alimentation	8
3.1.2.	Opération de la ferme.....	8
3.1.3.	Lisier de porc.....	8
3.1.4.	Passage à l'abattoir.....	9
3.2.	Résultat de l'empreinte carbone préliminaire.....	9
3.2.1.	Production de l'alimentation	9
3.2.2.	Opération de la ferme.....	10
3.2.3.	Gestion du lisier	10
3.2.4.	Abattoir.....	11
3.3.	Scénario : Exportation au Japon.....	11
3.4.	Évaluation du niveau d'incertitude	12
3.4.1.	Sources d'incertitudes	12
3.4.2.	Simulations des incertitudes.....	14
4.	Conclusions.....	18
5.	Références.....	19

Liste des tableaux

Tableau 1- Résumé des principales études ACV de la production de porc.....	3
Tableau 2- Paramètres d'incertitudes des données.....	13
Tableau 3- Résultats des simulations avec la méthode de Monte Carlo - Alimentation.....	14
Tableau 4- Résultats des simulations avec la méthode de Monte Carlo - Opération	15
Tableau 5- Résultats des simulations avec la méthode de Monte Carlo – Gestion lisier.....	16
Tableau 6: Résumé des résultats des simulations avec la méthode de Monte Carlo.....	17

Liste des figures

Figure 1- Évaluation des l'empreintes carbone à la sortie de l'abattoir	4
Figure 2- Schéma simplifié du cycle de vie de la production porcine au Québec.....	6
Figure 3- Émissions de GES selon l'étape de production du porc au Québec	9
Figure 4- Répartition des émissions – Alimentation	10
Figure 5- Répartition des émissions - Opération de la ferme	10
Figure 6- Répartition des probabilités pour la contribution de l'alimentation.....	14
Figure 7- Répartition des probabilités pour la contribution de l'opération de la ferme	15
Figure 8- Répartition des probabilités pour la contribution du lisier de porc	16

1. Mise en contexte

OCO Technologies a été mandatée par la FPPQ afin d'évaluer le niveau de perfectionnement de leur calculateur et d'y apporter les modifications nécessaires pour couvrir l'ensemble du cycle de vie de la production porcine au Québec. Ce calculateur pourra ainsi être utilisé pour calculer l'empreinte carbone de la production du porc de chaque ferme au Québec.

L'objectif recherché par la FPPQ est de connaître dans un premier temps la faisabilité d'élargir les frontières du calculateur des émissions de GES, et dans un second temps d'évaluer si l'empreinte carbone de la production de porc du Québec présente un avantage par rapport aux producteurs canadiens et américains.

Pour atteindre ces objectifs, les étapes suivantes ont été réalisées jusqu'à présent :

- Analyse du calculateur actuel de la FPPQ, notamment :
 - Délimitation des frontières du système couvert par le calculateur
 - Validation des facteurs d'émissions utilisés
- Revue des études ACV de la production sur la scène internationale.
- Définition des frontières du système requis pour une empreinte de carbone.
- Calcul d'une empreinte préliminaire pour la production au Québec.
- Étude des solutions et de recommandations

2. Détermination des frontières d'une empreinte carbone du porc au Québec

2.1. Analyse du calculateur de la FPPQ

L'outil de calcul des émissions de GES développé par la FPPQ a été analysé dans le cadre de cette étude. Le protocole mis en place vise à cibler des projets de réduction des émissions de GES pour les exploitations porcines du Québec.

Trois sources d'émissions de GES sont considérées : entreposage des lisiers, transport des lisiers et des engrais minéraux, épandage des lisiers et des engrais minéraux. Les données principales utilisées dans le calculateur sont issues du système national de comptabilisation et de vérification des quantités de carbone et des émissions de gaz à effet de serre pour l'agriculture (SNCVCG) ainsi que du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

Les méthodologies de calcul et les facteurs d'émissions sont sélectionnées selon un arbre décisionnel qui priorise ceux qui sont (1) spécifiques, (2) provenant du rapport d'inventaire national (RIN 2006) d'Environnement Canada, (3) du GIEC ou en dernier lieu (4) d'autres sources reconnues. L'outil prend seulement en compte trois GES : le CO₂, le N₂O et le CH₄.

Les frontières actuelles du système tel que définies par l'outil de calcul de la FPPQ sont les trois sources d'émissions ainsi que les trois gaz à effets de serre. Afin d'évaluer l'empreinte carbone de la production de porc au Québec, il s'avère nécessaire d'inclure des sources d'émissions supplémentaires (telle que la production agricole et de la moulée) et de considérer d'autres gaz à effets de serre.

2.2. Revue des ACV sur la production porcine et les impacts sur les GES

La première étape de ce projet a été de passer en revue différentes études d'analyse d'ACV de la production du porc. Quatre études de quatre différents pays ont été considérées : Australie (Wiedemann et al. 2010), Denmark (Dalgaard et al. 2007), États-Unis (Thoma, 2010) et Royaume-Uni (Kingston et al., 2009). Toutes ces études considèrent la production agricole requise pour la production de la moulée. Cependant, à l'autre bout du cycle de vie, la très grande majorité des études se termine soit à la sortie de la ferme, soit à la sortie de l'abattoir. Ces études sont donc toutes de type "*cradle to gate*". Une étude est de type "*cradle to grave*" incluant les processus associés à la vente de la viande de porc, à sa conservation par le consommateur avant l'utilisation, à la cuisson et à la fin de vie des emballages.

L'empreinte carbone ainsi que l'étendue des études considérées sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1- Résumé des principales études ACV de la production de porc

Pays	Empreinte carbone	Étendue de l'étude	Référence
Australie ‡	4,3 kg [†] CO ₂ e	À la sortie de l'abattoir	Wiedemann et al. 2010
Danemark	3,4 kg [†] CO ₂ e	À la sortie de la ferme	Dalgaard et al. 2007
	3,6 kg [†] CO ₂ e	Incluant le transport jusqu'au port de la ville de Harwich	
États-Unis	4,6 kg [†] CO ₂ e	À la sortie de l'abattoir	Thoma (2010)
	7,4 kg* CO ₂ e	Cycle de vie complet, cuisson électrique	
Royaume-Uni	5,7 kg [†] CO ₂ e	À la sortie de l'abattoir	Kingston et al. 2009
	8,6 kg* CO ₂ e	Cycle de vie complet	

† par poids carcasse

* par poids désossé, kg consommé

‡ moyenne de deux modes de production de porcs en Australie

Une valeur commune, soit 1 kilogramme de porc carcasse à la sortie de l'abattoir, est obtenue par chacune de ces études, et sera utilisée comme base de comparaison de la production du porc dans le cadre de ce projet. La comptabilisation des émissions de GES prendra donc en considération toutes les émissions jusqu'à la sortie de l'abattoir, soient celles associées à :

- la production de la moulée et des céréales requises pour la moulée
- la production d'énergie
- l'élevage des porcs
- le transport
- la gestion du fumier
- la gestion des carcasses

Il faut toutefois noter que ces études présentent des différences au niveau des méthodes de calculs et des coefficients d'émission. Ces variations, de même que l'utilisation d'études spécifiques aux pays producteurs et de bases de données, doivent être prises en considération. Le logiciel Simapro, qui permet l'évaluation du cycle de vie d'un produit ou d'un processus de production, utilise plusieurs bases de données. Or ces bases de données sont principalement composées de valeurs européennes, qui peuvent varier grandement par rapport aux particularités québécoises ou même nord-américaine. De plus, il est difficile de donner un degré de qualité à ces bases de données puisqu'elles englobent plusieurs procédés différents et limitent les détails méthodologiques. C'est dans cette optique qu'une analyse des incertitudes a été incluse dans le cadre de projet, afin d'évaluer la précision de l'empreinte carbone préliminaire de la production de porc au Québec.

L'analyse des différentes études ACV a permis d'identifier les principales sources d'émissions de GES, dans une approche "*cradle to gate*". pour la production de porc. Selon les données tirées de ces études, il a été possible de regrouper les émissions en quatre grands processus; la production agricole nécessaire à l'alimentation, l'opération de la ferme, la gestion du lisier ainsi que le passage à l'abattoir et la transformation. Les empreintes carbone à la sortie de l'abattoir tirées des quatre études citées précédemment sont présentées à la Figure 1.

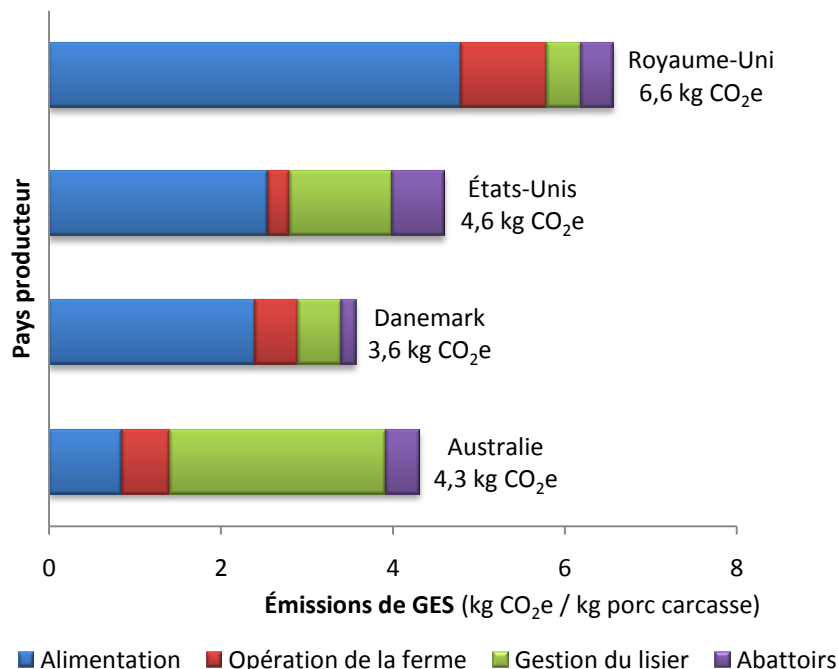


Figure 1- Évaluation des l'empreintes carbone à la sortie de l'abattoir

L'ensemble de ces études ont noté le rôle prépondérant de la production alimentaire sur l'empreinte carbone de la production de porc. Cette étape contribue pour 67% des émissions de GES dans le cas du Danemark (Daalgaard et al. 2007), 73% au Royaume-Uni (Kingston et al. 2009) et 55% aux États-Unis (Thoma, 2010). L'impact plus faible de la culture agricole en Australie est attribué aux faibles émissions d'oxydes d'azote lors de la production des céréales dans ce pays (Wiedemann et al. 2010). En effet, des études locales ont permis aux auteurs de diminuer le facteur d'émission de l'azote pour l'agriculture de 1,25% à 0,3% ce qui diminue nettement l'impact de la production alimentaire au niveau de l'empreinte carbone.

Une des constatations de l'étude menée par Gregory Thoma (2010) pour le National Pork Board des États-Unis est qu'il y a une grande différence dans les émissions de GES selon les méthodes de gestion du lisier. L'utilisation de grandes lagunes aérobies augmente grandement les émissions comparativement à la gestion en caves à lisier (*deep pit*). Dans le scénario de base de l'étude américaine qui considère les fosses, les émissions dues au lisier contribuent pour 26% des émissions de GES et atteignent une proportion de 56% dans le cas des lagunes. Cette réalité est confirmée par l'étude de Wiedemann et al. (2010) sur la production australienne, où la gestion du lisier à l'aide de lagunes anaérobies contribue pour 73% de l'empreinte carbone. D'un autre côté, des pays qui utilisent des méthodes de récupération et d'épandage du lisier comme le Danemark et le Royaume-Uni ont pu réduire l'importance du lisier au niveau de leurs émissions de GES, notamment par l'évitement de la production, du transport et de l'utilisation de fertilisants synthétiques, mais ces réductions semblent avoir été surestimées si on se réfère au facteur d'émission pour la production d'engrais synthétique issu du mécanisme de développement propre (UNFCCC, 2010 III.A.). Au Québec, l'épandage du lisier est une pratique courante depuis déjà plusieurs années. De ce fait, les émissions de GES associées à **l'évitement de la production d'engrais synthétique** ne sont pas incluses dans le cadre de cette empreinte carbone; d'ailleurs cette réduction n'est pas significative, elle est équivalente à **0,068 kg CO₂e**. Considérer cette hypothèse viendrait augmenter l'incertitude de

l’empreinte. Au Québec, l’investissement au niveau des fosses liquides non-couvertes devrait contribuer à diminuer les émissions de GES provenant du lisier.

Les émissions reliées à l’opération de la ferme, tant pour l’électricité, le chauffage et l’émission directe par les animaux (fermentation entérique) ne représentent qu’une faible partie de l’empreinte carbone. Les études disponibles n’utilisent pas les mêmes méthodes d’évaluation mais arrivent toutes à des valeurs semblables pour les activités d’opérations; une contribution moyenne de 0,56 kg CO₂e, soit environ 11% de l’empreinte carbone. Le type d’atelier d’engraissement a aussi été évalué au Royaume-Uni et il a été conclu que les élevages extérieurs entraînaient des impacts plus importants aux niveaux de l’eutrophisation et de l’acidification des sols mais que les émissions de GES étaient semblables.

L’analyse des résultats concernant la partie d’abattage montre également de faibles émissions. En effet, l’évaluation moyenne des émissions provenant des activités de transformation et de l’abattoir est de 8%, soit 0,38 kg CO₂e. Il semble donc que les réalités locales, notamment au niveau de la consommation énergétique, n’entraînent pas une variation marquée des émissions attribuables principalement aux besoins énergétiques, aux matériaux et aux transports.

Dans un registre plus large, les études portant sur l’ensemble du cycle de vie de la production de porc (jusqu’à la fin de vie des emballages), soulignent le peu d’impact des émissions dues au transport vis-à-vis des étapes d’agriculture et d’élevage. L’étude britannique a calculé que l’ensemble des opérations de transport ne contribue que pour 4,2% des émissions de l’empreinte carbone globale (Kingston, 2009). L’équipe de Dalgaard a étudié un scénario où le porc produit au Danemark serait acheminé par bateau jusqu’au port de Tokyo. Selon leur évaluation, cette étape de transport générerait un apport additionnel de 0,25 kg CO₂e, pour une majoration de 6,9% de l’empreinte carbone. Un consensus s’établit entre ces auteurs à propos du peu d’impact des étapes de transport de la viande par rapport à la contribution de l’alimentation et du lisier.

2.3. Définition du système retenu

La revue des différentes études ACV mentionnées ci-dessus a permis d’identifier quels processus devraient être pris en considération dans le cadre d’une étude québécoise sur les émissions de GES associées à la production porcine. La Figure 2 présente les frontières d’un outil pour la FPPQ qui permettrait d’évaluer les émissions de la production du porc au Québec et de pouvoir comparer cette empreinte carbone à celles associées à la production du porc ailleurs dans le monde. Pour ce faire, il a été retenu de limiter l’étude à une approche "*cradle to gate*" en arrêtant la comptabilisation des émissions de GES à la sortie de l’abattoir. Toutes les émissions en amont de cette frontière seront considérées, soient celles associées à la production de la moulée et des céréales requises pour la moulée, la production d’énergie, le transport, la gestion du fumier et la gestion des carcasses sont incluses dans les frontières de l’étude. Ce cadre élargi permettrait de comptabiliser dans le futur les émissions de GES évitées par l’utilisation du lisier de porc comme fertilisant (émissions évitées de GES associées à la production de fertilisants artificiels) et par la production de biodiesel à partir des carcasses d’animaux (émissions évitées de GES associées à la production de diesel conventionnel).

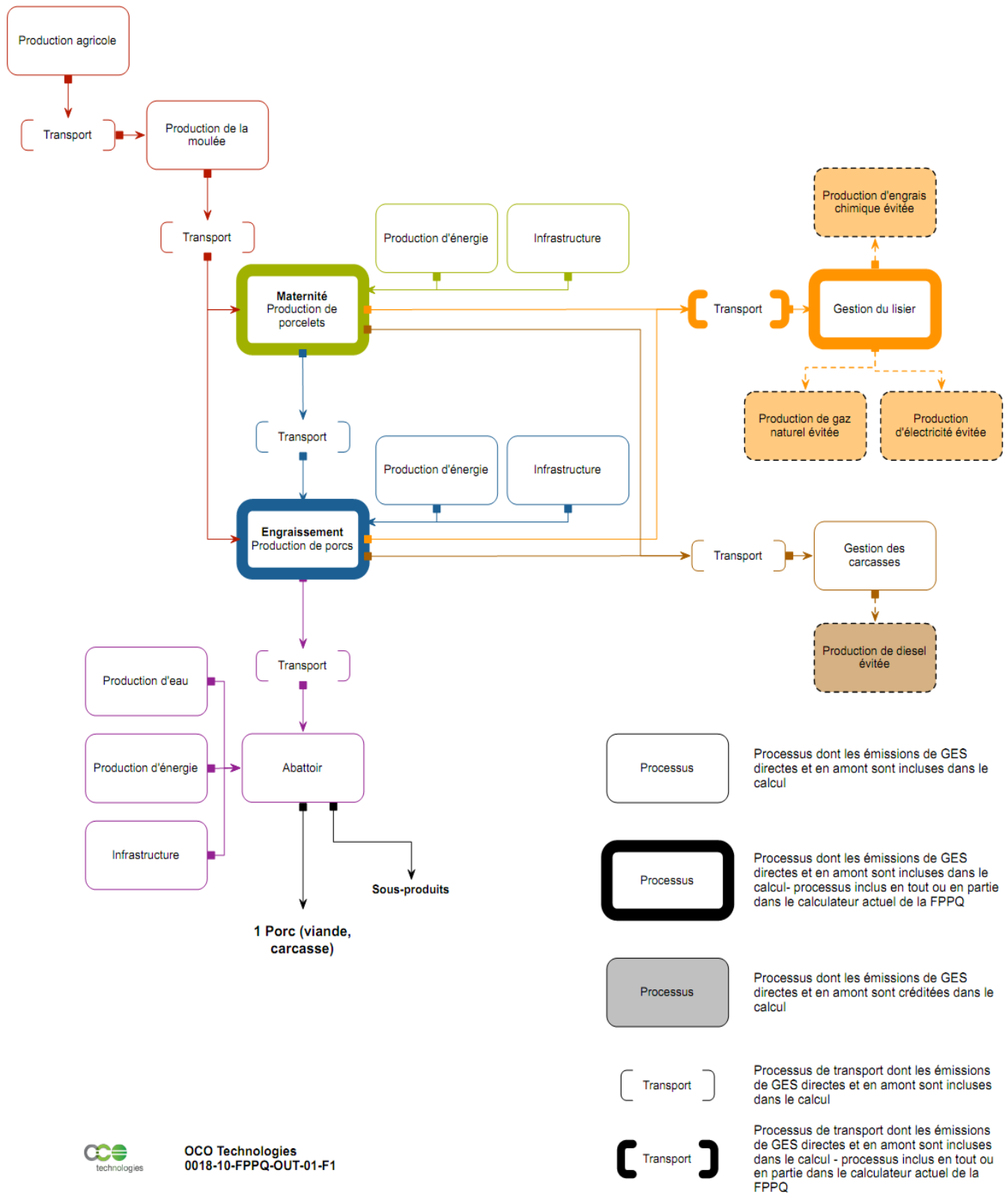


Figure 2- Schéma simplifié du cycle de vie de la production porcine au Québec

Cette approche permet de quantifier les émissions des GES relatives à la production de 1kg de porc carcasse à la sortie de l'abattoir, valeur qui peut être comparée aux résultats obtenus par les études sur la scène internationale (voir Tableau 1). Le modèle considère quatre grandes étapes pour le cycle de vie de la production du porc : la production alimentaire, les opérations de la ferme (maternité et engraissement), l'abattoir et la gestion du lisier. Cette séparation permet de bien représenter le cycle de vie de la production de porc en plus de faciliter l'identification de points importants au niveau de l'empreinte carbone.

Le modèle développé prend également en considération les différents taux de mortalité des porcelets et des truies de même que le nombre de portées et de porcelets par truie annuellement. Selon les données provenant de l'édition 2009 de l'étude du coût de production de la FPPQ, des taux de mortalité de 8,6%, 4,3% et 5,3% sont considérés respectivement pour les truies, les porcelets et les porcs en croissance. De plus, un taux de réforme de 36% est considéré chez les truies (pour un taux de remplacement de 44,6%), avec 10 porcelets par portée et 2,5 portées par année. Ainsi, avec ces données, il est nécessaire de considérer 0,08 truie et 1,10 porcelet en maternité pour obtenir un porc engraisé à l'entrée de l'abattoir.

3. Calcul de l’empreinte carbone préliminaire

3.1. Méthodologie

Le calcul des émissions de GES de la production de porc nécessite l’apport de plusieurs variables différentes. Cette section présente les méthodes de calcul des sources d’émissions incluses dans l’empreinte carbone préliminaire ainsi que les hypothèses considérées dans le cadre de ce projet.

3.1.1. Production de l’alimentation

Les compositions des moulées typiques pour nourrir les porcs lors des différents étapes de croissance ont été fournies par la FPPQ. La Fédération a aussi fourni les quantités ingérées par les porcs durant l’élevage. Les informations relatives à la culture et la production ainsi que les facteurs d’émissions de GES proviennent de la base de données internationale Ecoinvent.

3.1.2. Opération de la ferme

Plusieurs sources sont incluses dans l’étape d’élevage à la ferme. Après la revue des différentes études ACV (Tableau 1), il a été retenu de considérer les sources d’énergie, les infrastructures agricoles ainsi que les émissions directes des porcs. La consommation de propane et d’électricité nécessaire à l’élevage d’un porcelet et d’un porc a été déterminée à partir des dépenses en énergie des fermes porcines québécoises en 2006 (Groupe Agéco, 2006). Il a donc été posé comme hypothèse que les proportions sont encore les même en 2009. Les facteurs d’émissions utilisés proviennent de l’inventaire canadien des gaz à effets de serre (Environnement Canada, 2010).

Étant donné le manque d’informations au niveau des infrastructures des porcheries, les quantités de ciment et d’acier nécessaire à la production d’un porc ont été tirées d’études internationales (Wiedemann, 2010). Bien qu’il y ait des différences entre l’Australie et le Canada, l’hypothèse est faite que la quantité d’acier et de ciment requis pour un porc reste le même peu importe l’endroit. La même hypothèse a été posée quand aux émissions de méthane dans l’air qui seraient les mêmes pour la maternité et l’engraissement au Canada et en Australie.

3.1.3. Lisier de porc

Les émissions provenant de l’entreposage et de l’épandage du lisier sont évaluées selon le type de porcs. Trois sources sont considérées, le méthane, les émissions de N₂O directes ainsi que les indirectes. Pour les porcs à l’engrais, la quantification est effectuée en se basant sur l’outil de calcul de la FPPQ. Les calculs sont basés sur les bonnes pratiques d’une méthode MDP (mécanisme de développement propre) et utilise notamment les valeurs du GIEC (Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat). De plus, des données mesurées sont intégrées dans les calculs de la FPPQ, ce qui augmente le niveau de précision.

Les volumes de lisier sortants des ateliers de maternité et d’engraissement proviennent des caractéristiques des effluents d’élevage de porcs (CRAAQ, 2007). Bien que la composition du lisier diffère selon le type de porc, l’hypothèse est faite que le facteur de conversion du méthane est le même pour les truies et les porcelets que pour les porcs à l’engrais. Pour un porc à l’engrais, ces valeurs sont intégrées dans l’outil de calcul. Dans le cas des truies et des porcelets, leurs caractéristiques sont approximées selon les valeurs nord-américaines provenant de l’IPCC.

3.1.4. Passage à l'abattoir

Bien que cette étape ne soit pas sous le contrôle direct des producteurs de porcs, elle doit néanmoins être incluse dans le calcul de l'empreinte carbone. Les opérations d'un abattoir ont dûes être approximées à l'aide de la base de données Ecoinvent. Les émissions découlant de l'opération ont donc été calculées à l'aide d'un coefficient global, qui inclut à la fois l'électricité, les combustibles, le traitement de l'eau et les rejets. L'hypothèse est que les émissions sont les mêmes pour les opérations d'un abattoir au Danemark qu'au Canada.

3.2. Résultat de l'empreinte carbone préliminaire

L'empreinte carbone préliminaire de la production de porc au Québec a été évaluée et répartie en quatre étapes ; la production alimentaire, l'opération de la ferme, la gestion du lisier et le passage à l'abattoir. Il a été calculé que **la production d'un kilogramme de porc à la sortie de l'abattoir génère des émissions de GES de 4,16 kg de CO₂e**. La Figure 3 présente les contributions respectives selon l'étape de production. La production alimentaire (50% de l'empreinte carbone) et la gestion du lisier (37%) sont les principales sources de GES du porc québécois. Les activités d'opération de la ferme (6%) ainsi que celles reliées au passage à l'abattoir (7%) participent au dégagement de GES, quoique minimalement.

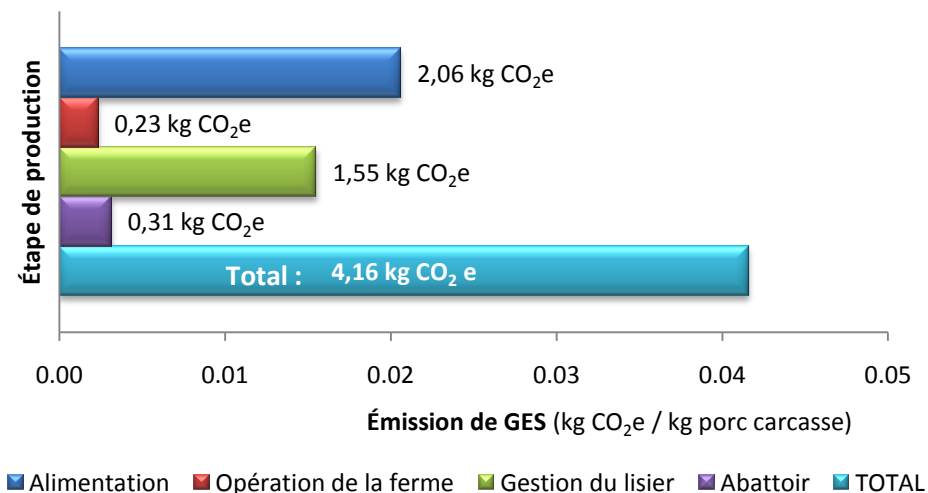


Figure 3- Émissions de GES selon l'étape de production du porc au Québec

3.2.1. Production de l'alimentation

La Figure 4 présente la répartition des émissions selon le cheminement du porc. Sachant que l'engraissement d'un porc requiert 257kg en moyenne, il n'est pas surprenant que l'apport en GES dû à l'alimentation soit significatif. Au total, la production alimentaire requise pour obtenir un kg de porc entraîne des émissions de **2,06 kg CO₂e**. Il s'agit là de la moitié de l'empreinte carbone du porc à la sortie de l'abattoir.

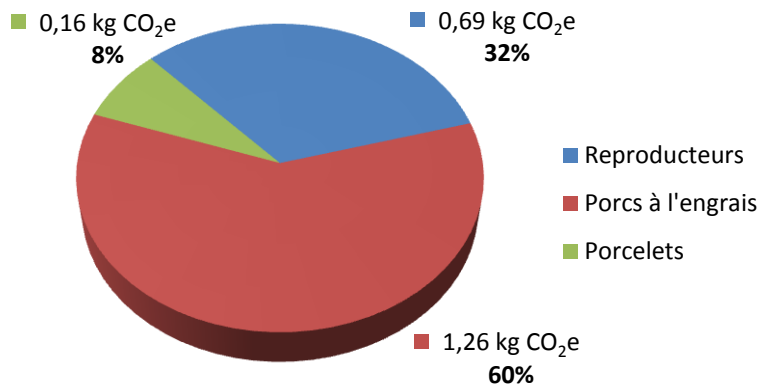


Figure 4- Répartition des émissions – Alimentation

3.2.2. Opération de la ferme

Les émissions associées aux opérations de la ferme proviennent de la consommation d'électricité et de combustibles fossiles, de la fermentation entérique ainsi que des infrastructures des porcheries. Pour une production québécoise, les activités d'opération d'une ferme porcine génèrent **0,23 kg CO₂e**, ce qui est inférieur aux productions ailleurs dans le monde. Tel que le démontre la Figure 5, ces émissions sont principalement dues à l'utilisation du propane et au dégagement de méthane entérique. La consommation d'électricité, majoritairement produite au Québec sous la forme d'hydroélectricité, entraîne peu d'émissions vis-à-vis l'utilisation de combustibles fossiles. L'impact des infrastructures (matériaux de construction tels le ciment et l'acier) est négligeable puisque l'évaluation considère la durée de vie d'un bâtiment de porcherie ainsi que le nombre d'animaux qui y séjourneront durant cette période.

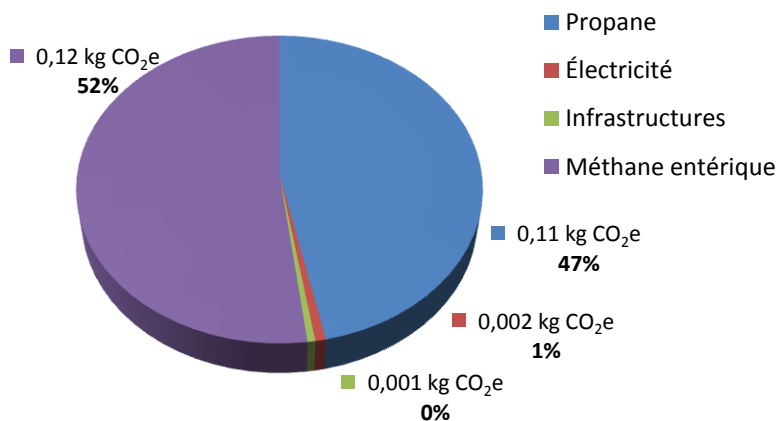


Figure 5- Répartition des émissions - Opération de la ferme

3.2.3. Gestion du lisier

La contribution de la gestion du lisier de porc à l'empreinte carbone est de **1,55 kg CO₂e**. De cette quantité, 55% provient des porcs à l'engrais, 38% des truies et 8% des porcelets. Les quantités pour les truies et les porcelets ont été calculées avec des coefficients nord-américains. Ces valeurs sont donc moins précises que pour la contribution des porcs à l'engrais provenant de l'outil de calcul développé par la FPPQ.

À titre de comparaison, l'évitement des émissions de GES issues de la production d'engrais azotés synthétiques représente une réduction des émissions de 0,0678 kg CO₂e et l'empreinte totale serait de 4,09 kg CO₂e par kg de porc carcasse. Si 1 kg de lisier remplace 1 kg d'engrais synthétique composé à 93% d'azote (UNFCCC 2010, III.A.), et en utilisant les quantités d'azote présentes dans le lisier de porc, truie et porcelet (CRAAQ, 2007), cette valeur estimée d'engrais qui n'est pas produite est multipliée par le facteur d'émission de sa production en industrie; soit 1,54 kg CO₂e par kg d'engrais (UNFCCC 2010, III.A.). Cette réduction n'est pas retenue, puisque l'épandage est monnaie courante depuis plus de 20 ans. Considérer cette valeur ajouterait de l'incertitude.

3.2.4. Abattoir

L'impact du passage à l'abattoir est de **0,31 kg de CO₂e/kg** de porc carcasse. Cette valeur provient de la base de données Ecoinvent et prend notamment en compte les infrastructures, l'utilisation de combustibles fossiles, l'électricité et l'utilisation de réfrigérants.

3.3. Scénario : Exportation au Japon

L'exportation de la viande de porc au Japon requiert un élargissement du système considéré dans ce projet. Suite au passage à l'abattoir, la viande de porc doit être congelée avant d'être acheminée au port de Montréal puis transportée par navire jusqu'au Japon. Dans le scénario étudié dans le cadre de ce projet, le porc sera transporté sur une distance de 10933 miles nautiques du port de Montréal jusqu'au port de Tokyo.

L'étape de congélation est effectuée par Congébec, qui assure un service de transport par camions à température contrôlée en amont (de l'abattoir jusqu'à ses installations) et en aval (jusqu'au terminal maritime). La réfrigération chez Congébec se fait par l'entremise d'un système à l'ammoniac, dont les fuites sont contrôlées par un système entraînant l'arrêt du procédé si la concentration en ammoniac dépasse 25 mg/l (Milk, 2010). Par ailleurs, les émissions de GES associées à la consommation d'électricité pour compression de ce gaz sont négligeables. Le processus de réfrigération utilisé par Congébec peut donc être considéré durable, et les émissions GES découlant de la congélation peuvent être négligées par rapport au transport maritime jusqu'au Japon.

La distance moyenne entre les abattoirs et Congébec a été estimée à 80 km alors que 20 km séparent le centre de congélation au terminal maritime. Ce transport routier supplémentaire générerait 0,01kg CO₂e/kg porc carcasse. Les émissions de GES du transport en mer ont été évaluées en considérant un navire ayant un tonnage de 30 000 tonnes avec une vitesse moyenne de 14 nœuds, ce qui permettrait d'atteindre Tokyo en 32 jours et en consommant 1235 tonnes de fuel lourd et 49 tonnes de diesel marin. En se basant sur les facteurs d'émission de l'inventaire canadien des gaz à effet de serre 2008, le transport de Montréal à Tokyo entraînerait une hausse des émissions de GES de 0,14 kg CO₂. L'exportation du porc québécois au Japon augmenterait donc de **0,15 kg CO₂e/kg porc carcasse**. Il s'agit d'une hausse de 4,3%, ce qui reste très faible pour un transport sur une si longue distance.

Le transport du porc pourrait aussi transiter par Vancouver avant de prendre la mer en direction du Japon. Dans ce cas, le transport en train, selon le facteur d'émission développé par le CN (CN, 2010), entre Montréal et Vancouver générerait 0,07 kg CO₂e et le transport par navire 0,06 kg CO₂e pour un total de 0,13 kg CO₂e. À la lumière de ces résultats, il semble que la hausse de l'empreinte carbone soit la même et reste faible vis-à-vis l'impact du reste de la chaîne de production du porc. De plus, les étapes de transbordement pourraient faire augmenter légèrement cette valeur et l'approcher de celle du transport maritime direct entre Montréal et Tokyo.

3.4. Évaluation du niveau d'incertitude

3.4.1. Sources d'incertitudes

Les sources de certaines données collectées et de facteurs d'émission ont été jugées non satisfaisantes pour être utilisées de manière déterministe (sans établir de variation possible dans la valeur de la donnée).

Les sources d'incertitudes sont subdivisées en deux parties. La première partie regroupe toutes les données fournies par la FFPQ. Il serait donc possible pour la FFPQ de diminuer ces niveaux d'incertitudes en validant et référençant ces données. La deuxième partie comprend les valeurs provenant des bases de données, hors du contrôle direct de la fédération.

Alimentation

Moulée : La composition et la quantité de moulée nécessaire pour chaque phase de la production porcine ont été fournies par la FFPQ. Puisqu'il s'agit de données spécifiques au Québec, aucune erreur n'est donc associée à ces valeurs.

Facteurs d'émission : Les facteurs d'émission reliés à chaque composant de la moulée proviennent des bases de données regroupées et disponibles à l'aide du logiciel SimaPro. Une partie de ces valeurs constitue une moyenne des données spécifiques aux États-Unis alors que d'autres proviennent de moyenne européenne. Il y a donc une incertitude inhérente à l'utilisation de ces bases de données puisque plusieurs facteurs viennent influencer les modes d'agriculture. Le climat ainsi que les réglementations en vigueur sur l'utilisation de fertilisants en sont quelques exemples. En considérant ces possibilités de variation, une erreur de 25% est attribuée aux facteurs d'émissions provenant des bases de données.

Secteur Opération

Énergie: La FFPQ a fourni des données sur le coût annuel d'énergie pour l'année 2009 par truie pour l'atelier de maternité et par porc pour l'atelier d'engraissement. Cependant, ce coût englobe l'électricité et le propane. Les pourcentages de chaque type d'énergie utilisé sont donc inconnus. Il est à noter que des données sur les coûts par type d'énergie sont disponibles pour l'année 2006. En se basant sur les coûts énergétiques, les pourcentages ont été déduits et appliqués pour l'année 2009. Puisque les coûts varient, il y a donc une grande incertitude sur les pourcentages d'énergie. Sachant que le propane est plus polluant que l'électricité, ceci affecterait l'empreinte carbone du secteur d'opération. La valeur moyenne du pourcentage de propane est de 50%. Une utilisation de 20% de l'énergie sous forme de propane représenterait le scénario optimiste et un pourcentage de 80% pour le scénario pessimiste.

Il serait donc possible de minimiser l'erreur sur cette section en cherchant des données plus précises sur l'utilisation de l'énergie

Infrastructure : Pour l'infrastructure, les facteurs d'émission ont été tirés des études effectuées au Québec. Les quantités de béton et d'acier nécessaires proviennent d'une étude australienne. Les pourcentages d'erreur sont donc estimés à 25% puisque les données ne sont pas spécifiques au Québec. Cependant, il ne serait pas nécessaire de réduire cette incertitude puisque la contribution de l'infrastructure à l'empreinte carbone n'est pas significative.

Fermentation entérique : Le facteur d'émission utilisé pour la fermentation entérique est un facteur d'émission spécifique pour le Québec. Pour cette raison, le niveau d'incertitude relié à cette donnée n'est pas très élevé et a été estimé à 10%.

Gestion du lisier

Émissions directes : Des données sur la gestion du lisier s'avèrent nécessaires afin d'estimer la quantité de méthane dégagée. Si l'entreposage du lisier se fait sur une durée de plus d'un an, la quantité de méthane émise est maximale. Si la fosse se fait vider plus qu'une fois par mois, les émissions de méthane sont minimales.

Capture de l'ammoniac : La capture de l'ammoniac influence la quantité d'oxyde nitreux émise. Si le niveau de capture est bas, les émissions seraient moindres et vice-versa.

Volatilisation et le ruissellement : En appliquant l'écart maximum d'incertitude pour la volatilisation et le ruissellement lors de l'épandage, on obtient le pire cas en émissions de gaz à effet de serre sous forme de N₂O indirecte. Le contraire s'applique aussi.

Secteur Abattoir

Aucune donnée sur les activités dans un abattoir n'a été fournie comme les émissions GES directes, les émissions GES indirectes provenant de la consommation d'énergie, la quantité d'eau utilisée etc. Il est donc impossible d'arriver à une empreinte carbone précise et spécifique au Québec. L'empreinte carbone a été estimée grâce au logiciel SimaPro. Encore une fois, l'empreinte est basée sur des facteurs d'émission représentant une moyenne de plusieurs pays et non spécifiques au Québec. Pour ces raisons, les pourcentages d'erreur sont estimés à ±25%.

Tableau 2- Paramètres d'incertitudes des données

Flux	Type de distribution	Valeur		
		Minimale	Plus probable	Maximale
Alimentation Facteurs d'émission de la moulée	Triangulaire	Coefficients - 25%	Coefficients	Coefficients + 25%
Opération Énergie utilisée sous forme de propane	Triangulaire	20%	50%	80%
Opération Fermentation entérique	Triangulaire	0,109 *	0,121 kg*	0,133 kg*
Gestion du lisier ¹	Triangulaire	0,69 kg*	1,57 kg*	2,86 kg*
Abattoir	Triangulaire	0,24 kg*	0,31 kg*	0,51 kg*

* kg CO₂e / kg porc carcasse

¹ Voir annexe 3

3.4.2. Simulations des incertitudes

Afin d'analyser l'influence des fluctuations possibles dans les données, une série de simulations d'incertitudes a été réalisée en utilisant les distributions de probabilités établies à la section précédente. Les résultats ont été obtenus en réalisant des simulations à l'aide la méthode de Monte Carlo. Des simulations pour chaque type de secteur ont été effectuées.

La première simulation réalisée consistait à étudier l'effet des incertitudes des facteurs d'émissions provenant des bases de données sur la contribution de l'alimentation (Tableau 3 et Figure 6).

Tableau 3- Résultats des simulations avec la méthode de Monte Carlo - Alimentation

Paramètres	Données	Unités
Valeur moyenne	1.92	kg CO ₂ e / kg porc carcasse
Valeur minimale	1.65	
Valeur maximale	2.17	
Écart-type	0,105	-
Nombre d'itérations	187	-
Convergence	0.5 %	-

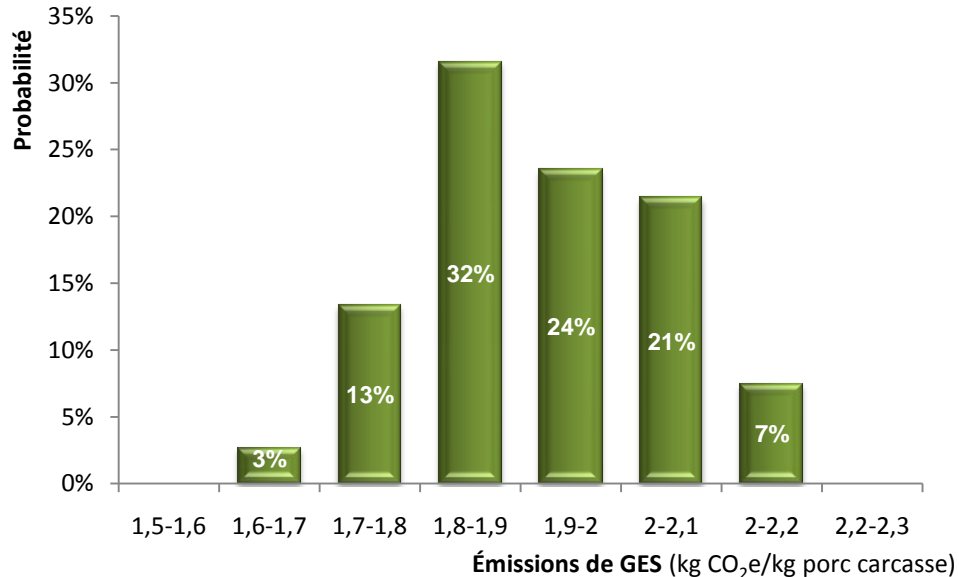


Figure 6- Répartition des probabilités pour la contribution de l'alimentation

Ces résultats montrent clairement que les incertitudes sur les facteurs d'émissions ont un effet significatif sur l'exactitude du résultat final de l'empreinte carbone de l'alimentation. L'étendue de la distribution démontre bien le besoin de coefficients spécifiques au contexte québécois. Cela permettrait de confirmer la position du Québec et permettrait d'orienter le choix de la moulée vers des cultures émettant moins de CO₂.

Dans un deuxième temps, des simulations ont été effectuées afin d'étudier l'influence des incertitudes de la fermentation entérique et du pourcentage du propane utilisé sur l'empreinte carbone de l'opération. Il était aussi possible de conclure que les incertitudes sur l'infrastructure ont un effet négligeable sur les fluctuations générales. Voici les résultats de la simulation pour les activités reliées aux opérations.

Tableau 4- Résultats des simulations avec la méthode de Monte Carlo - Opération

Paramètres	Variations			Unités
	Propane	Fermentation entérique	Variation globale	
Valeur moyenne	0,23	0,23	0,23	kg CO ₂ e / kg porc carcasse
Valeur minimale	0,21	0,22	0,21	
Valeur maximale	0,25	0,24	0,25	
Écart-type	0,007	0,005	0,008	-
Nombre d'itérations	290	290	290	-
Convergence	0,36 %	0,36%	0,37%	-

L'incertitude sur le pourcentage de propane utilisé a un impact important sur la qualité des résultats finaux. D'un autre côté, il semble que les variations des valeurs de la fermentation n'ont pas un effet négligeable sur l'empreinte globale. Il semble toutefois que l'incertitude sur les émissions de l'opération de la ferme soit importante. En effet, la distribution des résultats est assez large, comme le démontre la Figure 7. Bien que ces émissions contribuent peu à l'empreinte carbone totale de la production du porc, il y a tout de même un besoin de valider la consommation énergétique des fermes. En effet, des données mesurées directement sur des fermes témoins permettraient de confirmer l'empreinte carbone et d'établir clairement la position des producteurs québécois vis-à-vis leurs concurrents étrangers.

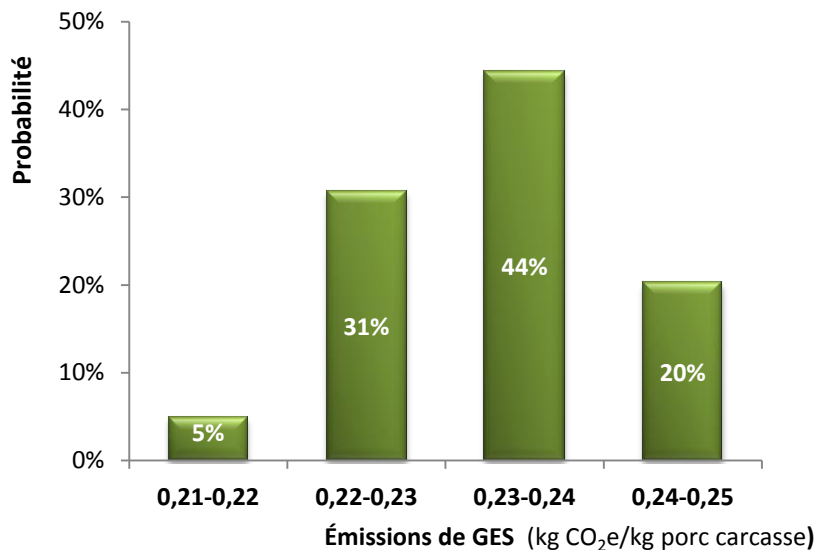


Figure 7- Répartition des probabilités pour la contribution de l'opération de la ferme

La troisième simulation permet d'étudier l'effet des incertitudes reliées à la gestion du lisier à partir des données présentées dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** en annexe. Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 5.

Tableau 5- Résultats des simulations avec la méthode de Monte Carlo – Gestion lisier

Paramètres	Données	Unités
Valeur moyenne	1,73	kg CO ₂ e/kg porc carcasse
Valeur minimale	1	
Valeur maximale	2,65	
Écart-type	0,31	-
Nombre d'itérations	290	-
Convergence	0,32 %	-

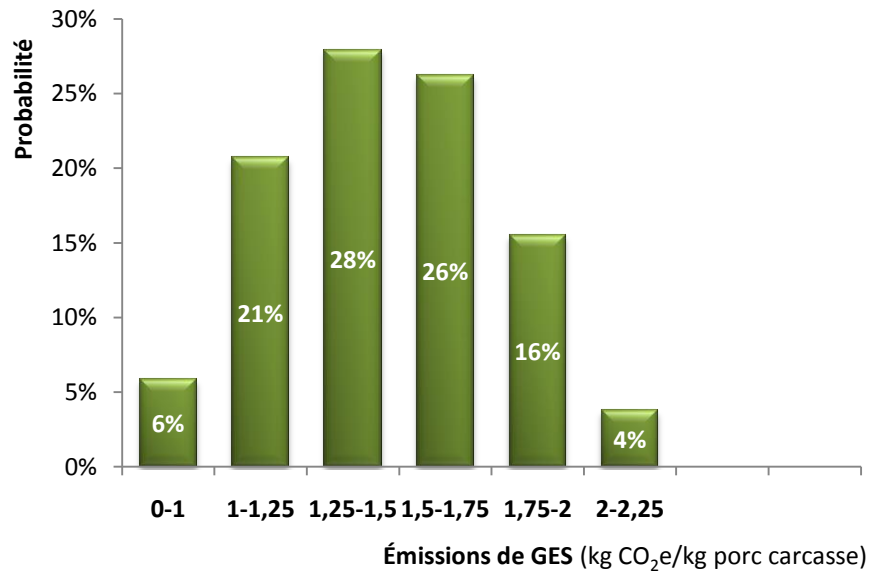


Figure 8- Répartition des probabilités pour la contribution du lisier de porc

D'après les résultats, les incertitudes reliées à la gestion ont des incidences importantes sur l'exactitude des résultats obtenus. Selon la simulation Monte Carlo, l'empreinte carbone peut varier entre **1,0 et 2,25 kg CO₂e / kg porc carcasse**. Cette fluctuation peut-être minimisée en ayant des données plus précises.

Tableau 6: Résumé des résultats des simulations avec la méthode de Monte Carlo

	Alimentation	Opération		Lisier	Unités
		Propane	Fermentation		
Valeur moyenne	1,92	0,23	0,23	1,73	kg CO ₂ e/kg porc carcasse
Valeur minimale	1,65	0,21	0,22	1,00	
Valeur maximale	2,17	0,25	0,24	2,65	
Écart-type	0,105	0,007	0,005	0,31	

Le tableau ci-dessus résume les effets de différentes incertitudes sur l'exactitude des résultats obtenus. Il est clairement démontré que les incertitudes des facteurs SimaPro ont un effet important. Cependant, il n'y a pas de mesures correctives à apporter. Les autres éléments du tableau font partie du groupe de données fournies par la FPPQ. Les incertitudes liées à ces données engendrent des variations de plus de 50%.

4. Conclusions

En conclusion, les résultats de cette première analyse suggèrent que l'empreinte carbone préliminaire des activités de la production porcine au Québec est similaire aux autres études disponibles dans la littérature et, dans certain cas, moins élevé que la moyenne sur la scène mondiale.

L'industrie du porc du Québec a l'opportunité d'améliorer son empreinte carbone en ciblant les activités principalement responsable ce celle-ci, en l'occurrence la gestion du lisier (35%) et l'alimentation (51%).

La deuxième recommandation de l'étude porte la précision des données de l'industrie du porc du Québec. Des efforts supplémentaires sont requis afin de valider certains facteurs d'émissions des gaz à effet de serre.

5. Références

Bélangier, M., 2009, Étude du coût de production, *Porc Québec*, Vol.21, N°4, Septembre 2010, (28-31)

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), 2007. *Caractéristiques des effluents d'élevage – Valeurs références pour les volumes et pour les concentrations d'éléments fertilisants*, 7 pages.

Dalgaard, R., Halberg, N., Hermansen, J.E. 2007. *Danish pork production- An environmental assessment*. November 2007. Aarhus University, Faculty of Agricultural Sciences. 34p.

Environnement Canada, 2010. Rapport d'inventaire national 1990-2008 Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada

Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ), 2010. Outil d'aide à la décision pour la réduction ou l'évitement des émissions de gaz à effet de serre (GES) en production porcine par la mise en place de régies alimentaires innovatrices, de technologies de séparation solide/liquide des lisiers, de couvertures sur les fosses à lisier et de stratégies d'épandage des lisiers, 55 pages.

Groupe Agéco, 2006. *Profil de consommation à la ferme dans six principaux secteurs de la production agricole*, Rapport No. 1, Décembre 2006, 86 p.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 4, Agriculture, forestry and other land use, chapter 10, Emissions from livestock and manure management*, 87 pages.

Kingston, C., Meyhoff Fry, J., Aumonier, S. 2009. *Scoping Life Cycle Assessment of Pork Production- Final Report*. September 2009. ERM. 33p.

Thoma, G. (2010) *National Scan-level Carbon Footprint Study for Production of US Swine*. 2010. 38p.

Wiedemann, S., McGahan, E., Grist, S., Grant, T. 2010. *Environmental Assessment of Two Pork Supply Chains Using Life Cycle Assessment*. Australian Government, Rural Industries Research and Development Corporation, RIRDC Publication No 09/176. 116p.