

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

DES DONNÉES PLUS ROBUSTES POUR BATIR L'INVENTAIRE DE CYCLE DE VIE DE LA VIANDE DE
BŒUF CONSOMMÉE AU QUÉBEC

MEMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR

TALOT BERTRAND

SEPTEMBRE 2024

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

Service des bibliothèques

Avertissement

La publication de ce mémoire est réalisée en conformité avec les droits de son auteur, qui a approuvé le formulaire d'autorisation pour la reproduction et la diffusion d'un travail de recherche de cycles supérieurs (SDU-522 – Rév.07-2011). Cette autorisation stipule que « conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété Intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire ».

REMERCIEMENTS

Au terme de cette étape importante de mon parcours académique, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire sur la collecte de données plus robustes en vue de bâtir l'inventaire de cycle de vie de la viande de bœuf consommée au Québec. Ce projet n'aurait pas pu aboutir sans le soutien et l'apport inestimable de nombreuses personnes et institutions.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma gratitude envers ma directrice de mémoire, Cécile Bulle et ma co-directrice de mémoire, Laure Patouillard dont l'accompagnement, l'expertise et la patience ont été essentielles tout au long de ce processus. Leurs conseils précieux et leur dévouement ont été une source d'inspiration pour moi. Grâce à sa généreuse hospitalité et son accueil, Cécile Bulle m'a permis d'intégrer au sein de l'équipe remarquable du Centre de recherche international de référence sur le cycle de vie des produits, des procédés et des services (CIRAIG).

Je suis également reconnaissant envers le CIRAIG pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ma recherche, et pour avoir mis à ma disposition les moyens nécessaires pour atteindre mes objectifs académiques.

Un grand merci à Joseph Noréus Pierre de la FAO, Sebastian Weissenberger et Zurcher Mardy qui ont partagé leurs connaissances et leurs expériences. Leurs informations et conseils m'ont permis d'acquérir les compétences nécessaires pour mener à bien cette recherche.

Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble du personnel de la bibliothèque de l'UQAM pour leur assistance dans la recherche de documents et de ressources, ainsi qu'à l'équipe du service informatique pour leur aide précieuse dans la gestion des données.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers les organisations et les institutions qui ont participé à cette étude en fournissant des données et des informations essentielles. Le soutien de l'industrie de la viande de bœuf au Québec a été d'une importance capitale, et je tiens à les remercier pour leur collaboration et leur ouverture à partager des données cruciales pour cette recherche.

Un remerciement tout particulier va aux représentants de la fédération des producteurs du Québec qui ont pris le temps d'échanger et de partager leurs connaissances. Leur contribution a été fondamentale pour la qualité des données de cette étude.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers ma famille au ministère de l'agriculture des ressources naturelles et du développement rural (MARNDR) de la République d'Haïti, l'équipe de la promotion pour le développement (PROMODEV) et mes amis pour leur soutien indéfectible tout au long de cette aventure académique. Leurs encouragements, leur compréhension et leur patience ont été inestimables. Ils m'ont aidé à surmonter les défis et à persévérer jusqu'à la fin.

La réalisation de ce mémoire a été une expérience enrichissante et exaltante, et je suis reconnaissant envers chacun de vous qui a contribué à sa concrétisation. J'espère que cette recherche apportera une contribution précieuse à notre compréhension de l'impact environnemental de la viande de bœuf au Québec et qu'elle ouvrira la voie à des actions plus durables dans le secteur de l'agroalimentaire. Merci à tous pour votre soutien et votre confiance.

DÉDICACE

« L'agriculture et l'alimentation, c'est plus que votre profession. C'est votre identité. »

(Justine Hendricks)

À mon cher pays, Haïti, je dédie ces mots empreints d'amour et de gratitude. Ta beauté, ta résilience et ton héritage culturel m'inspirent chaque jour.

À ma mère, source inépuisable de sagesse et de soutien, cette dédicace reflète la reconnaissance profonde que j'ai pour ta présence constante dans ma vie.

À mes frères et sœurs, compagnons de mon parcours, je vous remercie pour les liens indéfectibles qui nous unissent et pour les souvenirs précieux que nous partageons.

À mon épouse, ma compagne de vie et ma source d'inspiration, cette dédicace est un témoignage de mon amour éternel pour toi. Ton soutien inébranlable est le pilier de ma réussite.

À mes deux fils, la prunelle de mes yeux, cette dédicace incarne l'héritage que je souhaite vous transmettre, celui de l'amour, de la persévérance et du respect envers vos racines.

Que cette dédicace soit le reflet de ma gratitude envers ceux qui ont façonné ma vie et ont contribué à faire de moi la personne que je suis aujourd'hui. Haïti, ma mère, ma famille, je vous chéris profondément.

AVANT-PROPOS

Ce mémoire, présenté comme l'une des exigences pour l'obtention de la maîtrise en sciences de l'environnement à l'Université du Québec à Montréal (UQAM), est structuré en neuf sections dont l'introduction, la problématique, les objectifs, la méthodologie, les résultats, la discussion, la conclusion, les annexes, et la bibliographie. Il rassemble les données nécessaires pour être en mesure d'analyser l'impact environnemental de la consommation de viande de bœuf au Québec. L'introduction aborde l'empreinte environnementale croissante de cette consommation, mettant en avant l'importance d'une collecte de données rigoureuse pour en comprendre les impacts et formuler des solutions adaptées. La revue de littérature met en évidence les défis auxquels le Québec fait face, tels que le réchauffement climatique et la perte de biodiversité, et par conséquent, l'importance de se mobiliser pour une transition vers une alimentation responsable. La problématique présente l'élevage bovin comme une source majeure d'émissions de gaz à effet de serre (GES), notamment par la fermentation entérique, l'alimentation et la déforestation, et la nécessité de mieux quantifier ces impacts. L'analyse du cycle de vie (ACV) est présentée comme essentielle pour quantifier ces impacts environnementaux. Les objectifs de ce travail de recherche incluent la collecte de données précises pour améliorer l'inventaire du cycle de vie de la viande de bœuf au Québec et mieux refléter ses impacts environnementaux. La méthodologie adoptée repose sur trois axes : définir les étapes du cycle de vie de la viande de bœuf au Québec, collecter des données sur sa consommation et sur sa production, et élaborer un cadre méthodologique basé sur une analyse approfondie de la littérature et des données d'experts. Les résultats présentent les principales étapes de la production incluent l'alimentation, l'engraissement, et la gestion des déjections. Pour la consommation, les étapes considérées sont l'utilisation par le consommateur, l'épicerie, et la distribution de la viande de bœuf.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	iv
DÉDICACE	vi
AVANT-PROPOS.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	xii
LISTE DES TABLEAUX	xiii
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	xiv
LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS	xvi
RÉSUMÉ	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCTION	19
CHAPITRE 1 REVUE DE LA LITTÉRATURE	22
1.1 Les enjeux environnementaux du Québec et le Canada	22
1.2 Le rôle de la consommation responsable au Québec pour atténuer les enjeux environnementaux ..	24
1.3 Le rôle de l'alimentation dans notre empreinte carbone et plus particulièrement le rôle de la viande de bœuf	24
1.4 L'élevage bovin, un contributeur significatif aux émissions de GES et à d'autres impacts environnementaux	26
1.4.1 Les émissions de GES de l'élevage	26
1.4.2 Les autres impacts de l'élevage bovin	29
1.4.3 La variabilité des pratiques d'élevage et de l'impact qui y est associé	30
1.5 La production et la consommation de la viande de bœuf au Québec.....	31
1.5.1 Un brin d'histoire sur la production de la viande bœuf au Québec	32
1.5.2 Portrait de l'élevage bovin au Québec	33
1.5.3 Portrait de la consommation de la viande bœuf au Québec.....	34
1.6 L'analyse de cycle de vie : un outil pour quantifier les impacts environnementaux	36
1.7 Les outils cycle de vie déjà existants pour informer la consommation responsable.....	38
1.8 Données d'inventaire du cycle de vie existantes sur la viande de bœuf (au Québec et ailleurs dans le monde)	39
1.9 Enjeux méthodologiques de l'ACV du bœuf	41
CHAPITRE 2 PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS	43

2.1	Problématique.....	43
2.2	Objectifs	44
2.2.1	Objectif général.....	44
2.2.2	Objectifs spécifiques.....	44
CHAPITRE 3 METHODOLOGIE.....		45
3.1	Objectif spécifique 1 : Définition des différentes étapes du cycle de vie de la viande de bœuf au Québec	45
3.2	Objectif spécifique 2 : Collecte des données pour décrire la consommation de la viande de bœuf au Québec	48
3.2.1	Consommation.....	48
3.2.2	Épicerie	49
3.2.3	Distribution	50
3.2.4	Emballage.....	50
3.2.5	Production.....	51
3.3	Objectif spécifique 3 : Collecte des données sur la production de la viande de bœuf consommée au Québec	53
3.3.1	Approche générale pour la collecte de données	53
3.3.2	Naissance	55
3.3.3	Engraissement.....	55
3.3.4	Alimentation	56
3.3.5	Gestion des déjections.....	57
CHAPITRE 4 RÉSULTATS.....		58
4.1	Résultats relatifs à l'objectif spécifique 1 : Définition des différentes étapes du cycle de vie de la consommation de la viande de bœuf au Québec	58
4.1.1	Consommation.....	58
4.1.2	Épicerie	60
4.1.3	Distribution	61
4.1.4	Abattage et transformation de la viande de bœuf au Québec.....	64
4.1.5	Production.....	67
4.1.6	Approvisionnement en aliments.....	68
4.1.7	Fin de vie.....	69
4.1.8	Marché d'approvisionnement du bœuf consommé au Québec	69
4.2	Résultats relatifs à l'objectif spécifique 2 : Collecte des données pour décrire la consommation de la viande de bœuf au Québec	70
4.2.1	Étape de la consommation	70
4.2.1.1	Consommation - Quantités totales et proportions consommées des différents types de viande	70
Source : NielsenIQ, compilation du MAPAQ.		71
4.2.1.2	La consommation au Québec et son origine	73
4.2.1.3	Consommation - Cuisson	74
4.2.1.4	Consommation - Stockage	75

4.2.1.5	. Consommation - Transport.....	76
4.2.1.6	Consommation – Gaspillage et pertes.....	77
4.2.2	Étape de l'épicerie	78
4.2.2.1	Épicerie - Stockage dans les entrepôts de l'épicerie	78
4.2.2.2	Épicerie – Stockage dans les tablettes réfrigérées de l'épicerie	78
4.2.2.3	Épicerie – Pertes	79
4.2.2.4	Épicerie – Transport entre le centre de distribution et l'épicerie	80
4.2.3	L'étape de la distribution	80
4.2.3.1	Distribution – Provenance du bœuf distribué au Québec.....	80
4.2.3.2	Distribution – Transport de la viande de bœuf vers le centre de distribution	83
4.2.3.3	Distribution – Stockage dans les entrepôts	83
4.2.3.4	Distribution – Pertes	83
4.2.4	Étape de l'emballage.....	84
4.2.4.1	Emballage – Matériaux et format.....	84
4.2.4.2	Emballage – Procédé	84
4.2.5	Étape de l'abattage et de la transformation.....	84
4.2.5.1	Abattage et transformation – Provenance du bœuf transformé au Québec.....	84
4.2.5.2	Abattage et transformation – Abattoir.....	87
4.2.5.3	Abattage et transformation – Transformation	87
4.2.6	Étape de la production de la viande bœuf consommée au Québec	87
4.2.6.1	Production - Provenance de la viande de bœuf élevée au Québec et au Canada	87
4.2.6.2	Production – Naissance et engraissement	88
4.2.7	Portrait récapitulatif du marché du bœuf consommé au Québec	88
4.3	Résultats 3 relatifs à l'objectif 3 : Collecte des données sur la production de la viande de bœuf consommée au Québec.....	91
4.3.1	Production de bœuf en Alberta - Études et données existantes.....	91
4.3.2	Production de bœuf aux USA - Études et données existantes	91
4.3.3	Production de bœuf en Ontario et au Québec – Études et données existantes	92
4.3.4	Production de bœuf au Québec.....	92
4.3.5	Les étapes de production de la viande bovine au Québec	94
4.3.6	Naissance	94
4.3.6.1	Taux de naissance dans les exploitations bovines.....	94
4.3.6.2	Portrait général des pratiques de production et bilan global de la production de viande de bovins au Québec.....	95
4.3.6.3	Intrants et sortants	97
4.3.6.3.1	Quantités de fumier à gérer	98
4.3.6.3.2	Quantités de litière (paille ou sable)	98
4.3.6.3.3	Bâtiments.....	99
4.3.6.3.4	Machinerie.....	99
4.3.6.3.5	Énergie.....	99
4.3.6.3.6	Aliments.....	99
4.3.6.4	Émissions directes.....	99
4.3.6.4.1	Émissions de GES liées aux méthodes d'élevage bovin au Québec.....	100
4.3.6.4.2	Fermentation entérique	102
4.3.6.4.3	Détermination des facteurs d'émissions	103
4.3.6.5	Gestion du fumier et émissions de CH ₄	104
4.3.6.5.1	Émissions directes de N ₂ O liées à la gestion du fumier.....	105

4.3.6.5.2 Émissions indirectes de N ₂ O liées à la gestion du fumier	106
4.3.6.5.3 Émissions de N ₂ O liées aux pâturages	106
4.3.6.6 Épandage	107
4.3.6.6.1 Stratégies Agronomiques.....	107
4.3.6.6.2 Émissions de GES liées à l'épandage du fumier	108
4.3.7 Engraissement.....	108
4.3.8 Alimentation	109
4.3.9 Gestion des déjections.....	111
4.3.9.1 Marchés de Production.....	111
CHAPITRE 5 DISCUSSION	112
5.1 Retour sur les objectifs du projet.....	112
5.2 Perspectives	113
CONCLUSION	115
ANNEXE A DOCUMENTS TIRÉS D'AUTRES TRAVAUX DE RECHERCHE DE L'IRD	117
BIBLIOGRAPHIE.....	123

LISTE DES FIGURES

Figure 4.1. Diagramme du cycle de vie de la viande de bœuf consommée au Québec.	59
Figure 4.2. Consommation de viande bovine par personne au Canada et aux États-Unis, des années 2015 à 2019 (en kg, poids carcasse) (Sources : USDA/Economic Research Service et Statistique Canada)	73
Figure 4.3. Provenance de la viande bovine consommée au Québec en 2018 ⁷ (commerce au détail alimentaire et réseau HRI*).....	74
Figure 4.4. Illustration des importations et des exportations réalisées à différentes étapes du cycle de vie du bœuf produit et consommé au Québec.....	90
Figure 4.5. Répartition des cheptels de bœufs et de veaux au Québec	93
Figure 4.6. Portrait global des deux filières bovines au Québec.....	97

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1. Sources d'émissions de GES des bovins de boucherie (FAO, 2013)	29
Tableau 1.2. : Intensité des émissions de GES de la production du bœuf de boucherie par région (FAO, 2013).....	31
Tableau 4.1. Préférences viande et veau au rayon boucherie en 2019-2020.....	71
Tableau 4.2. Variantes climatiques pour les deux régions à l'étude (source : IRDA 2015)	101
Tableau 4.3. Composition de la diète (source IRDA 2015).....	102
Tableau 4.4. Caractéristiques principales de la diète (source IRDA 2015)	103
Tableau 4.5. Demande en énergie brute et facteurs d'émissions de CH ₄ de la fermentation entérique (source IRDA 2015)	104
Tableau 4.6. Principales caractéristiques des déjections échantillonnées (source IRDA 2015).....	105
Tableau 4.7. Facteurs d'émissions de CH ₄ de la gestion des fumiers (kg CH ₄ animal ⁻¹ an ⁻¹) – (Source IRDA 2015).....	105
Tableau 4.8. Excrétion d'azote calculées selon la teneur en azote mesurée et le volume de déjections (kgN animal ⁻¹ an ⁻¹) – (Source IRDA 2015).....	106
Tableau 4.9. Facteurs d'émissions directes de N ₂ O de la gestion des fumiers (kg N ₂ O animal ⁻¹ an ⁻¹) – (Source IRDA 2015)	106
Tableau 4.10. Facteurs d'émissions indirectes de N ₂ O de la gestion des fumiers (kg N ₂ O animal ⁻¹ an ⁻¹) – (Source IRDA 2015).....	106
Tableau 4.11. Facteurs d'émissions indirectes de N ₂ O issus des pâturages (kg N ₂ O animal ⁻¹ an ⁻¹) – (Source IRDA 2015)	107

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

ARQ	Association Restauration Québec
ASSNAT	Assemblée nationale du Québec
BAQ	Banques alimentaires du Québec
CA	Canada
CAB	Centre d'action bénévole
CIRAO	Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations
CHSLD	Centre d'hébergement de soins de longue durée CIRANO
CIRAIG	Centre international de référence sur l'analyse du cycle de vie et la transition durable
CO ₂	Dioxyde de carbone
CO ₂ eq	Carbon dioxide equivalent
CPE	Centre de la petite enfance
CRÉDO	Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de Vie
ET	Excluding taxes
GHG	Greenhouse gases
GES	Gaz à effet de serre
GJ	Gigajoule
GSIN	Goods and Services Identification Number
GWP	Global warming potential
I/O	Input/output

IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
kWh	Kilowatt-hour
LCA	Life cycle analysis
LCI	Life cycle inventory
LCIA	Life cycle impact assessment (called LCIA by ISO)
MAA	Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (République de France)
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDEIEQ	Ministère du Développement Économique, Innovation et Exportation du
MELCC	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques
MJ	Megajoule
UNEP	Programme des nations unies pour l'environnement
UNSPSC	United Nations Standard Products and Services Code

LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS

A	ampère (unité d'intensité de courant électrique)
Cd	candela (unité d'intensité lumineuse)
Cl	centilitre
Cm	centimètre carré
g	gramme
gr	grade
ha	hectare (= 10 000 m ²)
K	kelvin (unité de température)
Kg	kilogramme
L	litre (= 1 dm ³)
m	mètre
m/s	mètre par seconde km/h kilomètre par heure
m ²	mètre carré
m ³	mètre cube
mL	millilitre (= 1 cm ³)
s	seconde (unité de temps)
t	tonne (= 1 000 kg)

RÉSUMÉ

Depuis 1970, la consommation mondiale de ressources et les émissions de GES ont fortement augmenté, exacerbant le réchauffement climatique. Au Québec, la consommation de viande de bœuf contribue significativement à l'empreinte carbone, nécessitant des données robustes pour une meilleure évaluation. La consommation de viande bovine au Québec entraîne des impacts environnementaux significatifs, notamment en termes de déforestation, émissions de GES, et surconsommation d'eau. Pour évaluer précisément ces impacts et promouvoir des pratiques durables, il est essentiel de collecter des données spécifiques et plus robustes, permettant de raffiner l'inventaire du cycle de vie de la consommation de viande au Québec. C'est dans ce contexte que s'inscrit mon projet, qui vise à collecter des données plus robustes pour bâtir l'inventaire de cycle de vie de la viande de bœuf consommée au Québec. La méthodologie de ce projet est structurée autour de trois objectifs spécifiques : définir les étapes du cycle de vie de la viande de bœuf consommée au Québec, collecter des données sur la consommation et la production, et identifier les informations clés pour documenter chaque étape du processus, depuis la production jusqu'à la consommation finale. Les données sur la production de bœuf au Québec ont été collectées via des sources variées : littérature, experts, organisations gouvernementales, associations agricoles, transformateurs, douanes, et études sectorielles. La première partie des résultats décrit les étapes du cycle de vie de la consommation de la viande de bœuf au Québec, incluant le stockage, la cuisson, et le gaspillage alimentaire. La deuxième partie des résultats présente une analyse détaillée des étapes de consommation de la viande de bœuf au Québec, incluant les quantités consommées, les pratiques de cuisson, de stockage, de transport, ainsi que le gaspillage. Elle examine également les pertes au niveau des épicereries et la provenance du bœuf distribué. Ces éléments sont essentiels pour comprendre les dynamiques de consommation et leur impact environnemental. La troisième partie des résultats se concentre sur la collecte de données concernant la production de bœuf consommé au Québec, comparant les pratiques de production en Alberta, aux États-Unis, en Ontario, et au Québec, qui sont les principales provenances du bœuf consommé au Québec. Elle examine en détail les étapes de production, telles que la naissance, l'engraissement, et l'alimentation des bovins, ainsi que les intrants nécessaires (fumier, litière, bâtiments, énergie, aliments). L'analyse aborde également les émissions de gaz à effet de serre (CH_4 , N_2O) liées à la fermentation entérique, la gestion du fumier, et l'épandage, soulignant les stratégies agronomiques pour réduire ces impacts. Cette recherche compare les pratiques québécoises de production bovine avec celles d'autres régions, soulignant des opportunités d'amélioration pour réduire les émissions de GES et optimiser la consommation. Cette recherche a permis de documenter de manière rigoureuse le cycle de vie de la viande de bœuf consommée au Québec en vue d'en réaliser l'inventaire du cycle de vie. Ceci permettra à l'avenir, une fois cet inventaire réalisé et analysé, de mettre en évidence les défis environnementaux liés aux modes de production et de consommation de cette viande et de proposer des recommandations pour améliorer les pratiques agricoles et la consommation responsable.

Mots clés : empreinte environnementale, consommation responsable, gaz à effet de serre, viande de bœuf, changement climatique, transition alimentaire, collecte de données, cycle de vie du bovin.

ABSTRACT

Since 1970, global resource consumption and greenhouse gas (GHG) emissions have increased significantly, exacerbating climate change. In Quebec, beef consumption notably contributes to the carbon footprint, highlighting the need for robust data for accurate assessment. Beef consumption in Quebec has significant environmental impacts, including deforestation, GHG emissions, and excessive water use. To accurately evaluate these impacts and promote sustainable practices, it is essential to collect specific and more robust data to refine the life cycle inventory of meat consumption in Quebec. In this context, my research projects aims at collecting robust data for building the life cycle inventory of beef consumed in Quebec. The methodology of this project is structured around three specific objectives: defining the life cycle stages of beef consumed in Quebec, collecting data on consumption and production, and identifying key information to document each stage of the process, from production to final consumption. Data on beef production in Quebec have been gathered from various sources: literature, experts, government organizations, agricultural associations, processors, customs, and sectoral studies. The first part of the results describes the life cycle stages of beef consumption in Quebec, including storage, cooking, and food waste. The second part of the results presents a detailed analysis of beef consumption stages in Quebec, including quantities consumed, cooking practices, storage, transport, and waste. It also examines losses at grocery stores and the origin of distributed beef. These elements are crucial for understanding consumption dynamics and their environmental impact. The third part focuses on collecting data regarding beef production for consumption in Quebec, comparing production practices in Alberta, the United States, Ontario, and Quebec, from where most of the beef consumed in Québec comes from. It examines production stages such as birth, feeding, and fattening of cattle, as well as necessary inputs (manure, bedding, buildings, energy, feed). The analysis also addresses GHG emissions (CH₄, N₂O) related to enteric fermentation, manure management, and spreading, highlighting agronomic strategies to reduce these impacts. This research documents rigorously the life cycle of the beef consumed in Québec. This will allow to build, in the future, a life cycle inventory of beef consumed in Québec, which, once analyzed, will help identifying opportunities for improvement to reduce GHG emissions and optimize consumption, highlight environmental challenges related to GHG emissions and provide recommendations to improve agricultural practices and responsible consumption.

Keywords: environmental footprint, responsible consumption, greenhouse gases (GHGs), beef, climate change, agriculture, food transition, data collection, environmental impact, cattle life cycle

INTRODUCTION

L'empreinte environnementale globale de l'humanité a augmenté de manière significative au cours des dernières décennies (Collins et al., 2020) . Par exemple, la consommation mondiale de ressources naturelles a doublé depuis 1970, avec une demande croissante de terres, d'eau et d'énergie (McMichael Butler, 2011)). De plus, les émissions de gaz à effet de serre (GES) ont atteint des niveaux record, contribuant au réchauffement climatique et aux changements environnementaux (Aldred et al., 2022). À titre d'exemples, en 2022, les émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO₂) ont atteint un record de 36,8 milliards de tonnes, une hausse par rapport aux années précédentes (Environnement et Changement climatique Canada, 2024). L'année 2023 a été marquée par des vagues de chaleur extrêmes, notamment en Europe, en Amérique du Nord, et en Asie, avec des températures dépassant les 40°C (Agence France-Presse, 2024). Ces records, largement attribués à l'accumulation croissante de GES dans l'atmosphère, ont fait de l'été 2023 l'un des plus chauds jamais enregistrés, accentuant ainsi le réchauffement climatique (Ressources naturelles Canada, 2024) Le Québec a vécu l'une de ses pires saisons de feux de forêt, alimentés par des conditions climatiques plus sèches et chaudes (Ressources naturelles Canada, 2024)

L'un des leviers potentiels face à cette crise planétaire majeure est la mise en œuvre de modes de consommation plus durables. Parmi les contributeurs importants à l'empreinte carbone de nos modes de consommation, la viande rouge est souvent pointée du doigt. C'est le cas au Canada : dans une étude analysant l'empreinte carbone de la consommation du Canadien moyen selon une perspective cycle de vie ont mis en lumière que l'alimentation représentait 16% de cette empreinte carbone, dont près du tiers était dû à la consommation de viande (Patouillard et al., 2023).

Au Québec, l'empreinte carbone de l'assiette du Québécois moyen, analysée également selon une perspective cycle de vie, est également très influencée par la viande (37 % de l'impact total en tenant compte de la nourriture ingérée, du gaspillage et des pertes), et le bœuf représente 52% de l'empreinte carbone de la viande ingérée, bien qu'il ne représente que 28% de la viande consommée (Patouillard et al., 2023). Ces données proviennent de l'analyse du volet alimentation de la base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec, et l'une des limites importantes de cette base de données soulignée par les auteurs est la piètre qualité des données utilisées pour modéliser la viande consommée au Québec (Patouillard et al., 2023).

La viande de bœuf a longtemps été un élément clé de l'alimentation et de la culture culinaire québécoise, étant au cœur de nombreux plats emblématiques, des grillades estivales au steak-frites, en passant par le ragoût de bœuf et la poutine garnie de bœuf haché (Plamondon-Lalancette, 2020). Cependant, malgré son rôle important dans l'identité gastronomique de la province, la consommation de viande de bœuf est aujourd'hui source de débats et de préoccupations grandissantes (Godbout et al., 2019). Les impacts environnementaux, les implications pour la santé et les questions de bien-être animal associés à la consommation de bœuf sont de plus en plus scrutés, menant à une réflexion sur la durabilité de ces traditions culinaires (Maxime et al, 2018).

Face à ces enjeux, le Québec se trouve à un tournant crucial en ce qui concerne la consommation de viande de bœuf (Holland, 2020). Par exemple certaines personnes choisissent de réduire leur consommation de viande de bœuf ou de l'éliminer complètement de leur alimentation, d'autres se tournent vers l'achat de viande provenant d'élevages biologiques ou locaux (Asem-Hiablé et al., 2019a) – stratégies dont la meilleure performance environnementale reste parfois à démontrer. La consommation de viande au Québec, tout comme dans de nombreux autres pays occidentaux, est relativement élevée. Cependant, il est important de noter que le niveau de consommation de viande varie d'une personne à l'autre et peut dépendre de nombreux facteurs tels que les habitudes alimentaires, les préférences individuelles et les convictions culturelles (McAuliffe et al., 2018).

L'empreinte environnementale de la consommation de la viande de bœuf est due à divers facteurs importants. Premièrement, selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, la production de chaque kilogramme de viande de bœuf émet en moyenne environ 27 kg d'équivalents CO₂, ce qui est considérablement plus élevé que d'autres sources de protéines (FAO, 2018). De plus, la production de viande de bœuf moyenne mondiale nécessite beaucoup de ressources en eau (FAO, 2020); (Hoekstra et al, 2011). Cela s'explique par l'importante quantité d'eau nécessaire pour la croissance des cultures destinées à l'alimentation du bétail. En outre, la nécessité de vastes pâturages pour l'élevage des bovins induit dans certaines régions du monde la transformation de terrains naturels en zones agricoles, provoquant ainsi une perte de biodiversité et une dégradation des écosystèmes (Dumas 2023).

Selon les données de 2018 du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, il y avait alors environ 1,23 million de bovins au Québec, ce qui représente une part importante de l'empreinte environnementale de la province (MAPAQ, 2018). Si on regarde le bilan carbone du Québec

selon une perspective des émissions territoriales, l'élevage a contribué en 2020 à la majorité des impacts du secteur agricole (qui représente 10,6% des émissions de GES totales du territoire Québécois), notamment à cause de la fermentation entérique, un processus digestif qui libère du méthane (36,6% des émissions totales de GES reliées à l'agriculture au Québec en 2021), et à cause de la gestion du fumier (26,5% des émissions totales de GES reliées à l'agriculture au Québec en 2021), source également de méthane lorsqu'elle se fait en conditions anaérobies (MELCC, 2021).

Il est essentiel de souligner que ces défis environnementaux de la production de la viande de bœuf peuvent varier en fonction des méthodes agricoles, de la gestion des fermes et de l'efficacité des stratégies de réduction des émissions adoptées dans l'industrie (Stackhouse-Lawson et al., 2012). Il est donc important de documenter les différents modes de production du bœuf au Québec. Par ailleurs l'ensemble du bœuf produit au Québec n'est pas consommé par les Québécois et le bœuf consommé au Québec ne provient pas exclusivement des élevages locaux (Patouillard et al, 2023). Afin de mieux comprendre l'empreinte de la consommation de bœuf au Québec et de mieux guider les Québécois vers des stratégies pertinentes pour réduire leur empreinte carbone, Il s'avère donc nécessaire de collecter des données robustes afin bâtir l'inventaire de cycle de vie de la viande de bœuf consommée par les Québécois en tenant compte de la provenance du bœuf consommé au Québec et des pratiques de production dans les différents endroits où la viande consommée au Québec est produite.

CHAPITRE 1

REVUE DE LA LITTÉRATURE

1.1 Les enjeux environnementaux du Québec et le Canada

Le Canada et le Québec font face à d'importants défis environnementaux, notamment le changement climatique, la déforestation, la perte de biodiversité et la gestion des ressources naturelles. La province est également confrontée à des enjeux de pollution et de gestion des déchets, avec des objectifs ambitieux de réduction des émissions de GES et d'amélioration du recyclage (Institut de la statistique du Québec, 2022a).

Au Canada, le réchauffement climatique provoque la fonte des glaciers et des catastrophes naturelles, tandis que la déforestation menace la biodiversité (Gardner et Fraser 2015) ;(DFC -PLC, 2021). Les changements climatiques augmentent le risque de feux de forêt en provoquant des températures plus élevées, une sécheresse accrue, des vagues de chaleur et une prolongation de la saison des feux (MAPAQ, 2019). Le Québec, en particulier, subit des impacts climatiques qui affectent les écosystèmes et l'agriculture, avec une biodiversité en déclin due à la perte d'habitats et aux espèces envahissantes (Gassara et al., 2011). Les conséquences du réchauffement climatique (augmentation des températures, fonte des glaciers, épisodes de canicule, précipitations plus intenses et variations du niveau de la mer, etc) entraînent par ailleurs des répercussions sur les écosystèmes, l'agriculture, la santé humaine et l'économie (Gassara et al., 2011)).

Le mécanisme du réchauffement climatique est le suivant : le rayonnement solaire est la principale source d'énergie thermique réchauffant la Terre (MELCC, 2021). Si une partie de ce rayonnement est réfléchi par l'atmosphère, une fraction minime est directement absorbée par celle-ci, tandis que le reste atteint la surface terrestre. Une fois sur la Terre, une portion de ce rayonnement est absorbée puis réémise vers l'atmosphère sous une forme que peuvent absorber certains gaz atmosphériques tels que la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et le méthane. Ces gaz relâchent ensuite de l'énergie dans l'atmosphère, contribuant au réchauffement de la planète. On nomme ces gaz les « gaz à effet de serre » (GES). Si l'effet de serre est un phénomène naturel, les activités humaines ont significativement augmenté les concentrations de certains GES, bien au-delà des niveaux historiques, entraînant un réchauffement global notable (MAAARO, 2021).

Le Québec abrite par ailleurs une biodiversité riche et variée, mais celle-ci est menacée par la dégradation des habitats, la fragmentation des écosystèmes, la perte de biodiversité et l'introduction d'espèces envahissantes. La protection et la conservation de la biodiversité sont donc des enjeux importants (Dumas, 2020). Le Québec compte environ 300 espèces animales et végétales en péril, selon le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC, 2019). Le territoire global du Québec, au Canada, s'étend sur 1 668 millions de km², surpassant des nations telles que l'Iran, le Pérou et l'Afrique du Sud. Dans le cadre de sa mission, le gouvernement québécois a annoncé en décembre 2020 qu'il vise la préservation d'une étendue de 257 000 km², ce qui en deçà de l'objectif de 17 % fixé par la Convention des Nations Unies (Marchand et Harvey, 2021).

La gestion durable des ressources naturelles comme les forêts, l'eau, les minéraux et l'énergie hydroélectrique au Québec est cruciale pour préserver l'environnement, soutenir les communautés locales et assurer un développement économique équilibré. Les forêts de cette province couvrent environ 750 000 km², soit près de 20 % de la superficie forestière du Canada. Le Québec est le plus grand producteur d'hydroélectricité au Canada et la production hydroélectrique représente environ 98 % de l'électricité produite dans la province (MFFPQ, 2021).

La réduction de la pollution et l'amélioration de la qualité de l'air sont des enjeux majeurs pour la santé publique et l'environnement (RSQA, 2020). En 2019, les émissions totales de GES au Québec s'élevaient à environ 82,8 millions de tonnes équivalents CO₂. Selon le bilan 2018 de la qualité de l'air au Québec, les principales sources de pollution atmosphérique sont le transport routier, les activités industrielles et le chauffage résidentiel (MELCCQ, 2019).

Au Québec, la quantité totale de déchets produits s'élevait en 2019 à environ 13,8 millions de tonnes, dont 67 % étaient destinés à l'enfouissement. Le taux de recyclage au Québec atteignait 59 % en 2019, une augmentation par rapport aux années précédentes, mais des efforts supplémentaires sont nécessaires pour atteindre l'objectif de 70 % de réduction d'ici 2050 fixé par le gouvernement (Agence QMI, 2022).

1.2 Le rôle de la consommation responsable au Québec pour atténuer les enjeux environnementaux

La consommation responsable au Québec émerge comme un levier essentiel pour atténuer les enjeux environnementaux, mettant en lumière plusieurs facettes cruciales.

Lorsque l'on adopte une approche territoriale de bilan carbone, comme c'est fait par le gouvernement du Québec (MELCC, 2021), il est possible de comprendre quels sont les principaux émetteurs de GES à l'échelle de la province, qui sont reliés uniquement aux activités qui ont lieu sur le territoire. Une telle approche ne tient compte ni du fait qu'une partie de la production Québécoise est ensuite exportée pour être consommée ailleurs, ni du fait qu'au Québec, des produits fabriqués ailleurs sont importés pour être consommés (Institut de la statistique du Québec, 2023). Quelques études ont été réalisées pour évaluer l'empreinte carbone liée à la consommation au Québec et tenir compte de ces aspects. Selon l'étude de Dobson et Fellow (2017) l'empreinte carbone individuelle annuelle totale moyenne d'un Québécois basé sur ce qu'il consomme est de l'ordre de 15 tonnes d'équivalents CO₂, selon l'institut de la statistique du Québec (2022), elle serait de l'ordre de 8,4 tonnes d'équivalents CO₂ (dont seulement 60% serait émis en territoire Québécois) et selon Patouillard et al (soumis), de l'ordre de 14,5 tonnes d'équivalents CO₂. Si les chiffres varient en raison d'approches méthodologiques différentes, ils confirment cependant tous que l'empreinte carbone de la consommation d'un Québécois moyen diffère de manière significative l'empreinte carbone totale du territoire du Québec divisée par sa population (9 tonnes d'équivalents CO₂ par habitant). Favoriser des modes de consommation plus durable au Québec est donc potentiellement un levier pertinent pour réduire efficacement l'empreinte carbone.

1.3 Le rôle de l'alimentation dans notre empreinte carbone et plus particulièrement le rôle de la viande de bœuf

Selon les données fournies par Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), la production des cultures et du bétail contribue à hauteur de 10 % des émissions totales de GES au Canada (AAC, 2023). Il convient de souligner que cette estimation exclut spécifiquement les émissions liées à la consommation de combustibles fossiles et à la production d'engrais (2023). Cette proportion de 10 % souligne l'impact significatif du secteur agricole sur les émissions de GES dans le pays. Cette contribution, bien que ne tenant pas compte des émissions associées à d'autres activités agricoles telles que l'utilisation de combustibles fossiles ou la production d'engrais, met en lumière l'importance de comprendre et de gérer les émissions générées par la production agricole elle-même.

Au Québec, l'alimentation joue un rôle majeur dans notre empreinte environnementale. En 2011, l'organisation Agriculture et Climat a réalisé une estimation indiquant que le secteur agricole contribuait respectivement à hauteur de 47 % et 58 % des émissions de CH₄ (méthane) et de N₂O (protoxyde d'azote) (Agriculture et climat, 2011). Sur la période de 1990 à 2005, ces émissions ont connu une augmentation significative de 17 %, se traduisant par une croissance annuelle moyenne de 58 Mt d'équivalents CO₂/an. Notamment, les émissions de ces deux gaz ont augmenté de manière proportionnelle au cours de cette période. Les activités responsables de cette augmentation comprennent le brûlage de la biomasse (N₂O et CH₄), la fermentation entérique (CH₄) et les émissions issues de la gestion des sols (N₂O). Selon les projections des experts, les émissions totales de GES provenant du secteur agricole devraient augmenter de 10 à 15 % entre 2020 et 2030 (Beck et Mahony 2018). En analysant de manière plus approfondie, ces experts ont anticipé une augmentation des émissions agricoles de N₂O comprise entre 35 % et 60 % d'ici 2030, principalement en raison de l'accroissement des quantités de fertilisants azotés utilisés et des volumes de fumier à gérer. Pour ce qui est du CH₄, les scientifiques spécialisés dans le climat prévoient une augmentation de 60 % des émissions d'ici 2030, en corrélation avec la hausse du nombre de têtes de bétail. De plus, si la demande alimentaire continue de croître et que les populations intensifient leur consommation de produits carnés, les émissions de GES d'origine agricole pourraient connaître une augmentation plus significative (Dolle et al., 2020).

Les principales sources d'émissions sont la production animale, notamment l'élevage de bovins (et, dans une moindre mesure, de volailles et de porcs), qui contribuent aux émissions de méthane, un GES très puissant (Camirand et al., 2009). Les émissions directes de GES pour la production de 100g de protéine varient d'environ 5,7 kg d'équivalents CO₂ pour le poulet à 7,6 kg d'équivalents CO₂ pour le porc, à 50 kg d'équivalents CO₂ pour le bœuf.

De plus, l'utilisation intensive d'engrais et de pesticides dans l'agriculture conventionnelle peut entraîner la pollution des cours d'eau et des écosystèmes. Une étude réalisée par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec (MELCC) indique que l'alimentation représente environ 28 % des émissions totales de GES de cette province (MELCC, 2021).

Une autre étude réalisée par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) en 2017 a révélé que la consommation alimentaire génère également une quantité importante de déchets. Chaque année, les Québécois produisent environ 1,4 million de tonnes de résidus alimentaires,

dont 47% proviennent des ménages (MAPAQ 2017). Ce gaspillage alimentaire a des conséquences significatives sur les ressources utilisées pour la production des aliments, ainsi que sur les émissions de GES associées à leur production, leur transport et leur élimination. Ces chiffres soulignent l'importance d'adopter des pratiques alimentaires plus durables au Québec.

De manière plus spécifique, la consommation de viande rouge a des implications significatives sur les enjeux environnementaux. Dans l'étude de Patouillard et ses collaborateurs, la consommation de viande de bœuf représente 7 % de l'empreinte carbone de la consommation de nourriture d'un Canadien moyen (qui représente elle-même 16% de son empreinte carbone totale, qui totalise 18 t d'équivalents CO₂/an (Patouillard et al., 2023). Dans le cas des Québécois, le détail n'est pas donné pour la part d'impact attribuable à la viande rouge, qui semble similaire à celle d'un Canadien moyen, mais l'alimentation joue un rôle proportionnellement plus important du fait de l'empreinte carbone totale plus faible de la consommation d'un Québécois (14,5 t d'équivalents CO₂/an). Cependant, cette étude est basée sur des données macroéconomiques, relativement peu précises et pour lesquelles les données sont agrégées par grands secteurs d'activité et il est souligné dans les perspectives de l'article l'importance de rassembler des données plus détaillées.

Tenant compte de ces enjeux, il est essentiel de promouvoir une transition vers une alimentation plus durable, en encourageant la réduction de la consommation de viande rouge, en privilégiant les sources de protéines alternatives et en favorisant des pratiques agricoles plus durables pour atténuer les enjeux environnementaux associés à la production de viande rouge.

1.4 L'élevage bovin, un contributeur significatif aux émissions de GES et à d'autres impacts environnementaux

1.4.1 Les émissions de GES de l'élevage

En 2006, la FAO (l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), a publié un rapport intitulé « L'ombre portée de l'élevage », évaluant la contribution du secteur de l'élevage aux émissions globales de GES. Les principales conclusions sont que la FAO estime que l'élevage est responsable de 18% des émissions totales de GES d'origine humaine (FAO, 2009). Ces conclusions ont généré des critiques, en particulier vis-à-vis du secteur des bovins de boucherie. Des experts, comme le Dr. Frank Mitloehner de l'Université de California-Davis, ont remis en question la méthodologie et les conclusions de la FAO (Pitesky et al, 2009). Selon lui, les émissions liées à l'élevage bovin et porcin aux États-Unis représentent environ

3% des émissions globales Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.. Selon le Dr. Mitloehner, l'impact mondial des émissions de GES liées à l'élevage atteint 14 % de l'impact global des GES, avec une contribution majeure des pays en développement dotés de systèmes de production animale moins efficaces. En revanche, dans les régions développées comme les États-Unis, il estime que l'élevage contribue à seulement 3,4 % des émissions globales, dont 2 % sont attribuables aux produits laitiers (Coffeen. P, 2013).

Toutefois, il est à souligner qu'une déclaration de l'équipe de chercheurs de Johns Hopkins Center for a Livable Future conteste le document du Dr. Mitloehner sur les « Contributions du bétail au changement climatique : Faits et fiction ». Selon cette déclaration, le Dr. Mitloehner ignore les émissions de la production d'aliments pour animaux, les changements d'utilisation des terres, le transport, et les importations et occulte certains problèmes écologiques majeurs tels que la déforestation et la perte de biodiversité associés à l'élevage, ainsi que les enjeux de santé publique comme les maladies liées à une consommation excessive de viande rouge (Fitch, 2019).

En 2013, la FAO a dévoilé un autre rapport intitulé « Lutter contre le changement climatique grâce à l'élevage ». Ce document examine de près la contribution du secteur de l'élevage aux émissions globales de GES d'origine humaine (FAO, 2013). Ce rapport est notable car il présente une méthodologie mise à jour, attribuant un éventail plus large d'émissions de GES à la production animale. Ce rapport révisé à la baisse la contribution de l'élevage aux émissions totales de GES par rapport au rapport précédent de 2006 (FAO, 2006), l'estimant désormais à 14,5 %. Cette révision représente une réduction d'environ 20 % par rapport à l'évaluation précédente. Les bovins, en particulier, jouent un rôle central dans les discussions sur les émissions de GES liées à l'élevage, en raison de la production de méthane par fermentation entérique. Le modèle de la FAO (2013) révèle que, à l'échelle mondiale, les bovins de boucherie sont responsables de 41 % des émissions totales attribuées au secteur du bétail. En comparaison, les bovins laitiers contribuent à hauteur de 20 %.

La production de viande rouge au Québec représente quant à elle environ 9% des émissions totales de GES de la province quand on regarde l'ensemble des émissions directes à l'échelle du territoire (MELCCQ 2021). Selon le Groupe d'action sur la consommation de viande au Québec, la production de viande de bœuf représente environ 29 % des émissions totales du secteur agricole au Québec (Groupe d'action sur la consommation de viande au Québec, 2020).

L'élevage émet des GES tout au long de sa filière de production (Herrero et al, 2020). La FAO montre comment se répartissent, au niveau mondial, les émissions de GES tout au long de ce processus d'élevage et de transformation des animaux (Gerber et al, 2017). Une autre étude montre que c'est l'alimentation des bêtes qui émet le plus de GES, suivie par la fermentation entérique, c'est-à-dire les rots et flatulences des ruminants, qui émettent l'essentiel du méthane (CH₄) de la filière (Parlons sciences, 2020). Les déjections animales, telles que les excréments et l'urine des bovins, sont également une source d'émissions de GES. Lorsqu'elles se décomposent, elles produisent du méthane et du protoxyde d'azote (N₂O), un autre GES puissant (Colomb, 2015). L'expansion de l'élevage de bovins peut entraîner la déforestation des zones forestières pour créer des pâturages ou des terres agricoles destinées à la culture de céréales pour l'alimentation animale (Environnement et Changement climatique Canada, 2024). Par ailleurs, la dégradation des sols causée par le piétinement du bétail peut libérer du carbone stocké dans le sol sous forme de CO₂ (Huerta, Güereca, et Lozano 2016). De plus, les bovins en pâturage produisent toujours du méthane lors de la digestion de leur nourriture et de la décomposition de leur fumier (Jouany et Thivend 2008). Les superficies de pâturages et de cultures fourragères destinées au bétail occupent environ 2,5 millions d'hectares, soit près de 55% des terres agricoles de la province (CRDA, 2019).

Selon le modèle de la FAO de 2013, les GES majeurs liés à l'élevage sont le méthane (CH₄), le dioxyde de carbone (CO₂) et l'oxyde nitreux (N₂O). Ces émissions proviennent principalement de trois sources:

- Le rumen: C'est la principale source d'émissions, en raison de l'activité microbienne qui y produit du méthane durant la digestion.
- Le fumier: Ce dernier est une autre source significative d'émissions, en particulier d'oxyde nitreux.
- La conversion des forêts en pâturages: Cette source est spécifique à l'Amérique latine, principalement au Brésil. Toutefois, il est crucial de mentionner que cette contribution, telle qu'estimée par le modèle de la FAO, présente une marge d'incertitude considérable. En effet, la conversion des terres affiche un intervalle de confiance de 95 %, suggérant une variabilité potentielle de l'effet dans une fourchette de ±50%

La répartition de ces différents contributeurs à l'empreinte carbone de l'élevage des bovins de boucherie d'après ce modèle de la FAO est présentée dans le tableau 1.1.

Tableau 1.1. Sources d'émissions de GES des bovins de boucherie (FAO, 2013)

Rang	Source	Proportion des émissions totales
1	Entérique (rumen)	43 %
2	Fumier (épandu et déposé)	18 %
3	Conversion de forêts en pâturages	15 %
4	Aliment pour bétail	10 %
5	Résidus d'engrais et de récoltes	7 %
6	Gestion du fumier	5 %
5	Utilisation d'énergie + hors ferme	1, 5 %

1.4.2 Les autres impacts de l'élevage bovin

L'élevage provoque la pollution de l'eau et de l'air, des impacts sur les sols et de l'eutrophisation, provoquée par les déjections des bovins, qui n'est pas uniquement attribuable aux nutriments contenus dans les déjections (Gariépy et al, 2015). Les activités d'élevage de bovins peuvent entraîner, selon les régions et les pratiques d'élevage, la pollution des cours d'eau par les excréments animaux et les produits chimiques utilisés dans la production animale, tels que les antibiotiques, les hormones de croissance et les pesticides. Par exemple, en Amérique du Sud, notamment en Amazonie, la déforestation pour le pâturage aggrave cette pollution en contaminant les eaux avec ces produits et les déjections animales (Florindo et al., 2017). En revanche, dans des régions comme l'Europe du Nord, où des pratiques de gestion durable et des réglementations strictes sont appliquées, ces impacts sont généralement mieux contrôlés (Castellani, et al, 2019). L'ampleur de la pollution dépend donc des pratiques locales et des mesures de régulation (Liu et Yang, 2023). Ce type de pollution peut avoir des conséquences néfastes sur la qualité de l'eau, les écosystèmes aquatiques et la santé humaine.

L'élevage de bovins nécessite de vastes quantités de ressources naturelles, notamment de l'eau pour l'abreuvement des animaux et la production d'aliments pour animaux, ainsi que des terres pour la pâture et la culture des céréales destinées à l'alimentation animale (Agriculture, 2023). Les aliments pour le bétail tels que le soja et le maïs nécessitent eux-mêmes des terres, de l'eau et des engrais pour leur production (Colomb, 2015).

Selon une autre étude, la production d'un kilogramme de viande bovine peut nécessiter jusqu'à 15 000 litres d'eau, en incluant l'eau utilisée pour l'abreuvement des animaux et pour la culture des aliments du

bétail (Villiers. C, 2022). Cette demande accrue de ressources met une pression supplémentaire sur les systèmes alimentaires et aggrave les problèmes liés à la disponibilité des ressources naturelles.

1.4.3 La variabilité des pratiques d'élevage et de l'impact qui y est associé

Les émissions de GES de l'élevage peuvent varier en fonction des pratiques d'élevage, de l'alimentation des animaux, de la gestion des déjections et de l'efficacité de la production. Certaines pratiques d'élevage durables, telles que l'amélioration de l'alimentation des bovins, la gestion des pâturages et la gestion des déjections, peuvent contribuer à réduire les émissions de GES liées à l'élevage bovin (Chambragri Conseil, 2015). Entre un élevage intensif, qui concentre les bêtes sur une petite surface et nécessite des importations de nourriture, et un élevage extensif, dans lequel les bêtes se nourrissent plutôt de la prairie sur laquelle elles vivent, il y a une grande différence (Dutertre, 2021). Selon le rapport de la FAO de 2013 intitulé « Tackling Climate Change Through Livestock », les émissions de GES d'un élevage intensif peuvent être jusqu'à deux à trois fois plus élevées que celles d'un élevage extensif (Gerber, 2013). Ces données sont cependant basées sur une quantité d'émission par hectare et ils sont donc à interpréter avec prudence car la quantité de viande produite par ha n'est pas la même selon ces deux types de pratiques et l'élevage intensif est beaucoup plus productif. L'empreinte carbone par kg de viande produit ne suivra donc pas la même tendance.

L'alimentation des bêtes influence par ailleurs les émissions de méthane reliées à la fermentation entérique : des aliments riches en grains produisent davantage de méthane (Parlons sciences, 2020). Par ailleurs, si la gestion des déjections n'est pas adéquate, par exemple dans certains systèmes d'élevage intensifs où les excréments s'accumulent, le mauvais stockage ou l'épandage excessif des déjections animales les émissions de GES peuvent être significatives (Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, 2003).

Le rapport de la FAO de 2013 offre une analyse approfondie des émissions de GES selon divers systèmes de production et régions géographiques. Ces systèmes, souvent dictés par le climat régional, démontrent des interrelations notables entre régions et méthodes de production. L'évaluation s'est concentrée sur l'intensité des émissions, représentée en kg d'équivalents CO₂ par kg de poids de carcasse. Les détails précis par région sont présentés au tableau 2 ci-dessous. Les régions montrent une variabilité significative dans l'intensité des émissions. À titre illustratif, l'Amérique latine enregistre une émission de 72 kg

d'équivalents CO₂ par kg de poids de carcasse. En contraste, l'Amérique du Nord présente des émissions inférieures de 40%.

Selon ce rapport, les facteurs influençant le plus les émissions sont les suivants :

- Efficacité des systèmes de production : Les systèmes où une vache sèvre un veau chaque année ont tendance à émettre moins de GES par unité de production comparativement à ceux où le sevrage se produit une fois tous les 3 ans.
- Utilisation des prairies : Les systèmes extensifs, axés sur l'utilisation des prairies, génèrent généralement plus d'émissions par unité de production que les systèmes intensifs. Toutefois, ce point précis a été sujet de débat au sein de la communauté scientifique. Certains experts estiment que les prairies agissent comme un puits de CO₂, absorbant et stockant le carbone. Le rapport de la FAO n'a pas inclus cet élément, créant ainsi une éventuelle lacune dans l'évaluation.
- Le pâturage en rotation, qui implique de faire pâturer les animaux sur différentes parcelles de terrain selon un cycle, peut réduire la pression sur les sols et favoriser la régénération des pâturages. Cependant, son impact varie selon les pratiques d'élevage spécifiques appliquées.

Tableau 1.2. : Intensité des émissions de GES de la production du bœuf de boucherie par région (FAO, 2013)

Région	Kg éq. CO ₂ *- émission par kg de poids carcasse*
Asie du Sud	75
Amérique latine	72
Afrique subsaharienne	71
Amérique du Nord	29
Océanie	26
Europe de l'Ouest	18

1.5 La production et la consommation de la viande de bœuf au Québec

La production et la consommation sont deux concepts étroitement liés dans le contexte de la viande de bœuf. La production fait référence à la quantité de viande de bœuf produite dans une région donnée, comme une province ou un pays. Elle englobe l'ensemble du processus d'élevage, de l'engraissement des bovins jusqu'à l'abattage et la transformation de la viande (Agriculture, 2023). La consommation, quant à elle, se réfère à la quantité de viande de bœuf consommée par une population ou un marché spécifique. Elle est déterminée par la demande des consommateurs, qui est influencée par des facteurs tels que les

préférences alimentaires, les habitudes de consommation, les prix, les disponibilités sur le marché et les facteurs culturels (Le Kaba, 2023).

La relation entre la production et la consommation de viande de bœuf est complexe. Idéalement, la production devrait être en mesure de satisfaire la demande de consommation, assurant ainsi une autosuffisance régionale (Huber, 2017). Cependant, dans de nombreux cas, la demande de viande de bœuf peut dépasser la capacité de production locale, entraînant une dépendance aux importations pour combler le déficit (Institut de la statistique du Québec, 2023). Cette relation peut être influencée par divers facteurs. Par exemple, une augmentation de la demande de viande de bœuf peut stimuler la production locale, incitant les éleveurs à accroître leur cheptel et leur production (Messier, 2019). De même, une baisse de la demande peut conduire à une réduction de la production locale. Dans certains cas, la demande peut être satisfaite par les importations, ce qui peut créer une dépendance extérieure (Les frères Benoit et Éric Desrosiers, 2020). Il est important de comprendre et de surveiller cette relation entre production et consommation afin de garantir une gestion durable des ressources, minimiser les impacts environnementaux et maintenir une sécurité alimentaire adéquate. Une production locale insuffisante par rapport à la demande peut entraîner des défis en termes de sécurité alimentaire, de dépendance aux importations et d'impact environnemental associé au transport des produits (Dobson et Fellows 2017).

La planification et la prise de décision éclairées dans le domaine de l'élevage bovin doivent donc prendre en compte la relation entre production et consommation afin de promouvoir une production locale durable, réduire les dépendances aux importations et répondre aux besoins alimentaires de manière équilibrée et responsable (Énergie+, 2021).

1.5.1 Un brin d'histoire sur la production de la viande bœuf au Québec

La production du bœuf du Québec est l'une des plus anciennes à s'être implantée en Nouvelle-France (ancien nom du Québec). En effet, au 17^e siècle, les colons français, principalement venus de France, introduisirent des bovins en Nouvelle-France (Les producteurs de bovins du Québec, 2022). Les bovins étaient utilisés principalement pour leur viande, leur lait et leur force de travail. Dès 1619 les premières bêtes à cornes entrent au Québec et Champlain les regroupe sur la ferme du Cap Tourmente. En 1667, on en recensait 3107 dans la colonie pour 3918 habitants (Plamondon-Lalancette, 2020). Graduellement, sous le régime anglais, des animaux de race bouchère sont importés d'Angleterre et d'Écosse et l'élevage de bœufs de boucherie se distingue peu à peu de celui des troupeaux laitiers (Paradis, 2020).

Au fil du temps, l'élevage bovin s'est développé et a joué un rôle essentiel dans l'agriculture québécoise (Plamondon-Lalancette, 2020). Les fermes familiales pratiquaient l'élevage de bovins pour subvenir à leurs besoins alimentaires et pour le commerce local. Au 19^e siècle, avec l'industrialisation de l'agriculture, l'élevage bovin a connu des changements significatifs (PBQ, 2011). L'introduction de nouvelles technologies et de méthodes d'élevage plus efficaces a permis d'augmenter la productivité et de répondre à la demande croissante de viande de bœuf (Détaillant alimentaire, 2022).

Les pratiques d'élevage, la transformation de la viande et la commercialisation ont connu des évolutions importantes. Des associations et des organismes de l'industrie ont été créés pour promouvoir les intérêts des producteurs de bœuf et pour améliorer la qualité et la traçabilité de la viande de bœuf québécoise (Cederberg et Stadig 2003).

1.5.2 Portrait de l'élevage bovin au Québec

Selon les données de 2021 de Statistique Canada, la production de viande de bœuf au Québec a connu une légère augmentation au cours des dernières années. En 2020, la production totale de viande de bœuf au Québec était d'environ 91 000 tonnes. L'élevage bovin joue un rôle important dans le secteur agricole du Québec. On y compte environ 880 000 têtes de bovins de boucherie, comprenant des animaux destinés à la production de viande de bœuf incluant des animaux destinés à la production de viande de bœuf. Cela inclut les bovins en phase d'engraissement ainsi que les reproducteurs. En ce qui concerne les bovins laitiers, on estime qu'il y a environ 375 000 têtes de bovins laitiers au Québec. Cela comprend les vaches laitières destinées à la production de lait, ainsi que les veaux et les taureaux reproducteurs (Institut de la statistique du Québec, 2021). Il existe également un nombre plus restreint de bovins laitiers, notamment des races comme la Holstein et la Jersey (MAPAQ, 2021). Il y a différents types de systèmes d'élevage bovin au Québec. Les systèmes d'élevage extensifs qui sont les plus courants et où les bovins sont principalement nourris à l'herbe et en pâturage. Les systèmes d'élevage intensifs, tels que les fermes laitières et les fermes d'engraissement, sont également présents et où les animaux sont nourris avec des aliments concentrés (PBQ, 2021).

Sur le plan géographique, l'élevage bovin est répandu dans l'ensemble de la province du Québec, avec une concentration plus élevée dans les régions rurales. Les régions de la Montérégie, des Laurentides, de l'Estrie et du Centre-du-Québec sont parmi les principales régions productrices de bovins (CEGA, 2020). L'élevage bovin pour la production de viande de bœuf est une activité importante au Québec. Les

producteurs de bovins de boucherie se consacrent à l'élevage, à la reproduction, à l'engraissement et à la vente de bovins destinés à l'abattage et à la consommation de viande (PBQ, 2021). De plus, environ 30% de la production de viande de bœuf du Québec est exportée vers d'autres provinces canadiennes et des marchés internationaux (Institut Statistique du Québec, 2022). L'industrie de l'élevage bovin au Québec met en œuvre des normes et des pratiques durables pour réduire l'impact environnemental et améliorer le bien-être animal. Cela comprend la gestion responsable des pâturages, l'utilisation efficace des ressources, la promotion de l'agriculture régénératrice et la réduction des émissions de GES (La Coop fédérée, 2019).

Selon la Loi sur la mise en marché des produits agricoles, alimentaires et de la pêche datant du 9 février 2000, le terme « bovin de réforme » englobe les taures, vaches et taureaux de race laitière ou de boucherie, tandis que le terme « veau laitier » désigne un veau mâle ou femelle de moins de 135 kg vivant.

Selon l'Association canadienne des bovins (2023), les bovins sont alimentés jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids final compris entre 1 450 et 1 700 livres¹. Toutefois, le poids spécifique d'une vache de réforme peut varier. Par exemple, les veaux, lorsqu'ils atteignent un poids compris entre 270 et 360 kilogrammes, sont vendus pour continuer leur croissance dans des parcs d'engraissement. Les jeunes bovins sont ensuite engraisés jusqu'à atteindre un poids situé entre 600 et 700 kilogrammes². Ces données peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment la race de la vache, son régime alimentaire, son âge et son état de santé général. La quantité totale de viande produite au Québec est donc, selon ces calculs approximatifs, de l'ordre de 47 094 tonnes. Elle est composée de 32% de viande de bouvillon, 40,36% de bœuf de réforme, 15% de veau de grain et 11,13% de veaux de lait.

1.5.3 Portrait de la consommation de la viande bœuf au Québec

Au Québec, la viande rouge est très appréciée et consommée. Le bœuf est particulièrement populaire dans la province, et le Québec est reconnu pour sa production de bœuf de qualité (Mon Ricardo, 2023). Les éleveurs de bovins au Québec se consacrent à l'élevage de bovins de boucherie pour fournir une viande de haute qualité aux consommateurs (Charles-Hugo, 2022). Selon les données disponibles, la consommation de viande rouge au Québec reste relativement élevée. En 2019, les Québécois ont consommé, en moyenne, environ 29,5 kilogrammes de viande de bœuf par personne, ce qui représente

une consommation annuelle d'environ 216 000 tonnes de viande de bœuf dans la province (Détaillant alimentaire, 2022). Ces chiffres diffèrent des données de Statistique Canada selon lesquelles la consommation de viande de bœuf au Québec a montré une légère baisse ces dernières années. Selon leurs estimations, entre 2010 et 2019, la consommation de viande de bœuf a diminué d'environ 6% au Québec (Statistique Canada, 2021). Cette tendance peut être attribuée à divers facteurs, tels que les préoccupations croissantes concernant la santé, l'environnement et le bien-être animal, ainsi que l'émergence de régimes alimentaires alternatifs tels que le végétarisme et le végétalisme (Charles-Hugo, 2022). Selon les données de 2022 de Statistique Canada, la consommation moyenne de viande de bœuf par habitant au Québec était d'environ 19 kilogrammes (Statistique Canada, 2023). Une étude réalisée par l'Institut de la statistique du Québec a révélé que la consommation de viande de bœuf était plus élevée chez les hommes que chez les femmes, avec une consommation moyenne de 21,5 kilogrammes par homme en 2019 (Institut de la statistique du Québec, 2022b).

La demande en bœuf provient à la fois des consommateurs locaux et des industries de la restauration et de l'hôtellerie (Société des parcs d'élevage du Québec, 2022b). Selon les données du MAPAQ, la production totale de bœuf dans la province en 2020 s'élevait à environ 95 000 tonnes métriques. En revanche, la consommation de viande de bœuf au Québec était estimée à environ 128 000 tonnes métriques la même année (MAPAQ, 2022). Cela signifie que le Québec dépendait d'importations pour combler le déficit entre la production locale et la demande intérieure. Les principaux pays fournisseurs de viande de bœuf au Québec sont les États-Unis, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, le Brésil, des provinces du Canada telles que : Alberta, Saskatchewan et Ontario (MAPAQ, 2021b). Il est à noter que les États-Unis constituent un fournisseur majeur de viande de bœuf importée (Shields. A, 2019). Les chiffres montrent que les importations de viande de bœuf au Québec ont augmenté au fil des ans pour répondre à la demande croissante et compenser l'insuffisance de la production locale (Statistique Canada, 2020).

Au Québec, comme ailleurs, une prise de conscience croissante pousse à réduire la consommation de viande rouge et à tenter d'adopter des pratiques plus durables (BIOCLIPS, 2022). De plus en plus de personnes cherchent des alternatives végétales à la viande rouge, comme les substituts de viande à base de plantes, afin de réduire leur impact environnemental (Godbout et al., 2019). Il convient de noter que certaines initiatives sont en cours pour encourager une production locale plus durable de viande de bœuf au Québec. Des initiatives sont également en cours pour encourager une production locale plus durable

de viande de bœuf, avec des programmes de soutien aux agriculteurs visant à promouvoir l'agriculture durable et à diminuer la dépendance aux importations (PBQ, 2022b).

1.6 L'analyse de cycle de vie : un outil pour quantifier les impacts environnementaux

Il apparaît donc essentiel de bien comprendre les enjeux environnementaux associés à la viande de bœuf consommée au Québec. À cette fin, la quantification des impacts de cette viande de bœuf paraît nécessaire. L'analyse du cycle de vie (ACV), souvent appelée écobilan, est une méthodologie d'évaluation « du berceau à la tombe » permettant de quantifier l'impact environnemental des produits, services ou systèmes de production depuis l'extraction des matières premières qui les composent jusqu'à leur élimination en fin de vie incluant aussi les phases de distribution et d'utilisation (Jolliet et al., 2018b)..

L'ACV fournit une approche holistique pour évaluer les impacts environnementaux, en prenant en compte plusieurs catégories d'impacts, telles que les émissions de GES, la consommation d'énergie, la pollution de l'eau, la production de déchets, etc (Santero, Masanet, et Horvath 2011). Elle permet également de comparer différentes options et d'identifier les étapes du cycle de vie ayant les impacts les plus importants (Berardy et al, 2015). En utilisant des données sur les intrants, les extrants et les processus impliqués dans le cycle de vie d'un produit ou d'un service, l'ACV utilise des modèles mathématiques pour évaluer les impacts environnementaux (Lesage et Samson 2016).

Encadrée par les normes internationales ISO 14040 et 14044, l'analyse du cycle de vie (ACV) est une technique d'évaluation des aspects environnementaux et des impacts environnementaux potentiels associés à un système de produits (ISO 2006). Elle est un outil d'aide à la décision en vue de déterminer des priorités d'action grâce auxquelles les impacts environnementaux d'un produit pourront être éliminés. Traditionnellement, la prise en compte de l'environnement était faite soit en considérant les impacts engendrés (déchets, pollutions), soit en travaillant par secteur d'activité (Tuomisto et Teixeira de Mattos, 2011) . La prise de conscience accrue de l'importance de la protection de l'environnement et des impacts possibles associés aux produits a augmenté l'intérêt pour le développement de méthodes destinées à mieux comprendre ces impacts et à y remédier, comme l'ACV.

Selon Jolliet et ses collaborateurs (2016), l'apparition des ACV est due, d'abord, au manuel visant l'optimisation des consommations énergétiques, en deuxième lieu, à l'évolution des principes généraux pour prendre en compte les consommations des ressources énergétiques, ce qui a permis d'améliorer

l'analyse des consommations et de tirer plus d'enseignements et, enfin, à l'évolution des études précitées par la prise en compte non seulement des « entrées » mais aussi des « sorties » (émissions et pollutions) des systèmes industriels de production considérés (Jolliet et al., 2018a).

L'une des études ayant permis de poser les bases de la méthodologie ACV, telle qu'elle est structurée de nos jours, a été réalisée par la compagnie « Coca-Cola » (Jolliet et al., 2018a). Cette étude est considérée comme étant une référence en raison de son caractère multicritère qui était alors innovant; elle a été réalisée en prenant en compte plusieurs impacts environnementaux (Université polytechnique Hauts-de-France, 2018) .

Il est important de souligner que, à la suite de la publication des premières publications, de nombreuses discussions et débats ont été lancés en raison des hypothèses faites et de la validité des comparaisons qui ont été proposées (Roy et al., 2009). Ceci a poussé la communauté des utilisateurs et des chercheurs mettant en œuvre la démarche à initier le processus de normalisation de la méthodologie d'ACV (Cederberg et Stadig 2003). Actuellement cette démarche est mondialement utilisée, grâce à l'implication des organismes gouvernementaux et aux efforts de diverses institutions. Les normes dédiées à l'ACV sont regroupées dans le cycle ISO 14040 et 14044 (Berardy et al., 2015; DQS Maghreb, 2024)

En ce qui concerne la démarche, on met en œuvre une ACV en réalisant dans un premier temps l'inventaire des flux de matières et d'énergies entrants et sortants à chaque étape du cycle de vie. On appelle cette démarche inventaire du cycle de vie (ICV) (Lesage et Samson 2016). On procède ensuite à l'évaluation des impacts environnementaux à partir des données collectées grâce à des coefficients préétablis permettant de calculer la contribution de chaque flux aux divers impacts environnementaux étudiés.

Selon les normes internationales ISO 14040 et 14044 (2006), on considère l'Analyse du Cycle de Vie comme un processus itératif constitué de quatre étapes :

- a) La définition des objectifs et du champ de l'étude,
- b) L'analyse de l'inventaire,
- c) L'évaluation des impacts,
- d) L'interprétation des résultats.

On note le caractère itératif de ce processus qui a comme conséquence le fait que chaque étape peut nous amener à revoir les précédentes (ex. : des difficultés dans l'obtention de données pour l'inventaire peuvent amener à revoir les objectifs et le champ d'étude).

1.7 Les outils cycle de vie déjà existants pour informer la consommation responsable

Plusieurs outils utilisant l'analyse du cycle de vie existent à travers le monde pour informer les consommateurs sur la durabilité des produits. Ces outils permettent aux consommateurs de prendre des décisions plus éclairées en matière de consommation durable. Parmi ces outils, nous pouvons citer :

- L'affichage Environnemental : il s'agit d'un système d'étiquetage qui fournit des informations sur les impacts environnementaux d'un produit. Des exemples d'étiquettes environnementales bien connues sont l'Écolabel européen et le programme ENERGY STAR. Ces étiquettes fournissent des informations standardisées sur les caractéristiques environnementales des produits, telles que l'efficacité énergétique, les émissions de GES, l'utilisation des ressources, etc. Les consommateurs peuvent utiliser ces étiquettes pour comparer les produits et choisir ceux qui ont un impact environnemental plus faible (Mondéjar-Jiménez, 2016). Certains affichages environnementaux sont basés sur l'ACV par le biais de déclarations environnementales de produits (encadré par la norme ISO 14020). C'est le cas notamment en Europe avec le projet PEF/OEF qui vise un affichage environnemental volontaire harmonisé des produits et des organisations à l'échelle de l'Europe basé sur l'ACV (European Commission, 2024)

- Les bases de données d'inventaire du cycle de vie des produits : elles rassemblent des données sur les émissions de GES, la consommation d'énergie, l'utilisation des ressources, la pollution de l'eau, la production de déchets, etc. tout au long du cycle de vie des produits. Certaines bases de données de produits bien connues incluent l'Écolabel européen, les déclarations environnementales de produits (EPD), la base de données américaine Environmental Protection Agency's (EPA), Safer Choice et le Product Sustainability Information (PSI) développé par le Sustainability Consortium (Santero et al, 2017). À l'aide de ces bases de données, les consommateurs peuvent accéder à des informations crédibles et comparables pour évaluer la durabilité des produits et prendre des décisions d'achat plus responsables sur la base de l'ACV. Dans le domaine de l'alimentation, la base de données française Agribalyse, de l'Ademe, qui met à disposition des données de référence sur les impacts environnementaux des produits agricoles et alimentaires en France, est une référence importante (ADEME. et INRAE., 2020) mais qui n'est pas adaptée au contexte Québécois. Au Québec, le CIRAIG a créé récemment une base de données

d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec – volet alimentation qui permet d'évaluer l'empreinte carbone de l'alimentation au Québec (Patouillard et al., 2023). Cette base de données est exploratoire et, comme nous le verrons dans le chapitre 1.8, présente notamment des lacunes importantes en ce qui concerne les données à propos de la consommation de viande rouge.

- Les interfaces web et les applications mobiles qui rendent disponibles de manière conviviale auprès des consommateurs les résultats obtenus en analysant les bases de données. Cela peut être sous la forme de sites web, d'applications mobiles ou d'étiquetage numérique. Par exemple, GoodGuide est une application qui permet aux consommateurs de scanner les codes-barres des produits pour obtenir des informations sur leur impact environnemental, leur impact social et leur impact sur la santé (Bemobee, 2023). Ces outils encouragent non seulement une consommation plus responsable, mais incitent également les fabricants à améliorer la durabilité de leurs produits en utilisant les données d'ACV pour identifier et corriger les domaines à fort impact.

1.8 Données d'inventaire du cycle de vie existantes sur la viande de bœuf (au Québec et ailleurs dans le monde)

La base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec – volet alimentation – inclut un jeu de données pour la viande de bœuf consommée au Québec, mais celui-ci s'appuie sur les données de la FAO (2013) et représente donc seulement l'empreinte carbone du bœuf (à l'exclusion des autres impacts environnementaux) et c'est une valeur qui n'est pas spécifique à la viande de bœuf consommée au Québec. Les auteurs de l'étude soulignent d'ailleurs le manque de robustesse de cette donnée dans la documentation de la base de données (Patouillard et al., 2023).

La base de données Française de l'Ademe, Agribalyse, contient des données pour le bœuf produit et consommé en France et pour toute une série de recettes à base de bœuf (bœuf aux carottes, bœuf bourguignon, bavette d'ailloy grillée, etc) (AGRIBALYSE, 2022). Au niveau de la production animale, le périmètre de la base de données inclut:

- « *La fabrication des aliments (production des matières premières et transformation) et leur acheminement jusqu'à l'atelier pour les aliments/matières premières importés sur l'exploitation*
- *La production, récolte, conservation et mise à disposition des fourrages*
- *L'exploitation des prairies y compris par pâturage ; l'accès à des parcours pour certains types de volailles et porcs*

- *L'abreuvement en tant qu'eau consommée par les animaux*
- *L'élevage des géniteurs et la production des jeunes animaux*
- *Les bâtiments d'élevage et la mécanisation requise (salle de traite y compris le tank à lait, étable, installations de stockage des déjections, silos de stockage des aliments etc.), y compris la production des machines/bâtiments, leur fonctionnement et les entreposages (hangar/halle/garage)*
- *Le nettoyage des équipements et bâtiments, et des systèmes de refroidissement*
- *Les émissions directes liées à l'activité des animaux (ruminantion), à la gestion des déjections au bâtiment/stockage/pâturage/parcours et à la combustion des carburants*
- *L'énergie fossile nécessaire (chauffage des bâtiments, etc.) »*

Il s'agit donc de jeux de données assez précis, mais contextualisées pour la France. L'ensemble des hypothèses utilisées pour la création de ces jeux de données est disponible dans le rapport documentant le volet agriculture de la base de données (Koch, 2022)

Il existe également plusieurs ACVs disponibles dans la littérature sur la production bovine (Pradel, 2011). On notera plus particulièrement quelques études documentant la production bovine selon une perspective du cycle de vie en Amérique du Nord :

- La production de bœuf aux USA a été solidement documentée dans la littérature. On peut penser notamment aux études de Asem-Hiablie et ses collaborateurs (2019 et 2023), de la USDA, qui ont réalisé une ACV du berceau à la porte de la ferme du bœuf produit aux Etats-Unis en basant leur collecte de données sur un modèle de système agricole intégré combiné avec des données de production du Centre de recherche sur les animaux de boucherie des États-Unis de Roman (Asem-Hiablie et al., 2019b)
- Une autre étude a été réalisée par Putman et ses collaborateurs qui fait l'évaluation exhaustive de la production et de la consommation de bœuf aux Etats-Unis à l'aide de l'ACV. Dans cette étude, 160 archétypes de modes de production du bœuf dans les 50 états Américains ont été modélisés. Une empreinte carbone moyenne de 42,7 kg d'équivalents CO₂/kg de bœuf a été obtenue (Putman et al., 2023).
- Le bœuf produit en Alberta a déjà fait l'objet de plusieurs analyses du cycle de vie dans la littérature. En particulier, une revue de la littérature a été réalisée par Pogue et al (2018) pour

évaluer les conséquences de la production bovine sur les services écosystémiques dans les Prairies de l'Ouest Canadien (Alberta, Saskatchewan et Manitoba). Cette revue rassemble les informations issues de 742 publications revues par les pairs donnant des informations à propos des différentes étapes de la production du bœuf dans cette région du Canada.

- Une revue une étude de Bao et al (2019) analyse la densité de bétail sur les pâturages Albertains, le type de pâturages (et notamment la proportion de pâturages qui se font sur des prairies indigènes natives) et la manière dont le pâturage est géré, l'approvisionnement en eau du bétail, les pratiques d'irrigation et de fertilisation des pâturages, etc.

À ma connaissance, aucune analyse du cycle de vie de la production du bœuf n'a été réalisée en contexte du Québec.

1.9 Enjeux méthodologiques de l'ACV du bœuf

Desjardins et ses collaborateurs (Desjardins et al., 2012) ont mis en lumière un certain nombre d'enjeux méthodologiques de l'ACV du bœuf :

- **L'unité fonctionnelle** peut varier d'une étude à l'autre. La plus souvent utilisée est le kg de poids vif, qui est le poids de l'animal à la porte de l'exploitation. Le poids vif rétréci – qui est le poids des bovins à l'entrée de l'abattoir – est également utilisé parfois quand l'analyse du cycle de vie de certains co-produits de la viande doit être également réalisée. Finalement, certaines ACV rapportent les impacts par kg de poids de carcasse, qui ne comprend pas la peau, la tête, les pattes et les entrailles. Bien entendu, selon l'unité fonctionnelle choisie, l'empreinte environnementale varie : le rapport entre le poids vif et le poids de carcasse est variable (de 0,68 à 0,45) selon la race, le sexe et l'heure du dernier repas...
- **La définition des frontières du système** est également variable d'une étude à l'autre, certaines études étant « du berceau à la porte de la ferme » - c'est à dire incluant tous les impacts en amont du moment où le bétail quitte la ferme. La définition des frontières des systèmes est parfois complexes : par exemple, dans la plupart des régions, les secteurs de la viande bovine et des produits laitiers sont liés, car les veaux laitiers excédentaires sont engraisés pour la production de bœuf et les vaches laitières de réforme fournissent également de la viande bovine. Casey et ses collaborateurs ont montré que l'allocation des émissions des vaches laitières et des veaux laitiers qui entrent dans le système de production de bœuf a considérablement réduit les émissions de

GES de la production de bœuf en Irlande, passant de 13,0 à 9,8 kg d'équivalent CO₂ par kg de poids (Casey & Holden, 2005) Le degré de réduction est fonction du nombre de veaux provenant du secteur laitier et du nombre de vaches réformées par rapport au nombre total d'animaux abattus. L'inclusion des infrastructures de la ferme ou non dans les frontières du système est une autre source d'incohérence entre les études. Finalement, selon les études, la prise en compte ou non de l'influence du changement d'utilisation des terres ou de la gestion des terres sur la séquestration du carbone dans les sols a également une grande influence sur les scores d'impact et varie d'une étude à l'autre.

- **L'allocation entre les co-produits** du bœuf est également un enjeu. Comme c'est le cas de nombreux produits agricoles, l'élevage du bœuf permet de produire plusieurs co-produits. Certaines études ne procèdent à aucune allocation et attribuent 100% de l'impact à la viande de bœuf, ce qui constitue une surestimation de cette empreinte. Les peaux sont un coproduit de l'abattage des bovins, en plus de la viande qui est le produit primaire. D'autres sous-produits sont des abats comestibles et des matières non comestibles transformées dans les usines d'équarrissage, principalement du suif, de la farine d'os de viande et de la farine de sang. Les peaux représentent 30 à 75 % de la valeur des sous-produits du bétail. L'estimation de l'empreinte environnementale de chaque co-produit implique de résoudre la multifonctionnalité du système. Les règles d'allocation peuvent être basées sur différents critères, tels que la masse, la valeur économique, le contenu énergétique, ou encore des relations physico-chimiques plus élaborées. À titre d'exemple, sur la base de critères économiques, Mila-i-Canals et ses collaborateurs ont recommandé d'allouer 7,7 % de la charge environnementale aux peaux alors que, sur une base massique, le rapport entre le poids de la peau et le poids vif est généralement moins élevé (Canals et al., 2002). Un bouvillon ou une génisse typique (poids moyen de 580 kg) abattu dans un abattoir des États-Unis a une peau de 29 kg, c'est-à-dire 4,9 % du poids vif rétréci à l'abattoir ; Une vache abattue typique (500 kg) a une peau de 22 kg, soit 4,5 % de son poids vif rétréci. Le choix des critères d'allocation va donc influencer l'empreinte environnementale de la viande en allouant un impact plus ou moins important à ses co-produits.

Il sera important de conserver à l'esprit l'ensemble de ces enjeux lors de la réalisation de l'inventaire du cycle de vie du bœuf consommé au Québec.

CHAPITRE 2

PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS

2.1 Problématique

La consommation de viande bovine au Québec pose des enjeux environnementaux importants. L'enjeu de la consommation de viande rouge est d'une grande importance en termes de changement climatique (Jodoin, 2023). L'élevage intensif de bovins requiert de grandes surfaces pour la production de fourrage et entraîne de la déforestation dans certaines régions du monde, notamment l'Amazonie. . En Europe et en Amérique du Nord, les impacts sont souvent atténués par des réglementations plus strictes (Wetlesen et al., 2020). De plus, l'industrie de l'élevage de bovins contribue de manière significative aux émissions de GES, principalement par le biais de la production de méthane par les animaux et la gestion des déchets ; (Camirand et al, 2009; CRDA 2019). La consommation élevée de viande bovine entraîne également une surconsommation d'eau, une pollution de l'eau par les déchets agricoles et une utilisation intensive d'engrais et de pesticides pour la production de fourrage (Charbonneau, 2008; Harris et al., 2020). Pour faire face à ces enjeux, il est nécessaire de promouvoir des pratiques agricoles durables, de favoriser l'adoption de régimes alimentaires plus équilibrés et axés sur les végétaux, et d'encourager une transition vers des méthodes d'élevage plus respectueuses de l'environnement. Cela permettrait de réduire l'impact environnemental de la production de viande bovine et de favoriser la préservation des écosystèmes et la lutte contre le changement climatique.

Afin de mieux comprendre et quantifier l'empreinte environnementale de la consommation de viande de bœuf au Québec, il est nécessaire d'obtenir des données plus fiables et complètes car les données d'inventaire du cycle de vie de la viande de bœuf consommée au Québec sont incomplètes et peu robustes. La plupart des études sont basées sur les données génériques de la FAO (2013) qui ne reflètent pas les impacts spécifiques à la région. De plus, ces études se concentrent principalement sur l'empreinte carbone, laissant de côté d'autres aspects importants de l'empreinte environnementale (FAO, 2013; Steinfeld, 2006).

Cette situation met en lumière clairement le besoin de disposer de données plus solides pour réaliser un inventaire du cycle de vie plus précis et représentatif. Il est essentiel de collecter des données spécifiques et régionalisées pour le Québec, en prenant en compte tous les aspects de l'empreinte environnementale de la consommation de viande rouge.

Certaines données sont déjà disponibles, sur lesquelles il est possible de capitaliser, c'est le cas notamment la Base de Données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec du CIRAIG – volet alimentation (Patouillard et al., 2023). Cependant, ces données ne sont pas représentatives des pratiques d'élevage au Québec et dans les pays desquels le Québec importe la viande bœuf. Par ailleurs, les données utilisées pour modéliser la consommation du bœuf au Québec dans cette base de données sont assez sommaires et méritent d'être plus détaillées (Patouillard et al., 2023). Aucune nuance n'est apportée finalement dans cette base de données sur les diverses pratiques en matière d'élevage. C'est pourquoi il est important de collecter des données plus détaillées et spécifiques pour l'inventaire du cycle de vie de la consommation de la viande de bœuf au Québec. Cela servira de base pour construire dans le futur des jeux de données d'inventaire qui permettront à identifier les principales sources d'impact, à orienter les efforts vers des pratiques plus durables tant en matière de production que de consommation et à soutenir la prise de décision éclairée en matière de politique agricole et alimentaire.

2.2 Objectifs

2.2.1 Objectif général

L'objectif général de ce projet est de collecter des données plus robustes sur la viande de bœuf consommée au Québec en vue de raffiner la base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec.

2.2.2 Objectifs spécifiques

- Définir un cadre méthodologique incluant les différentes étapes du cycle de vie de la consommation de la viande de bœuf au Québec (qui inclut la production de viande de bœuf) afin d'organiser la collecte de données ;
- Collecter les données nécessaires pour décrire de la consommation de la viande de bœuf (origine, quantité, distribution, etc.) ;
- Collecter les données nécessaires pour décrire de la production de la viande de bœuf ensuite consommée au Québec (pratiques d'élevage, etc).

CHAPITRE 3

METHODOLOGIE

La méthodologie présentée dans cette section est articulée autour des trois objectifs spécifiques du projet mentionnés dans la section précédente.

3.1 Objectif spécifique 1 : Définition des différentes étapes du cycle de vie de la consommation de la viande de bœuf au Québec

En vue de bâtir un inventaire de cycle de vie de la viande de bœuf consommée au Québec à l'aide de données plus robustes, les principales étapes du cycle de vie à prendre en compte ont été identifiées afin d'embrasser la totalité de la chaîne de valeur et un cadre méthodologique a été proposé pour encadrer cette collecte de données.

À la lumière de la revue de littérature présentée dans le chapitre 1, et à l'aide d'entretiens avec les experts de diverses organisations permettant de collecter les informations additionnelles non disponibles dans la littérature, les principales étapes du cycle de vie de la consommation de viande de bœuf au Québec ont été identifiées. À titre d'exemple, une fois le bœuf prêt à être consommé, il doit être acheminé vers le consommateur. Cela implique généralement une étape intermédiaire où la viande est stockée et vendue en épicerie. Avant cela, le bœuf a été transporté depuis un centre de distribution.

Parmi ces experts, nous pouvons citer :

- des cadres et des éleveurs de la Fédération des producteurs bovins du Québec, qui ont fourni des informations sur les pratiques d'élevage locales,
- des experts d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, Agriculmat et Statistique Canada, qui ont contribué à fournir des données sur les tendances agricoles et climatiques,
- l'Institut de la statistique du Québec, qui a fourni des statistiques régionales pertinentes,
- l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), qui a partagé des données sur l'impact environnemental,
- l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), qui a fourni des informations sur les normes de qualité et de sécurité,

- l'Institut canadien des politiques agroalimentaires (ICPA) et le Conseil National de Recherche (CNR), qui ont contribué à analyser les politiques et les impacts économiques,
- le Centre de recherche et de développement de Lethbridge et Bœuf Québec, qui ont apporté des données techniques sur l'élevage,
- le professeur Joseph Noréus Pierre, médecin vétérinaire expert de l'élevage Bovin et un éleveur de la ferme « À l'HERBE-bouvillons de pâturage », qui ont fourni des perspectives sur les pratiques de pâturages.

Ces contributions ont permis de structurer et de renforcer la collecte de données.

Les principales étapes qui ont été utilisées pour structurer le cadre méthodologique sont les suivantes :

- Production d'aliments pour les bovins
- Élevage du bétail (avec un regard distinct sur la production de viande d'élevage et l'élevage de bovins laitiers)
- Transport des animaux et des produits
- Abattage
- Transformation de la viande
- Distribution et commercialisation
- Consommation par les Québécois.

Ces différentes étapes ont ensuite été organisées dans un cadre méthodologique cohérent de manière à m'assurer de n'oublier aucune d'entre elles. Chacune des étapes du cycle de vie a ensuite été décrite sommairement pour clarifier ce qu'elle inclut ou non, en identifiant les informations clefs qu'il faudra collecter pour la documenter adéquatement.

Pour ce faire, dans la revue de la littérature et lors des échanges avec les experts, des informations plus généralistes ont été recherchées par rapport aux grandes étapes du cycle de vie, par exemple :

- Quelles sont les étapes nécessaires pour élever un boeuf au Québec, depuis sa naissance jusqu'à son abattage ?

- À quelles étapes du cycle de vie a lieu l'importation ou l'exportation de la viande de bœuf (bœuf vivant, carcasse de bœuf, bœuf transformé ?)
- Les étapes du cycle de vie sont-elles différentes d'une variété de bœuf à l'autre, et y a-t-il des étapes spécifiques à prendre en compte pour certaines espèces ?
- Quelles sont les principales pratiques d'élevage dont on doit tenir compte quand on souhaite documenter le bœuf consommé au Québec ?

3.2 Objectif spécifique 2 : Collecte des données pour décrire la consommation de la viande de bœuf au Québec

Sur la base du cadre méthodologique défini à l'étape 1, les informations qu'il est nécessaire de collecter qui ont été identifiées pour chacune des étapes du cycle de vie ont été recherchées, à la fois dans la littérature et auprès des experts.

Pour documenter ces différentes étapes, des données précises ont été rassemblées sur :

- Les intrants et sortants en termes de quantité de matières et d'énergie (par exemple, la quantité d'emballage pour chaque kg de bœuf transformé ou la quantité d'énergie pour la réfrigération du bœuf à l'épicerie).
- Les émissions directes à chaque étape du processus (par exemple, les émissions de CO₂ lors du transport réfrigéré de la viande de bœuf).
- Les données économiques concernant la consommation des Québécois et la composition des différents marchés (par exemple, l'origine de la viande de bœuf transformée et consommée au Québec).

Pour collecter ces données sur toutes les étapes de la consommation de la viande de bœuf au Québec, une variété de sources d'information crédibles a été consultée. Parmi celles-ci figurent notamment les sources suivantes : Statistique Canada, l'Institut de la statistique du Québec, le MAPAQ, le Conseil des appellations réservées et des termes valorisants (CARTV) et le MELCC.

La méthodologie plus spécifique de collecte de données est détaillée ci-dessous pour chacune des grandes étapes considérées.

3.2.1 Consommation

Pour documenter cette étape, une revue de littérature (scientifique et grise) a été réalisée, certaines données déjà disponibles dans la base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec (Patouillard et al.2023) ont été utilisées et, pour compléter les données manquantes, des

questions ciblées ont été posées aux personnes et instituts mentionnés au point 3.1. Voici une liste d'informations nécessaires à collecter pour documenter cette étape du cycle de vie :

- ✓ Quels sont les modes de préparation utilisés pour la viande de bœuf au sein des ménages Québécois (ragout mijoté, grillé, etc.)? (Et quelle est la quantité d'énergie associée ?)
- ✓ Quelles sont les proportions consommées des différentes coupes ou types de viande?
- ✓ Comment la viande est-elle stockée à domicile ? (Réfrigérée, congelée, conserve, etc)
- ✓ Quelle est la durée moyenne de stockage à la maison avant consommation?
- ✓ Quelle est la quantité de chaque type de viande consommée par les habitants du Québec ?
- ✓ Quelle est la quantité de chaque type de viande consommée au restaurant par les Québécois ?
- ✓ Quels sont, de manière spécifique pour la viande, les taux de gaspillage alimentaire et les pertes associées à ces étapes. Quelle quantité de viande achetée n'est pas consommée?
- ✓ Comment est géré le gaspillage de viande au niveau des restaurants? Et au niveau des ménages Québécois ?
- ✓ Dans quel type de commerces la viande de bœuf est-elle achetée (supermarchés, boucheries, marchés locaux, etc.) et en quelles proportions ?
- ✓ Quelle est la distance moyenne entre les domiciles des ménages (ou les restaurants) et les points de vente ? Quels moyens de transports sont utilisés pour réaliser ces trajets ? Quelle proportion de l'impact de ces trajets peut être allouée au transport de la viande ?

3.2.2 Épicerie

Pour documenter cette étape, la démarche s'est exclusivement appuyée sur la littérature (scientifique et grise) et sur les données déjà présentes dans la base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec (Patouillard et al., 2023) dans laquelle des données pertinentes sont déjà détaillées à propos, par exemple, de la surface des épiceries et de l'énergie utilisée pour leur chauffage, de la distance des épiceries aux maisons des ménages, etc. Voici une liste d'informations nécessaires à collecter pour documenter cette étape du cycle de vie :

- ✓ Est-ce que la viande est stockée dans un entrepôt avant d'être amenée à son point de vente ?
- ✓ Quelles sont les distances moyennes parcourues entre les entrepôts et les points de vente ? Entre les lieux d'abattage et de transformation et les entrepôts ? Quels sont les moyens de transports utilisés pour chacun de ces trajets ?

- ✓ Quelle est l'énergie nécessaire pour le stockage de la viande dans les réfrigérateurs des épiceries ?
- ✓ Quel est la quantité de gaspillage au comptoir de préparation des viandes et comment les coproduits sont gérés ?

3.2.3 Distribution

La phase de distribution intervient entre les étapes d'abattage et de vente en épicerie. C'est à ce moment que les viandes sont stockées dans les centres de distribution avant d'être envoyée vers les entrepôts des détaillants. Pour documenter cette étape, une revue de littérature (scientifique et grise) a également été réalisée et, pour compléter les données manquantes, des questions ciblées ont été posées aux personnes et instituts mentionnés au point 3.1. Voici une liste d'informations nécessaires à collecter pour documenter cette étape du cycle de vie :

- Quelle est la surface, la capacité de stockage et la quantité d'énergie consommée par ces entrepôts de distribution ?
- Quel est le temps de stockage moyen de la viande avant son acheminement vers les entrepôts des épiceries ?
- Comment est organisée la logistique de distribution de la viande dans la province ? Quel est l'emplacement de ces centres (pour évaluer les besoins en matière de transport vers les entrepôts ultérieurs et depuis les sites d'abattage et de transformation).

3.2.4 Emballage

Cette étape englobe la fabrication des emballages et le processus d'emballage de la viande lui-même. Pour documenter cette étape, une revue de littérature (scientifique et grise) a été effectuée et certaines données déjà disponibles dans la base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec (Patouillard et al.2023) ont été utilisées. Les données manquantes ont été complétées par des questions ciblées aux personnes et instituts mentionnés au point 3.1 pour obtenir une vue détaillée sur la consommation de viande au Québec. Voici une liste des informations nécessaires à collecter pour documenter cette étape du cycle de vie :

- La viande est souvent emballée soit en portions individuelles soit en plus grandes portions. À ce niveau, il est fondamental de déterminer la quantité exacte de viande destinée à être emballée.

- Une attention particulière sera portée à la quantité de viande emballée par type de coupe, qu'il s'agisse de steak, de côtelette, de rôti, ou d'autres coupes. Cette information, quantifiée en poids ou en volume, offre une vision détaillée de la diversité des produits soumis à l'emballage.
- La prise en compte de la variabilité saisonnière et des événements particuliers sera essentielle pour comprendre les fluctuations potentielles de la demande d'emballage de viande de bœuf. Les périodes festives ou les promotions spéciales peuvent influencer significativement les habitudes de consommation et, par conséquent, la nécessité d'emballage.
- La répartition de la viande destinée à l'emballage en fonction des différents types de marchés, tels que les supermarchés, les boucheries locales ou les marchés fermiers, offre une perspective sur les canaux de distribution prédominants et contribue à établir des stratégies d'emballage adaptées à chaque contexte.
- De plus, pour chaque pièce de viande emballée, il est essentiel de savoir quelle quantité d'emballage est utilisée et quel type d'emballage est utilisé.
- Pour le processus d'emballage de la viande lui-même, il faut connaître la quantité d'énergie utilisée pour emballer la viande.

3.2.5 Production

Pour documenter cette étape, il faut comprendre l'origine et les spécificités de la viande de bœuf consommée au Québec :

- Tout d'abord, il faut déterminer la provenance exacte de la viande. De quel pays ou de quelle province provient le bœuf consommé au Québec et en quelle proportion ?
- En fonction de cette provenance, quelles sont les pratiques de production propres à chaque région ou pays (extensif, intensif, en plein air, etc) ?
- Où sont principalement situées les fermes d'élevage de bœuf (au Québec et importé) ?
- Quelles sont les principales races de bovins élevées pour la production de viande dans la région et en quoi leur élevage diffère ?
- Si les pratiques varient en fonction des saisons, quelles sont ces variations saisonnières (et comment obtenir une valeur annuelle moyenne représentative) ?
- Quelle est la durée moyenne d'élevage d'un bovin avant son abattage?
- Comment est géré l'alimentation des bovins (types d'aliments, fréquence, régime bio ou conventionnel, etc.)?

- Quels sont les principaux abattoirs au Québec?
- Quelle est la capacité moyenne d'abattage de ces établissements?
- Quelles sont les pratiques en matière d'abattage et de transformation du bœuf consommé au Québec ?
- Quelles sont les distances et les modes de transport utilisés entre la ferme et l'abattoir et entre l'abattoir et les lieux de transformation ?

3.3 Objectif spécifique 3 : Collecte des données sur la production de la viande de bœuf consommée au Québec

3.3.1 Approche générale pour la collecte de données

À partir du cadre méthodologique établi lors de la première étape, des recherches ont été menées pour recueillir les informations essentielles pour chaque étape du cycle de vie. Ces informations proviennent principalement de deux sources principales :

- Littérature : Elle englobe divers articles académiques, rapports officiels, publications d'organismes industriels et autres. J'ai utilisé plusieurs bases de données universitaires pour trouver les publications les plus pertinentes.
- Experts : Il s'agit d'individus spécialisés dans le domaine. Cette catégorie comprend les universitaires, les éleveurs, les vétérinaires et autres acteurs du secteur bovin.

Pour collecter les données nécessaires pour décrire la production de viande de bœuf consommée au Québec, tant au niveau local qu'importée, les ressources utiles suivantes ont été consultées :

- Des organismes gouvernementaux tels que le MAPAQ et Statistique Canada qui fournissent des données sur la production de viande de bœuf au niveau local. Ils nous ont renseignés sur le nombre de têtes de bétail, les superficies dédiées à l'élevage, les méthodes de production, les réglementations, etc.
- Des associations agricoles et syndicats comme éleveurs de bétail au Québec, les producteurs de bœuf au Québec qui ont été une source précieuse de données sur la production locale de viande de bœuf. Ils nous ont donné des informations sur les pratiques agricoles, les chiffres de production, les méthodes d'élevage, les races de bœuf élevées, etc.
- Des transformateurs et abattoirs qui sont des acteurs clés de la chaîne d'approvisionnement et qui nous ont donné des informations sur les volumes de viande de bœuf produits, les sources d'approvisionnement (qu'il s'agisse d'élevages locaux ou d'importations), les méthodes de transformation, les certifications de qualité, etc.
- Les données douanières et commerciales nous ont aidé à obtenir des informations sur les importations de viande de bœuf au Québec. Les administrations douanières et les organismes commerciaux nous ont donnés des statistiques sur les volumes de viande de bœuf importés, les

pays d'origine, les types de coupe, etc. Ces données m'ont permis de comprendre la part des importations dans la consommation de viande de bœuf au Québec.

- Des études et rapports sectoriels réalisés par des instituts de recherche agricole, des consultants ou des organismes spécialisés dans l'agriculture et l'alimentation ont été aussi consultés. Ces études nous indiquent une image plus complète de la production de viande de bœuf consommée au Québec, en distinguant la production locale de l'importation.

L'ensemble de ces ressources ont été utilisées afin d'identifier, à chaque étape de la production de la viande de bœuf selon les différentes pratiques de production et dans les différentes régions qui approvisionnent le Québec :

- Les intrants et sortants en termes de quantité de matières et d'énergie (par exemple, la quantité de maïs utilisée pour alimenter un veau pendant la phase d'engraissement).
- Les émissions directes à chaque étape du processus (notamment les émissions de méthane provenant de la fermentation entérique des bêtes, celles associées à la gestion du fumier, ainsi que les émissions directes et indirectes de N₂O sur les pâturages et les enclos d'hivernage en raison des déjections animales. Les émissions résultant de l'utilisation et de la fabrication de diesel, des équipements et des fertilisants lors de l'épandage, ainsi que celles des sols fertilisés pour la culture du foin, ont également été prises en compte).
- Les données économiques concernant la production du bœuf et la composition des différents marchés (par exemple, l'origine des grains utilisés pour nourrir le bœuf élevé en Ontario et ensuite consommé au Québec).

Les principales étapes qui ont été utilisées pour la production du bœuf consommé au Québec sont les suivantes :

- Naissance
- Engraissement
- Alimentation
- Gestion des déjections

Pour couvrir toutes les étapes de la phase de production, voici la méthode qui a été utilisée pour collecter des données :

3.3.2 Naissance

Dans l'objectif d'approfondir la compréhension de l'étape cruciale de la « naissance » dans le cycle de vie de la viande de bœuf consommée au Québec, une recherche approfondie a été entreprise en consultant divers rapports provenant de différentes fermes agricoles. Cette démarche vise à obtenir une vision détaillée des techniques de mise bas employées dans les élevages bovins de la région. Plus spécifiquement, les informations recherchées englobent des détails précis sur les pratiques de mise bas, les soins prodigués aux femelles gestantes, ainsi que les procédures utilisées pour assurer la santé et la sécurité du nouveau-né.

Pour compléter cette approche documentaire, des échanges directs ont été initiés avec des éleveurs expérimentés afin d'obtenir des statistiques fiables et actuelles concernant les taux de naissance dans les troupeaux bovins au Québec. L'accent a été mis sur les aspects quantitatifs avec des questions spécifiques telles que :

- Quels sont les taux de naissance moyens dans les différentes exploitations bovines de la région?
- Y a-t-il des variations saisonnières significatives dans ces taux?
- Comment les éleveurs gèrent-ils les situations de mise bas difficiles?

3.3.3 Engraissement

Pour collecter des données sur l'étape de « l'engraissement » dans le cycle de vie de la viande de bœuf consommée au Québec, une démarche a été adoptée, basée sur des entretiens approfondis avec des éleveurs expérimentés en vue de recueillir des informations détaillées sur leurs méthodes spécifiques d'engraissement. Des aspects tels que le régime alimentaire des bovins pendant cette étape et les pratiques de gestion de poids ont été explorés.

Parallèlement, une recherche approfondie a été réalisée au travers d'études spécifiques sur certaines fermes d'élevage. Les informations recherchées incluent des données détaillées sur les rendements obtenus, les coûts associés à ces méthodes d'engraissement, et les implications sur la qualité de la viande produite.

En détaillant davantage, les questions posées aux éleveurs se sont articulées autour de plusieurs axes : les stratégies d'alimentation privilégiées pendant la phase d'engraissement, qu'il s'agisse d'un régime basé sur des pâturages, de l'utilisation de compléments alimentaires, ou d'autres approches, les obstacles courants que les éleveurs rencontrent durant cette étape, qu'ils soient liés à la santé des animaux, aux conditions météorologiques, ou à d'autres facteurs.

3.3.4 Alimentation

Pour explorer la phase de « l'alimentation » dans le processus de production de la viande de bœuf au Québec, une analyse documentaire a été réalisée en recherchant des articles scientifiques, des rapports spécialisés et des études pertinentes concernant les régimes alimentaires recommandés et les habitudes courantes pendant cette étape spécifique.

Les données collectées comprennent des informations spécifiques sur les régimes alimentaires conseillés pour les bovins pendant la période d'alimentation. L'accent est mis sur la composition des rations, les apports nutritionnels recommandés et les conséquences sur la croissance et la santé des animaux. L'objectif est de saisir les subtilités propres aux pratiques alimentaires au Québec, mettant en évidence les éléments clés contribuant à la qualité de la viande produite.

D'un autre côté, des échanges directs avec des éleveurs locaux ont été initiés. Ces interactions ont été soigneusement structurées pour aller au-delà des informations disponibles dans les publications, visant à obtenir des perspectives concrètes sur les pratiques alimentaires mises en œuvre sur le terrain. Les questions posées aux éleveurs ont porté sur divers aspects, notamment les types spécifiques d'aliments inclus dans les régimes, la fréquence des repas administrés, les ajustements saisonniers, et les considérations liées à la santé et au bien-être des animaux.

Cette démarche détaillée visait à répondre à des questions essentielles telles que : Quelles sont les pratiques alimentaires prédominantes dans les élevages bovins au Québec? Comment les éleveurs adaptent-ils les régimes alimentaires en fonction des saisons et des conditions météorologiques? Quels sont les équilibres nutritionnels recherchés pour optimiser la santé et la croissance des animaux?

La combinaison de données provenant de sources documentaires fiables et d'informations obtenues directement auprès des éleveurs contribue à offrir une vision holistique, détaillée et actuelle de cette phase cruciale du processus de production bovine dans la région.

3.3.5 Gestion des déjections

Pour documenter l'étape portant sur la « Gestion des déjections » du bœuf au Québec, des rapports issus d'études de terrain et de travaux de recherche scientifique ont été consultés. Cette démarche documentaire a permis de cibler des informations provenant de sources spécialisées et fiables, émanant notamment de chercheurs et d'organisations engagées dans l'étude des pratiques de gestion des déjections dans les exploitations bovines du Québec.

En parallèle, des échanges ont eu lieu avec des responsables et des experts d'organisations de producteurs agricoles pour documenter les méthodes de traitement des déjections en situation réelle. Cette approche a enrichi les données en fournissant des perspectives concrètes sur les installations utilisées, les technologies en place et les variations observées selon les spécificités de chaque exploitation agricole de la province.

En complément de ces démarches, une importance particulière a été accordée aux entretiens directs avec des éleveurs. Ces rencontres ont été structurées pour obtenir des informations détaillées sur les techniques spécifiques employées pour gérer les déjections, les défis opérationnels rencontrés, et les solutions novatrices adoptées. Les questions posées aux éleveurs ont abordé divers aspects, incluant les pratiques courantes, les adaptations en fonction des particularités de chaque exploitation, ainsi que les considérations environnementales et réglementaires liées à la gestion des déjections.

Dans une perspective plus détaillée, les informations recherchées englobent les différentes méthodes de traitement des déjections, les quantités produites, les émissions associées, les technologies utilisées pour la valorisation des déchets, et les réglementations gouvernementales en matière de gestion des déjections dans le secteur bovin.

CHAPITRE 4

RÉSULTATS

4.1 Résultats relatifs à l'objectif spécifique 1 : Définition des différentes étapes du cycle de vie de la consommation de la viande de bœuf au Québec

La figure 4.1 représente le cadre méthodologique établi avec l'ensemble des étapes du cycle de vie du bœuf consommé au Québec pour lesquelles il a fallu procéder à la collecte de données lors des étapes suivantes.

4.1.1 Consommation

Cette étape concerne le parcours de la viande de bœuf de son achat par le consommateur jusqu'à sa fin de vie. Elle comprend les étapes de stockage et cuisson, de consommation de la viande, dont une partie est gaspillée et une partie est perdue. Elle inclut également le transport de la viande par le consommateur de l'épicerie à son domicile.

Lorsqu'un Québécois rapporte de la viande de bœuf de la boucherie ou du supermarché, le stockage joue un rôle crucial pour garantir la fraîcheur et la sécurité alimentaire (Détailant alimentaire, 2022). Les coupes de bœuf sont souvent emballées sous vide ou dans des emballages hermétiques pour prévenir la contamination et prolonger la durée de conservation (Dumas, 2023). La viande est généralement stockée dans le réfrigérateur à une température d'environ 4°C pour une consommation rapide, tandis que pour un usage ultérieur, elle peut être congelée à -18°C (MAPAQ, 2022).

En matière de cuisson, le bœuf est apprécié sous plusieurs formes en cuisine québécoise: steak grillé, ragoût, bouilli, et bien d'autres. La méthode de cuisson dépend souvent de la coupe choisie. Un filet mignon sera par exemple saisi rapidement à feu vif, tandis qu'une pièce destinée au ragoût sera mijotée lentement. La cuisson à la bonne température est essentielle non seulement pour des raisons gustatives mais également pour éliminer d'éventuels pathogènes (Escribano et Mesías, 2022).

En ce qui concerne le marché local, la majorité des équipements de cuisson, comme les poêles et les fours, sont fabriqués localement ou dans d'autres régions d'Amérique du Nord alors que pour le marché importé, certains équipements spécialisés, comme des fumoirs particuliers, peuvent être importés pour répondre à des besoins spécifiques en matière de cuisson (MAPAQ, 2022).

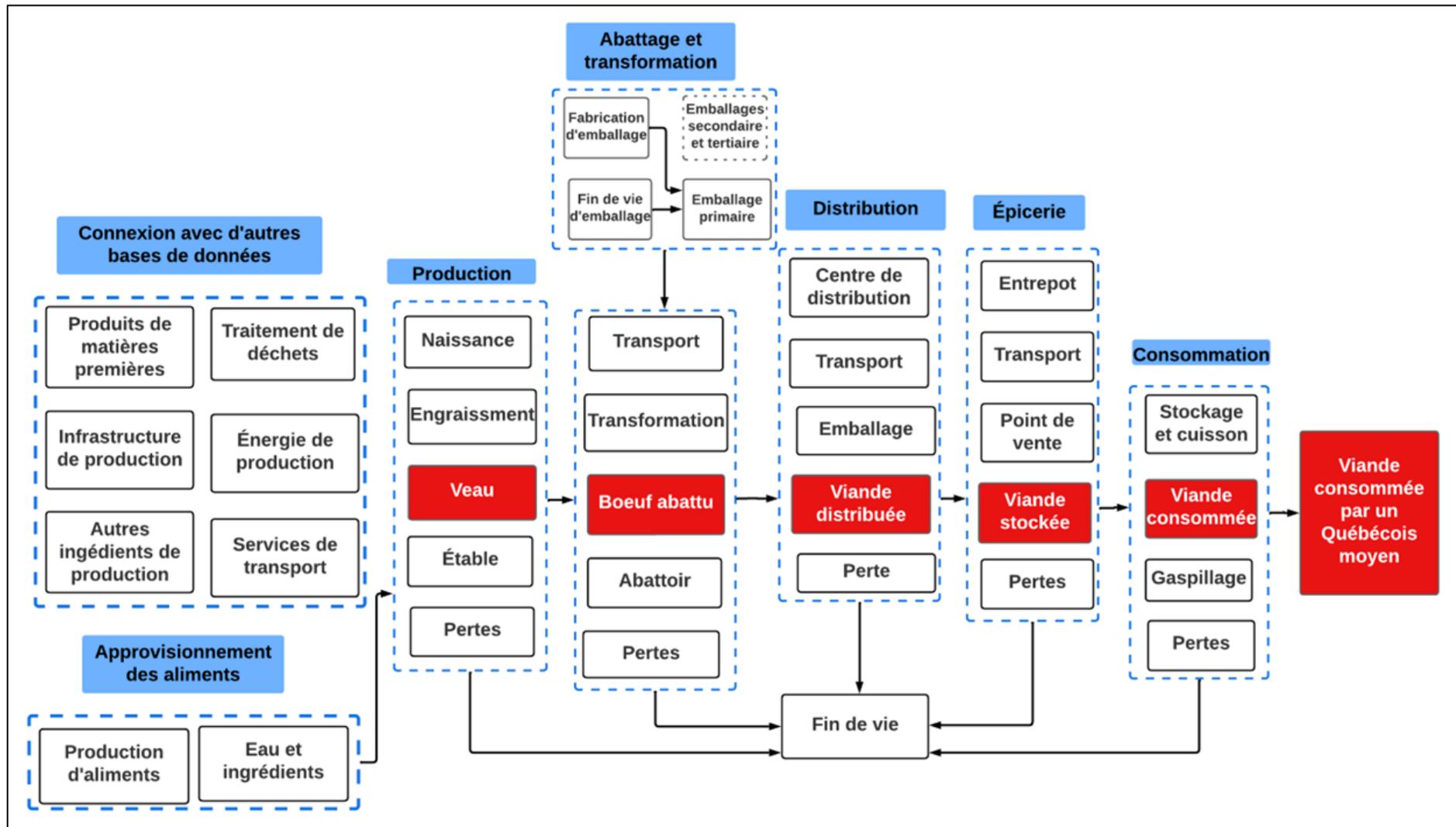


Figure 4.1. Diagramme du cycle de vie de la viande de bœuf consommée au Québec.

Malheureusement, comme dans de nombreuses régions du monde, le gaspillage alimentaire est également une réalité au Québec (Recyc-québec, 2022). Il peut survenir à différentes étapes: lors de la préparation (élimination de certaines parties), à la suite d'une cuisson ratée, ou lorsque la viande est restée trop longtemps stockée et qu'elle n'est plus consommable. Le gaspillage peut aussi résulter d'une mauvaise gestion du stockage ou d'une contamination.

En matière de pertes et de gaspillage, les définitions de la FAO ont été adoptées : le gaspillage alimentaire désigne la perte de quantité ou de qualité des aliments due aux décisions et actions des détaillants, des services alimentaires et des consommateurs (FAO, 2019). En revanche, les pertes alimentaires concernent uniquement les réductions de quantité ou de qualité des aliments causées par les fournisseurs tout au long de la chaîne, avant la vente au détail (FAO, 2024). Empiriquement, cela inclut les aliments jetés, incinérés ou éliminés de la chaîne d'approvisionnement, depuis la production jusqu'à la vente, sans possibilité de réutilisation (MAPAQ, 2021a). On parle donc de gaspillage quand ce qui est jeté aurait normalement pu être mangé. On parle de perte quand ce qui est jeté n'aurait pas pu être mangé, par exemple les os ou le gras de la pièce de viande qui va finir à la poubelle.

4.1.2 Épicerie

Cette étape concerne le parcours de la viande de bœuf depuis l'entrepôt de distribution jusqu'à son achat par le consommateur. Elle inclut l'utilisation pour la viande d'un espace dans l'entrepôt de l'épicerie puis sur les tablettes du point de vente, son transport depuis l'entrepôt de distribution vers l'épicerie et les pertes.

L'épicerie, maillon essentiel de la chaîne de consommation de la viande de bœuf au Québec, joue un rôle crucial dans sa distribution. En amont, l'entrepôt est le premier point de contact avec cette viande après son acheminement depuis les abattoirs et les centres de transformation. Ces vastes installations, souvent situées en périphérie des zones urbaines, sont équipées de zones de stockage à température contrôlée pour garantir la fraîcheur et la sécurité alimentaire des produits (Détaillant alimentaire, 2022). Des protocoles stricts y sont mis en œuvre pour s'assurer que la viande est conservée dans des conditions optimales, minimisant ainsi les risques de contamination ou de dégradation.

En aval, les points de vente, qu'il s'agisse de grandes chaînes d'épiceries ou de boucheries indépendantes, reçoivent la viande en provenance de ces entrepôts (Statistique Canada, 2021). Dans ces espaces, la viande

est soigneusement présentée dans des comptoirs réfrigérés, où elle est classée selon sa coupe, son origine et parfois même son mode d'élevage (biologique, grain-fed, etc.).

Malgré les meilleures intentions, il est inévitable que certaines pièces de viande ne soient pas vendues avant la fin de leur date de péremption (Recyc-québec, 2022). Ces pertes, peuvent être dues à une surproduction, à des erreurs de prévision ou à des changements dans les habitudes de consommation. Les pièces de viande invendues sont généralement retirées des étalages avant la fin de leur date de consommation recommandée. Certaines épiceries ont mis en place des programmes de dons pour les banques alimentaires, assurant ainsi que la viande reste consommée et ne constitue pas un gaspillage. D'autres, en l'absence d'un tel programme ou lorsque la viande n'est plus propre à la consommation, doivent malheureusement la jeter (McAuliffe et al., 2018).

Le transport pris en compte à cette étape est celui entre les entrepôts de distribution et les entrepôts des épiceries. Une fois la viande prête à quitter les entrepôts, elle est chargée dans des camions réfrigérés spécialement conçus pour garantir sa fraîcheur pendant tout le trajet (Araújo et al, 2014). Ces véhicules sont équipés de systèmes de contrôle de température sophistiqués, assurant que la viande reste à une température constante, évitant ainsi la croissance bactérienne et la dégradation. L'itinéraire des camions est soigneusement planifié pour minimiser le temps de transit, réduire les distances parcourues et optimiser le nombre de livraisons (De Bortoli et Christoforou 2020). Cette logistique est cruciale, surtout pendant les mois d'été où les températures peuvent augmenter considérablement. Les épiceries reçoivent souvent plusieurs livraisons par semaine, voire par jour pour certaines, afin de garantir la rotation des stocks et la fraîcheur des produits en rayon. Une fois arrivés à l'épicerie, les camions sont rapidement déchargés. Les employés de l'épicerie vérifient la qualité de la viande, la température et la date de péremption avant de la stocker dans leurs installations réfrigérées (Chang & Kendall, 2011).

4.1.3 Distribution

Cette étape fait le lien entre les transformateurs et les détaillants, garantissant que la viande atteint les étalages dans des conditions optimales. Elle inclut le stockage dans des centres de distribution où les produits sont entreposés et triés, le transport depuis l'abattoir (local où à l'étranger) vers le centre de distribution et l'emballage qui préserve la fraîcheur tout en fournissant des informations clés. Il y a également certaines pertes à cette étape (Labrecque, 2015).

Après importation ou production locale, la viande est acheminée vers des centres où elle est triée, stockée, puis distribuée aux détaillants. Les modes de transport varient : camions réfrigérés pour les distances courtes, trains pour les trajets plus longs, et navires pour les importations intercontinentales (Ménard, 2013). Le transport aérien est moins courant mais utilisé pour des commandes spéciales. Maintenir la chaîne du froid est primordial. Toute rupture peut compromettre la qualité et la sécurité (Détaillant alimentaire, 2022). Les longues distances, les douanes, les transferts entre modes de transport augmentent les risques. La formation, la technologie de suivi, et une coordination logistique sont cruciales (Ménard, 2013). Une fois préparée pour l'expédition, la viande est chargée dans des camions réfrigérés spécifiquement conçus pour maintenir sa fraîcheur pendant le trajet (Paradis, 2020). Ces camions, équipés de systèmes de contrôle de température avancés, assurent que la viande reste à une température optimale tout au long de son transport. L'acheminement est minutieusement planifié pour réduire au maximum le temps de transit, et ainsi garantir que la viande arrive à destination dans les meilleures conditions possibles (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2021).

- Mobilisation de véhicules spécialisés : Le transport de la viande exige l'utilisation de véhicules réfrigérés. Ces véhicules sont équipés de systèmes de refroidissement afin de maintenir une température constante et optimale, évitant ainsi la prolifération de bactéries et garantissant la fraîcheur de la viande.
- Traçabilité : Le suivi est renforcé à cette étape. Les chargements sont souvent accompagnés de documents qui tracent l'origine de la viande, la date d'abattage, ainsi que d'autres informations pertinentes. De plus, avec l'avènement de la technologie, des systèmes GPS et des capteurs de température peuvent être utilisés pour surveiller en temps réel les conditions de transport.
- Itinéraires optimisés : Les routes prises pour le transport sont souvent optimisées pour réduire le temps de transit, minimisant ainsi les risques associés à des temps de transport prolongés et assurant que la viande arrive dans les meilleures conditions possibles.
- Hygiène : Les véhicules sont régulièrement nettoyés et désinfectés pour prévenir toute contamination croisée. Les procédures d'hygiène strictes sont d'autant plus importantes étant donné la nature périssable de la viande.
- Livraisons fréquentes : Pour garantir la fraîcheur de la viande, les livraisons sont souvent effectuées fréquemment, évitant ainsi de longues périodes de stockage et minimisant les pertes.

Gestion des incidents : En cas de panne ou d'autres incidents pendant le transport, des procédures d'urgence sont en place pour garantir que la viande est soit rapidement acheminée à sa destination, soit, si nécessaire, correctement éliminée pour prévenir tout risque pour la santé publique (Inspection Canada, 2023).

Un centre de distribution majeur peut s'étendre sur des dizaines de milliers de mètres carrés, avec des zones distinctes pour la réception, le stockage, le tri, et l'expédition (Inspection Canada, 2023). Stratégiquement placée près des axes majeurs, des ports et des voies ferrées, Montréal, en tant que métropole et port majeur, héberge plusieurs de ces centres de distribution. Cependant, d'autres centres se trouvent à Québec, Sherbrooke et d'autres villes pour optimiser la distribution régionale.

Le centre de distribution joue un rôle pivot dans l'acheminement de la viande de bœuf vers les points de vente au Québec (PBQ 2023b). Ces centres, souvent vastes et stratégiquement localisés, servent de plaque tournante pour recevoir la viande des abattoirs et des transformateurs, la stocker de manière optimale et la redistribuer vers les épiceries et les boucheries. Dotés d'installations de stockage à la pointe de la technologie, ces centres garantissent que la viande est conservée dans des conditions idéales, avec une régulation stricte de la température et de l'humidité (Chester & Horvath, 2009).

L'emballage de la viande de bœuf au Québec revêt une importance particulière à plusieurs niveaux : conservation de la fraîcheur, information du consommateur, respect des normes sanitaires et environnementales. Le choix des matériaux utilisés est donc primordial (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2024). Selon les détaillants du Québec (2022), l'emballage est souvent effectué avant l'arrivée au centre de distribution, mais il est parfois réalisé sur place. L'emballage est conçu pour être hermétique, évitant ainsi la contamination extérieure. Il porte également des informations telles que la date de péremption, l'origine de la viande et d'autres détails pertinents. La plupart des viandes sont emballées sous vide ou dans une atmosphère modifiée pour prolonger leur durée de conservation (Ménard, 2013). Ces emballages sont souvent composés de plastiques spécifiques, mais des efforts sont faits pour explorer des alternatives plus écologiques.

La production de ces emballages est généralement centralisée. Les entreprises spécialisées fournissent aux producteurs de viande des solutions adaptées à leurs besoins (FAO, 2017). Ces emballages sont conçus pour garantir une étanchéité parfaite et une protection optimale contre les contaminations extérieures. La technologie et les procédés de fabrication dépendent de l'objectif : un emballage destiné à de la viande

fraîche n'est pas le même que celui pour de la viande destinée à la congélation (FAO, 2020). Pour emballer 1 kg de viande de bœuf, le processus varie aussi en fonction du type de coupe et de la présentation souhaitée pour le consommateur (Lavoie, 2022).

Le marché de la production d'emballage est compétitif. Les entreprises se démarquent par la qualité, la technologie employée, et de plus en plus par leur démarche écologique. Une fois la viande emballée, elle est prête à être transportée (INCWO, 2023). Les emballages sont conçus pour optimiser l'espace lors du transport, mais aussi pour résister aux chocs et aux variations de température (Latour, 2011). La logistique du transport prend également en compte la fragilité du produit et veille à ce que la chaîne du froid ne soit jamais rompue, garantissant ainsi au consommateur un produit sûr et de qualité (Mon Ricardo, 2023).

La viande distribuée vers les points de vente est variée en termes de coupes et de qualité. Elle peut aller des steaks haut de gamme aux morceaux destinés à la cuisson lente ou à la transformation ultérieure. L'assortiment dépend de la demande des consommateurs, des préférences régionales et des accords conclus entre les fournisseurs et les points de vente (MAPAQ, 2022).

Malgré tous les efforts pour maintenir la qualité et la fraîcheur de la viande, certaines pertes sont inévitables (Recyc-québec, 2022). Celles-ci peuvent résulter de défauts d'emballage, de retards de transport, de problèmes lors de la manutention ou de la détérioration naturelle de la viande après un certain temps. Les centres de distribution et les points de vente s'efforcent de minimiser ces pertes en gérant efficacement leurs stocks et en respectant strictement les normes de conservation. La viande qui n'est pas vendue ou consommée dans les délais recommandés est généralement retirée des rayons. Elle peut être transformée en produits à valeur ajoutée, comme les plats préparés, ou être destinée à des organismes caritatifs lorsque cela est possible. Sinon, elle est généralement éliminée conformément aux réglementations sanitaires, souvent en étant compostée ou transformée en aliments pour animaux, réduisant ainsi son impact environnemental (MAPAQ, 2021a).

4.1.4 Abattage et transformation de la viande de bœuf au Québec

Cette étape fait le lien entre le lieu d'élevage et le bœuf transformé ou non prêt à être distribué. Elle inclut le transport depuis le lieu d'élevage, l'abattage, la transformation, une partie de l'emballage de la viande et certaines pertes.

Le Québec compte plusieurs abattoirs, dont certains sont spécialisés dans l'abattage de bovins. Les plus notables sont Abattoir Lecuyer, Abattoir de la Petite-Nation, et Abattoir Zampini (PBQ., 2021).

La capacité d'abattage dépend de la taille de l'établissement. Un grand abattoir peut traiter plusieurs centaines de bovins par jour, tandis qu'un établissement de taille moyenne pourrait en traiter plusieurs dizaines (PBQ, 2007).

L'abattage débute par l'acheminement des bovins vers les installations. L'abattoir est l'installation où se déroulent l'abattage et la première transformation. Ces établissements sont soumis à des normes sanitaires très strictes, contrôlées régulièrement par des inspecteurs gouvernementaux. L'hygiène est primordiale à toutes les étapes pour garantir la sécurité alimentaire (Agriculture, 2023).

Une fois sur place, les bovins sont d'abord placés dans des enclos de repos. Les animaux sont ensuite étourdis, généralement par pistolet à tige perforante, une méthode reconnue pour sa rapidité et son humanité. Une fois étourdi, l'animal est suspendu par une patte, sa jugulaire est coupée pour le saigner (Dutertre, 2021).

Après l'abattage, les carcasses et les viscères (tels que foie, cerveau, cœur, reins et langue) sont soit exportés, soit dirigés vers des unités de transformation pour des traitements supplémentaires. La carcasse est dépecée, éviscérée et les différents organes sont triés. Certains organes sont destinés à la consommation, d'autres à la transformation ou à d'autres industries. La carcasse est ensuite découpée selon les différentes parties du bœuf (filets, côtes, hanches, etc.). Ces morceaux peuvent être par la suite transformés en produits dérivés ou préparés pour la vente en l'état. L'impact des étapes du cycle de vie précédentes devront être soigneusement allouées entre les différents co-produits tel que mentionné dans la section 1.9.

Après la transformation, la viande est classée en fonction de sa qualité, de son grade et de sa maturité. Le Québec possède des normes strictes concernant le classement, garantissant ainsi la qualité du bœuf (RMT ACTIA Ecoval, 2015). La viande est ensuite stockée à basse température ou congelée pour la conserver avant sa mise en marché.

Lors de la transformation, il est possible que les viandes canadiennes soient combinées avec des viandes importées pour une transformation avancée (Charles-Hugo, 2022). Les pièces de bœuf sont alors traitées

(par exemple, fumées ou séchées) et ensuite conditionnées pour la distribution, que ce soit dans une unité de transformation secondaire ou chez un boucher (MAPAQ, 2022). Les produits de bœuf conditionnés, ainsi que ceux importés, sont mis à la disposition des consommateurs via des grossistes, des détaillants ou des restaurants (BIOCLIPS, 2022).

Malgré la rigueur des processus, des pertes sont inévitables (Environnement et Changement climatique Canada, 2021). Cela peut être dû à des défauts de la carcasse, à des maladies ou à des imperfections détectées lors de l'inspection. Ces parties non conformes sont écartées du circuit alimentaire. Certaines sont recyclées pour d'autres industries (cosmétique, pharmaceutique), d'autres sont éliminées. Les déchets organiques issus de l'abattage, comme les os ou les parties non consommables, peuvent être transformés en farines animales ou éliminés selon les normes environnementales. L'importance est mise sur le recyclage, la valorisation et la réduction des déchets pour minimiser l'impact environnemental de cette étape cruciale dans la chaîne de production du bœuf.

L'emballage, à tous ces niveaux, est essentiel pour assurer la qualité et la sécurité de la viande de bœuf. Il préserve la fraîcheur du produit, facilite sa distribution, tout en assurant une présentation attrayante pour le consommateur final (Inspection Canada, 2023).

- Emballage primaire : L'emballage primaire entre en contact direct avec la viande. Il joue un rôle crucial pour protéger le produit contre les contaminations microbiennes et pour maintenir sa fraîcheur. Au Québec, il est courant d'utiliser des films plastiques alimentaires, souvent sous vide, pour l'emballage primaire. Cette technique permet d'éliminer l'air et d'ainsi prolonger la durée de conservation de la viande. Dans certains cas, une atmosphère protectrice (gaz comme le dioxyde de carbone et l'azote) est également utilisée pour préserver la couleur rouge caractéristique du bœuf frais.
- Emballage secondaire: L'emballage secondaire regroupe les produits emballés de manière primaire. Il sert souvent à faciliter le transport et la manipulation des produits tout en offrant une protection supplémentaire. Les barquettes en polystyrène, souvent recouvertes d'un film plastique, sont couramment utilisées pour cette étape. Elles permettent de regrouper les portions de viande tout en donnant au consommateur une visibilité sur le produit. De plus, elles offrent une rigidité qui protège le produit contre les chocs.

- Emballage tertiaire: L'emballage tertiaire, ou emballage de transport, vise à regrouper plusieurs emballages secondaires. Il facilite la distribution en gros de la viande aux divers points de vente. Ce sont souvent des cartons renforcés, palettes avec des films plastiques étirables ou des caisses. Ils garantissent la protection de la viande lors du transport et du stockage en entrepôt. L'objectif est de prévenir les dommages qui pourraient être causés par des facteurs externes comme l'humidité, les variations de température, ou les manipulations brusques.

Le transport entre la ferme d'élevage et le producteur se fait généralement dans des camions à bétail. En effet, le transport du bétail au Québec et au Canada est une opération complexe et réglementée, mettant l'accent sur le bien-être des animaux. Le processus commence par le chargement dans des camions à bétail, dotés de compartiments distincts pour minimiser le stress. Le personnel qualifié veille à un chargement attentif. Durant le transport, les conducteurs suivent des règles strictes sur la vitesse, le temps de conduite et les pauses pour garantir la sécurité et le bien-être des animaux (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2021) . À l'arrivée chez le producteur, le déchargement est effectué de manière contrôlée pour minimiser le stress, et les animaux sont placés dans des enclos pour s'acclimater. Les normes canadiennes strictes sur le transport du bétail exigent une formation spécifique pour les producteurs, transporteurs et personnel. Ces réglementations, bien que vitales pour le bien-être des animaux, peuvent impacter les coûts du transport en raison de nécessités telles que les pauses pour le repos et l'alimentation. En résumé, le transport du bétail nécessite une planification minutieuse, une formation adéquate et une constante attention au bien-être des animaux, soulignant l'importance cruciale des réglementations en vigueur selon l'agence canadienne d'inspection des aliments (2023).

4.1.5 Production

Cette étape qui va de la naissance du veau à son départ vers l'abattoir inclut la naissance, l'engraissement, l'utilisation d'une partie de l'étable et une certaine perte. Dans cette section, une description générique des étapes de la production est présentée : la section 4.3 détaille de manière plus approfondie la production de la viande de bœuf consommée au Québec en détaillant les nuances des pratiques d'élevage pour la boucherie et pour la production de lait.

La production bovine au Québec débute par une planification rigoureuse de la reproduction, où les éleveurs choisissent des taureaux à la génétique supérieure pour obtenir des veaux de qualité. Cette étape

cruciale nécessite une surveillance attentive des vaches gestantes et des soins immédiats aux veaux à leur naissance, essentiels pour leur survie (Les frères Benoit et Éric Desrosiers, 2020).

Une fois sevrés, les veaux passent à l'engraissement, une phase visant à assurer une croissance saine et rapide. Les régimes alimentaires, souvent composés de maïs, de foin et d'autres céréales, sont soigneusement équilibrés pour minimiser les maladies et améliorer la qualité de la viande. La gestion de l'eau et des ressources alimentaires est également optimisée pour réduire l'impact environnemental tout en assurant le bien-être animal (Messier, 2019).

Le veau, prisé pour sa tendreté, est élevé dans des conditions spécifiques au Québec pour garantir une qualité supérieure. La digestion ruminale joue un rôle important, influençant les émissions de méthane, un gaz à effet de serre, ce qui pousse les éleveurs à rechercher des solutions pour réduire cet impact (MAPAQ, 2001).

Les infrastructures, telles que les pâturages et les étables, sont essentielles au bon déroulement des opérations d'élevage. Les étables offrent un abri contre les intempéries, un lieu d'alimentation pendant les périodes de disette, et des installations pour les soins vétérinaires. Dans les régions où le pâturage prédomine, elles servent aussi de refuge en cas de conditions météorologiques extrêmes, assurant ainsi la santé et le confort des bovins. Le choix entre pâturages et étables dépend des conditions climatiques, des ressources disponibles et des spécificités de chaque exploitation, garantissant une gestion optimale de l'élevage bovin au Québec (Agri-Food Analytics Lab et Angus Reid, 2021).

4.1.6 Approvisionnement en aliments

Cette étape inclut la production et le transport de la nourriture pour le bétail aux différents stades de sa croissance.

Les bovins sont souvent nourris avec des aliments à base de céréales (maïs, orge, avoine), de légumineuses (luzerne, trèfle) et de foin. La fréquence d'alimentation dépend de l'âge et du stade de développement de l'animal (Laprade, 2022).

Le régime bio est pratiqué par certains éleveurs, mais le régime conventionnel reste dominant (PBQ, 2015). Dans le régime bio, les animaux sont nourris avec des aliments certifiés biologiques et ne reçoivent pas d'antibiotiques ou d'hormones de croissance.

La majorité du bétail produit au Québec bénéficie d'une alimentation à base de foin et de céréales cultivés dans la province. Néanmoins, pour compléter et améliorer le régime alimentaire des bovins, des compléments nutritionnels et des protéines sont parfois importés (Statistique Canada, 2021).

4.1.7 Fin de vie

La fin de vie est transversale à plusieurs étapes du cycle de vie de la viande consommée au Québec (Putman et al, 2023). Elle a lieu aussi bien pour la gestion des déchets agricoles lors de l'élevage que pour gérer les pertes et le gaspillage au niveau des étapes d'abattage, de transformation, de distribution ou de consommation de la viande (Peters et Hertwich 2008). On déterminera à cette étape les proportions des différents déchets qui sont gérés au Québec qui vont se retrouver enfouis, incinérés, recyclés ou compostés.

4.1.8 Marché d'approvisionnement du bœuf consommé au Québec

Selon Statistique Canada (2021), les transactions d'importation et d'exportation de bœuf et de bétail interviennent à différentes étapes du processus. Tandis que le bétail importé entre dans la phase de production initiale, le bœuf transformé est importé pour subir une transformation secondaire avant d'être distribué. D'autre part, certains bovins engraisés, bovins abattus et produits transformés sont exportés hors du Canada. Pour assurer le bon fonctionnement de cette chaîne, une main-d'œuvre compétente est essentielle à chaque phase, de la production à la transformation. Le transport entre ces étapes est assuré par divers intervenants de cette chaîne (Statistique Canada, 2021).

4.2 Résultats relatifs à l'objectif spécifique 2 : Collecte des données pour décrire la consommation de la viande de bœuf au Québec

4.2.1 Étape de la consommation

4.2.1.1 Consommation - Quantités totales et proportions consommées des différents types de viande

Selon les données de 2021 de l'institut de la statistique du Québec, un ménage québécois moyen consomme environ 80 kg de viande de bœuf par an, avec une répartition de 60 kg à domicile et 20 kg au restaurant. Cette répartition permet d'évaluer l'impact environnemental spécifique à chaque contexte de consommation (Institut de la statistique du Québec, 2021) .

D'après les évaluations du MAPAQ (2021), la consommation individuelle de bœuf et de veau au Québec, atteignant 34,5 kg en 2018, dépassait considérablement la moyenne nationale canadienne qui était de 26,4 kg en 2018(MAPAQ, 2021c). Il est important de souligner que les Québécois consomment trois fois plus de viande de veau que la moyenne canadienne, soit une estimation de 2,2 kilogrammes par habitant, toujours selon le MAPAQ (2021). Une autre source indique qu'en moyenne, un habitant du Québec consomme environ 23 kg de viande de bœuf par an, avec des variations basées sur les préférences individuelles (Détaillant alimentaire, 2022). En outre, selon un rapport de Bœuf Canada datant de 2020, la consommation moyenne de bœuf par individu au Canada s'établit à 39,9 livres, soit environ 18,1 kilogrammes par an

Les Québécois ont des préférences distinctes en matière de coupes de bœuf. Les données de Statistique Canada révèlent que 60% favorisent le steak, 25% la viande hachée, et 15% le bœuf grillé, avec une consommation moyenne de 20 kg par an par personne. En analysant plus spécifiquement les coupes pour le steak, le filet mignon est en tête avec 40%, suivi du contre-filet (30%) et du faux-filet (20%) (Statistique du Canada, 2019). Une étude de marché de l'entreprise Léger indique que les coupes de bœuf les plus consommées au Québec sont le bifteck (45%), la côtelette (25%), et le rôti (15%). (Messier, 2019). Selon le MAPAQ (2021), le bifteck (provenant de l'intérieur de la ronde) représente environ 45% de la consommation totale de viande de bœuf, suivi des côtes (20%) et des rôtis (15%). Parmi les viandes, le bœuf et le veau sous forme hachée sont les préférés des habitants de la province selon Agriculture, environnement et ressources naturelles du Canada (2023). En termes de chiffres, cela se traduit par une consommation moyenne de 35 lb (ou 16 kg) de bœuf haché par personne chaque année selon (PBQ., 2021).

Parmi les variétés de coupes de veau, le haché demeure particulièrement prisé. Néanmoins, les côtelettes ont connu une augmentation significative de leur part de ventes pendant la période de la pandémie. Cette tendance pourrait être partiellement attribuée à la diminution du prix au kilogramme entre 2019 et 2020-2021 (MAPAQ, 2022), comme on peut le voir dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1. Préférences viande et veau au rayon boucherie en 2019-2020

Viandes	Coupes	Parts 2019	Parts 2020-2021	Évolution des prix 2019 à 2020-2021
Veau		100,0 %	100,0 %	
	Haché	55,7 %	52,2 %	↑
	Côtelettes	16,4 %	20,6 %	↓
	Rôti	4,7 %	3,9 %	↑
	Autres	23,3 %	23,3 %	↑

Source : NielsenIQ, compilation du MAPAQ.

Sous ces données moyennes se cache une grande variabilité d'un individu à l'autre. Le Laboratoire des sciences analytiques en agroalimentaire de l'Université Dalhousie, en collaboration avec Angus Reid, a diffusé un récent rapport explorant les habitudes de consommation de bœuf au Canada (Agri-Food Analytics Lab et Angus Reid, 2021). En dépit de tendances vers le végétalisme observées sur des plateformes comme Epicurious, l'enquête visait à évaluer le maintien de l'attachement des Canadiens à la consommation de viande bovine. Les résultats indiquent que 92% des Canadiens consomment du bœuf, dont 65% se considèrent comme des consommateurs réguliers, avec une prévalence plus marquée en Alberta (73%). Les raisons principales évoquées incluent le goût (69%), le style de vie et le statut social (12%), tandis que la santé représente la motivation de ce choix de consommation pour 10% des sondés. Il est à souligner que les Québécois affichent une préférence marquée pour le bœuf et le veau, surtout sous forme hachée, constituant ainsi leur choix principal en matière de viande (Agri-Food Analytics Lab et Angus Reid, 2021; Charlebois et al., 2020). Toutefois, des statistiques précises sur la proportion de Québécois consommant régulièrement du bœuf ne sont pas aisément disponibles. Ces données pourraient fluctuer en raison de divers éléments tels que les préférences individuelles en alimentation, les habitudes culinaires et les tendances de consommation. Il apparaît donc pertinent de souligner que les pourcentages varient en fonction de ces multiples facteurs, soulignant la nécessité d'une analyse approfondie pour une évaluation plus précise. Selon Bœuf Québec (2023), environ 30% de la consommation totale de viande de bœuf au Québec se fait au restaurant.

Remarque additionnelle : la demande et le marché de la viande rouge en Amérique du Nord ont connu une réduction significative au cours de la période 2005-2014 (Wilton, 2021). En 2014, les Canadiens ont

en moyenne consommé 26,5 kg de bœuf par personne, ce qui représente une baisse d'environ 4 kg par rapport à l'année 2005, soit une diminution de 13 % selon la monographie réalisée par le MAPAQ sur l'industrie du bœuf et du veau au Québec (MAPAQ, 2021c) . Pendant la même période, la consommation de viande par personne pour l'ensemble des principales viandes a également baissé de 6 kg, soit une réduction de 6 %. En ce qui concerne le veau, de 2005 à 2014, la consommation par personne a légèrement diminué, passant de 1,05 kg à 0,95 kg. Au total, la consommation de bœuf et de veau a été réduite de 12 %, tandis que la consommation de viandes rouges dans son ensemble a enregistré une baisse de 11 % (MAPAQ, 2001).

Pour mettre les choses en perspective, chaque année, la consommation mondiale de viande bovine dépasse les 62 millions de tonnes, avec la Chine et le Brésil représentant conjointement environ 12 à 13% de ce total. Les plus grands consommateurs de viande de bœuf au monde se trouvent en Australie, en Nouvelle Zélande et en Amérique du Sud, notamment en Uruguay et en Argentine, où la consommation atteint respectivement 60 kg/hab et 56,5 kg/hab. En France, la consommation annuelle de viande de bœuf et de veau s'élève à 25,4 kg par habitant, représentant 29% de la consommation totale de viande dans le pays. Lorsque l'on compare les habitudes de consommation entre les États-Unis et le Canada (voir figure 4.2), on remarque que les Américains ont un niveau de consommation de bœuf plus élevé que les Canadiens. En revanche, les Canadiens ont une préférence pour la viande de veau par rapport aux Américains. Dans les deux pays, la consommation de bœuf et de veau par personne a continué de décliner au cours de la décennie 2005-2014 ((MAPAQ, 2021c). Cette réduction de la demande de viandes rouges en Amérique du Nord peut être attribuée à divers facteurs, notamment des préoccupations croissantes en matière de santé, des évolutions des préférences alimentaires, ainsi que des inquiétudes environnementales liées à la production de viande (Cockshaw, 2021; FAO, 2006). Il est également possible que cette tendance soit influencée par les choix alimentaires individuels et les campagnes de sensibilisation à une alimentation plus équilibrée et durable (Eisler et al., 2014).

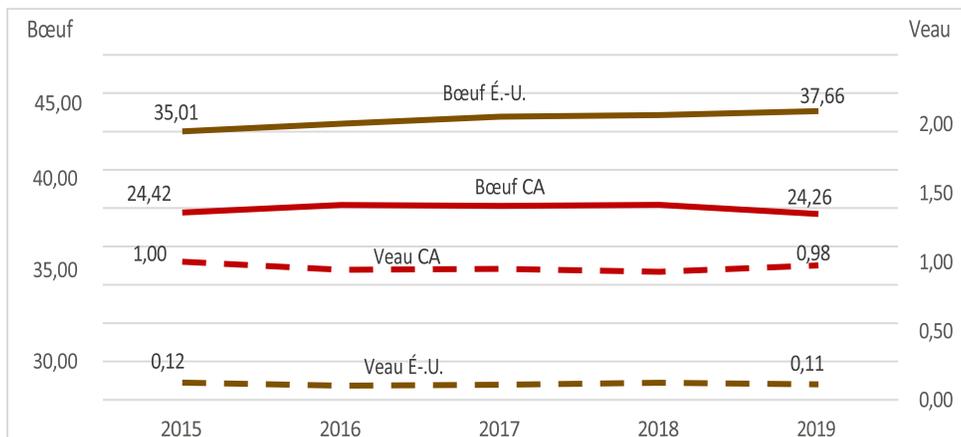


Figure 4.2. Consommation de viande bovine par personne au Canada et aux États-Unis, des années 2015 à 2019 (en kg, poids carcasse) (Sources : USDA/Economic Research Service et Statistique Canada) .

4.2.1.2 La consommation au Québec et son origine

La consommation est une statistique nationale qui ne fait pas l'objet d'une ventilation par province. Cependant, en examinant les canaux de commercialisation de la viande de bœuf et de veau au Québec, il est possible d'estimer que la consommation par habitant au Québec (34,5 kg en 2018) est nettement supérieure à la moyenne nationale canadienne (26,4 kg), comme cela a été observé pour l'estimation de l'année 2016. Comme c'est résumé à la figure 4.3, bien que la production locale ne soit pas suffisante pour répondre à la demande québécoise, étant donné que 85 % de la consommation provient d'autres provinces (227 918 tonnes) et de l'étranger (18 330 tonnes), ces importations représentent néanmoins 75 % de la valeur des achats effectués par les distributeurs (Institut de la statistique du Québec, 2021; MAPAQ, 2021b).

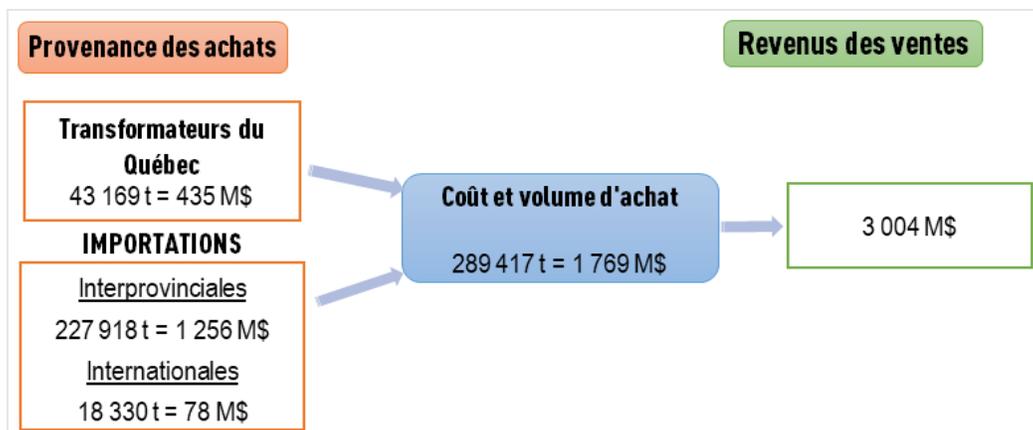


Figure 4.3. Provenance de la viande bovine consommée au Québec en 2018⁷ (commerce au détail alimentaire et réseau HRI*).

* HRI : services alimentaires du réseau de l'hôtellerie, de la restauration et des marchés institutionnels privés et publics Sources : Statistique Canada, Institut de la statistique du Québec et compilation du MAPAQ (2021).

4.2.1.3 Consommation - Cuisson

Les ménages québécois utilisent divers modes de préparation pour la viande de bœuf, tels que le ragoût mijoté, la cuisson au grill, etc. Il est essentiel de documenter non seulement ces modes, mais aussi d'estimer la quantité d'énergie associée à chaque méthode de préparation.

Les modes de préparation varient mais le grillage et la cuisson au four sont parmi les plus populaires. Selon une étude du MAPAQ (MAPAQ, 2022)), environ 40% de la viande de bœuf est grillée et 30% est utilisée dans des plats mijotés. Selon une autre étude de Statistique Canada (2022), le barbecue est préféré par 50% des ménages (Paradis, 2020). Les steaks et les brochettes sont les plus populaires pour cette méthode (Détailant alimentaire, 2022). La poêle est également populaire comme mode de cuisson (30% selon La Ferme D'Anjou et fils, 2017). C'est une méthode privilégiée pour les steaks et la viande hachée. La poêle est utilisée tout au long de l'année, notamment pour saisir les viandes et leur conférer une croûte croustillante tout en préservant leur jutosité interne (La Ferme Claudales, 2018). La cuisson au four est choisie pour des préparations lentes comme les rôtis, où la cuisson homogène est primordiale. Les Québécois consacrent en moyenne 20 à 30 minutes à la préparation et à la cuisson de leur viande, influençant ainsi la texture et la saveur (Statistique Canada, 2022).

Les mêmes données que celles déjà utilisées dans la base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec pourront être utilisées pour estimer l'énergie nécessaire à la cuisson (Patouillard et al. 2023). Ces données sont basées sur une publication de Ressources Naturelles Canada à propos de la consommation d'énergie des appareils ménagers (Ressources Naturelles Canada 2016).

La température interne recommandée pour la viande hachée de bœuf est de 71°C, pour les coupes de viande et les pièces entières, elle varie entre 63°C (mi-saignant) et 77C (bien cuit) (Mon Ricardo, 2023). Opter pour des températures inférieures nécessite des mesures supplémentaires pour garantir la sécurité, notamment l'utilisation de viande intacte et des procédés de cuisson considérés comme sûrs.

La quantité d'énergie associée dépend du mode de cuisson spécifique. Selon des données reçus des représentants d'associations d'éleveurs du Québec, le ragoût mijoté représente environ 30% des préparations, avec une consommation énergétique moyenne de 1500 Wh par repas. La cuisson au grill, quant à elle, représente 40% des cas, avec une consommation énergétique moyenne de 2000 Wh (Bœuf Canada, 2022; Therrien et al., 2019).

La consommation énergétique moyenne de 1500 Wh par repas pour un ragoût mijoté au Québec n'indique pas directement la portion de repas ou le nombre de personnes concernées. Cela représente simplement la quantité d'énergie utilisée pour préparer le ragoût. Pour déterminer le nombre de personnes pour lesquelles le repas est destiné, nous devons connaître la quantité totale de ragoût préparé et diviser cela par la taille de la portion moyenne. Par exemple, si une recette de ragoût mijoté produit un total de 2 litres et que la portion moyenne par personne est d'un demi-litre, alors le repas pourrait être destiné à quatre personnes (Énergie+, 2021). Cependant, selon les explications du Magazine RICARDO, la consommation énergétique pour la cuisson d'un repas varie généralement de 350 à 2000 Wh par repas (Mon Ricardo, 2023). Si nous considérons les 1500 Wh pour un repas, cela suggère que le ragoût mijoté est préparé pour une seule personne. Cependant, cela peut varier en fonction de nombreux facteurs tels que le type de cuisinière utilisée, la durée de la cuisson, et la quantité de nourriture préparée.

4.2.1.4 Consommation - Stockage

Au Québec, le stockage de la viande, influençant directement sa qualité et sa durée de conservation, est une étape cruciale de la chaîne de consommation. Deux méthodes prédominent dans les foyers québécois. En effet, la viande de bœuf est couramment stockée au réfrigérateur pour une consommation prévue dans

les 3 à 5 jours suivant l'achat. La température idéale de stockage est d'environ 1°C à 4°C (Gouvernement du Canada, 2023). En revanche, pour une conservation à long terme, le congélateur est privilégié. À une température d'au moins -18°C, la viande conserve ses propriétés nutritives et gustatives pendant une période s'étendant de 6 mois à 1 an sans perte significative de qualité (Gouvernement du Canada, 2023). La durée moyenne de stockage varie en fonction de l'emplacement de stockage.

Les données révèlent les ménages québécois privilégient le réfrigérateur pour 60% de leurs achats de viande de bœuf, avec une durée moyenne de stockage de 3 jours. La congélation est choisie dans 30% des cas, avec une durée de stockage moyenne de 14 jours. Selon une source alternative (La Ferme Janor, 2017) 75% de la viande est stockée au réfrigérateur tandis que 25% l'est au congélateur, influencés par des considérations liées aux promotions et aux achats en grande quantité. Selon une troisième source, la majorité de la viande de bœuf est stockée réfrigérée à domicile (environ 70%), tandis que 25% est congelée. Les produits en conserve représentent la petite portion résiduelle (5%) (Statistique du Canada, 2019). Finalement, selon les producteurs de bovins du Québec 75% de la viande de bœuf au réfrigérateur, tandis que 25% est conservée au congélateur, notamment lorsque les consommateurs achètent en grande quantité ou bénéficient de promotions (PBQ, 2022a).

Les mêmes données que celles déjà utilisées dans la base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec pourront être utilisées pour estimer l'énergie nécessaire à la réfrigération et à la congélation (Patouillard et al. 2023). Ces données sont basées sur une publication de Ressources Naturelles Canada à propos de la consommation d'énergie des appareils ménagers (Ressources Naturelles Canada 2016).

4.2.1.5 . Consommation - Transport

Selon Bœuf Québec (La Ferme Claudales, 2018), environ 70% de la viande de bœuf est achetée dans les supermarchés, suivis des boucheries locales et des marchés fermiers.

Selon une estimation de Rib'N Reef, la distance moyenne entre les domiciles et les points de vente est d'environ 5 km. Cette distance pourrait être utilisée pour les points de vente spécifiques comme les boucheries(2017) .

Dans la base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec (Patouillard et al, 2023), les données de Robitaille et Bergeron, ont été utilisées pour déterminer une distance moyenne des trajets de l'épicerie au domicile de 1 km (Robitaille et al., 2013) . La même information pourra être utilisée dans le cas de la viande de bœuf. Toujours dans cette même base de données, il a été considéré que 100% des trajets vers l'épicerie éteint réalisés en voiture. La base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec permet par ailleurs de connaître la masse totale annuelle du panier d'épicerie par personne et il est possible, sur la base de cette information et de la masse annuelle de viande consommée par personne, de réaliser une allocation massique du transport de la viande de l'épicerie au domicile du consommateur.

4.2.1.6 Consommation – Gaspillage et pertes

Le taux de gaspillage alimentaire associé à la viande de bœuf au Québec est estimé à 15% à domicile et 10% dans les restaurants (Recyc-québec, 2022) alors que, d'après les informations fournies par les Détaillants du Québec (2022), les taux de gaspillage alimentaire varient, mais une estimation indique que près de 10% à 20% de la viande de bœuf achetée pour être consommée à la maison peut être gaspillée. Selon cette étude, au niveau des restaurants, le gaspillage est généralement plus élevé, atteignant parfois 30%. Cependant, les restaurants mettent souvent en place des stratégies pour minimiser le gaspillage, telles que des portions plus petites ou des programmes de dons alimentaires. Selon deux autres études, 70% des restaurants québécois ont mis en place des pratiques visant à réduire les pertes de viande, notamment par le biais de programmes de don alimentaire et de gestion plus efficace des stocks. À domicile, cependant, seulement 40% des ménages ont des pratiques similaires ((MAPAQ, 2021a).

Selon Environnement et Changement climatique Canada (2021), les facteurs contribuant au gaspillage de viande au niveau des ménages du Québec sont :

- Mauvaise gestion des dates de péremption: L'achat en grande quantité sans planification adéquate peut entraîner la péremption de la viande avant qu'elle ne soit consommée.
- Stockage inapproprié: Un stockage incorrect ou à des températures inadéquates peut détériorer la viande.
- Préparation excessive: Cuisiner plus de viande que nécessaire pour un repas peut entraîner des restes qui ne sont pas consommés.

Les restaurants peuvent gaspiller la viande en raison de préparations excessives ou de plats retournés par les clients. De nombreux restaurants ont adopté des stratégies pour minimiser ces pertes, comme le recyclage des restes pour préparer des bouillons ou la mise en place de programmes de dons alimentaires (Brand Points Plus, 2023)

Il convient de souligner que la viande et la volaille contribuent à 13% du gaspillage alimentaire et sont responsables de 59% des émissions de GES générées par les aliments gaspillés (Recyc-québec, 2022)

4.2.2 Étape de l'épicerie

4.2.2.1 Épicerie - Stockage dans les entrepôts de l'épicerie

La consommation d'énergie associée à la réfrigération ou la congélation de la viande dans les entrepôts de l'épicerie au Québec dépend de plusieurs facteurs, y compris la taille de l'entrepôt, le type d'équipement de réfrigération utilisé, et la durée de stockage (PBQ, 2009) Cependant, sans des détails plus spécifiques, il est complexe de fournir une estimation précise. En règle générale, la même source indique que la consommation annuelle d'énergie d'un congélateur domestique se situe entre 100 et 500 kWh. Pour les équipements de congélation à usage professionnel, la consommation peut atteindre environ 556 kWh par an. Il est essentiel de noter que ces chiffres représentent des approximations générales et peuvent varier en fonction des conditions spécifiques de chaque entrepôt (Le Kaba, 2023). En outre, les normes régissant l'efficacité énergétique, telles que le chapitre I.1 - Efficacité énergétique du bâtiment du Code de construction du Québec, peuvent jouer un rôle dans l'impact sur la consommation d'énergie des entrepôts d'épicerie (RBQ. et MERN, 2021). L'infrastructure et l'énergie consommée par l'épicerie devra être allouée entre la viande et les autres produits stockés.

4.2.2.2 Épicerie – Stockage dans les tablettes réfrigérées de l'épicerie

D'après Ressources naturelles Canada, les supermarchés se classent parmi les bâtiments commerciaux les plus énergivores, principalement en raison de leurs besoins importants en réfrigération (2019). De plus, Hydro-Québec propose un outil pour calculer la consommation des électroménagers (2017). Ressources naturelles Canada mentionne également qu'un réfrigérateur certifié ENERGY STAR® consomme en moyenne 9 % moins d'énergie qu'un modèle classique.

Lors des échanges avec lui, le professeur Joseph Noréus Pierre, de la FAO, a indiqué que la consommation énergétique des réfrigérateurs dans les supermarchés est estimée entre 1 000 et 4 000

kWh d'électricité par semaine au Québec. Cette estimation peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la taille du supermarché, le nombre de réfrigérateurs et l'efficacité énergétique des appareils.

Il est, ici aussi, important de procéder à l'allocation de l'énergie de réfrigération entre l'ensemble des produits réfrigérés stockés dans l'épicerie et la viande de bœuf. Bien que des données spécifiques sur la fraction des réfrigérateurs et congélateurs dans les épiceries du Québec occupés par la viande de bœuf ne soient pas disponibles, il faudrait estimer cette proportion d'espace de stockage dédié à cette viande dans les épiceries pour être en mesure de procéder à cette allocation.

Les normes strictes de sécurité alimentaire imposent des températures spécifiques pour la conservation de la viande, assurant ainsi sa salubrité. Bien que la durée exacte de stockage de la viande de bœuf dans les épiceries ne soit pas spécifiée, il est généralement recommandé de la vendre aussi rapidement que possible pour préserver sa fraîcheur et garantir le respect des normes sanitaires (Détaillant alimentaire, 2022).

La quantité d'énergie nécessaire pour réfrigérer un kilogramme de viande de bœuf varie en fonction de divers paramètres, tels que la durée de stockage, la température de réfrigération et l'efficacité des équipements de réfrigération. Dans un contexte mondial, la consommation d'énergie pour des besoins de refroidissement s'est élevée à près de 3 900 TWh en 2017, soulignant l'importance de prendre en compte ces aspects énergétiques dans le contexte de la distribution de la viande de bœuf (CDE, 2018).

Alternativement, les données proposées dans la base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec (Patouillard et al. 2023) pour allouer l'empreinte environnementale d'une épicerie à chaque kilogramme d'aliment vendu pourraient être utilisées pour estimer l'impact du stockage de la viande à l'épicerie. Ces données se basent sur les données de Petit et al (2020) à propos du portrait des magasins d'alimentation au Québec.

4.2.2.3 Épicerie – Pertes

Le jeu de données de la base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec concernant les pertes et le gaspillage à l'épicerie pourra être utilisé tel quel pour estimer les pertes de viande de bœuf à l'épicerie (Patouillard et al. 2023).

4.2.2.4 Épicerie – Transport entre le centre de distribution et l'épicerie

La distance entre les entrepôts de distribution et les entrepôts des points de vente varie entre 50 et 200 kilomètres ((Détaillant alimentaire, 2022). Les moyens de transport privilégiés pour ces déplacements sont principalement les camions réfrigérés, représentant approximativement 70% du transport des produits alimentaires à l'échelle nationale au Canada (Statistique Canada, 2022). Sur la base des indications fournies par « Les producteurs de bovins du Québec » (2023)", il sera considéré que l'intégralité (100%) de la viande de bœuf est acheminée par camion réfrigéré depuis le centre de distribution jusqu'à l'épicerie au Québec.

4.2.3 L'étape de la distribution

4.2.3.1 Distribution – Provenance du bœuf distribué au Québec

Tel que mentionné à la section 4.1.8 et sur la figure 4.1, une partie du bœuf importé au Québec arrive directement aux centres de distribution. Selon Statistique Canada (2021), 27 à 31 % du bœuf qui se retrouve dans les centres de distribution provient du Canada et le reste est importé. La moitié de ce bœuf importé provient des États-Unis et l'autre moitié d'autres pays. La provenance de ce bœuf arrivant chez les détaillants est donnée par Statistique Canada (2021), qui donne les flux commerciaux interprovinciaux et internationaux de viande de bœuf fraîche et congelée (pour une offre totale de 1 436 634 milliers de dollars de viande) :

- 209 004 milliers de \$ d'achats au Québec (14,54 %)
- 870 573 milliers de dollars à l'Alberta (60,60%)
- 122 887 milliers de dollars d'achats à l'Ontario (8,55%)
- 220 090 milliers de dollars d'importations internationales (15,32%)
- 2 834 milliers de dollars d'achats à l'Île du Prince Édouard (0,20%)
- 2 282 milliers de dollars au Manitoba (0,16%)
- 8964 milliers de dollars de la Colombie Britannique (0,62%)

Dans le cadre de cette étude réalisée par Statistique Canada sur le commerce interprovincial et international des produits de bœuf frais et congelés transformés, les résultats ont indiqué qu'en 2016, l'Alberta était la plus grande exportatrice interprovinciale (2,4 milliards de dollars), exportant un peu plus de produits de bœuf au Québec (36 %) qu'elle n'en a conservé dans sa propre province (33 %). Par conséquent, le Québec était le plus grand importateur interprovincial (1,0 milliard de dollars). L'Alberta a

également déclaré les plus importantes exportations internationales de bœuf (1,6 milliard de dollars), tandis que l'Ontario a déclaré la plus grande quantité d'importations internationales de bœuf (790 millions de dollars). L'Ontario a déclaré l'offre la plus importante quantité de bœuf frais ou congelé entre les importations interprovinciales et internationales (2,6 milliards de dollars), tandis que l'Alberta a déclaré la demande totale la plus élevée de bœuf frais et congelé (4,8 milliards de dollars) en 2016. La grande quantité de bétail exporté de la Saskatchewan, comme le montre le tableau 25, peut expliquer son faible niveau de flux des échanges par rapport aux autres provinces (Statistique Canada, 2021).

Selon Marie Allard, dans son article intitulé « D'où provient votre viande? » et publié en 2012, 75% de la consommation de bœuf au Québec provient d'Amérique du Nord, tandis que le reste est importé d'autres pays tels que l'Argentine (15 %), l'Uruguay (7 %) ou l'Australie (3 %) (Allard, 2012).

Aucun chiffre spécifique n'est disponible pour le Québec en ce qui concerne les importations internationales, mais des chiffres sont disponibles pour les produits du bœuf importés au Canada en 2019 (toujours selon la même étude de statistique Canada 2021) qui pourra être utilisée pour approximer les importations au Québec :

- Etats-Unis 66%
- Australie 11%
- Nouvelle Zélande 8%
- Mexique 5%
- Uruguay 4%
- Royaume Uni 2%
- Chili 1%
- Allemagne 1%
- Irlande 1%
- Italie 1%
- Pays Bas 1%

En ce qui concerne la forme sous laquelle se trouve la viande transformée importée, Statistique Canada (2021) fournit des données d'import à l'échelle du Canada (dont la répartition pourrait être utilisées comme approximation pour le Québec) à propos des quantités importés en 2019 :

- Viandes des animaux de l'espèce bovine fraîche ou réfrigérée : 69 440 tonnes (54% du total des viandes importées)
- Viandes des animaux de l'espèce bovine congelées : 48375 tonnes (37,8% du total des viandes importées)
- Abats comestibles de l'espèce bovine : 9975 tonnes (7,80 % du total des viandes importées)
- Viandes séchées, salées ou fumées de bovins : 110 tonnes (0,09% du total des viandes importées).

En examinant les données fournies par le MAPAQ (2023), il est apparent que le Québec peut être comparé aux États-Unis, à l'exception du potentiel d'auto-provisionnement en viande de bœuf. En 2019, les États-Unis produisaient au moins autant qu'ils consommaient de ce produit, contrairement au Québec qui présente un ratio d'auto-provisionnement d'environ 0,35. Néanmoins, dans l'ensemble, la quantité de viande bovine générée par le Québec excède considérablement sa consommation interne. La production de viandes de veau est près de quatre fois supérieure à la demande provinciale. Il est à noter que le Québec occupe la première place pour la production, l'abattage, la transformation et l'exportation de viande de veau en Amérique du Nord selon la même source du MAPAQ (2023).

Une autre source montre que le Québec est autosuffisant à hauteur de 27 à 31% en viande de bœuf, majoritairement provenant du Canada, avec une part également importée des États-Unis et d'autres pays (Meneu, 2018). En outre, dans sa chronique publiée dans Le Nouvelliste, Yvon Laprade pose la question suivante : « Est-il concevable qu'en 2022, le Québec ne soit autosuffisant qu'à hauteur de 30 % dans la production de bœuf ? Est-il acceptable que 70 % des vaches de réforme et des bovillons soient abattus en dehors du Québec, dans des usines en Ontario et aux États-Unis ? » (Laprade, 2022).

Il est à noter que le bœuf « Canadien » ou « du Québec » n'a pas toujours été complètement élevé au Canada ou au Québec. Selon le règlement de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (2021), les animaux sont considérés canadiens s'ils sont nés, élevés et abattus au Canada. « *Les animaux sont considérés canadiens s'ils sont nés, ont été élevés et ont été abattus au Canada* » (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2022). Une nuance s'applique cependant aux bovins d'engraissement, considérés canadiens s'ils ont passé au moins 60 jours au Canada avant l'abattage. Le logo "Bœuf Québec" garantit au consommateur un produit local, certifiant que le bœuf a passé au moins 100 jours au Québec, soit trois mois sur les 17 à 20 mois nécessaires à sa production (Meneu, 2018). Plus de détail sur la

provenance « réelle » du bœuf du Canada et du Québec est donnée dans la section consacrée à la production.

4.2.3.2 Distribution – Transport de la viande de bœuf vers le centre de distribution

Au Québec, divers centres de distribution sont en activité, certains appartenant à des chaînes d'épicerie telles que Metro, Provigo et IGA, tandis que d'autres sont la propriété de distributeurs indépendants comme Les Cochons tout ronds, spécialisé dans la distribution de viande locale et biologique (Les frères Benoit et Éric Desrosiers, 2020)

La distribution de la viande au Québec est gérée à travers divers circuits logistiques, pouvant être classés en circuits courts (vente directe à la ferme ou aux marchés publics), circuits moyens (vente aux boucheries, restaurants, ou épicerie de proximité) ou circuits longs (vente aux grandes chaînes d'épicerie ou aux exportateurs (Brand Points Plus, 2023)

Selon les données fournies par les Détaillants alimentaires, environ 20% de la viande est distribuée via des circuits courts, 50% à travers des circuits moyens, et 30% via des circuits longs. Le choix du circuit est déterminé par des facteurs tels que le type de production, le mode de transformation, le positionnement marketing, et la clientèle ciblée, démontrant la diversité et l'adaptabilité de l'industrie (Détaillant alimentaire, 2022).

En ce qui concerne la viande de bœuf directement importée par les détaillants, les distances de transport depuis les pays ou provinces d'origines ont été déterminées en utilisant l'outil ecotransIT ((EcoTransIT World, 2020). Les modes de transport considérés sont le Camion réfrigéré pour tous les trajets en Amérique du Nord et le navire pour les trajets transatlantiques (MAPAQ, 2022; PBQ, 2015).

4.2.3.3 Distribution – Stockage dans les entrepôts

La viande de bœuf et de veau est ensuite transportée vers les centres de distribution, qui sont des entrepôts réfrigérés où la viande est entreposée et triée avant d'être livrée aux détaillants (MAPAQ, 2022).

4.2.3.4 Distribution – Pertes

Dans la base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec – volet alimentation (Patouillard et al. 2023), le taux de perte pendant la distribution a été négligé. La même hypothèse a été

adoptée pour rester cohérent avec cette base de données (il sera possible d'ajouter le taux de perte relié à la distribution pour l'ensemble des aliments consommés au Québec si la donnée devient disponible).

4.2.4 Étape de l'emballage

4.2.4.1 Emballage – Matériaux et format

Le plastique est le matériau d'emballage le plus couramment utilisé, représentant environ 70-80% des emballages de viande. Cela inclut des polymères tels que le polyéthylène et le polypropylène. Les autres 20-30% peuvent être composés de matériaux tels que le papier, le carton, ou les matériaux compostables (BIOCLIPS, 2022).

La plupart des portions individuelles de bœuf vendues au détail pèsent entre 200g et 500g. Pour les portions plus grandes destinées aux restaurants ou aux services de traiteur, elles peuvent aller jusqu'à plusieurs kilogrammes. Pour une portion individuelle de 300g de viande, l'emballage peut peser entre 10g et 20g, selon l'épaisseur et le type de matériau. Pour des portions plus grandes, le poids de l'emballage augmente proportionnellement. (Lefebvre, 2017)

L'emballage sous-vide est utilisé pour environ 40% des emballages de viande, cette méthode prolonge la durée de conservation en éliminant l'oxygène, ce qui réduit la croissance bactérienne. L'emballage sous atmosphère modifiée est utilisé pour environ 30% de la viande. L'air à l'intérieur de l'emballage est remplacé par des gaz comme le CO₂ et l'azote pour conserver la fraîcheur (MAPAQ, 2022)

4.2.4.2 Emballage – Procédé

La quantité d'énergie nécessaire pour emballer 1 kg de viande dépend de la technologie et de l'efficacité de la machinerie. En moyenne, cette étape peut consommer entre 0,5 et 1,5 kWh par kg de viande (Harteau, 2004) .

4.2.5 Étape de l'abattage et de la transformation

4.2.5.1 Abattage et transformation – Provenance du bœuf transformé au Québec

Tel que mentionné à la section 4.1.8, et tel que précisé sur la figure 5, une partie du bœuf transformé au Québec est importé à cette étape-là. Abattage et transformation - Transport du bétail vers l'abattoir puis de la viande entre l'abattoir et le site de transformation.

Selon Statistique Canada, la majorité du bœuf transformé au Québec en 2022 provient des fermes québécoises. Toutefois, il peut y avoir des importations en provenance d'autres provinces canadiennes, des États-Unis et d'autres pays, selon la demande et l'offre (Statistique Canada, 2023).

Pour le Canada (pas de données spécifiques pour le Québec, mais en l'absence d'information on pourra considérer des ratios similaires) en 2019, 48 275 tonnes de bœuf et de veau non transformé ont été importées (ce qui représente 32,41% du stock de viande froides et congelées non transformée au Canada – abats exclus) et de manière plus détaillée (Statistique Canada, 2023) :

- 43 585 tonnes de bœuf désossé (38,16% du stock de bœuf désossé distribué au Canada) est importé,
- 2 745 tonnes de bœuf avec os (9,21% du stock de bœuf avec os distribué au Canada) est importé,
- 1945 tonnes de veau (39,15% du stock de veau distribué au Canada) est importé,
- Aucune information similaire sur les abats importés.

Cette étude ne donne malheureusement aucune information sur la provenance de la viande importée avant transformation. Les données à propos de la provenance de la viande de bœuf transformé (disponibles à la section 1.2.3.1) importée au Canada seront utilisées en première approximation pour estimer l'origine de la viande de bœuf importée avant la transformation.

En ce qui concerne la viande importée à l'étape de la transformation, les distances de transport depuis les pays ou provinces d'origines ont également été déterminées en utilisant l'outil ecotransIT (EcoTransIT World, 2020). Les modes de transport considérés sont le Camion réfrigéré pour tous les trajets en Amérique du Nord et le navire pour les trajets transatlantiques.

Diverses sources d'approvisionnement, modes de transport et distances caractérisent le cheminement de la viande de bœuf jusqu'au Québec. Selon mes entretiens avec le professeur Joseph Noréus Pierre de la FAO et Marc Rhéaume, directeur des ventes chez Bœuf Québec, le transport de la viande de bœuf au Québec joue un rôle crucial dans la transition du produit de l'exploitation agricole jusqu'au consommateur, que le bœuf soit issu de productions locales ou importé. Les informations recueillies auprès de ces experts apportent des éclairages précieux sur ce processus, mettant en lumière les différents aspects liés à l'approvisionnement et à la logistique de transport.

A.- Viande de bœuf produite au niveau local de la province

A1.- De l'élevage à l'abattoir :

- Mode de transport : Bétaillère (camions spécialisés pour le transport d'animaux vivants).
- Distance parcourue : 50 à 200 km
- Poids transporté : 15 et 30 tonnes.

A3.- De l'abattoir à l'usine de transformation de la viande bovine (si distincts):

- Mode de transport : Camions réfrigérés.
- Distance parcourue : Entre 50 à 200 km.
- Poids transporté : 10-20 tonnes par camion.

A3.- De l'usine de transformation de la viande bovine au distributeur/grossiste :

- Mode de transport : Camions réfrigérés.
- Distance parcourue : 100-500 km.
- Poids transporté : 10-20 tonnes par camion.

A4.- Du distributeur/grossiste au détaillant :

- Mode de transport : Camions réfrigérés.
- Distance parcourue : 50-200 km.
- Poids transporté : 5-15 tonnes par camion.

B.- Viande de bœuf importée des autres provinces du Canada

B2.1.- De l'Ontario et de l'Alberta (principales provinces exportatrices vers le Québec)

Mode de transport : Principalement par camion réfrigéré, mais le train réfrigéré pourrait être utilisé pour de grandes quantités.

- Distance parcourue : Ontario - Québec : 500-1 000 km.
- Distance parcourue Alberta - Québec : 3 500-4 000 km.
- Poids transporté : Les camions transportent généralement 10-20 tonnes tandis que les trains réfrigérés peuvent transporter des centaines de tonnes.

B2.- Des États-Unis (l'une des principales sources d'importation) :

- Mode de transport : Camions réfrigérés, trains réfrigérés pour de grandes quantités.
- Distance parcourue : Par exemple, de Denver, Colorado à Montréal, Québec, c'est environ 3 000 km.

Poids transporté : Les camions transportent généralement 10-20 tonnes, tandis que les trains peuvent transporter des centaines de tonnes.

4.2.5.2 Abattage et transformation – Abattoir

Aucune donnée n'a été collectée permettant de modéliser l'inventaire de l'abattoir. Dans un premier temps, cette étape pourrait soit être négligée, soit modélisée en utilisant un bâtiment générique.

4.2.5.3 Abattage et transformation – Transformation

Aucune donnée n'a été collectée à propos de la transformation. Dans un premier temps cette étape pourra être négligée lors de la création du jeu de donnée d'inventaire du cycle de vie correspondant.

Remarque : Il s'agit d'un processus multifonctionnel. Lors de cette étape, il sera donc important de procéder à une allocation adéquate des impacts entre le produit principal (la viande) et ses co-produits (peau, abats, etc).

4.2.6 Étape de la production de la viande bœuf consommée au Québec

4.2.6.1 Production - Provenance de la viande de bœuf élevée au Québec et au Canada

Tel que mentionné à la section 4.2.3.1, le bœuf du Québec et le bœuf du Canada doit, pour pouvoir être considéré comme tel, avoir passé respectivement 100 jours (ou 60 jours) sur le territoire du Québec (ou du Canada respectivement) pour pouvoir être considéré comme tel. Ainsi, bien que l'enseigne Walmart garantisse un bœuf 100% canadien, la marque "Bœuf Canada" peut également s'appliquer au bœuf importé, pourvu qu'il ait passé un temps significatif au Canada, selon le vice-président aux affaires

corporatives de Bœuf Canada, Ron Glaser. Actuellement, 80% des bœufs québécois naissent localement, tandis que les 20% restants proviennent de l'Ouest, de l'Ontario, des États-Unis ou des Maritimes, car la production locale ne répond pas complètement à la demande. Le "Bœuf Québec" est vendu dans certaines boucheries et dans toutes les épiceries IGA.

De manière plus spécifique au Québec, selon Statistique Canada (2021) les flux commerciaux interprovinciaux et internationaux de bovins et de veaux (importation de bétail) sont les suivants (pour une offre totale de 425 449 milliers de dollars de bovins et de veaux) :

- 284 787 milliers de \$ d'achats de bétail au Québec (66,94%)
- 56 427 milliers de dollars d'achats de bétail à l'Ontario (13,26%)
- 44 013 milliers de dollars d'achat de bétail au Manitoba (10,34%)
- 11 357 milliers de \$ d'achats de bétail à la Nouvelle Écosse (2,67%)
- 10 057 milliers de dollars d'achats de bétail à l'île du Prince Édouard (2,36%)
- 9 972 milliers de dollars d'achat de bétail à la Saskatchewan (2,34%)
- 2 591 milliers de dollars d'achat de bétail à l'Alberta (0,60%)
- 1 595 milliers de dollars d'importations internationales de bétail (0,37%), dont 100% vient des États-Unis

4.2.6.2 Production – Naissance et engraissement

Ces étapes sont détaillées dans la section 1.3 consacrée à la documentation des modes de production du bœuf consommé au Québec.

4.2.7 Portrait récapitulatif du marché du bœuf consommé au Québec

En récapitulant les informations clés à propos des importations de bœuf à différentes étapes, tel que représenté sur la figure 4.4, il devient évident que la viande consommée au Québec provient principalement de l'extérieur du Québec. Si on combine l'ensemble des informations recueillies, on arrive au portrait suivant (en ordre décroissant d'importance) :

- 64% vient de l'Alberta : 60,60% importée sous forme de viande transformée (70,91% du bœuf importé qui représente 85% de la viande distribuée au Québec) + 3,40 % importé avant

transformation (70,91% de la viande importée qui représente 32% de la viande transformée au Québec, qui représente 15% de la viande distribuée au Québec);

- 10,67% vient des Etats-Unis : 10,11% importée sous forme de viande transformée (11,83% du bœuf importé qui représente 85% de la viande distribuée au Québec) + 0,56 % importé avant transformation (11,83% de la viande importée qui représente 32% de la viande transformée au Québec, qui représente 15% de la viande distribuée au Québec);
- 9,02% vient de l'Ontario : 8,55% importée sous forme de viande transformée (10,00% du bœuf importé qui représente 85% de la viande distribuée au Québec) + 0,47 % importé avant transformation (10,00% de la viande importée qui représente 32% de la viande transformée au Québec, qui représente 15% de la viande distribuée au Québec);
- 6,58% vient du Québec (bétail né au Québec) : c'est le cas de 66,94% du bétail élevé au Québec, qui représente 67,59 % de la viande transformée au Québec, qui représente 14,54% de la viande distribuée au Québec;
- 1,52% vient d'Australie (1,44% importé transformé, 0,08% importé avant transformation)
- 1,30% vient du Québec (bétail né en Ontario)
- 1,11% vient de Nouvelle Zélande (1,05% transformé, 0,06% avant transformation)
- 1,02% vient du Québec (bétail né au Manitoba)
- 0,69% du Mexique (0,65% transformé, 0,04% avant transformation)
- 0,55% de l'Uruguay (0,52% transformé, 0,03% avant transformation)
- 0,28% du Royaume Uni (0,26% transformé, 0,01% avant transformation)
- 0,27% vient du Québec (bétail né en Nouvelle Écosse)
- 0,23% vient du Québec (bétail né à l'Île du Prince Édouard)
- 0,23% vient du Québec (bétail né en Saskatchewan)
- 0,69% également réparti entre le Chili, l'Allemagne, l'Irlande, l'Italie et les Pays bas (chacun 0,13% transformé et 0,01% avant transformation)
- 0,06% vient du Québec (bétail né en Alberta)
- 0,23% vient du Québec (bétail né aux États-Unis)

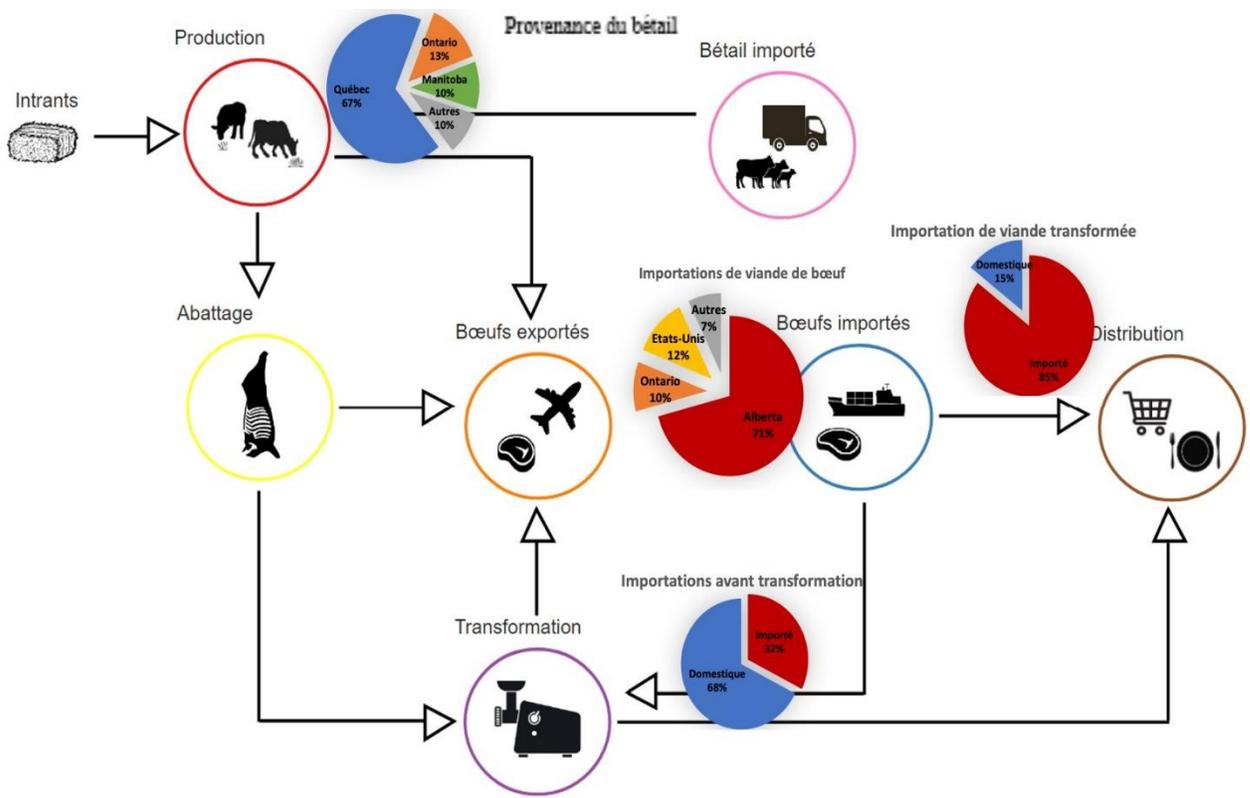


Figure 4.4. Illustration des importations et des exportations réalisées à différentes étapes du cycle de vie du bœuf produit et consommé au Québec

(Source : Statistique Canada, 2012).

4.3 Résultats 3 relatifs à l'objectif 3 : Collecte des données sur la production de la viande de bœuf consommée au Québec

Comme on a pu le voir à la fin de la section précédente, le bœuf consommé au Québec provient principalement d'Alberta, des USA, d'Ontario et du Québec. Je vais donc me pencher sur les modes de production dans ces quatre régions en priorité.

4.3.1 Production de bœuf en Alberta - Études et données existantes

Tel que mentionné dans ma revue de littérature, le bœuf produit en Alberta a déjà fait l'objet de plusieurs analyses du cycle de vie dans la littérature sur lesquelles il sera possible de s'appuyer pour en documenter l'empreinte environnementale : une revue de la littérature réalisée par Pogue et al (2018) pour évaluer les conséquences de la production bovine sur les services écosystémiques dans les Prairies de l'Ouest Canadien, une étude de Bao et al (2019) qui analyse la densité de bétail sur les pâturages Albertains, le type de pâturages et la manière dont le pâturage est géré, l'approvisionnement en eau du bétail, les pratiques d'irrigation et de fertilisation des pâturages, etc.

Il semble donc que les données nécessaires pour modéliser la production de bœuf en Alberta soient facilement disponibles et qu'elles aient déjà été compilées par d'autres auteurs. Ces données devraient être suffisantes pour modéliser adéquatement l'inventaire du cycle de vie du bœuf produit en Alberta et ne feront donc pas l'objet de recherche additionnelle de ma part ici.

4.3.2 Production de bœuf aux USA - Études et données existantes

La production de bœuf aux USA a également été solidement documentée tel que mentionné dans ma revue de littérature : études de Asem-Hiablie et ses collaborateurs (2019 et 2023), de la USDA (Asem-Hiablie et al., 2019b), de Putman et de ses collaborateurs (2023).

Il semble donc que les données nécessaires pour modéliser la production de bœuf aux USA soient facilement disponibles et qu'elles aient déjà été compilées par d'autres auteurs. Ces données devraient être suffisantes pour modéliser adéquatement l'inventaire du cycle de vie du bœuf produit aux USA et ne feront donc pas non plus l'objet de recherche additionnelle de ma part ici.

4.3.3 Production de bœuf en Ontario et au Québec – Études et données existantes

La recherche de données d'analyse du cycle de vie déjà existantes à propos de la production de bœuf au Québec et en Ontario s'est révélée infructueuse. Une collecte de données a donc été entreprise en focalisant sur la production de bœuf au Québec faute de temps pour collecter des données pour les deux provinces.

Les données obtenues pour la production moyenne de bœuf au Québec pourront, en première approximation, être utilisée pour estimer approximativement l'empreinte de la production de bœuf en Ontario en attendant d'avoir des données plus robustes.

4.3.4 Production de bœuf au Québec

La production de bœufs et de veaux occupe une place prépondérante au sein de l'industrie agricole du Québec depuis près de trois décennies. Grâce à la qualité exceptionnelle des animaux, le secteur se distingue favorablement sur les marchés et a su asseoir sa position.

Le Québec est également le premier producteur, abatteur, transformateur, exportateur et consommateur de viande de veau en Amérique du Nord (MAPAQ, 2023) . Les fermes productrices de bœufs de boucherie (veaux d'embouche et bouvillons) sont au nombre de 4264, tandis que les fermes productrices de veaux lourds (veaux de grain et veaux de lait) sont au nombre de 370.

Sur le plan national, la contribution du Québec à la production de bœuf reste modeste, ne représentant que 4 % de la production canadienne (MAPAQ, 2022) Toutefois, le Québec se hisse au rang de leader indiscutable dans le secteur du veau, assurant près de 68 % de la production nationale. Il est important de souligner que le Québec contribue également à l'augmentation de la production de viande de bœuf, notamment le « bœuf commercial », avec 12,3 % de la production issue des sujets réformés des cheptels laitiers et vache-veau (Institut de la statistique du Québec, 2022b).

S'étendant à travers tout le Québec, la production bovine demeure un acteur majeur du développement régional et agricole. Chaque année, près de 594 000 bovins sont commercialisés, générant une valeur à la ferme d'approximativement 583 M\$ (MAPAQ, 2015)

La production bovine au Québec est divisée en deux secteurs : le bœuf, comprenant les veaux destinés à la boucherie, les bouvillons et les bovins réformés, et le veau, englobant les veaux nourris au lait et au grain. La distribution des cheptels varie selon les régions, avec une concentration notable de vaches à viande en Chaudière-Appalaches et de veaux lourds en Montérégie. Les races principales utilisées pour la production de viande de bœuf incluent le Charolais, le Limousin, le Simmental, l'Angus et le Hereford (PBQ, 2022a).

Concernant la distribution des cheptels bovins au Québec, les vaches principalement destinées à la boucherie sont majoritairement élevées en Chaudière-Appalaches (19 %), suivies de l'Estrie (13 %), de l'Outaouais (12 %), de l'Abitibi-Témiscamingue (11 %), du Bas-Saint-Laurent (9 %) et du Centre-du-Québec (9 %). Pour ce qui est des veaux lourds, englobant les veaux de lait et les veaux de grain, ils sont essentiellement élevés en Montérégie (54 %), au Centre-du-Québec (27 %) et, dans une moindre mesure, en Chaudière-Appalaches (8 %). Les races les plus courantes pour la production de viande de bœuf au Québec sont le Charolais, le Limousin, le Simmental, l'Angus et le Hereford comme on peut le voir sur la figure 4.5.

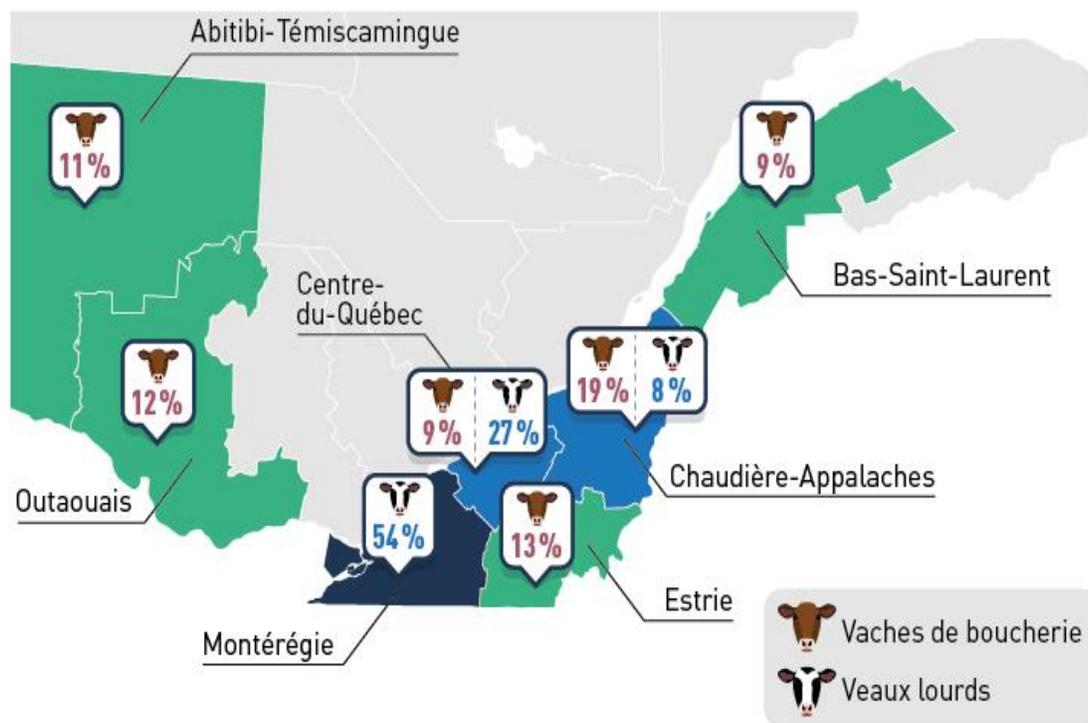


Figure 4.5. Répartition des cheptels de bœufs et de veaux au Québec

Source : Statistique Canada, 2022

4.3.5 Les étapes de production de la viande bovine au Québec

Dans le cadre de cette recherche, une ferme bovine moyenne au Québec développée en 2022 par le centre d'études sur les coûts de production en agriculture (CECPA) a été utilisée pour des calculs des coûts de production de référence. Cette ferme moyenne est basée sur un échantillon de 65 entreprises (Paradis, 2020). Les éleveurs impliqués participent activement à l'approvisionnement des marchés locaux et internationaux en viande de qualité. La durabilité et la gestion respectueuse de l'environnement sont des priorités pour l'industrie bovine au Québec.

4.3.6 Naissance

L'étape de la naissance de la production de viande bovine destinée à la consommation au Québec est un processus complexe qui implique différentes pratiques de production et des régions variées. Au Québec, la naissance des veaux a lieu généralement au printemps (MAPAQ, 2001). La sélection de races adaptées à la région est importante, avec des races comme la Charolaise et la Limousine fréquemment élevées. Les veaux sont nourris au colostrum maternel pour renforcer leur système immunitaire (MAPAQ, 2021c).

4.3.6.1 Taux de naissance dans les exploitations bovines

Un éleveur de 130 bovins consulté dans le cadre de ce projet a obtenu 40 veaux chaque année. Les taux de naissance moyens peuvent varier en raison de conditions climatiques, de types de bovins élevés, et de pratiques d'élevage (Les producteurs de bovins du Québec, 2022). Généralement, ces régions visent des taux de naissance élevés pour maximiser la productivité des troupeaux. Les variations saisonnières dans les taux de naissance sont fréquentes, avec une tendance à des naissances plus concentrées pendant les mois plus favorables sur le plan climatique, assurant de meilleures conditions de survie pour les veaux. Cependant, ces variations dépendent également des pratiques d'élevage spécifiques à chaque région (Association canadienne des bovins, 2023).

La gestion des situations de mise bas difficiles est une préoccupation majeure pour les éleveurs. Ils peuvent recourir à des protocoles de surveillance accrue pendant la période de vêlage, fournir une assistance lorsqu'elle est nécessaire, et avoir recours à l'assistance vétérinaire en cas de complications. Ces pratiques varient en fonction des connaissances et des ressources disponibles dans chaque exploitation.

La province du Québec affiche généralement un taux annuel de naissance moyen d'environ 85 % de veaux dans ses exploitations bovines. Selon les Producteurs bovins au Québec (2023), ce taux peut varier en

fonction de plusieurs facteurs, dont la gestion spécifique de chaque éleveur, la race des bovins, et les conditions environnementales propres à la région.

4.3.6.2 Portrait général des pratiques de production et bilan global de la production de viande de bovins au Québec

L'élevage des bovins destinés à la production de viande au Québec se divise en plusieurs catégories en fonction des pratiques d'engraissement. Les veaux d'engraissement, élevés spécifiquement pour la production de viande, sont conduits à l'engraissement jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids optimal, généralement situé entre 600 et 700 kilogrammes. Parallèlement, les veaux de lait, nourris principalement au lait de vache, suivent un régime spécifique jusqu'à ce qu'ils atteignent environ 250 kilogrammes. Enfin, les veaux de grain sont alimentés avec du maïs tout au long de leur croissance, et ce processus se poursuit jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids d'environ 330 kilogrammes. Finalement, les vaches de réforme pèsent 680 kg de poids vif (Harteau, 2004). Cette diversité de pratiques reflète les différentes approches de l'industrie de l'élevage au Québec, permettant une adaptation aux besoins spécifiques de chaque type de bovin.

Selon les Producteurs bovins au Québec, la production bovine au Québec se divise en deux secteurs principaux : le secteur du bœuf et celui du veau. Dans le secteur du bœuf, on compte les veaux destinés à la boucherie, les bouvillons, ainsi que les bovins destinés à la réforme. De son côté, le secteur du veau englobe les élevages de veaux nourris au lait, ceux nourris au grain et les veaux laitiers.

Tout le poids vif du bovin ne correspond pas à de la viande. Dans le cas de la vache de réforme par exemple, pour un poids vif (PV) de 680 kg, le poids de la carcasse chaude (PCC) est de 44 à 55% du PV (environ 361 kg), le poids de la carcasse froide (PCF) est de 99% du PCC (359 kg) et la composition de la carcasse est la suivante (Ontario 2015) :

- Produits non comestibles retirés de la carcasse : peau, tête, pieds, entrailles, déjections et matériel à risque spécifique
- Sang : 3% du poids vif – 20,4 kg
- Os 28% du PCF – 100 kg
- Gras 15% du PCF – 54 kg
- Muscle 57% du PCF – 205 kg

- Cœur, poumons, foie, langue, bajoue, queue

Sur ces quantités, voici les pièces de bœuf de réforme qui seront produites pour la vente :

- Coupes provenant de la côte, de la longe courte et de la surlonge : 5% du PCF – 18 kg
- Cuisse : 15% du PCF : 54 kg
- Broyage : 50% du PCF – 179 kg

J'ai considéré que les proportions des pièces de bœuf étaient les mêmes pour les bouvillons et pour les veaux que pour les vaches de réforme dans les calculs suivants.

La figure 4.6 donne un aperçu complet de cette production pour l'année 2021 au Québec. On y retrouve la composition du cheptel du Québec et le nombre de têtes abattues chaque année :

- De Bouvillons (78 000 têtes) : Comme un bouvillon pèse entre 600 et 700 kg, ça représente entre 46 800 tonnes et 54 600 tonnes de PV, de l'ordre de 27 000 t de PCF, donc 15 390 t de muscle;
- De bovins de réforme (92900 têtes) : Comme un bœuf de réforme pèse 680 kg de PV, ça représente 63 172 tonnes de PV, 33 351,1 tonnes de PCF, donc 19 010 tonnes de muscle;
- De veaux de grain (75 000 têtes), soit 24 759 tonnes de PV; 13 071 tonnes de PCF, 7450 tonnes de muscle;
- De veaux de lait (69 709 têtes), soit 17 427 tonnes de PV; 9200 t de PCF, 5244 t de muscle;

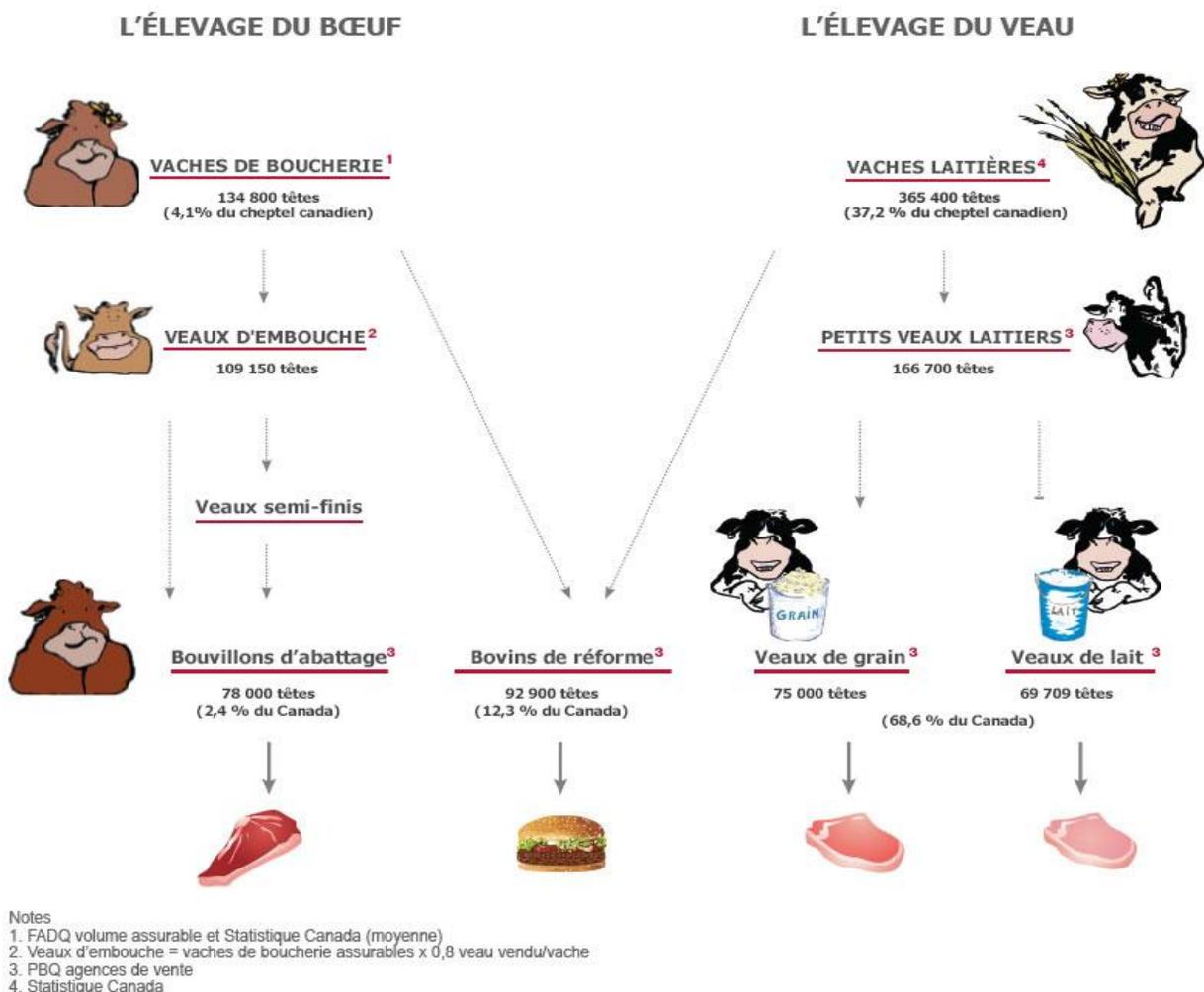


Figure 4.6. Portrait global des deux filières bovines au Québec

4.3.6.3 Intrants et sortants

L'élevage des animaux, en particulier la production de veaux d'embouche destinés à la viande, joue un rôle essentiel dans l'activité agricole du Québec et du Canada (Association canadienne des bovins, 2023). Cette pratique débute par l'élevage des sujets reproducteurs, et au Québec, environ 3 500 producteurs naisseurs gèrent des troupeaux moyens de 55 vaches chacun, produisant ainsi environ 148 000 veaux annuellement (Les producteurs de bovins du Québec, 2022).

Il est essentiel de noter que, au Québec, la production de viande de veau se divise principalement en deux catégories : le veau de grain et le veau de lait (Les producteurs de bovins du Québec, 2020). Cette distinction fondamentale repose sur leur alimentation, le veau de grain étant principalement nourri au

grain tandis que le veau de lait reçoit principalement du lait. Le processus débute au sein d'une ferme laitière où, en plus de produire du lait, la vache donne naissance à des veaux après une gestation de 9 mois. Les éleveurs acquièrent principalement des veaux de sexe masculin pour l'engraissement, tandis que les veaux femelles restent dans les troupeaux laitiers en vue de devenir des vaches laitières. Les vaches, avec un poids moyen de 619 kg, nécessitent une gestion précise de leur alimentation pour maintenir un poids optimal et assurer leur bien-être général (Les producteurs de bovins du Québec, 2022).

Pour la ferme du RCA, l'analyse des données permet une vue plus détaillée des intrants et sortants liés à l'élevage, en particulier des vaches. Concernant l'alimentation, chaque vache produit en moyenne 7,3 kg de lait par jour sur une période de lactation de 8 mois, totalisant environ 1 775 kg de lait par an. Cette production laitière, riche en nutriments, est cruciale pour l'alimentation des veaux. Les vaches nécessitent une alimentation équilibrée pendant cette période, avec un lait composé à 3,6% de matières grasses, démontrant la qualité de leur régime alimentaire pour maintenir santé et productivité selon les chercheurs qui ont travaillé sur la ferme RCA. Ensuite, dans le cas de la ferme du RCA, l'élevage des veaux est également une activité importante. Cette ferme a un troupeau de 97 veaux. Ces veaux naissent avec un poids moyen de 40,0 kg et sont vendus à l'âge de 8,5 mois avec un poids moyen de 304,1 kg. Cela signifie qu'ils ont un gain quotidien de 1,02 kg/j. Le poids moyen des veaux entre 3 mois et la vente est de 218,0 kg (MAPAQ, 2019). Les chercheurs de cette étude ont noté que le facteur d'émission des veaux (lait et grain) est relativement bas, car ces animaux nécessitent moins d'énergie et utilisent une partie de cette énergie sous forme de lait et de grains, lesquels ont une digestibilité plus élevée.

4.3.6.3.1 Quantités de fumier à gérer

Les veaux nourris au lait et au grain produiront une quantité de fumier qui dépend de plusieurs facteurs, notamment la durée de l'élevage et la gestion des déjections (CRAAQ, 2011). En moyenne, chaque veau peut générer entre 1 et 2 kg de fumier par jour. En ce qui concerne les bouvillons et les vaches de réforme, ces animaux, en raison de leur taille et de leur alimentation, produisent des quantités de fumier plus importantes. Un bouvillon adulte peut produire jusqu'à 25 kg de fumier par jour, tandis que les vaches de réforme, souvent élevées dans des conditions similaires, génèrent des quantités comparables (PBQ, 2022).

4.3.6.3.2 Quantités de litière (paille ou sable)

Pour la gestion des déjections, la paille ou le sable est utilisé comme litière. On estime qu'environ 1 à 2 kg de paille ou de sable par jour par veau peut être nécessaire (FAO, 2019).

4.3.6.3.3 Bâtiments

La superficie des bâtiments nécessaires dépend du nombre de veaux. En moyenne, on recommande environ 2 à 3 mètres carrés par veau. Pour 97 veaux par exemple, cela équivaudrait à une superficie d'environ 194 à 291 mètres carrés. Les coûts de construction des bâtiments varient, mais en moyenne, la construction de bâtiments d'élevage peut coûter entre 50 et 200 dollars par mètre carré. Pour 97 veaux, les coûts de construction peuvent donc varier de 9 700 à 58 200 dollars (Dutertre, 2021).

4.3.6.3.4 Machinerie

L'équipement d'alimentation, essentiel pour fournir une alimentation équilibrée, peut coûter entre 5 000 et 20 000 dollars. Les chiffres fournis sont spécifiques aux coûts de l'équipement d'alimentation. Ces coûts peuvent varier en fonction de divers facteurs tels que la taille de l'équipement, la complexité des fonctionnalités, la marque, et d'autres spécifications techniques. Le nombre de têtes de bovins peut influencer le choix de l'équipement en fonction des besoins de l'exploitation, mais les coûts ne sont pas directement liés à un nombre spécifique de têtes. L'équipement de gestion des déjections, tel que des épandeurs ou des dispositifs de compostage, peut varier de 10 000 à 50 000 dollars ou plus, selon la taille de l'élevage (Fournier et Cinq-mars 2002).

4.3.6.3.5 Énergie

La consommation d'électricité peut varier en fonction de la taille de l'exploitation. En moyenne, un élevage de cette taille pourrait consommer entre 5 000 et 15 000 kWh par an. La consommation de carburant dépend de l'utilisation de la machinerie agricole et peut varier de 500 à 2 000 litres par an (Énergie+, 2021).

4.3.6.3.6 Aliments

La consommation alimentaire dépend du régime alimentaire, mais en moyenne, chaque veau peut consommer entre 3 et 5 kg d'aliments par jour (Gouvernement du Canada, 2023).

4.3.6.4 Émissions directes

Un rapport de la FAO publié en décembre 2023 (et repris par le Journal de Montréal), présente des sources d'émission directes majeures de GES reliées à l'élevage regroupées en plusieurs postes clés. Lors de la création d'un jeu de données d'inventaire du cycle de vie, cette référence pourra être utilisée pour documenter les émissions de GES reliées à :

- la fermentation entérique, qui constitue une source significative d'émissions de méthane, provenant de l'activité biologique des animaux
- la gestion des déjections, englobant les pratiques de pâturage, les installations d'élevage et le stockage, qui entraîne des émissions de méthane et de protoxyde d'azote (FAO, 2013).

Les apports azotés, provenant des fertilisations organiques et minérales, ainsi que des phénomènes de nitrification et dénitrification, contribuent aux émissions de protoxyde d'azote. Parallèlement, l'énergie directe consommée dans le cadre de l'élevage induit des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et cette donnée devra être ajustée au contexte Québécois en utilisant le mix de production d'électricité représentatif du Québec.

Les émissions directes, telles que celles résultant de la fermentation entérique des bovins, contribuent aux émissions de GES. Ces émissions peuvent être quantifiées en fonction du nombre de têtes de bétail et des pratiques d'alimentation (IRDA, 2017)

Selon une étude réalisée par le MAPAQ en 2017, les émissions de GES en élevage de bovins de boucherie au Québec ont été quantifiées en prenant en compte plusieurs opérations à la ferme. Cela inclut les émissions de CH₄ de la fermentation entérique des animaux, les émissions de CH₄ et de N₂O (directes et indirectes) de la gestion du fumier, les émissions directes et indirectes de N₂O au pâturage et en enclos d'hivernage causées par la déposition des fèces et de l'urine, les émissions de GES causées par l'épandage ainsi que les émissions de N₂O des sols sur lesquels les fertilisants sont épandus afin de cultiver du foin¹.

Les émissions moyennes de GES étaient plus élevées dans le scénario alternatif (14,7 kg d'équivalents CO₂ kg-1 veaux produits) que dans les scénarios traditionnels (13,5 kg d'équivalents CO₂ kg-1 veaux produits) en raison des émissions entériques de CH₄ plus élevées chez les animaux élevés à l'extérieur en hiver

4.3.6.4.1 Émissions de GES liées aux méthodes d'élevage bovin au Québec

Au Québec, une étude menée par l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) en 2015, a évalué les émissions de GES dans les fermes bovines, en analysant deux approches : l'élevage traditionnel en bâtiment et l'élevage alternatif avec enclos d'hivernage, dans les régions du Bas-Saint-Laurent et de l'Estrie. L'étude a pris en compte les émissions de méthane (CH₄) et de protoxyde

d'azote (N₂O) provenant de la fermentation entérique, de la gestion du fumier, et des pratiques de pâturage et d'épandage.

Les résultats montrent que les émissions moyennes de GES sont plus élevées dans le scénario alternatif (14,7 kg d'équivalents CO₂ /kg de produit) par rapport au scénario traditionnel (13,5 kg d'équivalents CO₂ /kg de produit), principalement en raison de la fermentation entérique plus importante chez les animaux en extérieur durant l'hiver. Les émissions entériques de CH₄ sont particulièrement marquées dans le Bas-Saint-Laurent, en raison des conditions climatiques plus froides.

Cependant, le scénario alternatif présente des émissions liées à la gestion du fumier 7 % inférieures grâce à une gestion plus restreinte des déjections. L'étude révèle que 64 % des exploitations de vaches et veaux au Québec se concentrent dans cinq régions, dont la Chaudière-Appalaches (18 %) et l'Estrie (15 %). L'IRDA a donc mené des échantillonnages d'aliments et de déjections pour ces deux approches dans ces régions, avec des analyses basées sur la méthode de Tiers 2 du GIEC pour calculer les facteurs d'émission de CH₄ et N₂O.

Tableau 4.2. Variantes climatiques pour les deux régions à l'étude (source : IRDA 2015)

	Bas-St-Laurent	Estrie
Température moyenne (hiver)	-6 °C	-1,7 °C
Période au pâturage	Mi-mai à mi-octobre (5 mois)	1 ^{er} mai au 31 octobre (6 mois)
Alimentation	Fléole des prés et brome (1 ^{re} coupe, sec)	Fléole des prés (1 ^{re} coupe)
	Trèfle, Fléole des prés et brome (1 ^{re} coupe, ensilage)	Fléole des prés (2 ^e coupe)
		Maïs ensilage
	Avoine (veaux et génisses)	Grains (mélange maïs, avoine et orge (veaux))
	Pâturage	Pâturage
Type de sol	Loam	Loam sableux

4.3.6.4.2 Fermentation entérique

La composition de la diète a été déterminée en se basant sur les informations fournies par les éleveurs de fermes modèles de chaque région (voir Tableau 4.3). En analysant la nature de chaque composant alimentaire, la digestibilité de l'ensemble de la diète a pu être déterminée, notée DA (cf. Tableau 4.4). Cette valeur DA est cruciale pour estimer la quantité d'énergie brute consommée (voir Tableau 4.5). L'apport alimentaire quotidien (en kg MS par tête) a ensuite été déduit en divisant l'énergie brute consommée (en MJ par jour) par la concentration énergétique des aliments (en MJ par kg).

Tableau 4.3. Composition de la diète (source IRDA 2015)

	Vaches		Veaux		Génisses	
	Proportion	Quantité kg MS tête jr ⁻¹	Proportion	Quantité kg MS tête jr ⁻¹	Proportion	Quantité kg MS tête jr ⁻¹
Bas-St-Laurent						
Fléole des prés, brome (sec)	58,6%	8,66	13,4%	0,24	54,3%	6,35
Trèfle, fléole des prés, brome (ensilage)	20,5%	3,03	4,7%	0,08	19,0%	2,22
Avoine	--		77,1%	1,37	7,5%	0,87
Pâturage	20,8%	3,08	4,8%	0,09	19,3%	2,25
Etrie						
Fléole des prés, 1 ^{re} coupe	26,6%	3,47	15,9%	0,25	24,5%	2,58
Fléole des prés (2 ^e coupe)	23,4%	3,05	13,9%	0,25	21,5%	2,27
Maïs ensilage	12,5%		--	0,85	11,5%	0,85
Grains (maïs, avoine, orge)	--	5,54	47,6%	0,40	8,1%	3,64
Pâturage	37,5%	1,63	22,4%		34,5%	1,22

Tableau 4.4. Caractéristiques principales de la diète (source IRDA 2015)

	Unité	Vaches	Veaux	Génisses
Bas-St-Laurent				
Digestibilité (DA)	%	61,9	75,2	63,1
Teneur en énergie brute	MJ kg ⁻¹ M.S.	16,2	16,5	16,2
Estrie				
Digestibilité (DA)	%	61,9	75,2	63,1
Teneur en énergie brute	MJ kg ⁻¹ M.S.	16,2	16,5	16,2

4.3.6.4.3 Détermination des facteurs d'émissions

Les facteurs d'émissions, illustrés dans le Tableau 4.5, ont été définis à partir de l'équation en Annexe B. Il est à noter que plus l'animal a des besoins élevés en énergie brute, plus le taux d'émissions de CH₄ est conséquent. Dans le scénario alternatif, les animaux passent leur hiver à l'extérieur, dans des enclos d'hivernage. Cette exposition au froid augmente leur besoin en énergie nette pour survivre. De plus, en évoluant dans un espace non confiné, leur niveau d'activité est supérieur, ce qui accroît également leurs besoins énergétiques. Par conséquent, le facteur d'émissions résultant de la fermentation entérique est plus élevé pour chaque type d'animal dans ce scénario, comparativement au scénario de référence. De surcroît, étant donné que la température moyenne hivernale est plus basse au Bas-St-Laurent qu'en Estrie, la région plus septentrionale présente un facteur d'émission supérieur. Pour les veaux, ce facteur est relativement bas. En effet, leur besoin en énergie est moindre et une portion importante de cette énergie est obtenue à partir du lait et des grains, qui présentent une digestibilité supérieure.

Tableau 4.5. Demande en énergie brute et facteurs d'émissions de CH₄ de la fermentation entérique (source IRDA 2015)

	Énergie brute consommée	Facteur d'émission
	MJ jour ⁻¹	kg CH ₄ animal ⁻¹ an ⁻¹
Scénario de référence		
Bas-St-Laurent		
Vaches	216	92.1
Veaux	109	21.3
Génisse	177	75.6
Estrie		
Vaches	208	88.6
Veaux	112	21.9
Génisse	169	71.9
Scénario alternatif		
Bas-St-Laurent		
Vaches	250	106.7
Veaux	121	23.7
Génisse	202	86.2
Estrie		
Vaches	235	100.3
Veaux	123	24.0
Génisse	189	80.5

4.3.6.5 Gestion du fumier et émissions de CH₄

L'une des principales variables impactant les émissions de CH₄ provenant de la gestion des fumiers est la quantité d'azote excrétée annuellement par les animaux. Notons que, du fait de la teneur légèrement plus élevée en solides volatils (SV) des fèces observés à la ferme du Bas-St-Laurent (cf tableau 4.6), le taux d'émission de CH₄ est supérieur en Estrie. Par ailleurs, le coefficient de conversion en méthane (FCM) est plus élevé pour la gestion du fumier solide (2%) comparé à celle au pâturage. Étant donné que les animaux passent davantage de temps au pâturage en Estrie, cela a pour effet de diminuer le taux d'émission dans cette région, comme le montre le Tableau 4.7. De surcroît, dans le scénario alternatif avec enclos d'hivernage, 15% des déjections ne sont pas traitées et restent au sol, rendant les émissions pour ce scénario inférieures à celles du scénario de référence.

Tableau 4.6. Principales caractéristiques des déjections échantillonnées (source IRDA 2015)

		Bas-St- Laurent	Estrie
M.S.	%	14,6	12,9
N total	mg kg ⁻¹	3281	3263
M.O.	%	88,1	87,9
S.V.	%	12,9	11,3
N-NH₄	mg kg ⁻¹	524,8	151,3
P	mg kg ⁻¹	576,5	1200,3
K	mg kg ⁻¹	2176,5	1353,3
Ca	mg kg ⁻¹	2837,8	2298,3
Mg	mg kg ⁻¹	658,5	843,3
Na	mg kg ⁻¹	88,6	208,7

Tableau 4.7. Facteurs d'émissions de CH₄ de la gestion des fumiers (kg CH₄ animal⁻¹ an⁻¹) – (Source IRDA 2015)

	Vaches	Veaux	Génisses
Scénario de référence			
Bas St-Laurent	4.330	1.493	2.757
Estrie	3.598	1.241	2.290
Scénario Alternatif			
Bas St-Laurent	4.091	1.686	3.112
Estrie	3.418	1.179	2.176

4.3.6.5.1 Émissions directes de N₂O liées à la gestion du fumier

La quantité de N₂O émise suite à la gestion du fumier, présentée dans le Tableau 4.9, est directement influencée par la quantité d'azote excrété annuellement, dont les détails se trouvent dans le Tableau 4.8. Cette quantité est déterminée en fonction de la concentration en azote des déjections, renseignée dans le Tableau 4.7, ainsi que du volume de déjections produites par chaque catégorie d'animaux (Godbout et al., 2019). Toutefois, la concentration en azote observée est inférieure à la valeur de référence du CRAAQ, qui est établie à 4800 mg N_{total} kg⁻¹, et aux valeurs recommandées par le GIEC (Craaq 2020). Par conséquent, il est possible que les émissions de N₂O aient été sous-estimées, en particulier si les concentrations plus basses constatées dans cette étude résultent d'erreurs lors de la collecte des échantillons de déjections.

Tableau 4.8. Excrétion d'azote calculées selon la teneur en azote mesurée et le volume de déjections ($\text{kg}_N \text{ animal}^{-1} \text{ an}^{-1}$) – (Source IRDA 2015)

	Vaches	Veaux	Génisses
Bas St-Laurent	51,9	17,9	33,0
Estrie	51,6	17,8	32,9

Tableau 4.9. Facteurs d'émissions directes de N_2O de la gestion des fumiers ($\text{kg N}_2\text{O animal}^{-1} \text{ an}^{-1}$) – (Source IRDA 2015)

	Vaches	Veaux	Génisses
Scénario de référence			
Bas St-Laurent	0,952	0,328	0,606
Estrie	0,811	0,280	0,516
Scénario Alternatif			
Bas St-Laurent	0,809	0,279	0,515
Estrie	0,689	0,238	0,439

4.3.6.5.2 Émissions indirectes de N_2O liées à la gestion du fumier

Les émissions indirectes de N_2O liées à la gestion du fumier découlent principalement de la lixiviation et de la volatilisation de l'azote. Ces émissions sont en rapport direct avec la quantité d'azote excrétée annuellement, comme le montre le Tableau 4.10. De ce fait, elles sont plus prononcées au Bas-St-Laurent qu'en Estrie. De plus, les émissions indirectes de N_2O sont plus importantes dans le scénario de référence par rapport au scénario alternatif.

Tableau 4.10. Facteurs d'émissions indirectes de N_2O de la gestion des fumiers ($\text{kg N}_2\text{O animal}^{-1} \text{ an}^{-1}$) – (Source IRDA 2015)

	Vaches	Veaux	Génisses
Scénario de référence			
Bas St-Laurent	0,143	0,049	0,091
Estrie	0,122	0,042	0,077
Scénario Alternatif			
Bas St-Laurent	0,121	0,042	0,077
Estrie	0,103	0,036	0,066

4.3.6.5.3 Émissions de N_2O liées aux pâturages

En Estrie, les émissions de N_2O issues des pâturages, comme le montre le Tableau 4.11, sont supérieures. Cette situation s'explique par le fait que les animaux y séjournent plus longtemps, soit pendant 6 mois, contrairement au Bas-St-Laurent où ils y passent 5 mois.

Tableau 4.11. Facteurs d'émissions indirectes de N₂O issus des pâturages (kg N₂O animal⁻¹ an⁻¹)
– (Source IRDA 2015)

	Vaches	Veaux	Génisses
Scénario de référence			
Bas St-Laurent	0,211	0,073	0,134
Estrie	0,251	0,087	0,160
Scénario Alternatif			
Bas St-Laurent	0,255	0,088	0,162
Estrie	0,289	0,100	0,184

4.3.6.6 Épandage

4.3.6.6.1 Stratégies Agronomiques

Le Tableau 4.12 détaille les quantités de fumier générées selon chaque stratégie agronomique. Dans le scénario de référence, une quantité accrue de fumier nécessite un épandage, car l'intégralité du liquide est retenue dans des structures d'entreposage hermétiques. Dans ce même scénario, il a été estimé une perte de liquide, due au ruissellement et à la lixiviation, à hauteur de 388 t par an au Bas-St-Laurent et 325 t par an en Estrie.

Il est à noter que la production de fumier au Bas-St-Laurent est supérieure à celle d'Estrie. Cette différence s'explique par le fait que les animaux y demeurent plus longuement en espace confiné (comme les enclos d'hivernage) où le fumier est collecté, contrairement aux zones de pâturage.

Tableau 4.12 – Quantité de fumier à gérer (t.an⁻¹) selon la stratégie agronomique – (Source IRDA 2015)

	Bas-St-Laurent		Estrie	
	Masse (t an ⁻¹)	TEE (%)	Masse (t an ⁻¹)	TEE (%)
Scénario de référence				
Déjections vaches	1079,5	90,2	925,3	90,2
Déjections veaux	154,3	89,4	110,2	89,4
Déjections génisses	52,9	90,8	45,3	90,8
Litière vaches	89,7	3,5	76,9	3,5
Litière veaux	10,3	3,5	7,4	3,5
Litière génisses	4,0	3,5	3,4	3,5
Fumier à épandre	1390,7	83,6	1168,5	83,6
Scénario Alternatif				

Déjections vaches	917,6	90,2	786,5	90,2
Déjections veaux	131,1	89,4	93,7	89,4
Déjections génisses	44,9	90,8	38,5	90,8
Litière vaches	74,7	3,5	64,1	3,5
Litière veaux	10,3	3,5	7,4	3,5
Litière génisses	4,0	3,5	3,4	3,5
Total (production)	1182,7	83,6	993,6	83,6
Liquide excédentaire	388,0		325,0	
Fumier à épandre	794,7	75,6	668,6	75,6

4.3.6.6.2 Émissions de GES reliées à l'épandage du fumier

Les données du Tableau 4.13 révèlent que les émissions de GES provenant de l'épandage des fertilisants sont plus importantes dans le scénario alternatif par rapport au scénario de référence. De manière complémentaire, il est noté que ces émissions se révèlent légèrement supérieures en Estrie par rapport au Bas-Saint-Laurent. Cette observation met en lumière le fait que, dans le contexte de la région de l'Estrie, les émissions de GES sont minimales dans le scénario de référence, en raison de la quantité de fumier disponible, qui est suffisante pour répondre aux besoins en fertilisants.

Tableau 4.14. Émissions de GES de l'épandage (kg d'équivalents CO₂ an⁻¹) – (Source : IRDA 2015).

	Scénario de référence		Scénario alternatif	
	Bas-St-Laurent	Estrie	Bas-St-Laurent	Estrie
Fabrication de machinerie	448,4	458,3	451,3	451,3
Fabrication du diesel	435,1	483,4	460,2	454,9
Fabrication des fertilisants	-	711,9	1298,9	1789,2
Combustion du diesel	1694,1	1882,0	1791,6	1771,1
Épandage des fertilisants (N₂O du sol)	71 657,7	76 503,7	89 525,9	91 832,9
Total	74 235,5	80 039,3	93 527,9	96 299,4

4.3.7 Engraissement

Au Québec et au Canada, une fois les veaux d'embouche atteignant l'âge de 7 à 10 mois et un poids d'environ 500 à 800 lb (225 kg à 360 kg), ils sont dirigés vers des parcs d'engraissement (Société des parcs

d'engraissement du Québec, 2022a). Dans ces parcs, les bouvillons séjournent pendant 8 à 10 mois supplémentaires, atteignant un poids d'environ 1450 lb (658 kg). Pendant cette période, leur alimentation est spécifiquement élaborée pour favoriser une croissance rapide et atteindre le poids désiré qui correspond aux normes de l'industrie de la viande bovine. Les quantités d'aliments fournies varient en fonction du poids initial des bovins et des objectifs de poids à atteindre. L'objectif de poids à atteindre dépend du marché visé et des normes de l'industrie (Les frères Benoit et Éric Desrosiers, 2020). En général, les bovins en phase d'engraissement peuvent prendre entre 1,2 et 1,5 kg de poids par jour. La durée de la phase d'engraissement varie, mais elle est souvent planifiée pour atteindre un poids optimal dans les 120 à 180 jours (MAPAQ, 2019).

4.3.8 Alimentation

Les bovins sont principalement herbivores, ils se nourrissant d'herbe, de fourrage et parfois de grains (Messier, 2019). Le régime alimentaire peut varier en fonction de la région et du type de ferme. Pour un troupeau de 130 bovins, on a besoin d'environ 8 à 10 tonnes de fourrage par mois. La qualité et la variété de l'alimentation ont un impact sur la croissance et la qualité de la viande.

En moyenne, un bovin en phase d'engraissement peut consommer entre 2,5 et 3 % de son poids corporel en alimentation sèche par jour. Cela peut se traduire par des rations quotidiennes de 8 à 10 kg de grains, 3 à 4 kg de foin et 1 à 2 kg de suppléments concentrés (Association canadienne des bovins, 2023).

Selon Les Producteurs Laitiers du Canada (2019), le régime alimentaire des vaches au Canada est minutieusement élaboré, mettant en avant l'herbe comme composant central et incorporant une variété de cultures. Les choix alimentaires des producteurs, tels que l'utilisation de foin sec ou d'ensilage, dépendent de facteurs tels que le climat et le type de sol. Outre l'herbe, les vaches tirent des éléments nutritifs essentiels de différentes cultures telles que le maïs, l'orge, le trèfle, le foin de luzerne, l'avoine et le soya.

Un aspect intrigant du régime alimentaire des vaches réside dans leur consommation intégrale de la plante, englobant feuilles et tiges. Cette approche diversifiée leur permet d'obtenir une gamme complète de nutriments. En moyenne, une vache mature ingère quotidiennement environ 29 kg d'aliments et consomme entre 80 et 180 litres d'eau.

La consommation équilibrée de ces ruminants soutient leur activité quotidienne, caractérisée en grande partie par le processus de rumination, essentiel à une digestion efficace. Ces habitudes alimentaires révèlent la complexité et l'adaptabilité des vaches, garantissant leur bien-être et leur productivité dans les exploitations laitières.

Selon Les producteurs de bovins du Québec (2022), les besoins du veau de grain en termes de protéines et d'énergie présentent une relation inverse au fil du temps. Initialement, le besoin en protéines est maximal et diminue progressivement à mesure que le veau vieillit, tandis que le besoin en énergie suit une trajectoire opposée.

Étant donné que la capacité d'ingestion du veau augmente de manière constante et que le mélange d'aliments est accessible à volonté, le contrôle de la concentration du mélange permet d'atteindre le bon équilibre en termes d'énergie et de protéines. Ainsi, la source d'énergie, représentée par le maïs, prend de plus en plus d'importance dans la ration, tandis que la source de protéines, symbolisée par le supplément protéique, diminue.

En pratique, la consommation quotidienne du supplément protéique demeure relativement stable tout au long de la période d'engraissement jusqu'à la vente, oscillant entre 1,3 kg et 1,7 kg par jour. En revanche, la quantité de maïs ingéré augmente progressivement pour constituer 75 à 80 % du mélange.

Le tableau suivant présente un exemple concret de plan d'alimentation qui pourrait être mis en œuvre :

Tableau 4.15. Exemple de plan d'alimentation pour les veaux de grain

	(lb)	36 % Servi à volonté	% 100 % MS
Pouponnière	90-200	2,0/1	20,1
Engraissement	200-250	2,0/1	20,1
	250-350	2,5/1	18,8
	350-450	3,0/1	17,6
	450-550	3,5/1	16,7
	550 et +	4,0/1	16,1

Source : Les producteurs de bovins du Québec, 2022

4.3.9 Gestion des déjections

La gestion des fumiers au Canada est étudiée à travers les résultats de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale (EGA) de 2001 (voir Annexe C), avec un accent particulier sur les fermes élevant du bétail, qu'il s'agisse ou non de la production principale de l'exploitation. Les données de l'EGA de 2001 révèlent une diversité de pratiques à l'échelle nationale. Près de la moitié du fumier épandu en 2001 a été laissé à la surface du sol ou incorporé une semaine après l'épandage, tandis que 17,7 % a été injecté ou incorporé le jour même. Les fermes avec de grands troupeaux étaient plus enclines à injecter ou incorporer une proportion plus importante de fumiers lors de l'épandage. De plus, la plupart des fermes n'ont pas utilisé d'additifs alimentaires ou de stratégies d'alimentation pour réduire la teneur en éléments fertilisants des fumiers.

Quant aux pratiques spécifiques, plus de la moitié du fumier de bovins de boucherie a été laissé à la surface ou incorporé dans le sol après plus d'une semaine, tandis que 38,5 % du fumier de porcs a été injecté ou incorporé le jour même. Environ 40,4 % des plus grandes fermes porcines utilisaient des additifs alimentaires ou des rations pour réduire la teneur en éléments fertilisants des fumiers. Près du quart des fermes utilisaient des méthodes de contrôle des odeurs, avec une proportion plus élevée chez les fermes porcines. Environ un quart du fumier produit se trouvait dans des fermes avec des plans officiels de gestion des fumiers, conformes à la réglementation gouvernementale ou conçus pour répondre aux préoccupations environnementales.

En termes d'adoption de meilleures pratiques de gestion (MPG), 32,6 % du fumier provenait de fermes ayant totalement adopté ces MPG, tandis que 15,9 % provenait de fermes ayant partiellement adopté ces pratiques. Enfin, 41,7 % du fumier provenait de fermes dont les répondants déclaraient ne pas connaître les MPG de leur région liée au fumier.

4.3.9.1 Marchés de Production

Au Québec, le marché de la viande de bœuf est vaste et diversifié. Les producteurs locaux fournissent de la viande de haute qualité aux marchés locaux et régionaux. Les ventes directes aux consommateurs, telles que les marchés fermiers et les boucheries locales, sont courantes. La viande de bœuf québécoise est également exportée vers d'autres provinces canadiennes et des marchés internationaux, contribuant ainsi à l'économie du Québec (PBQ., 2021).

CHAPITRE 5

DISCUSSION

5.1 Retour sur les objectifs du projet

L'objectif général de cette recherche était de collecter des données plus robustes afin d'améliorer l'inventaire du cycle de vie (ICV) de la viande de bœuf consommée au Québec. Ce travail a également poursuivi plusieurs objectifs spécifiques, notamment la définition des étapes clés du cycle de vie, la collecte des données sur la consommation et la production de la viande de bœuf, ainsi que l'identification des points critiques pour mieux refléter les impacts environnementaux.

En premier lieu, la définition des étapes du cycle de vie a permis de détailler les différentes phases, de la production à la consommation finale de la viande. Le cadre méthodologique mis en place a été essentiel pour structurer la collecte de données, avec une attention particulière portée à la production (naissance, engraissement, alimentation) et à la consommation (stockage, cuisson, gaspillage). Cette étape a révélé une fragmentation des sources de données, avec des lacunes notables, particulièrement en ce qui concerne les pratiques de production locale.

Le deuxième objectif consistait à améliorer la collecte des données de consommation. Il ressort que les habitudes alimentaires québécoises sont fortement ancrées dans la consommation de viande bovine, malgré une certaine variabilité dans les méthodes de cuisson et de stockage. Les pertes alimentaires et le gaspillage sont également des aspects à ne pas négliger dans l'analyse de l'impact environnemental mais semblent relativement mal documentées. L'épicerie et la distribution jouent un rôle crucial, notamment en termes de pertes dans les chaînes d'approvisionnement, et là encore de nombreuses lacunes persistent. Cependant de nombreux points importants ont pu être améliorés en ce qui concerne la provenance de la viande de bœuf consommée au Québec. Étant donné qu'elle provient principalement de l'Alberta et des États-Unis, deux régions pour lesquelles l'ACV de la production bovine est relativement bien documentée, ce travail de recherche pave la voie à la création de données d'inventaire robuste pour la viande de bœuf consommée au Québec.

Enfin, l'analyse des pratiques de production de la viande de bœuf au Québec permet de compléter les données de la littérature concernant le bœuf produit en Alberta et aux États-Unis afin d'avoir un portrait plus complet et fiable de la viande de bœuf consommée au Québec. Dans les limites de ce travail, on peut

souligner l'absence de données collectées à propos de la production de bœuf en Ontario, qui est l'une des quatre régions principales de provenance de la viande de bœuf consommée au Québec. Il sera important soit de s'assurer que le bœuf produit au Québec est un proxy acceptable pour le bœuf produit en Ontario, soit de réaliser une collecte de données complémentaire pour mieux documenter cette source d'approvisionnement en viande de bœuf pour le Québec.

5.2 Perspectives

Dans le cadre de ce travail de recherche, la voie a été pavée à la création de jeux de données d'inventaire du cycle de vie pour pouvoir réaliser l'ACV de la viande de bœuf consommée au Québec. Ces données d'inventaire du cycle de vie pourront enrichir et rendre plus robuste la base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation au Québec. Elles devraient permettre de combler l'une des plus importantes lacunes identifiées par Patouillard et al. (2023) pour le volet alimentation de cette base de données : la viande de bœuf est l'un des plus importants contributeurs à l'empreinte carbone de l'assiette du Québécois moyen, mais c'est aussi l'une des données les moins fiables. Les nouveaux jeux de données qui pourront être créés à l'aide des données collectées dans ce mémoire devraient combler cette lacune importante.

Ces futurs nouveaux jeux de données sont importants afin de pouvoir, en les analysant avec une méthode d'évaluation des impacts du cycle de vie à l'aide d'un logiciel d'ACV, calculer non seulement une empreinte carbone, mais une empreinte environnementale complète de la viande de bœuf « moyenne » consommée au Québec. À la lumière de ce travail, il est évident que l'empreinte environnementale de la viande consommée au Québec va différer grandement de l'empreinte environnementale de la viande produite au Québec puisque 1-l'essentiel de la viande consommée au Québec n'est pas produite localement et 2- Il y a des impacts potentiels à plusieurs autres étapes du cycle de vie que celle de la production.

Au delà de permettre de dresser un portrait moyen de l'empreinte environnementale, les données collectées dans ce mémoire et les jeux de données qui en résulteront pourront également être intégrés dans différents outils et calculateurs permettant d'éclairer les choix des consommateurs : il sera possible de comparer la performance environnementale du bœuf de diverses provenances ou produit à l'aide des différentes pratiques agricoles qu'il a été possible de documenter.

L'Alberta, considérée comme l'un des principaux centres de production bovine au Canada, se caractérise par des systèmes d'élevage intensifs et bien structurés, favorisés par des prairies étendues et des infrastructures adaptées. Les études existantes révèlent que la gestion du fumier et les émissions de méthane issues de la fermentation entérique représentent des défis majeurs pour la durabilité environnementale dans cette région. Aux États-Unis, en particulier dans les États du Midwest, la production de bœuf est marquée par une intensification accrue, ce qui conduit à des émissions substantielles de gaz à effet de serre (GES), notamment en raison de la gestion des déjections animales et des pratiques d'engraissement. L'Ontario partage des caractéristiques similaires avec l'Alberta, mais avec une échelle de production légèrement inférieure. En revanche, la production de bœuf au Québec se distingue par des pratiques adaptées aux conditions climatiques plus rigoureuses et une gestion des terres plus fragmentée. Les données recueillies montrent que la production au Québec implique des systèmes intégrés, où la gestion du fumier et les émissions de CH₄ sont influencées par des pratiques spécifiques de gestion des pâturages et d'épandage. L'analyse des jeux de données devrait permettre dans le futur d'évaluer et de comparer la performance environnementale de ces différents systèmes de production et éventuellement de guider l'identification des meilleures stratégies pour améliorer cette performance environnementale.

CONCLUSION

Il est évident que le Québec joue un rôle prépondérant dans le domaine de l'élevage et de la consommation de viandes, notamment en ce qui concerne le bœuf et le veau. La province combine habilement tradition, savoir-faire et nouveauté afin de proposer des produits de haute qualité, aussi bien sur le marché local qu'à l'échelle internationale.

La consommation de viande bovine au Québec génère d'importants impacts environnementaux, aggravant le changement climatique par la déforestation et la production de méthane. Ces conséquences incluent une surconsommation d'eau, une pollution par les déchets agricoles et une utilisation intensive d'engrais. Pour atténuer ces défis, il est crucial de promouvoir des pratiques agricoles durables et d'encourager des régimes alimentaires orientés vers les végétaux. Cependant, des données limitées dans l'inventaire du cycle de vie entravent la compréhension précise de l'empreinte environnementale de la viande de boeuf, nécessitant des améliorations pour guider les politiques et encourager des pratiques de production et de consommation plus durables.

La consommation de viande de bœuf au Québec traverse des étapes clés, de l'achat à la fin de vie du produit. Des éléments cruciaux tels que le stockage, la distribution, la production bovine et l'approvisionnement alimentaire influent sur l'impact environnemental global. Malgré des normes strictes, des pertes inévitables surviennent, mais des efforts de recyclage et de réduction des déchets sont déployés pour minimiser cet impact.

La consommation annuelle de viande de bœuf par habitant au Québec, dépassant la moyenne nationale, s'élève à 34,5 kg en 2018. Bien que la production locale ne réponde pas à la demande, 85% provient d'autres provinces et de l'étranger. Les modes de préparation courants, les circuits de distribution et les pratiques d'emballage présentent des défis logistiques et environnementaux. Malgré une tendance croissante vers le végétalisme, 92% des Canadiens, dont 65% des Québécois, consomment du bœuf, principalement sous forme hachée.

L'étude met en lumière la disponibilité de données pour l'Alberta et les États-Unis, soulignant la nécessité d'une collecte spécifique au Québec. Elle décrit les étapes, de la naissance des veaux à l'abattage, mettant en avant la forte concentration dans le secteur du veau. Les intrants, sortants, émissions de GES et gestion

des fumiers sont détaillés, soulignant des pratiques d'élevage diverses, des taux de naissance régionaux variés, et le rôle prédominant du Québec dans le secteur du veau.

Il est clair que des efforts continus sont nécessaires pour réduire l'impact environnemental de la consommation de viande de bœuf. Cela pourrait impliquer des initiatives pour promouvoir des pratiques agricoles plus durables, encourager des régimes alimentaires plus axés sur les alternatives ayant le moins d'impact environnemental. Pour cela, des efforts pour minimiser l'impact environnemental à chaque étape du cycle de vie de la viande de bœuf, de l'achat à la fin de vie du produit, seront également importants et des données robustes permettront de prendre de meilleures décisions.

En somme, bien que la situation actuelle présente des défis, elle offre également des opportunités pour l'innovation et l'amélioration dans la manière dont nous produisons et consommons la viande de bœuf. Une approche holistique, combinant des efforts pour améliorer la collecte de données, promouvoir des pratiques agricoles durables et encourager des choix alimentaires écoresponsables, est essentielle pour atténuer l'impact environnemental de la consommation de viande bovine au Québec et jeter les bases d'un avenir plus durable.

ANNEXE A

DOCUMENTS TIRÉS D'AUTRES TRAVAUX DE RECHERCHE DE L'IRD

Calcul et approches de quantification des émissions issues de :

Pâturages

Les émissions de protoxyde d'azote (N_2O) issues des pâturages et des enclos d'hivernage (représentant 15% des déjections non gérées sous forme de tas dans les champs) ont été quantifiées selon la méthodologie spécifique au pays, telle qu'énoncée dans le rapport sur l'inventaire national (Environment and Climate Change Canada, 2017). Ces calculs englobent les émissions directes de N_2O résultant de la déposition d'urine et de fèces, ainsi que les émissions indirectes découlant de la lixiviation et de la volatilisation de l'azote.

Épandage et volumes de fumier

Pour chaque scénario et ses variantes régionales, nous avons défini un scénario d'épandage et évalué les volumes de fumier à épandre. Cette évaluation a pris en compte la production présumée de déjections, basée sur les données de la fiche sur la production de déjections animales (Brassard et al., 2012) pour les vaches de boucherie pesant 600 kg, les veaux et les génisses, ainsi que la quantité de litière utilisée. Dans le cas des enclos d'hivernage, nous avons considéré 85% des déjections produites (la partie grattée des zones de repos et d'alimentation). Les déjections générées dans les pâturages n'ont pas été prises en compte. Dans le scénario de référence, tout le fumier produit est stocké dans une structure étanche couverte puis épandu dans les cultures de foin.

Dans le scénario alternatif, nous avons estimé le volume de liquide lixivié, qui est dispersé directement sur une bande végétative de 132 m² par vache-veau. Le volume de liquide lixivié a été calculé en fonction de la teneur en eau mesurée dans le fumier échantillonné sur le terrain et de la teneur en eau théorique. En d'autres termes, nous avons évalué la quantité d'eau devant être retirée pour ramener la teneur en eau du fumier de la valeur théorique à celle observée sur le terrain. Le volume de fumier épandu correspond donc au volume total théorique de fumier moins le volume excédentaire de liquide lixivié.

Caractérisation des fumiers

L'évaluation de la valeur agronomique a été réalisée à partir d'échantillons prélevés dans des exploitations types. La caractérisation du fumier sur le champ a été réalisée dans une exploitation type du Bas-Saint-Laurent, tandis que celle du fumier entreposé a été effectuée dans une exploitation type en Estrie. La composition chimique du liquide lixivié a été considérée équivalente à celle du liquide prélevé au fond de la fosse d'entreposage étanche.

Émissions de GES des opérations culturales

La méthodologie employée pour calculer la consommation de carburant due aux opérations culturales repose sur des équations issues de deux normes élaborées par l'ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers) : "Agricultural Machinery Management Data" (ASA D497.7 MAR2001; ASABE, 2011) et "Agricultural Machinery Management" (ASA EP496.3 FEB2006; ASABE, 2006). Cette méthodologie implique la détermination de la puissance requise pour effectuer une opération en fonction du tracteur et de l'équipement choisis. Cette puissance est ensuite utilisée pour calculer la consommation de carburant et les émissions de GES associées à chaque opération. Les facteurs d'émissions pour la combustion du diesel sont de 2733 g d'équivalents CO₂ par litre (Baker et al., 2015), tandis que ceux liés à la fabrication et au transport du diesel s'élèvent à 702 g d'équivalents CO₂ par litre (Lattanzio, 2014).

Équations utilisées (la méthodologie de Tiers 2 du GIEC)

$$FE \text{ kg } CH_4/\text{tête}/\text{an} = \frac{EB \times \left(\frac{Y_m}{100}\right) \times 365}{55.65} \quad (1)$$

$$EB \text{ (Mj } day^{-1}) = \left[\frac{EN_s + EN_a + EN_l + EN_{\text{travail}} + EN_g}{TES} + \frac{EN_{\text{cct}}}{TEC} \right] \left/ \left(\frac{DA}{100} \right) \right. \quad (2)$$

$$EN_s \text{ (Mj } jour^{-1}) = [(Cf_i + 0.0048 \times (20 - ^\circ C)] \times \text{poids}^{0.75} \quad (3)$$

$$EN_a \text{ (Mj } jour^{-1}) = C_a \times EN_s \quad (4)$$

$$EN_{\text{cct}} \text{ (Mj } jour^{-1}) = 22.02 \times \frac{P^1}{C \times PM}^{0.75} \times PP^{1.097} \quad (5)$$

$$EN_l \text{ (Mj } jour^{-1}) = \text{lait} \times (1.47 + 0.40 \times \text{gras}) \quad (6)$$

$$EN_g \text{ (Mj } jour^{-1}) = C_{\text{gestion}} \times EN_s \quad (7)$$

$$TES = \left[1.123 - (4.092 \times 10^{-2} \times DA\%) + [1.126 \times 10^{-5} \times (DA\%)^2] - \left(\frac{25.4}{DA\%} \right) \right] \quad (8)$$

$$TEC = \left[1.164 - (5.160 \times 10^{-2} \times DA\%) + [1.308 \times 10^{-5} \times (DA\%)^2] - \left(\frac{37.4}{DA\%} \right) \right] \quad (9)$$

Émissions de GES provenant des sols fertilisés

Les émissions de GES résultant de l'application de fertilisants sur une superficie de 100 hectares de cultures de foin sont soumises à des variations en fonction des scénarios examinés. Dans le scénario de référence situé dans le Bas-Saint-Laurent, les quantités d'azote (N), de phosphore (P_2O_5) et de potassium (K_2O) appliquées s'élèvent respectivement à 54,7, 27,2 et 79,1 kg par hectare. Cependant, dans les autres scénarios, pour atteindre les niveaux de N et de P du scénario de référence dans le Bas-Saint-Laurent, il est nécessaire d'appliquer une certaine quantité d'engrais de synthèse en complément des engrais organiques.

Les émissions de protoxyde d'azote (N_2O) liées à l'épandage d'engrais organiques et d'engrais minéraux sont calculées en utilisant la méthodologie décrite par Rochette et al. (2008). Ces émissions totales englobent les émissions directes découlant de l'application des engrais, ainsi que de la décomposition des résidus de récolte. Elles incluent également les émissions indirectes résultant de la volatilisation et de la redéposition de l'azote, ainsi que du lessivage et du ruissellement de l'azote.

Valeurs références pour la période transitoire

PRODUCTION BOVINE

Se référer au texte « Modalités de reconnaissance des valeurs références pour la période transitoire »

Catégorie ¹	Durée d'élevage ¹ jrs	Rotation annuelle	Poids(kg) ¹			Fumier ²			Analyses Fumier ³				Rejets par tête produite ⁴			Rejets par 1000 kg de gain		
			Début	Fin	Gain	Type	Volume m ³ /tête	Masse kg/tête	MS %	N	P ₂ O ₅ kg/ton	K ₂ O	N	P ₂ O ₅ kg/tête	K ₂ O	N	P ₂ O ₅ kg	K ₂ O
Veau de lait Écart(+ -)	130	2,6	49	200	151	L	1,55	1 550	1,50 0,7	1,30 0,6	1,15 0,7	2,52 1,1	2,02 0,9	1,78 1,1	3,91 1,7	13	12	26
Veau de grain Écart(+ -)	185	1,8	64	286	222	S	2,37	1 778	29,3 5,5	5,40 2,2	3,13 1,3	4,20 1,9	9,60 3,9	5,56 2,3	7,47 3,4	43	25	34
Veau de grain pouponnière Écart(+ -)	51	6,0	64	95	31	L	0,66	660	1,80	1,30 0,5	1,15 0,5	1,56 0,7	0,86 0,3	0,76 0,3	1,03 0,5	28	24	33
Veau de grain finition Écart(+ -)	134	2,5	95	286	191	S	2,01	1508	29,3	5,80 2,4	3,18 1,3	4,34 2,0	8,74 3,6	4,80 2,0	6,54 3,0	46	25	34
Veau de grain finition Écart(+ -)	134	2,5	95	286	191	L	1,61	1610	10,9	5,45 2,3	2,98 1,3	4,00 1,8	8,77 3,7	4,80 2,0	6,44 2,9	46	25	34
Engraissement																		
Semi-finition Écart(+ -)	140	2,1	268	400	132	S	2,66	1995	26,9 6,5	8,55 2,8	3,80 2,7	5,95 2,3	17,1 5,6	7,58 5,4	11,9 4,6	129	57	90
Finition Écart(+ -)	160	1,9	400	634	234	S	4,64	3480	26,9 6,5	7,42 2,8	4,74 2,7	5,95 2,3	25,8 9,7	16,5 9,4	20,7 8,1	110	70	88
Bovin engraissement Écart(+ -)	265	1,2	268	634	366	S	6,36	4770	26,9 6,5	7,1 3,0	4,44 2,7	5,95 2,3	34,0 14	21,2 13	28,4 11	93	58	78
Semi-finition Écart(+ -)	140	2,1	268	400	132	L	2,80	2800	12,0 2,7	6,50 0,6	2,71 0,7	4,50 1,2	18,2 1,7	7,59 2,0	12,6 3,4	138	57	95
Finition Écart(+ -)	160	1,9	400	634	234	L	5,10	5100	12,0 2,7	5,10 0,6	3,24 0,7	4,06 1,2	26,0 3,1	16,5 3,6	20,7 6,1	111	71	88
Bovin engraissement Écart(+ -)	265	1,2	268	634	366	L	6,90	6900	12,0 2,7	5,00 0,6	3,07 0,7	4,30 1,2	34,5 4,1	21,2 4,8	29,7 8,3	94	58	81
Vache et son veau																		
Écart(+ -)	365			580	244	S	15,2	11 400	26,2 13,7	4,8 1,6	2,40 1,1	4,92 2,6	54,7 18,2	27,4 12,5	56,1 29,9	224	112	230
Génisse (8 - 15 mois)	365		244	463	218	S	7,30	5 475	26,2	4,8	2,40	4,92	26,3	13,2	26,9	121	60	124
Taure (15 mois +)	365		463	580	131	S	10,9	8 175	26,2	4,8	2,40	4,92	39,2	19,7	40,2	300	150	307
Taureau (plus 12 mois)																		
Écart(+ -)	365		500	610	110	S	14,3	10 688	26,2 13,7	4,8 1,6	2,40 1,1	4,92 2,6	51,3 18,2	25,7 12,5	52,6 29,9	466	234	478
Taureau (8 - 12 mois) Écart(+ -)	365		244	500	256	S	10,6	7 950	26,2 13,7	4,8 1,6	2,40 1,1	4,92 2,6	38,2 13,7	19,1 8,3	39,1	149	75	153

1. La catégorie d'animaux, la durée d'élevage et les strates de poids ainsi que les gains réalisés représentent la situation généralement rencontrée au Québec.

2. Valeur adaptée du CREAQ-99 538/400.27 exprimés en kg par tête pour la durée d'élevage, incluant les précipitations. Type L pour liquide et S pour solide. Dans les élevages de veaux de grain et de lait, la quantité d'eau de lavage utilisée peut influencer significativement le volume de lisier ou fumier produit.

3. Valeurs tirées des analyses effectuées chez AGRIDIRECT.

4. Les têtes produites comprennent les têtes vendues et les variations d'inventaire pour la période considérée. (Têtes en inventaire en fin de période - têtes en inventaire en début de période + têtes vendues - têtes achetées).

5. La partie des volumes, masses et charges fertilisantes laissée au pâturage est proportionnelle au nombre de jours passés au pâturage.

Les valeurs proposées sont des indicateurs pour établir les charges fertilisantes de l'élevage étudié. Pour plus de précision, il est recommandé de réaliser le bilan alimentaire, mesurer le volume et la masse de fumier, prélever des échantillons représentatifs des fumiers ou lisiers pour fin d'analyses. La précision de l'évaluation des rejets réels est directement proportionnelle à la qualité des informations obtenues et mesurées.

Valeurs références pour la période transitoire

PRODUCTION BOVINE

EXEMPLE DE CALCUL DE LA CHARGE FERTILISANTE PHOSPHORE D'UN ÉLEVAGE

	VEAU DE LAIT		VEAU DE GRAIN		BOVIN D'ENGRAISSEMENT	
Inventaire(nombre de têtes)		100		100		100
Production annuelle						
Tête	(100 X 2,6 rotations)	260	(100 x 1,9 rotations)	190	(100 x 1,2 rotations)	120
kg gain	(260 X 151 kg)	39 260	(190 X 222 kg de gain)	42 180	(120 X 366 kg)	43 920
1. Estimé à partir du volume et analyse du fumier						
Volume	m ³	403	m ³	450	m ³	763
Densité-Masse	1,0	403	0,75	338	0,75	572
Analyse en P ₂ O ₅	kg / ton	1,15	kg / ton	3,13	kg / ton	4,44
P ₂ O ₅ rejeté	Kg	463	Kg	1 058	Kg	2 540
2. Estimé à partir de la production annuelle						
Rejets kg P ₂ O ₅ / 1000 kg(kg)		12		25		58
TOTAL P ₂ O ₅	(39 260 X 12 kg/1000)	471	(42 180 X 25 kg/1000)	1 059	(43 920 X 58 kg/1000)	2 547
3. Estimé à partir des inventaires d'animaux						
Rejets P ₂ O ₅ / tête(kg)		1,78		5,56		21,2
Rotation		2,6		1,9		1,2
TOTAL P ₂ O ₅	(100 veaux X 2,6 X 1,78 kg P ₂ O ₅ /veau)	463	(100 veaux X 1,9 X 5,56 kg P ₂ O ₅ /veau)	1 056	(100 bouvillons X 1,2 X 21,2 kg P ₂ O ₅ /tête)	2 544

Valeurs références pour la période transitoire

PRODUCTION BOVINE (vache veau)

EXEMPLE DE CALCUL DE LA CHARGE FERTILISANTE PHOSPHORE D'UN ÉLEVAGE

	VACHE VEAU		GENISSES ET TAURES		TAUREAUX		TROUPEAU	
Inventaire		100	(15 génisses et 15 taures)	30	3 taureaux plus de 12 mois et 1 taureau 8 - 12 mois	4		134
Production annuelle								
Tête		100		15				115
kg gair	(100 X 244 kg)	24 400	(15 X 218 kg)+(15 X 131 kg) =	5 235	(3 X 110 kg) + (1 X 256 kg)	586		30 221
1. Estimé à partir du volume et analyse du fumier								
Volume	m ³	1 520	m ³	273	m ³	54	m ³	1 847
Densité-Masse	0,75	1 140	0,75	205	0,75	40	0,75	1 385
Analyse en P ₂ O ₅	kg / ton	2,40	kg / ton	2,40	kg / ton	2,40	kg / ton	2,40
P ₂ O ₅ rejeté	Kg	2 736	Kg	492	Kg	96	Kg	3 324
2. Estimé à partir de la production annuelle								
Rejets Kg de P ₂ O ₅ / 1000 kg		112		60 150	Taureau 8 - 12 mois Taureau plus 12 mois	75,0 234		
TOTAL P ₂ O ₅	(24 400 X 112 kg/1000)	2 733	(3 270 X 60 kg/1000)+ (1 965 X 150 kg/1000) =	491	(330 X 234 kg/1000 + 256 X 75 kg/1000) =	96		3 320
3. Estimé à partir des inventaires d'animaux								
Rejets Kg de P ₂ O ₅ / tête		27,4	Génisse Taure	13 19,7	Taureau 8 - 12 mois Taureau plus 12 mois	19 25,7		
TOTAL P ₂ O ₅	(100 X 27,4 kg P2O5/tête)	2 740	(15 X 13,2) + (15 X 19,7)	494	(1 X 19) + (3 X 25,7)	96		3 330

BIBLIOGRAPHIE

ADEME. et INRAE. (2020). Agribalyse : l'évaluation environnementale au service de l'alimentation durable. *La Librairie ADEME*. <https://librairie.ademe.fr/produire-autrement/573-agribalyse-l-evaluation-environnementale-au-service-de-l-alimentation-durable-9791029714511.html>

Agence canadienne d'inspection des aliments. (2021). Norme nationale de biosecurite pour le transport du be tail, de la volaille et des carcasses d'animaux. *Presse Du Gouvernement Du Canada*. <https://inspection.canada.ca/sante-des-animaux/animaux-terrestres/biosecurite/normes-et-principes/transport/fra/1519235033628/1519235183948?chap=0>

Agence canadienne d'inspection des aliments. (2024). Exigences en matière d'étiquetage des produits de viande et de volaille. *Agence Canadienne d'inspection Des Aliments (ACIA)*. <https://inspection.canada.ca/fr/etiquetage-aliments/etiquetage/industrie/produits-viande-volaille#s2c2>

Agence France-Presse. (2024, April 15). L'Europe a subi en 2023 un record de jours de « stress thermique extrême ». *La Presse*. https://www.lapresse.ca/actualites/environnement/2024-04-21/l-europe-a-subit-en-2023-un-record-de-jours-de-stress-thermique-extreme.php?utm_source=dlvr.it&utm_medium=twitter

Agence QMI. (2022). Le Québec incapable d'atteindre ses objectifs de réduction de déchets. *24heures*. <https://www.24heures.ca/2022/01/25/le-quebec-incapable-datteindre-ses-objectifs-de-reduction-de-dechets-1-1>

AGRIBALYSE. (2022). Qu'est-ce que la base de données AGRIBALYSE ? *AGRIBALYSE*. <https://doc.agribalyse.fr/documentation/le-programme-agribalyse/introduction>

Agriculture, environnement et ressources naturelles. (2023). Élevage bovin (bœuf et veau). *Presse Du Gouvernement Du Québec*. <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/eleve-bovin>

ressources-naturelles/agriculture/industrie-agricole-au-quebec/productions-agricoles/boeuf-et-veau-elevage-bovin

Agriculture et climat. (2011). LA PART DU SECTEUR AGRICOLE DANS LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE. *Nature-Qu.Bec*.

Agri-Food Analytics Lab et Angus Reid. (2021). Rapport sur la consommation de bœuf au Canada. *Angus Reid Média*. [https://cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/sites/agri-food/COVID%20Beef%20consumption%20\(May%2013%202021\)%20FR.pdf](https://cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/sites/agri-food/COVID%20Beef%20consumption%20(May%2013%202021)%20FR.pdf)

Aldred, F., Dunn, R. J. H., Gobron, N., Miller, J. B., & Willett, K. M. (2022). STATE OF THE CLIMATE IN 2021. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 103(8), S11–S142. <https://doi.org/10.1175/2022BAMSStateoftheClimate.1>

Allard, M. (2012). D'où provient votre viande? *La Presse*.

Araújo, J. P. C., Oliveira, J. R. M., & Silva, H. M. R. D. (2014). The importance of the use phase on the LCA of environmentally friendly solutions for asphalt road pavements. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 32, 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.07.006>

Asem-Hiablie, S., Battagliese, T., Stackhouse-Lawson, K. R., & Alan Rotz, C. (2019a). A life cycle assessment of the environmental impacts of a beef system in the USA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 24(3), 441–455. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1464-6>

Asem-Hiablie, S., Battagliese, T., Stackhouse-Lawson, K. R., & Alan Rotz, C. (2019b). A life cycle assessment of the environmental impacts of a beef system in the USA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 24(3), 441–455. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1464-6>

Association canadienne des bovins. (2023). Production vache-veau . *Association Canadienne Des Bovins*.

Bemobee (Agence Mobile First). (2023). Quelle interface mobile choisir ? *Bemobee* .

- Berardy, A., Costello, C., & Seager, T. (2015). Life Cycle Assessment of Soy Protein Isolate. *Proceedings of the International Symposium on Sustainable Systems and Technologies (ISSST)*, 3(August 2017).
- Bertin, J. M., & Bertin, B. (2013). *Modélisation sémantique des bases de données d'inventaires en cycle de vie*. <http://hal.inria.fr/docs/00/87/66/36/PDF/these.pdf%5Cnhttp://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00876636/>
- BIOCLIPS. (2022). Viandes à l'épicerie : préférences des Québécois pendant la pandémie de covid-19 et en contexte inflationniste. *BIOCLIPS*, Vol. 30, n° 24. https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Bioclips/BioClips2022/Volume_30_no24.pdf
- Boeuf Canada. (2022). *RAPPORT ANNUEL 2021/22*. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/220823/dq220823c-fra.htm>
- Brand Points Plus. (2023). Le gaspillage alimentaire dans les restaurants est une crise qui peut être évitée. *Brand Points Plus*. <https://brandpointspluscanada.com/fr/le-gaspillage-alimentaire-dans-les-restaurants-est-une-crise-qui-peut-etre-evitee/>
- Camirand, Jeanne., Gingras, Christine., & Nature Québec. (2009). *Agriculture et climat : vers des fermes zéro carbone*.
- Canals, L. M. i, Domènèch, X., Rieradevall, J., Puig, R., & Fullana, P. (2002). Use of Life Cycle assessment in the procedure for the establishment of environmental criteria in the catalan ECO-label of leather. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7(1), 39. <https://doi.org/10.1007/BF02978908>
- Casey, J. W., & Holden, N. M. (2005). Analysis of greenhouse gas emissions from the average Irish milk production system. *Agricultural Systems*, 86(1), 97–114. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2004.09.006>

- Castellani, V., Beylot, A., & Sala, S. (2019). Environmental impacts of household consumption in Europe: Comparing process-based LCA and environmentally extended input-output analysis. *Journal of Cleaner Production*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117966>
- CDE. (2018). Les besoins de « refroidissement » face au défi du réchauffement climatique. *Magazine CDE*. <https://www.connaissancedesenergies.org/les-besoins-de-refroidissement-face-au-defi-du-rechauffement-climatique-220218>
- Cederberg, C., & Stadig, M. (2003). System Expansion and Allocation in Life Cycle Assessment of Milk and Beef Production. In *International Journal of Life Cycle Assessment* (Vol. 8, Issue 6). <https://doi.org/10.1007/BF02978508>
- Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. (2003). *Charges fertilisantes des effluents d'élevage. 2.*
- Chambragri Conseil. (2015). Guide pratique du pâturage. *Chambre D'agriculture de L'aude*, 1–156.
- Chang, B., & Kendall, A. (2011). Life cycle greenhouse gas assessment of infrastructure construction for California's high-speed rail system. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(6), 429–434. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2011.04.004>
- Charbonneau, F. (2008). *Étude sur la perception de la consommation alimentaire responsable au Québec.*
- Charlebois, S., Mcguinty, E., Keselj, V., Music, J., Giusto, A., Kevany, K., Dalanalytics, D. F., Son, J., Harris, J., & Somogyi, S. (2020). Rapport annuel sur les prix alimentaires canadiens. *Angus Reid 2019Media*. <https://cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/sites/agri-food/Canada%20Food%20Price%20Report%20FRE%202020.pdf>
- Charles-Hugo, M. (2022). Pourquoi réduire sa consommation de viande? *Carbone SCOLERE*. <https://qc.carbonescolere.com/pourquoi-reduire-la-consommation-de-viande/>

- Chester, M. V., & Horvath, A. (2009). Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains. *Environmental Research Letters*, 4(2). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/4/2/024008>
- CIRAIG, & PolyCarbone. (2020). *Base de données d'inventaire du cycle de vie de la consommation québécoise, Version 0 –*. 42.
- Cockshaw, R. (2021). The End of Factory Farming: Alternatives to Improve Sustainability, Safety, and Health. In *VOICES IN BIOETHICS* (Vol. 7).
- Coffeen, P. (2013). Dr. Frank Mitloehner: Clearing the air about cows and climate change. *Dairy Industry News*. <https://www.agproud.com/articles/24960-dr-frank-mitloehner-clearing-the-air-about-cows-and-climate-change>
- Collins, A., Galli, A., Hipwood, T., & Murthy, A. (2020). Living within a One Planet reality: The contribution of personal Footprint calculators. In *Environmental Research Letters* (Vol. 15, Issue 2). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5f96>
- Colomb, V. , et M. S. (2015). *Facteurs d'émission de gaz à effet de serre des principaux aliments consommés en France - Projet Food GES*. <http://www.ademe.fr/particuliers-eco-citoyens/achats/alimentation>
- COSEPAC. (2019). *Évaluations des espèces sauvages du COSEPAC (version détaillée), novembre 2019*. <https://cosewic.ca/index.php/fr/processus-d-evaluation/version-detaillee-novembre-2019.html>
- Cox, M., Gardner, W. C., & Fraser, L. H. (2015). A survey-based assessment of cattle producers' adaptation to climate change in British Columbia, Canada. *Rangeland Ecology and Management*, 68(2), 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2015.01.004>
- CRAAQ. (2011). *Comité de coordination effluents d'élevage Fumier de ferme. 1*, 1–2.

- Craaq. (2020). *Valeurs références pour les volumes et les concentrations d'éléments fertilisants dans les effluents d'élevage Guide*. www.craaq.qc.ca
- CRDA. (2019). Réduire les émissions de GES par la gestion des prairies et des pâturages. *Agriclimat*. <https://agriclimat.ca/wp-content/uploads/2019/08/8.-GES-production-bovine.pdf>
- de Bortoli, A., & Christoforou, Z. (2020). Consequential LCA for territorial and multimodal transportation policies: method and application to the free-floating e-scooter disruption in Paris. *Journal of Cleaner Production*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122898>
- Desjardins, R. L., Worth, D. E., Vergé, X. P. C., Maxime, D., Dyer, J., & Cerkowniak, D. (2012). Carbon footprint of beef cattle. *Sustainability*, 4(12), 3279–3301. <https://doi.org/10.3390/su4123279>
- Détaillant alimentaire. (2022). Quelle place le bœuf occupe-t-il au Québec ? *Détaillant Alimentaire*. <https://www.detaillantalimentaire.com/Boeuf-Quebec-fete-ses-5-ans>
- DFC -PLC, C. T. (2021). We cannot eat our way out of climate change, says expert. *Dairy Farmers of Canada*.
- Dobson, S., & Fellows, G. K. (2017). Big and Little Feet: A Comparison of Provincial Level Consumption- and Production-Based Emissions Footprints. *The School of Public Policy Publications*, 10:23(September). <https://ssrn.com/abstract=3081827>
- DQS Maghreb. (2024). ISO 14040 et 14044 - Validation des analyses du cycle de vie. *DQS Maghreb*. <https://www.dqsglobal.com/fr-tn/certifier/iso-14040-et-14044-validation-des-analyses-du-cycle-de-vie#:~:text=ISO%2014040%20et%20ISO%2014044,-Pour%20garantir%20la&text=Une%20ACV%20conforme%20aux%20normes,impact%20et%20enfin%20l'%C3%A9valuation.>
- Dumas, D. (2020). Création d'un agroécosystème productif et durable. In À l'HERBE bouillons de pâturage (Ed.), MAPAQ. MAPAQ.

Dumas, D. (2023). De la viande rouge plus verte. À l'HERBE Bouvillons de Pâturage. <https://www.alherbe.ca/>

Dutertre, G. (2021). *Conduite de l'élevage Situation actuelle Situation projetée*. 42–82.

EcoTransIT World. (2020). Votre solution pour calculer les émissions des transports de marchandises dans le monde. *EcoTransIT World*. <https://www.ecotransit.org/fr/calculateur-demissions/>

Eisler, M. C., Lee, M. R. F., Tarlton, J. F., & Martin, G. B. (2014). Steps to sustainable livestock. *Nature*, 507(7490), 32–34. <https://doi.org/10.1038/507032a>

Énergie+. (2021). Énergie nécessaire à la production d'un repas. *Énergie+*. <https://energieplus-lesite.be/donnees/cuisine-collective3/energie-necessaire-a-la-production-d-un-repas/>

Environnement et Changement climatique Canada. (2021). Perte et gaspillage alimentaire. *Presse Du Gouvernement Du Canada*.

Environnement et Changement climatique Canada. (2024). *ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE INDICATEURS CANADIENS DE DURABILITÉ DE L'ENVIRONNEMENT* (Centre de renseignements à la population, Ed.; Gouvernement Canada). www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-

Escribano, M., & Mesías, F. J. (2022). Ethical aspects of meat alternative products. *Meat and Meat Replacements: An Interdisciplinary Assessment of Current Status and Future Directions*, 225–255. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85838-0.00010-9>

European Commission. (2024). Environmental Footprint Methods. *Green Business*. https://green-business.ec.europa.eu/environmental-footprint-methods_en

FAO. (2006). L'ombre portée de l'élevage - impacts environnementaux et options pour leur atténuation. *Organisation Des Nations Unies Pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)*,.

- FAO. (2013). Lutter contre le changement climatique grâce à l'élevage : une évaluation globale des émissions et des possibilités d'atténuation. *Organisation Des Nations Unies Pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)*.
- FAO. (2017). *Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM)*.
- FAO. (2018). *Nutrient flows and associated environmental impacts in livestock supply chains: Guidelines for assessment (Version 1)*.
- FAO. (2019). *STATE OF FOOD AND AGRICULTURE 2019 : MOVING FORWARD ON FOOD LOSS AND WASTE REDUCTION* (The State of Food and Agriculture, Ed.; FAO). FOOD & AGRICULTURE ORG.
- FAO. (2020). The State of Food and Agriculture 2020. In *The State of Food and Agriculture 2020*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1447en>
- FAO. (2024, July). Plateforme technique sur l'évaluation et la réduction des pertes et du gaspillage alimentaires. FAO. <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/food-loss/introduction/fr>
- Florindo, T. J., de Medeiros Florindo, G. I. B., Talamini, E., & Ruviaro, C. F. (2017). Improving feed efficiency as a strategy to reduce beef carbon footprint in the Brazilian Midwest region. *International Journal of Environment and Sustainable Development*, 16(4). <https://doi.org/10.1504/ijesd.2017.087260>
- Fournier, A. et Cinq-mars, D. (2002). Alimentation à la dérobée de veaux de boucherie. *Agri-Réseau*.
- Gassara, F., Brar, S. K., Pelletier, F., Verma, M., Godbout, S., & Tyagi, R. D. (2011). Pomace waste management scenarios in Québec-Impact on greenhouse gas emissions. *Journal of Hazardous Materials*, 192(3). <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.06.026>
- Gerber, P. J. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. In *Most* (Vol. 14, Issue 2).

Godbout, S., Brassard, P., Blais, M.-F., Cote, N., & Mannai, H. (2019). *Émissions de GES des modes d'élevages de bovins de boucherie au Québec: Quantification et réduction.*

Gouvernement du Canada. (2023). Conseils sur l'entreposage sécuritaire des aliments. *Open Government Portal=Gouvernement Du Canada.* <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/conseils-generaux-salubrite/conseils-entreposage-securitaire-aliments.html>

Harteau, M.-C. (2004). *ÉTUDE SUR LA MISE EN MARCHÉ DES VIANDES BIOLOGIQUES DANS L'OUEST CANADIEN ET ONTARIO.* <https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/Etude%20de%20marche%20ouest%20et%20ontario.pdf>

Hoekstra, A.-Y. , C.-K. , A. M.-M. et M. M.-M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual (A Sustainable Future, Ed.; A Sustainable Future).* www.earthscan.co.uk

Holland, R. , L. O. et F. K. (2020). How Much Meat To Expect From a Beef. *UT-Extension. Institute of Agriculture.*

Huber, J. C. (2017). *La consommation engagée face à l'épreuve.*

Huerta, A. R., Güereca, L. P., & Lozano, M. D. L. S. R. (2016). Environmental impact of beef production in Mexico through life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling, 109*, 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.01.020>

INCWO. (2023). La rotation des stocks, clé d'une gestion réussie des stocks. *INCWO Blog.* <https://go.incwo.com/blog/la-rotation-des-stocks-cle-dune-gestion-reussie-des-stocks/#h-quest-ce-que-le-taux-de-rotation-des-stocks>

Inspection Canada. (2023). Règlement sur la santé des animaux partie XII : modification au règlement sur le transport des animaux Document d'orientation à l'intention des parties réglementées. *Presse Du Gouvernement Du Canada.* <https://inspection.canada.ca/sante-des-animaux/animaux-terrestres/transport-sans-cruaute/reglement-sur-la-sante-des-animaux-partie-xii/fra/1582126008181/1582126616914>

Institut de la statistique du Québec. (2021). *Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec*.
<https://statistique.quebec.ca/fr/produit/tableau/valeur-des-importations-internationales-par-produits-quebec-et-canada>

Institut de la statistique du Québec. (2022a). Empreinte carbone des ménages au Québec, 2018.
Centre d'information et de Documentation.
<https://statistique.quebec.ca/fr/document/empreinte-carbone-menages-quebec/publication/empreinte-carbone-menages-quebec-2018>

Institut de la statistique du Québec. (2022b). *Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec*.
<https://statistique.quebec.ca/fr/produit/tableau/valeur-des-importations-internationales-par-produits-quebec-et-canada>

Institut de la statistique du Québec. (2023). *Valeur des importations internationales par produits, Québec et Canada, cumulatif en décembre, 2021 et 2022*.
<https://statistique.quebec.ca/fr/produit/tableau/valeur-des-importations-internationales-par-produits-quebec-et-canada>

Jodoin, M. (2023). La consommation de viande au Canada de 1960 à 2022. *Jeanne Emard Wordpress*.
<https://jeanneemard.wordpress.com/2023/06/22/la-consommation-de-viande-au-canada-de-1960-a-2022/>

Jolliet, O., Antón, A., Boulay, A. M., Cherubini, F., Fantke, P., Levasseur, A., McKone, T. E., Michelsen, O., Milà i Canals, L., Motoshita, M., Pfister, S., Verones, F., Vigon, B., & Frischknecht, R. (2018a). Global guidance on environmental life cycle impact assessment indicators: impacts of climate change, fine particulate matter formation, water consumption and land use. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(11). <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1443-y>

Jolliet, O., Antón, A., Boulay, A. M., Cherubini, F., Fantke, P., Levasseur, A., McKone, T. E., Michelsen, O., Milà i Canals, L., Motoshita, M., Pfister, S., Verones, F., Vigon, B., & Frischknecht, R. (2018b). Global Guidance on Environmental Life Cycle Impact Assessment Indicators Volume 2. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(11).

Jouany, J.-P., & Thivend, P. (2008). La production de méthane d'origine digestive chez les ruminants et son impact sur le réchauffement climatique. *Management & Avenir*, 20(6), 259. <https://doi.org/10.3917/mav.020.0259>

Koch, P. et S. T. (2022). AGRIBALYSE[®] : RAPPORT METHODOLOGIQUE, VOLET AGRICULTURE. *AGRIBALYSE*. https://3613321239-files.gitbook.io/~/files/v0/b/gitbook-x-prod.appspot.com/o/spaces%2F-LpO7Agg1DbhEBNAvmHP%2Fuploads%2FQN0ySICvr4UDCrC3JbmE%2FM%C3%A9thodologie%20AGB%203.1_Production%20agricole.pdf?alt=media&token=4da12058-cd06-4948-9d20-d7fa7f371835

La Ferme Claudales. (2018). Présentation de la Ferme Claudales à Princeville. *Boeuf Québec*. <https://youtu.be/gS4VaFncVN0?si=8bThxp3lghl2B48b>

La Ferme Janor. (2017). Les producteurs de veaux et bouillons de la Ferme Roda à Saint-Anicet, du Groupe Janor. *Boeuf Québec*. <https://youtu.be/lrEIJmH6IMQ>

Labrecque, J. , R. , D. M. , D. et J.-C. (2015). Approvisionnement du marché alimentaire québécois : des stratégies gagnantes, Montr. *Dufour*. <http://cirano.qc.ca/files/publications/2016RP-06.pdf> (consulté le 5 mai 2018), page 19

Laprade, Y. (2022). Pour en finir avec le «cartel» du bœuf haché. *Le Nouvelliste*. <https://www.lenouvelliste.ca/2022/03/30/pour-en-finir-avec-le-cartel-du-buf-hache-ce2ef759c183adcc9f9aac1ba4bf1175/>

Latour, C. (2011). Le calcul du taux de rotation des stocks et de la durée moyenne de stockage... une pratique indispensable dans le commerce de la restauration alimentaire. *HRI Mag*. <https://www.hrimag.com/Le-calcul-du-taux-de-rotation-des-stocks-et-de-la-duree-moyenne-de-stockage-une>

Lavoie, J.-P. (2022). Comment emballer une « brisket » ou une autre pièce de viande. *BBQ Québec*. https://bbqquebec.com/blogs/chroniques/comment-emballer-brisket-ou-autre-viande?srsId=AfmBOorqDznkEIAj4EAqtQoj4GzXM7dOm_mgfEoA_16k5a5ApUI17kNO

- Le Kaba. (2023). Le guide de la consommation éco-responsable. *Le Kaba*.
<https://www.lekaba.fr/article/la-congelation-est-elle-ecolo-5-astuces-pour-reduire-la-consommation-d-energie>
- Lefebvre, F. (2017). Produit Veaux d’embouche Actualisation de la couverture ASRA. *La Financière Agricole Du Québec*.
<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/CentreduQuebec/INPACQ/2017/ConferencesBovinsdeboucherie/coutproduction.pdf>
- Lenzen, M. (2007). Structural path analysis of ecosystem networks. *Ecological Modelling*, 200(3–4), 334–342. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.07.041>
- Les frères Benoit et Éric Desrosiers. (2020). LES ÉLEVEURS-AMBASSADEURS BŒUF QUÉBEC. *Boeuf Québec*. <https://youtu.be/3iGvCdUef2s>
- Les producteurs de bovins du Québec. (2020). Atelier des producteurs de bovins de réforme et veaux laitiers. *Boeuf Québec*. <https://bovin.qc.ca/wp-content/uploads/2022/01/Cahier-AGR-Atelier-BR-et-VL.pdf>
- Les producteurs de bovins du Québec. (2022). Coup d’œil sur la production. *Boeuf Québec*. <https://bovin.qc.ca/qui-sommes-nous/portrait-global/coup-doeil/>
- Lesage, P., & Samson, R. (2016). The Quebec Life Cycle Inventory Database Project: Using the ecoinvent database to generate, review, integrate, and host regional LCI data. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(9), 1282–1289. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0593-1>
- Liu, J., & Yang, Y. (2023). Controlling Industrial Air-Pollutant Emissions under Multi-Factor Interactions Based on a Developed Hybrid-Factorial Environmental Input–Output Model. *Sustainability (Switzerland)*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/SU15097717>
- MAPAQ. (2001). *Monographie de l’industrie du boeuf au Québec*. Ministère de l’agriculture, des pêcheries et de l’alimentation, Direction des services technologiques.

- MAPAQ. (2015). *Monographie de l'industrie du boeuf et du veau au Québec*.
<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/monographieveauourd.pdf>
- MAPAQ. (2018). *Rapport annuel de gestion 2018-2019*.
- MAPAQ. (2019). *ÉMISSIONS DE GES DES MODES D'ÉLEVAGES DE BOVINS DE BOUCHERIE AU QUÉBEC: QUANTIFICATION ET RÉDUCTION: 16-GES-03 : RÉSUMÉ DU PROJET (Maximum de ½ page)*.
- MAPAQ. (2020). *THERMOGUIDE: FRAIS, C'EST MEILLEUR ! QUELQUES CONSEILS PRATIQUES*.
<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Thermoguide.pdf>
- MAPAQ. (2021a). *Agissons ensemble dans la lutte contre le gaspillage alimentaire*. MAPAQ.
- MAPAQ. (2021b). *Portrait-diagnostic sectoriel de l'industrie du boeuf et du veau lourd au Québec 2015-2019*.
https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Portrait_diagnostic_sectoriel_boeuf_veau.pdf
- MAPAQ. (2021c). *Portrait-diagnostic sectoriel de l'industrie du boeuf et du veau lourd au Québec 2015-2019*. In *Bibliothèque et archives nationales du Québec*.
<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/md/Publications/Pages/Details-Publication.aspx?guid=%7bc6cca7a5-763e-430d-932d-7564caa20dbd%7d>
- MAPAQ. (2022). *Fabrication de produits de viande: un secteur dynamique à bien des égards*. *BIOCLIPS - ACTUALITÉ BIOALIMENTAIRE*, 30.
<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/md/Bulletins/bulletinbioclips/Pages/bioclips2022.aspx>
- MAPAQ. (2023). *L'AUTOAPPROVISIONNEMENT ALIMENTAIRE DU QUÉBEC SE COMPARE FAVORABLEMENT À D'AUTRES RÉGIONS NORD-AMÉRICAINES*. *BIOCLIPS*, 31, 2023.
- Marchand, M.-E., & Harvey, L. (2021). *Le Québec atteint l'objectif de 17 % en 2020 d'aires protégées terrestres tel qu'établie par la Convention des Nations unies*. *Presse UICN*.

- Maxime, D. , V.-S. C. , F. S. , S. R. , G. L. et C. A. (2018). *CARBON FOOTPRINT OF PURCHASES BY PUBLIC SERVICES AND PROCUREMENT CANADA-QUEBEC REGION Public Services and Procurement Canada Quebec Region*. www.ciraig.org
- McAuliffe, G. A., Takahashi, T., Orr, R. J., Harris, P., & Lee, M. R. F. (2018). Distributions of emissions intensity for individual beef cattle reared on pasture-based production systems. *Journal of Cleaner Production*, *171*, 1672–1680. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.113>
- McMichael, A. J., & Butler, C. D. (2011). Promoting global population health while constraining the environmental footprint. *Annual Review of Public Health*, *32*. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031210-101203>
- MELCC. (2021). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2019 et leur évolution depuis 1990* (BANQ). www.environnement.gouv.qc.ca
- Ménard, G. (2013). Besoins et conditions d’approvisionnement en légumes biologiques des distributeurs et détaillants québécois. *Centre d’expertise et de Transfert En Agriculture Biologique (CETAB)*.
- Meneu, G. (2018, October 28). Les mystères de la provenance du bœuf en épicerie. *Radio-Canada*.
- Messier, R. (2019). L’EFFET BOEUF - Le développement du marché du bœuf québécois est-il possible ? *Leger Recherche - Stratégie - Conseil*.
- Mon Ricardo. (2023). Les meilleures coupes de boeuf pour le barbecue. *Mon Ricardo*. <https://www.ricardocuisine.com/chroniques/chimie-alimentaire/562-les-meilleures-coupes-de-boeuf-pour-le-barbecue>
- Paradis, J.-M. (2020). Jean-Marc Paradis, de la ferme Roda, de St-Anicet. *Boeuf Québec*. https://youtu.be/M8NXd_7w5j0
- Parlons sciences. (2020). Vaches, méthane et changement climatique. *Parlons Sciences*.

- Patouillard, L. , A. M. de B. A. et B. C. (2023). Consumption-based carbon footprint of Canadians: exploring provinces' variability based on OpenIO-Canada, a regionalized input-output table with capital endogenization. . . *Journal of Industrial Ecology*.
- Patouillard, L. G. T. , L. E. , H. C. , B. C. (2023). Carbon footprint of individual food consumption in Québec. *Sustainable Production and Consumption*.
- Patouillard, L., Greffe, T., Louineau, E., Muller, E., & Bulle, C. (2023). Life cycle inventory database for consumption in Québec – Food consumption. *Zenodo*.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8208610>
- PBQ. (2007). *Évaluation des programmes complémentaires de protection de revenus des produits agricoles*.
- PBQ. (2009). *Consultation publique sur la modification de certaines dispositions au Règlement sur les exploitations agricoles (REA) touchant le stockage et la fertilisation*.
- PBQ. (2015). *Le Canada, un exportateur de boeuf*.
- PBQ. (2022a). La production bovine durable. *Cahier Des Bovins Du Québec*. <https://bovin.qc.ca/nos-grands-dossiers/environnement/>
- PBQ. (2022b). Réduire les émissions de GES en production bovine. *Cahier Des Bovins Du Québec*.
- PBQ. (2023). Qualité de l'eau - Prévention des risques de transport des veaux laitiers. *Cahier Des Bovins Du Québec*. www.fermesage.ca
- PBQ., C. (2021). L'élevage bovin de la racine à la tête. *Cahier Des Bovins Du Québec*.
- Peters, G. P., & Hertwich, E. G. (2008). Post-Kyoto greenhouse gas inventories: Production versus consumption. *Climatic Change*, 86(1–2), 51–66. <https://doi.org/10.1007/S10584-007-9280-1>

- Pitesky, M. E., Stackhouse, K. R., & Mitloehner, F. M. (2009). *Clearing the Air: Livestock's Contribution to Climate Change* (pp. 1–40). [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(09\)03001-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(09)03001-6)
- Plamondon-Lalancette, P. (2020). Histoire de la gastronomie québécoise : l'émergence d'une identité culinaire. *Université Du Québec à Chicoutimi (UQAC)*. https://constellation.uqac.ca/id/eprint/5920/1/PlamondonLalancette_uqac_0862_10709.pdf
- Pradel, M. (2011). Les analyses du cycle de vie dans le domaine agricole. *Sciences Eaux & Territoires, Numéro 4(1)*, 4. <https://doi.org/10.3917/set.004.0004>
- Putman, B., Rotz, C. A., & Thoma, G. (2023). A comprehensive environmental assessment of beef production and consumption in the United States. *Journal of Cleaner Production, 402*, 136766. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136766>
- RBQ. et MERN. (2021). Efficacite-energetique-du-batiment-guide-explicatif. *Bibliothèque et Archives Nationales Du Québec*. <https://www.rbq.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/Publications/francais/efficacite-energetique-du-batiment-guide-explicatif.pdf>
- Recyc-québec. (2022). *Étude de quantification des pertes et gaspillage alimentaires*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/etude-quantification-pertes-qc-fr.pdf>
- Ressources naturelles Canada. (2024, May 21). Incendies de forêt d'une ampleur record au Canada en 2023 : un réveil brûlant. *Gouvernement Canada*. <https://ressources-naturelles.canada.ca/la-science-simplifiee/articles/incendies-de-foret-dune-ampleur-record-au-canada-en-2023-un-reveil-brulant/25304>
- Rib'N Reef: (2017, October 28). Quels pays visiter pour manger le meilleur steak de bœuf ? *Rib'N Reef*. <https://www.ribnreef.com/ribnreef/fr/quels-pays-visiter-pour-manger-le-meilleur-steak-de-boeuf/>

- RMT ACTIA Ecoval. (2015). Données d'inventaire pour les analyses de cycle de vie dans les industries de transformation. *Ifip-Institut Du Porc*. <https://ifip.asso.fr/documentations/3379-donnees-dinventaire-pour-les-analyses-de-cycle-de-vie-dans-les-industries-de-transformation/>
- Robitaille, E., Bergeron, P., Philibert, M., Institut national de santé publique, & Bibliothèque numérique canadienne (Firme). (2013). *Accessibilité géographique aux commerces alimentaires au Québec : analyse de situation et perspectives d'interventions*. <https://bel.uqtr.ca/id/eprint/3182>
- Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N., & Shiina, T. (2009). A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*, *90*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.016>
- Santero, N. J., Masanet, E., & Horvath, A. (2011). Life-cycle assessment of pavements. Part I: Critical review. *Resources, Conservation and Recycling*, *55*(9–10), 801–809. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.03.010>
- Shields. A. (2019). Diminuer la consommation de viande pourrait sauver des vies. *Le Devoir*. <https://www.ledevoir.com/environnement/544736/nourrir-l-humanite-passe-par-la-reduction-de-la-consommation-de-viande>
- Société des parcs d'engraissement du Québec. (2022a). Québec et Canada: Estimations du bétail, 1er juillet 2022. *Boeuf Québec*. <https://boeufquebecspeq.com/speq2/quebec-et-canada-estimations-du-betail-1er-juillet-2022/>
- Société des parcs d'engraissement du Québec. (2022b). Rapport Canada Beef – T2 2022. *Boeuf Québec*. <https://boeufquebecspeq.com/speq2/rapport-canada-beef-t2-2022/>
- Stackhouse-Lawson, K. R., Rotz, C. A., Oltjen, J. W., & Mitloehner, F. M. (2012). Carbon footprint and ammonia emissions of california beef production systems. *Journal of Animal Science*, *90*(12). <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4653>

Statistique Canada. (2021). *Analyse de la chaîne d'approvisionnement en bœuf*.
<https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/18-001-x/18-001-x2021002-fra.htm>

Statistique Canada. (2022). *Disponibilité des aliments, 2022*. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/220823/dq220823c-fra.htm>

Statistique Canada. (2023). *Estimations du bétail, 1er juillet 2022*.
<https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/220823/dq220823c-fra.htm>

Statistique du Canada. (2019). Service de rapport personnalisé – Tendances canadiennes relatives à la viande et au bœuf . *Open Government Portal*.
<https://agriculture.canada.ca/fr/secteur/production-animale/information-marche-viandes-rouges/service-rapport-personnalise-tendances-canadiennes-relatives-viande-au-boeuf>

Steinfeld, H. , G. P. , W. T. , C. V. , R. M. , et de H. C. (2006). *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Food and Agriculture Organization (FAO). In *FAO*.

Therrien, M.-A., Demers, P., & Tessier, A. (2019). *Journée d'information sur la production de viande de pâturage*.
https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Recherche_Innovation/IA319194Fichedetransfert.pdf

Tuomisto, H. L., & Teixeira de Mattos, M. J. (2011). Environmental Impacts of Cultured Meat Production. *Environmental Science & Technology*, 45(14), 6117–6123.
<https://doi.org/10.1021/es200130u>

Université polytechnique Hauts-de-France. (2018). MÉTHODOLOGIE DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE (ACV). *UVED*.

Villiers. C. (2022). Combien d'eau consomme la production de viande ? *Statista*.

Wetlesen, M. S., Åby, B. A., Vangen, O., & Aass, L. (2020). Simulations of feed intake, production output, and economic result within extensive and intensive suckler cow beef production systems. *Livestock Science*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104229>

Wilton, B., Gal, A. et K. K. (2021). *DIALOGUE UE-CANADA SUR L'AGRICULTURE DANS LE CADRE DE L'AECG: Atelier sur la réduction des GES dans le secteur de l'élevage*. <https://pm.gc.ca/fr/nouvelles/notes-dinformation/2021/06/15/sommet-canada-union-europeenne-declaration->