

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ÉVALUATION D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL
DE LA PRODUCTION DES
POULES PONDEUSES AU QUÉBEC

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR
JOHN BURBANO

NOVEMBRE 2018

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser 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

Il m'apparaît important de remercier d'abord ma codirectrice Denise Proulx pour avoir cru en moi et pour les orientations qu'elle m'a données et les connaissances qu'elle m'a transmises dans le cadre du cours ENV7000. Elle m'a aidé à trouver mon sujet, et ses commentaires durant la rédaction de ce mémoire ont toujours été constructifs. Je remercie aussi Jean-Philippe Waaub, mon directeur de mémoire et professeur à l'Université du Québec à Montréal, pour sa patience, sa confiance et ses bons conseils qui m'ont inspiré dans le développement de mon projet. En outre, tous deux m'ont apporté leur précieux soutien pour atteindre mon objectif. Leur attitude positive et leurs qualités humaines font que je me sens privilégié d'avoir travaillé sous leur direction lors de la rédaction de ce mémoire.

DÉDICACE

À Dieu pour me donner toutes
les opportunités de réaliser chacun
de mes buts dans la vie,
à mon enfant bienaimé, David Santiago,
à ma chère petite fille Maria Jose,
à ma belle épouse Niny
et à mes chers parents Carlos et Estella
qui sont la force de ma vie
et qui m'aident à atteindre tous mes objectifs.

AVANT-PROPOS

La réalisation de ce mémoire est motivée par notre volonté de contribuer au bien-être des êtres vivants qui vivent à proximité directe et indirecte des sites de production agricole de poules pondeuses, nécessaires à l'alimentation ainsi qu'à l'économie d'une région ou d'un pays. Dans cette perspective, nous nous intéressons plus particulièrement aux sources de contamination de l'environnement, plus spécifiquement aux effluves d'ammoniac, et à l'analyse des facteurs qui affectent la qualité de l'air.

Dans ce but, tout au long de ce mémoire, nous analysons les impacts de la production de poules pondeuses sur les êtres vivants. Nous identifions, d'abord, les points critiques du processus de production des œufs, soit à une mauvaise gestion, soit à l'utilisation des déchets organiques non traités comme source d'engrais. Il est important de bien connaître les problèmes de santé possibles qui peuvent être générés par la production des œufs et qui peuvent affecter les plantes, les animaux ainsi que la vie en société.

L'environnement est sans aucun doute le lieu où des êtres vivants interagissent avec la nature. Leurs interactions jouent un rôle certain sur l'atteinte du plein potentiel de production des poules pondeuses et sur la quantité d'œufs. Cependant, la plupart des êtres humains l'oublie et cherchent à protéger leurs propres intérêts : le producteur protège d'abord la rentabilité, et la stabilité de sa production et la population, conciliante, protège souvent celui qui le nourrit alors qu'il devrait protéger son environnement. Pourtant, il est important de savoir que tous, nous pouvons contribuer à améliorer l'environnement sans affecter la production des œufs de consommation.

Cette étude présente donc une analyse des pratiques conventionnelles d'élevage de poules pondeuses et de leurs impacts sur la nature et la santé humaine.

Elle vise, au final, à sensibiliser les producteurs afin qu'ils abandonnent les pratiques traditionnelles comme l'épandage de lisier et qu'ils adoptent de nouvelles méthodes de gestion des déjections comme la biométhanisation, le séchage artificiel, le compostage, etc. Cela pourrait contribuer à la réduction de produits contaminants (gaz) et des nuisances olfactives qui affectent l'environnement, les animaux et les êtres humains.

D'ailleurs, il est important de dire que la protection de l'environnement ainsi que le bien-être animal sont des sujets de plus en plus présents dans l'actualité. La prise de conscience de la population tend à favoriser une transformation des paramètres de production.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	IV
LISTE DES FIGURES.....	VIII
LISTE DES TABLEAUX.....	VIII
LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES	IX
RÉSUMÉ.....	X
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I.....	4
PROBLÉMATIQUE.....	4
1.1 Introduction	4
1.2 Mise en contexte	5
1.2.1 État des connaissances sur le milieu avicole au Québec	5
1.2.2 Dommages à l'environnement.....	7
1.2.3 Un environnement d'élevage de qualité	8
1.2.4 La production d'œufs de consommation	9
1.2.6 La composition des déchets	14
1.2.7 Quantité de déjections.....	14
1.2.8 La pollution liée à la gestion des déjections	16
1.2.9 Les odeurs émises par la production avicole	17
1.3 Importance de la qualité de l'air.....	19
1.4 Processus mécaniques et biologiques de gestion des déjections.....	20
1.5 Loi et règlements sur la qualité de l'environnement.....	21
1.6 Question de recherche	23
1.7 Objectifs de recherche.....	24
CHAPITRE II.....	25
CONCEPTS CLÉS.....	25
2.1 Introduction	25
2.2 Impacts environnementaux et sociaux	27
2.3 Développement durable	29
2.4 Entreprises de production d'œufs.....	30
2.4.1 Organisations des entreprises de production d'œufs	30
2.4.2 Mesures préventives	32
2.4.3 Mesures correctives	33
2.4.4 Mesures compensatoires	34
2.5 Production de poules pondeuses	35

2.5.1 Le bâtiment	35
2.5.2 L'orientation du bâtiment	36
2.6 Types de logements de la production avicole	36
2.6.1 Système de sol sur litière	37
2.6.2 Système de batteries avec un stockage des fientes en fosses profondes.....	39
2.6.3 Systèmes de batteries avec évacuation des fientes par des racleurs	40
2.6.4 Systèmes de batteries avec un tapis d'évacuation fréquente des fientes	40
2.6.5 Les systèmes de cages aménagées	41
CHAPITRE III	43
MÉTHOLOGIE.....	43
CHAPITRE IV	45
L'AMMONIAC EN AVICULTURE ET LES MOYENS DE REDUCTION	45
4.1 L'ammoniac dans l'aviculture.....	45
4.1.1 Sources et quantités produites.....	45
4.1.2 L'impact de l'ammoniac sur l'environnement.....	48
4.1.3 L'effet de l'ammoniac sur la santé humaine.....	49
4.1.4 La nuisance olfactive	50
4.2 Types de traitement pour les déjections des poules pondeuses.....	50
4.2.1 Le compostage	51
4.2.2 La Biométhanisation	55
4.2.3 Le séchage artificiel	58
4.2.4 Le séchage dans le bâtiment	59
4.2.5 L'épandage de lisier	61
4.3 Politiques de soutien à la protection de l'environnement.....	62
CHAPITRE V	65
ANALYSE	65
CHAPITRE VI.....	72
DISCUSSION	72
CONCLUSION	74
BIBLIOGRAPHIE	77

LISTE DES FIGURES

4-1	Facteurs influençant l'état du système de production et les flux de produits et d'émissions	47
5-1	Méthode française IDEA	70

LISTE DES TABLEAUX

1-1	Évolution de la part des ovoproduits dans différents pays.....	11
1-2	Principales régions productrices d'œufs de consommation au Québec	12
1-3	Pourcentage de production selon la taille des entreprises (2017)	13
2-1	Les risques environnementaux d'origine agricole (effet négatifs).....	28
2-2	Problèmes et mesures préventives dans la production	33
4-1	Bilan azoté mondial (millions de tonnes) pour la production végétale et la production animale	46
4-2	Valeur comme fertilisant du fumier de poules élevées en cages	53
4-3	Composition typique de biogaz	57
4-4	Catégories d'odeurs	59
4-5	Émissions du fumier au champ (flux directs).....	60
4-6	Émissions totales du système pour un apport de 23 m ³ de lisier.....	62

LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ACIA	Agence Canadienne d'inspection des aliments
BF	Banda Fumier
CAF	Capacité d'autofinancement
CO ₂	Dioxyde de carbone
ACV	Analyse du cycle de vie
ÉIES	Évaluation d'impact environnemental et social
EPA	Environmental Protection Agency
FPOCQ	Fédération des producteurs d'œufs du Québec
GES	Gaz à effet de serre
H ₂ S	Sulfure d'hydrogène
IDEA	Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles
LAU	Loi sur l'aménagement et l'urbanisme
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques
N	Azote
NH ₃	Ammoniac
PAA	Plan d'accompagnement agroenvironnemental
PCAA	Plan canadien d'adaptation agricole
PAEF	Plans agroenvironnementaux de fertilisation
UCC	Union catholique des cultivateurs
UPA	Union des producteurs agricoles

RÉSUMÉ

Au Québec, l'activité de production avicole (des œufs de consommation) a connu une augmentation constante au cours des dernières décennies, ce qui a favorisé la santé des entreprises de cette industrie. Cependant, ces fermes n'ont pas introduit pour autant toutes les mesures avant-gardistes pour assurer le bien-être animal et la qualité de l'environnement. Il a fallu une pression du public pour qu'elle recherche des alternatives de gestion pour contrôler les déchets produits par les élevages de poules pondeuses et leurs impacts, dont les odeurs, sont parmi les plus pernicious.

L'évaluation d'impact environnemental et social est reconnue comme un instrument très utile pour analyser le bien-être animal et des communautés ainsi que l'environnement à proximité des installations avicoles. Cependant, pour réussir la transformation des pratiques que ses constats amènent, il est important d'avoir un portrait de la production d'œufs, d'en comprendre la valeur marchande pour le Québec, autant pour la quantité des emplois qu'elle génère que des retombées de sa chaîne de production.

Ce mémoire évalue les différents types d'impacts que génère l'activité avicole, tout en observant spécifiquement comment elle affecte la qualité de l'air des êtres humains, et celle des plantes et des animaux. C'est en s'appuyant sur les principes du développement durable que nous avons réalisé une étude concernant la gestion des déchets, en tenant compte des systèmes de production, du bien-être des animaux et des différentes méthodes de gestion des déjections de la production de poules pondeuses. Bien qu'elle nous offre un bien (des œufs), cette industrie est aussi l'objet de mauvaises pratiques qui doivent être améliorées. Le mémoire s'attarde principalement à la pollution olfactive, invisible, car elle est dans l'environnement sous forme de gaz que nous ne pouvons voir, mais qui provoquent des désagréments tels que des irritations des muqueuses et de la gorge, des maux de tête, du stress, une perte de mémoire, etc.

(Nimmermark, 2004). Enfin, il analyse les alternatives disponibles pour améliorer les problèmes plus complexes sur la santé des êtres humains et des animaux, et pouvant même conduire par ailleurs, à une diminution des recettes de la production.

Mots clés : Production d'œufs, ammoniac, impact environnemental et social, nuisance olfactive, gestion des déchets d'élevage.

INTRODUCTION

L'air est un élément vital sur terre. Les particules qui contaminent l'air sont peut-être le principal facteur de risque pour la santé des êtres vivants, tels que les humains, les animaux et les plantes. Quand les contaminants causent des perturbations qui réduisent la qualité de vie, il devient essentiel de tenter de les contrôler, à défaut de les éliminer totalement.

La démographie mondiale actuelle qui oscille autour de 7,6 milliards d'habitants impose une demande croissante de production d'aliments. Pour bien satisfaire les nécessités alimentaires, l'humain exploite au maximum les ressources naturelles, en produisant en même temps une quantité démesurée de déchets qui sont toxiques, dans la majorité des cas, ce qui produit une diminution de la qualité de vie sur terre.

Cependant, pour obtenir une bonne analyse de la situation, nous devons réaliser une série d'évaluations environnementales et sociales qui nous permet de collecter des données sur les principales caractéristiques qui causent cette pollution : elles proviennent de sources agricoles, sociales, environnementales, économiques et sanitaires. Les résultats obtenus déterminent le degré de pollution dans un lieu précis et ouvrent la possibilité d'analyser l'existence de solutions pour y remédier. Nous parlons ici d'une loi fiable applicable à divers niveaux, c'est-à-dire municipal, provincial et fédéral; ou encore, de pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement, mises en valeur par les leaders de l'industrie.

Ce mémoire s'attarde donc à la pollution de l'air causée par la production de poules pondeuses et les manières de faire de cette industrie.

Au cours de nos recherches, nous avons constaté que les études scientifiques réalisées sur l'impact environnemental et social des productions avicoles démontrent que celui-ci est important et dommageable, pas seulement pour les

humains. L'information scientifique sur le sujet nous a permis d'identifier quelques sources de pollution comme la présence d'ammoniac, d'autres mauvaises odeurs qui affectent la qualité d'air, la gestion des déchets, l'absence de bien-être animal, etc.

Pour bien comprendre la situation, il faut mettre en évidence les différents polluants qui sont produits par la production avicole et qui doivent être évalués en fonction de leur niveau de contamination, selon les normes en vigueur. Nous en avons analysé les forces, les faiblesses, les opportunités et les contraintes qui entrent en jeu dans le processus de transformation des déchets avicoles, afin de nous inspirer pour émettre des pistes de solutions susceptibles d'être adoptées par les producteurs d'œufs de consommation.

La première partie fait référence à l'analyse de l'industrie de production des poules pondeuses et trace un portrait de son importance pour le Québec et le Canada. En présentant quelques données de la production de poules pondeuses, nous sommes en mesure de mieux comprendre le sujet et d'analyser les effets potentiels de la production avicole sur l'environnement et les êtres vivants qui l'entourent. Nous parlons ici de la quantité des déchets et leur composition, d'émission d'odeurs, et de la pollution de l'air liée à la production des œufs.

La deuxième partie décrit l'impact environnemental et social généré par la production d'œufs. L'actualité nous a habitué au terme « développement durable » véhiculé par les différents chercheurs pour analyser l'équilibre de la production avec l'environnement, le bien-être animal, le milieu social et la dimension économique. D'ailleurs, dans la littérature sur la production d'œufs, nous trouvons les mesures préventives, correctives et compensatoires mises en évidence pour indiquer que le développement durable est pris en considération et qu'il établit l'équilibre de la production avec son environnement. Les différents systèmes de production actuels seraient donc soucieux de la gestion des déchets, du bien-être animal, en plus des tâches quotidiennes à effectuer par les travailleurs dans les

entreprises. Nous étudions les méthodes utilisées pour disposer des déchets, afin d'en découvrir les avantages et les inconvénients de même que les forces et les faiblesses afin de mieux voir comment elles peuvent être adaptées pour une meilleure gestion de leurs impacts, ceci en conformité avec les lois applicables au Canada tant aux niveaux municipal, provincial et fédéral, afin de favoriser l'environnement et les êtres vivants.

Dans la troisième partie, nous exposons la méthodologie utilisée pour analyser la production des poules pondeuses du point de vue des systèmes de production, de la gestion des déchets, de la production d'ammoniac et des politiques de protection de l'environnement.

La quatrième partie du travail présente les résultats trouvés dans notre revue de littérature afin d'ouvrir la discussion sur les alternatives connues et utilisées en faveur d'une meilleure protection de l'environnement, sans affecter pour autant la production.

Et finalement la conclusion propose de rechercher de nouvelles alternatives de gestion des entreprises avicoles qui diminueraient de manière significative l'impact généré par les productions d'élevage et qui assureraient une véritable prise en compte du développement durable des entreprises.

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE

1.1 Introduction

Depuis toujours, l'humain a organisé son espace de vie à proximité des élevages d'animaux. Néanmoins, la croissance démographique et le stress sur la salubrité des grandes villes ont fait que les gens ont recherché à éloigner les animaux de leurs demeures. Graduellement, les résidences se sont regroupées autour des agglomérations urbanisées en envahissant les espaces agricoles productifs. Puis, avec l'avènement de l'ère industrielle, les agriculteurs ont utilisé des terres agricoles productives pour y concentrer des élevages intensifs pour nourrir ces populations urbanisées. La séparation entre la vie des humains et celle des animaux s'est confirmée comme mode de vie. Cette concentration animale a engendré une grande production de déchets, qui est devenue un problème majeur de santé et de confort pour les éleveurs, leurs familles et pour les populations rurales avoisinantes des grands bâtiments d'élevage. Ces problèmes, comme les mauvaises odeurs, la présence de moustiques, la présence de gaz, etc., peuvent affecter aussi les plantes et les autres animaux et s'étendre sur des centaines de kilomètres.

Il faut prendre en compte que, socialement, ces élevages sont jugés nécessaires pour répondre aux besoins nutritionnels des populations en constante augmentation et qui se concentrent dans les milieux urbanisés. En conséquence, la production animale est surtout vue comme une industrie qui offre des emplois, produisant des avantages économiques pour une région ou un pays. Malgré cela, plusieurs chercheurs ont constaté les impacts de ces productions d'élevage intensif sur l'environnement et la société. La relation entre la pollution atmosphérique et l'agriculture fait ressortir une fois de plus la nécessité d'une vision globale de l'environnement, nourrie d'une logique écologique, bien plus qu'une approche

étroite des problèmes environnementaux appréhendés séparément, indépendamment les uns des autres (Charles, 2017).

Cependant, du point de vue écologique, tout le monde croit qu'il n'y a pas de relation étroite entre l'agriculture et l'environnement, que chacun est indépendant de l'autre, mais c'est tout le contraire (Cellier et Genermont, 2017).

Au cours des trois dernières décennies, une augmentation des études menées sur l'impact environnemental des différentes productions agricoles est observée. Ceci est dû à la préoccupation des communautés vis-à-vis du réchauffement climatique, de tout ce qui peut affecter l'environnement et de toutes les actions de l'homme sur les ressources naturelles telles que l'air, l'eau et le sol qui peuvent être affectées et qui peuvent à leur tour affecter directement les communautés, les plantes et les animaux (Zahm, 2003).

Ainsi, tout comme l'eau, l'air est une ressource vitale à tous les êtres vivants qui ne peut pas être remplacé par un autre élément. On le sait, la qualité de l'air peut affecter la salubrité des aliments et générer des maladies respiratoires chez les éleveurs comme chez les animaux. La détérioration de la qualité de l'air, due de la production agricole intensive, est un vrai problème parce que les populations ne sont pas encore bien informées des risques générés par la pollution de l'air venant des élevages. L'opinion publique connaît mieux la pollution de l'air produite par les combustibles fossiles et les industries que par les productions animales.

1.2 Mise en contexte

1.2.1 État des connaissances sur le milieu avicole au Québec

Avant 1960, il n'y avait pratiquement aucune association de producteurs d'œufs spécialisés. À cette époque, il y avait l'Union Catholique des Cultivateurs (UCC) qui devint plus tard l'Union des producteurs agricoles (UPA), un syndicat

impliqué dans les différentes productions, mais aucune filiale n'était spécialisée. C'était l'époque où l'agriculture québécoise et canadienne était multifonctionnelle, sauf dans certains clubs d'éleveurs et dans les écoles d'agriculture.

En 1963, le gouvernement québécois de Jean Lesage est en pleine révolution tranquille. Il a présenté un projet de loi renforçant la reconnaissance du marché agricole et soutenu la spécialisation des agriculteurs. Il a aussi créé la Régie des marchés agricoles et agroalimentaires, chargée d'administrer les conventions de mise en marché collective des différents secteurs agricoles spécialisés, comme celui des poules pondeuses. Le 13 novembre 1964, la Fédération des producteurs d'œufs de consommation est créée par une centaine de producteurs et classificateurs d'œufs, maintenant réunis. Le ministère de l'Agriculture de l'époque soutient cette initiative par une aide financière aux producteurs d'œufs de consommation, pour encourager cette transformation de leur industrie (Riverin-Charbonneau, 2015)

Un plan conjoint de mise en marché des œufs a permis aux producteurs de se regrouper pour vendre leurs produits et ainsi contrôler le prix qui leur était versé pour leur production. Le but était d'abord de couvrir leurs coûts de production. La nouvelle Fédération a invité les producteurs à augmenter leur production afin de couvrir les demandes du marché.

Une surproduction d'œufs s'en est suivie, compliquée par des importations américaines et canadiennes. En 1972, la loi fédérale C-173 est apparue et a mis de l'ordre dans divers programmes de commercialisation visant à éliminer les surplus de poules pondeuses afin de stabiliser le prix des œufs.

Tout comme pour les producteurs de lait, de poulets, de dindons et d'œufs d'incubation, la gestion de l'offre est considérée comme une solution fort avantageuse pour les propriétaires de poules pondeuses qui pouvaient ainsi,

s'assurer la gestion unique de la production dans chacune des provinces, le contrôle des importations américaines et d'autres pays qui pouvaient pratiquer le dumping alimentaire et l'assurance d'obtenir un prix couvrant les coûts de production d'œufs de consommation. Par divers mécanismes, les producteurs d'œufs s'assuraient d'un revenu suffisant, tout en évitant aux gouvernements de devoir les soutenir par des subventions lorsque les prix subissaient les aléas du marché. (Riverin-Charbonneau, 2015)

Ainsi, pour qu'un producteur puisse augmenter sa production, il devait et doit toujours acheter un quota de production qu'il aura acquis d'un autre producteur. Ce sont les provinces qui ont déterminé le nombre de volailles permises sans quota, ce qui au fil des années, a amené des disparités importantes et de nombreuses critiques d'une province à l'autre.

Par exemple, au Québec, tout producteur qui a 101 poules pondeuses doit posséder un quota ou un droit d'utilisation qui lui est attribué par la Fédération des producteurs d'œufs du Québec. Ailleurs au Canada, le plancher peut atteindre 2000 poules pondeuses pour un éleveur artisanal sans détenir de quota.

1.2.2 Dommages à l'environnement

Si ces règles de mises en marché ont favorisé l'augmentation des élevages de poules pondeuses au profit de meilleurs revenus pour les familles agricoles, cette hausse de la production a créé d'importants dommages à l'environnement, non seulement à l'endroit même de l'activité, mais aussi en différé ailleurs, dans des endroits qui en sont souvent éloignés (Amand-Madelin, 1992).

Le secteur avicole contribue en partie à la détérioration de la qualité de l'air, cela est dû à la quantité d'azote dans les excréments d'animaux et à la qualité de l'azote (déchets traités et non traités) qui ont une répercussion majeure ou mineure sur l'environnement. Aujourd'hui, à cause des productions intensives, les études

produites par la communauté scientifique sensibilisent la population agricole à la recherche de nouvelles techniques pour la gestion de ce type de déchets comme la biométhanisation, le compostage, le séchage artificiel et la vermiculture.

1.2.3 Un environnement d'élevage de qualité

Pour bien visualiser le problème de la production d'œufs, il est nécessaire de prendre en compte que c'est dans le bâtiment que commence tout le processus de la gestion des déchets. La ventilation et la température sont des éléments de contrôle de l'humidité à l'intérieur du bâtiment et ces technologies aident à sécher la litière. Avant l'arrivée des animaux, un bon nettoyage et une désinfection des lieux sont essentiels, car pendant la production, il devient impossible d'effectuer des tâches de purification, sans affecter la santé des animaux. Pendant la production des œufs, la poussière de la nourriture, la poussière extérieure, le mouvement des poules pondeuses, même lorsqu'elles sont en cage, font qu'il y a plus de présence de matières en suspension dans l'air du bâtiment. « Il représente le premier paramètre de contrôle en élevage par le biais de la ventilation » (Rousset *et al.*, 2016).

Pour plusieurs éleveurs de poules pondeuses, le changement n'est pas facile. Le coût des aménagements, des installations et de l'équipement peut être un facteur limitant pour prendre la décision de tenir mieux compte des impacts environnementaux et sociaux. « Dans certains cas, il est nécessaire d'améliorer les conditions du bien-être des animaux et des travailleurs. Mais d'autres producteurs préfèrent continuer sur un mode traditionnel » (Mormont, 1996).

D'ailleurs, on doit regarder l'importance de la production d'œufs des points de vue économique et social, pour bien comprendre les composantes de ce domaine.

1.2.4 La production d'œufs de consommation

Les productions animales constituent d'importantes sources d'activités économiques à l'échelle d'une région ou d'un pays, car elles sont directement liées à la fourniture de nourriture à la population. Cependant, ces productions liées à de mauvaises pratiques de gestion des déchets, comme le manque de technologie ou des problèmes sanitaires, génèrent également des impacts environnementaux et sociaux majeurs. Il faut donc pouvoir concilier les enjeux économiques, environnementaux et sociaux.

Les éléments essentiels à la compréhension de l'importance économique de la production d'œufs au Canada sont décrits ci-dessous.

Avec l'amélioration génétique, les poules pondeuses d'aujourd'hui sont plus efficaces. Les producteurs ont ainsi réussi, non seulement à augmenter la production de 80 œufs par an à une production de 220 à 305 par an, mais aussi à réaliser cette croissance de productivité tout en diminuant la consommation de nourriture des animaux (Beaumont *et al.*, 2010; Campesinos, 2002).

La production d'œufs comptait, en 2016, 1062 producteurs au Canada. Cependant, la consommation d'œufs et de leurs sous-produits est passée de 2,2% en 2015 à 3,9% en 2016, soit une augmentation de 77%. En 2015, la consommation d'œufs par personne était de 19,3 douzaines, en 2016 elle a grimpé à 19,9 douzaines soit 2,7% de plus qu'en 2015 (Agriculture et agroalimentaire Canada, 2017)a.

D'ailleurs : « En 2016, le Canada a exporté 7,4 millions de kilogrammes d'œufs transformés pour une valeur totale de 21,7 millions de dollars et 6,2 millions de douzaines d'œufs en coquille pour une valeur de plus de 5,1 millions de dollars » (Agriculture et agroalimentaire Canada, 2017)b.

La croissance de l'évolution de l'industrie des œufs en Canada a été amorcée au tournant des années 1960, et s'est poursuivie par la suite. En 2016, elle occupe deux types de marché pour commercialiser son produit : la vente d'œufs pour la table avec 70% de la production totale et 30% des œufs qui est commercialisé sous forme de sous-produits, dédiés à la production d'aliments transformés utilisés dans la restauration, la transformation et les institutions. Ces œufs sont commercialisés comme suit: œufs congelés, œufs déshydratés et œufs liquides (Agriculture et agroalimentaire Canada, 2017)b.

Cependant, le Québec se comporte de manière différente du Canada. La production d'œufs de table est de 82%, tandis qu'elle se limite à 18% pour les produits transformés. Elle a développé une spécialité : 7,1% des œufs de table vendus au Québec constituent un marché spécial : les œufs oméga-3 (Fédération des producteurs d'œufs du Québec, 2017).

À cause de la gestion de l'offre, la quasi majorité des œufs exportés par le Canada sont vendus sous un format transformé. En effet, en 2013, l'exportation des œufs en coquille ne représentait que 1,6% de la vente totale d'œufs du Canada, soit 21,1 millions de dollars. Toutefois, le secteur de la vente d'œufs transformés est fragile. Par exemple, le Canada a perdu près de 50% de ses ventes d'œufs transformés, estimées en 2004 à 40,7 millions de dollars, à la suite d'un changement de cap de la part de son principal acheteur, le Japon, qui a réduit ses achats de 50% (MAPAQ, 2014).

D'ailleurs, la production d'œufs correspond à une industrie générant d'importantes retombées économiques au Québec. Les recettes québécoises provenant de l'aviculture se chiffraient à plus de 218 millions de dollars dont 125,4 millions seulement pour la production d'œufs.

Tableau 1-1 Évolution de la part des ovoproduits dans différents pays

	2000		2005		2012	
Pays	Consommation par personne (douzaines)	Part des ovoproduits (%)	Consommation par personne (douzaines)	Part des ovoproduits (%)	Consommation par personne (douzaines)	Part des ovoproduits (%)
États- Unis	20,9	29	20,9	30	20,8	30
Canada	15,7	24	15,4	25	17,3	29
France	21,3	27	20,4	31	17,1	40
Royaume- Uni	12,8	Nd	14,8	20	15,2	24
Chine	nd	Nd	29,1	18	Nd	nd
Japon	nd	Nd	27,0	52	Nd	nd

Source : MAPAQ (2014)

Le tableau 1.1 montre que la consommation d'œufs par personne au Canada a augmenté de 10% depuis l'année 2000, mais que la consommation des ovoproduits n'a ni augmenté ni diminué. Aux États-Unis, ni la consommation d'œufs ni celle des ovoproduits n'a connu de variation. En France, la consommation d'œufs a diminué de 19.8% par personne depuis l'année 2000, pourtant celle des ovoproduits a augmenté de 48% depuis la même année. Cela pourrait expliquer la diminution de la consommation d'œufs par personne.

Rappelons que la gestion de l'offre vise à produire ce que les marchés québécois et canadien consomment en une année. Puisqu'il s'agit d'une mesure protectionniste cherchant un équilibre entre l'offre et la demande, les importations sont limitées et le quota apparaît comme une mesure qui empêche la surproduction.

« Au cours des 10 dernières années, le Québec a enregistré un solde positif tous les ans (3 millions de douzaines en moyenne). En 2013, le solde a atteint un sommet de 7,4 millions de douzaines qui s'explique principalement par la baisse des ventes en Ontario. Les achats du Québec étaient de 8,1 millions de douzaines tandis que les ventes se chiffraient à

0,7 million de douzaines » (MAPAQ, 2014).

Le Québec compte pour 19,7% de la production canadienne d'œufs. Cela témoigne de l'importance relative de cette production agricole dans la province par rapport au reste du Canada, étant la deuxième province plus importante après l'Ontario (Fédération des producteurs d'œufs du Québec, 2017).

La production est concentrée dans trois régions principales (voir tableau 1-2).

Tableau 1-2. Principales régions productrices d'œufs de consommation au Québec

Région	Production (Million de douzaines)	Production (Pourcentage)
Montérégie	30,0	35%
Chaudière-Appalaches	22,0	26%
Centre du Québec	17,0	20%

Source : MAPAQ (2013)

L'industrie de production d'œufs est bien organisée, car les producteurs sont dédiés à la production et envoient à d'autres entreprises la sélection des œufs et leur commercialisation auprès des distributeurs alimentaires, des services alimentaires et auprès des transformateurs d'œufs en sous-produits alimentaires.

Le classement et l'emballage des œufs sont assurés par des entreprises spécialisées, qui remplissent également les tâches de lavage et de mirage, garantissant ainsi la qualité des œufs vendus pour la consommation. Ainsi, en 2008, les classificateurs d'œufs ont traité 93,8 millions de douzaines d'œufs au Québec. « Au Canada, on compte un total de 203 postes de classement d'œufs agréés par l'Agence Canadienne d'inspection des aliments (ACIA), dont 20 dans la province de Québec » (MAPAQ, 2014).

1.2.5 Les systèmes d'élevage et la gestion des coûts et des profits

Il est important de dire que la production d'œufs correspond à 57,5% des recettes provenant de l'aviculture du Québec.

En 1996-1997, on comptait 1060 producteurs avicoles au Québec répartis ainsi :

- Poulets : 719 producteurs;
- Dindons : 152 producteurs;
- Œufs d'incubation : 61 producteurs;
- Œufs de consommation : 128 producteurs.

Tableau 1-3. Pourcentage de production selon la taille des entreprises (2017)

Tailles des entreprises	Pourcentage de la production
50 000 pondeuses et plus	30%
De 20 000 à 49 999 pondeuses	47%
Moins de 20 000 pondeuses	23%

Source : Fédération des producteurs d'œufs du Québec (2017)

Selon le tableau 1-3, la majorité des entreprises avicoles sont de grandes entreprises. Les petites entreprises ne représentent que 23% du nombre total des entreprises. Cela signifie que l'industrie de la production d'œufs est très solide, En effet, la stabilité du marché a constitué un milieu propice pour que les producteurs se développent et atteignent une taille imposante. Cela peut encourager des petits producteurs à vouloir faire de même.

La taille moyenne d'un troupeau de pondeuses au Canada est de 20 241 poules. Cependant, au Québec la taille moyenne est de 35 998 poules, soit le nombre le plus élevé au pays (MAPAQ, 2014).

En plus de produire des biens économiques et des biens alimentaires, cette industrie génère des déchets qui affectent l'environnement et la société. Il est important de bien connaître cet autre aspect de la production des œufs.

1.2.6 La composition des déchets

Les déchets agricoles sont d'une grande importance pour les agriculteurs par leurs caractéristiques nutritionnelles, puisqu'ils améliorent la qualité et la texture du sol, en les préparant pour la production de la nourriture. Toutefois, certains déchets agricoles peuvent aussi être contaminés par des résidus d'antibiotiques et de divers pesticides.

Les charges en éléments fertilisants (N, P_2O_5 , K_2O , Ca et Mg en g/tête par jour) varient sensiblement (de 15 à 45%) au sein de chaque catégorie d'effluents, mais il ne semble pas – à première vue et tel que l'on pourrait s'y attendre – qu'il y ait de différences importants entre les types d'effluents de poulettes (fientes, fumier et lisier), ni entre les fientes et le lisier de pondeuses. Par contre, le fumier de pondeuses (élevage biologique) paraît plus riche pour tous les éléments à l'étude. Enfin, il semblerait qu'il se perde moins d'azote lorsque les effluents d'élevage sont sous forme liquide (lisier) que sous forme solide (fientes et fumier) (Seydoux *et al.*, 2006).

1.2.7 Quantité de déjections

Les volailles sont des animaux qui produisent des déchets très liquides, parce que l'urine et les selles sont éliminées ensemble. Cette caractéristique signifie que nous devons être plus prudents dans la manipulation des déchets, en raison de leur contenu en humidité. Par contre, nous n'utilisons pas toute la matière fécale comme engrais, celle-ci se répartissant entre 80% d'eau et 20% de matière solide sèche.

« (...) 20% de la matière sèche de la nourriture ingérée est éliminé par la poule, avec un contenu excessif de nutriments, qui sont pratiquement injectés dans l'écosystème » (Silva Pérez, 1999).

D'ailleurs, il est nécessaire de connaître que « le volume d'effluent produit par « une » poule pondeuse (en cm³ par tête, par jour) est presque deux fois plus élevé que celui produit par une poulette; soit 1,8 fois pour les fientes, 1,9 pour les fumiers et 1,7 pour les lisiers » (Seydoux *et al.*, 2006).

Avec, l'exemple suivant, nous pouvons considérer que la gestion des déchets à l'échelle des producteurs possède ses limites, car gérer une grande quantité de poules pondeuses peut produire une grande quantité de déchets, ce qui devient un problème majeur, si le processus n'est pas technologiquement bien encadré.

« Presque de 3 600 000 poules pondeuses et autant de poulettes génèrent des dizaines de milliers de tonnes d'effluents d'élevage chaque année. Que ces effluents soient sous forme solide (fientes, fumier) ou liquide (lisier), ils ont une grande valeur agronomique, mais aussi un fort potentiel de pollution s'ils sont mal utilisés. À l'échelle de chaque exploitation, il est donc essentiel de bien connaître les volumes et les charges en éléments fertilisants produits annuellement, mais aussi la valeur fertilisante réelle des effluents d'élevage lors de l'épandage, pour que les plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF) exigés de chaque producteur puissent être établis de façon juste et rigoureuse » (Seydoux *et al.*, 2006).

Les définitions suivantes décrivent les différentes formes de déjections en fonction du type de production de poules pondeuses (Seydoux *et al.*, 2006).

Les fientes correspondent aux déjections, non diluées par de l'eau ou de la litière, des oiseaux en cages. Elles sont plus ou moins pâteuses selon leur mode de séchage (naturel ou artificiel). Elles s'accumulent dans le bâtiment (cave) ou à l'extérieur (plate-forme couverte ou non).

Le fumier est constitué par le mélange des déjections à de la litière (le plus souvent des copeaux de rabotage ou « ripe ». Il est généré par les élevages de volailles sur parquet. Le fumier produit est totalement enlevé à la fin de chaque élevage. Dans ce cas-ci, tous les élevages sur litière sont biologiques.

Le lisier provient des élevages où les poulettes et les poules pondeuses sont en cage et où de l'eau est ajoutée aux déjections lors de l'écuration ou

de la reprise des effluents. Le lisier s'accumule dans une cave sous les animaux ou dans une fosse extérieure.

1.2.8 La pollution liée à la gestion des déjections

La gestion des déchets est le point critique de toutes les productions d'élevage, ici celle des poules pondeuses. En effet, le manque de technologies de pointe, éliminant l'usage de moteurs moins polluants, d'équipements sophistiqués, donc moins lourds, pour des interventions légères, une incapacité de comprendre la mauvaise gestion des déjections et le manque de connaissances sont à l'origine de la continuité dans la production conventionnelle. La peur de l'innovation et le manque de soutien de la part de professionnels, tels que les agronomes et les spécialistes agroenvironnementaux, capables d'ouvrir des canaux ou de mettre en œuvre des moyens appropriés pour améliorer la performance environnementale de l'entreprise, s'ajoutent au statu quo de certaines fermes avicoles. À cela s'ajoute maintenant la mentalité fermée au changement et l'attachement aux pratiques traditionnelles, jugées acquises et plus simples à pratiquer.

Reconnaissant toutefois que les pratiques traditionnelles des éleveurs sont dans certains cas favorables économiquement, la recherche s'est davantage penchée sur l'amélioration génétique des animaux que sur la diminution de leurs impacts sur la nature. Les chercheurs ont ensuite compris que les animaux ont besoin de confort pour atteindre le maximum de leur potentiel génétique de production. (Beaumont *et al.*, 2010; Campesinos, 2002). Cela a finalement amené à l'utilisation de nouvelles technologies dans les bâtiments, dans les cages et l'amélioration des recettes de nourriture. Récemment, le gouvernement du Québec a aussi adopté une loi portant sur le bien-être animal, soutenue par des programmes financiers pour moderniser les bâtiments d'élevage.

Bien que ce ne soit pas tous les producteurs qui veuillent effectuer ces changements, ils doivent réfléchir à la manière d'effectuer différentes tâches de production qui permettront une amélioration de la collecte des œufs, telles que

l'alimentation des poules et la manipulation des déchets et des déjections des volailles. Cette dernière tâche est l'une des plus importantes pour éviter la production de substances comme l'ammoniac, le gaz carbonique, etc., qui peuvent affecter les poulets et les producteurs.

Des études ont clairement démontré que la teneur en humidité dans les effluents augmente la quantité d'ammoniac dans l'environnement. Cependant, pour réduire la quantité d'ammoniac, il est nécessaire de recourir à la ventilation rapide qui aide à sécher la litière en évitant les réactions chimiques qui provoquent les émissions d'ammoniac. «Plus le fumier est séché, le moins d'ammoniac est émis» (Liang *et al.*, 2005).

1.2.9 Les odeurs émises par la production avicole

Les odeurs générées par les déjections sont dues à leur mauvaise gestion, car elles contiennent une grande quantité d'eau. Le manque de mouvement dans les déjections entraîne leur décomposition en anaérobie, générant des composés tels que l'ammoniac (NH_3) ou le sulfure d'hydrogène (H_2S). Ces deux éléments, les plus nocifs, sont produits par la fermentation des déjections de poules pondeuses. (O'Neill et Phillips, 1992) ont résumé « 168 composés odorants identifiés dans les odeurs de bétail par divers chercheurs. Parmi ces composés, trente (30) avaient des seuils de détection des odeurs inférieurs ou égaux à $0,001 \text{ mg/m}^3$. Six composés sur dix affichaient des seuils de détection plus bas. Par contre, tous étaient des composés contenant du soufre ».

L'ammoniac (NH_3) et le sulfure d'hydrogène (H_2S) découlant des activités agricoles sont les produits les plus toxiques et les plus dangereux pour les êtres vivants. En effet, « le sulfure d'hydrogène a été responsable de nombreux décès d'animaux et d'humains dans des installations pour animaux » (Ni *et al.*, 2012; Peu, 2011)

Au moment où la poule lâche ses excréments, la mauvaise odeur n'est pas perçue. C'est de trois à quatre jours après la production d'excréments que ces derniers commencent à s'oxyder. C'est à ce moment que les mauvaises odeurs sont perçues si les excréments n'ont pas été enlevés.

Les odeurs émises par le stockage des déjections des poules pondeuses produisent des émissions comprises entre 200 et 1500 unités d'odeur par m³.

« Une unité odeur est la quantité d'un ou d'un mélange de plusieurs odorants qui évaporé(s) dans un mètre cube de gaz neutre dans les conditions standards, provoque une réponse physiologique du panel (seuil de détection). Il existe une relation entre l'unité odeur du gaz de référence (n-butanol) et pour tous effluents gazeux odorants. Cette relation se définit à partir du facteur de dilution au seuil de perception de la manière suivante: 1 unité odeur = 123 µg n-butanol = 1 unité odeur pour les mélanges odorants » (Guingand, 1999).

Cependant, ces émissions sont affectées par différents paramètres tels que la température, la vitesse du vent et sa direction. Les émissions d'épandage sont plus fortes mais pour un court laps de temps. Au contraire, dans le logement, les émissions sont plus faibles, mais pour des périodes plus longues. « La perception des odeurs peut être considérée comme un ressenti » (Guingand, 1999, 2003).

La ventilation du bâtiment est la plus importante de toutes les tâches dans la production d'œufs, puisque les variations de température peuvent affecter la consommation de nourriture et le confort des animaux. De plus, la ventilation aide à éliminer le gaz, en évitant son accumulation à l'intérieur du bâtiment.

Ainsi, le (Québec, 2002) stipule que :

« Les concentrations de contaminants dans l'air ambiant doivent demeurer à des niveaux qui n'entraînent pas d'atteinte à la vie, à la santé, à la sécurité, au bien-être ou au confort de l'être humain, ou encore qui puissent causer du dommage ou porter préjudice à la qualité du sol, à la végétation, à la faune ou aux biens ».

1.3 Importance de la qualité de l'air

La pollution de l'air est le principal facteur de risque pour la santé des être vivant. Ce n'est que lorsque cette pollution cause des perturbations et qu'elle réduit la qualité de vie des êtres humains, qu'il devient plus facile d'attirer l'attention sur le problème de la présence massive de particules en suspension dans l'air.

Cependant, dans l'environnement intérieur des bâtiments d'élevage de poules pondeuses, nous trouvons différents composés, non seulement des gaz, mais aussi de la poussière alimentaire, des plumes, de la poussière de lit et d'ambiance extérieure, ce qui en fait un environnement difficile pour les poules pondeuses et les travailleurs.

La poussière produite à l'intérieur du bâtiment, particulièrement par la décomposition des fientes, est composée d'un mélange de plusieurs éléments tels que des virus, des bactéries, des moisissures, des champignons, etc., qui contribuent au transport des gaz tels que l'ammoniac, le gaz carbonique et autres. « Les fientes, particulièrement sèches en élevage avicole, constituent une source importante de poussières générées » (Peu, 2011; Rousset *et al.*, 2016).

Après les années 1970, le secteur des œufs de consommation au Québec reconnaît qu'il doit faire des progrès en matière d'environnement. La nature constitue un élément très important dans la production d'œufs et les producteurs se voient imposer des normes environnementales plus strictes. Les producteurs choisissent alors d'en faire une valeur de commercialisation : le maintien de normes de production élevées devient une source de promotion auprès des consommateurs, afin de les convaincre de manger plus d'œufs (Ricard et Robillard, 2007).

Au début des années 1980, l'étude des impacts environnementaux a évolué de manière significative. Des chercheurs étudient l'interaction qui existe entre les productions d'élevage et l'environnement, les causes et les effets positifs ou

négatifs (Zahm, 2003). On cherche à améliorer ces relations pour atténuer leurs impacts négatifs sur la santé des êtres vivants. Notamment, la recherche de nouvelles techniques de gestion dans les productions a favorisé l'utilisation de manière significative de tous les déchets d'élevage.

1.4 Processus mécaniques et biologiques de gestion des déjections

Il existe différents types de processus mécaniques de gestion des déchets des productions d'élevage, qui tiennent compte de plusieurs facteurs : les installations, les pratiques des travailleurs et, dans certains cas, la machinerie utilisée par les propriétaires d'une ferme avicole.

« La valorisation organique des déchets biodégradables constitue une des priorités de la politique de gestion des déchets, tant en France qu'en Europe et dans de nombreux autres pays. L'enjeu est de favoriser la gestion biologique des déchets, tout en maîtrisant les impacts environnementaux et sanitaires qui y sont potentiellement associés. Il est souhaitable, cependant que cette politique de promotion de valorisation organique puisse s'appuyer sur une démonstration objective du bénéfice environnemental qu'on peut en attendre » (Mallard *et al.*, 2006).

Par exemple, différentes techniques cherchent à réaliser un traitement des fientes qui éviterait l'élimination des déjections non traitées dans l'environnement. De cette manière, il y aurait une réduction des émissions d'ammoniac (NH_3) et de gaz carbonique (CO_2), tout principalement. Cependant, il existe plusieurs autres techniques de gestion des déchets. Les producteurs avicoles les plus soucieux de l'environnement en font le choix en fonction de la disponibilité, de l'espace, de la main-d'œuvre et des coûts de leur exploitation.

Un bon épandage au sol permet l'utilisation des éléments fertilisants, comme l'azote, le phosphore et le potassium, présents dans les lisiers traités. « Cette pratique permet de réaliser des économies sur les achats d'engrais minéraux » (Guingand, N *et al.*, 2010). De plus, il existe différents types de traitements mécaniques des déjections qui aident à atténuer l'émission des gaz dans

l'environnement. Cependant, il importe de trouver les méthodes de traitement les plus économes en énergie et les plus rentables pour le producteur avicole.

1.5 Loi et règlements sur la qualité de l'environnement

Les lois et règlements jouent un rôle important pour établir des règles générant une réduction des nuisances. Nous présentons ci-dessous quelques considérations afin d'illustrer comment on peut prendre en compte ces enjeux.

Les rapports entre l'agriculture et l'environnement s'établissent d'abord par l'intermédiaire des processus biologiques, techniques et physiques, mais aussi par l'application des politiques adoptées, à partir de règlements. Or, bien des producteurs avicoles estiment que les politiques gouvernementales sur l'environnement ne sont pas toujours compatibles avec la réalité des productions d'élevage et jugent, parfois même, que leurs objectifs s'opposent. C'est cette vision qui fait en sorte que trop souvent les propositions législatives sont perçues comme des obstacles à la rentabilité de l'entreprise. En ce sens, l'importance des impacts environnementaux et sociaux est régulièrement sous-évaluée (Mormont, 1996).

Au Québec, la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme (LAU), sous la responsabilité du ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du Territoire (MAMOT), et la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE), sous la responsabilité du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques (MDDELCC), ont récemment été mises à jour après leur adoption il y a près de 45 ans. Les obligations de protection de l'environnement par le milieu agricole y ont été renforcées.

« Les émissions d'odeurs en provenance du lieu de compostage ne devront pas porter atteinte à la santé, au bien-être ni au confort de l'être humain, comme le

prévoit l'article 20 de la LQE » (Ministère du Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques, 2018)b.

Notamment, c'est en s'appuyant sur les dispositions législatives portant sur les nuisances, que des municipalités ont imposé un encadrement strict à l'expansion de certaines productions avicoles.

En France, AIRFOBEP (2009), dans un document faisant le point sur la réglementation concernant les odeurs et nuisances olfactives, indique que la loi du 19 juillet 1976 prévoyait déjà un classement de tout type d'installation selon le degré de nuisances, de dangers ou d'inconvénients qu'elles présentent « soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature et de l'environnement, soit pour la conservation des sites et des monuments ». Cette loi constitue le fondement des prescriptions sur les pollutions olfactives (Wailly, 2003), et est devenue un point de référence pour plusieurs pays soucieux de mieux encadrer la pollution agricole.

Par rapport à l'évaluation des politiques publiques, les outils de diagnostic agroenvironnementaux à base d'indicateurs sont des éléments intéressants, car ils sont lisibles et synthétiques pour mesurer les problèmes environnementaux et pour suivre l'effet des politiques publiques mises en place localement (Zahm, 2003).

Mais, selon Josien *et al.*, (2001), la loi française d'orientation agricole de 1999 affirme dès son article 1^{er} que « la politique agricole prend en compte les fonctions économique, environnementale et sociale de l'agriculture ». Ainsi, le législateur indique les nouvelles attentes de la société vis-à-vis de l'agriculture :

- produire et mettre en marché des biens de qualité (en majorité à destination alimentaire) et, dans certains cas, des services (agritourisme...);

- faire évoluer l'état de l'environnement (paysage, eau, biodiversité, air, contribution au recyclage...) dans le sens des attentes collectives; et,
- contribuer à la vie sociale dans les territoires ruraux et aux rapports ville-campagne, également dans le sens des attentes collectives.

Cependant, si les producteurs sont prêts à se soumettre aux politiques publiques qui contribuent grandement à la recherche de nouvelles alternatives de gestion des déchets qui protègent l'environnement, ils ne veulent pas que celles-ci affectent la rentabilité de leurs productions.

Plus généralement, « l'écart entre les pratiques basées sur l'intérêt privé et celles qui exigeraient une gestion globale des ressources productives et naturelles s'aggrave. L'intégration des politiques agricoles et environnementales devient nécessaire pour concilier des objectifs *a priori* contradictoires » (Amand-Madelin, 1992).

Ainsi, dans les politiques, nous trouvons « qu'il y a un débat sur la distinction entre bien-être, bientraitance et protection de l'animal. Ce thème fait actuellement l'objet d'une profonde réflexion, et pour le législateur, le terme de protection animale reste la version réglementaire de celui de «bien-être»» (Fabre de Loye, 2006).

1.6 Question de recherche

La condition d'existence d'une production animale est d'être rentable. Elle veut aussi offrir un bon produit sur le marché, être concurrentielle et appréciée des consommateurs. Cependant, trop souvent, ces objectifs sous-estiment qu'il soit nécessaire d'avoir un équilibre avec l'environnement afin que cette production n'affecte ni les êtres vivants, ni la production elle-même. C'est pour cette raison que ce mémoire tente de répondre à la question suivante:

Quels moyens sont disponibles pour éliminer les odeurs dans l'industrie de production d'œufs et leurs impacts sur l'environnement?

1.7 Objectifs de recherche

Pour répondre à cette question, il faut prendre en compte que, pour assurer le développement durable d'une production animale et de ses produits, il est important de faire les bons choix en matière de génétique animale, de savoir moderniser les installations, de revoir la nourriture et, notamment, de prendre en considération la gestion des déjections de la production.

L'objectif général de notre recherche est d'informer les producteurs d'œufs de l'impact environnemental de l'élevage des poules pondeuses pour qu'ils adaptent leurs pratiques et qu'ils tendent de gérer de manière durable leur exploitation.

Pour contribuer à l'atteinte de cet objectif général, nous avons les deux objectifs spécifiques suivants :

1. identifier et évaluer les impacts environnementaux de la production d'œufs qui pourraient affecter la pérennité de l'exploitation, sur les plans environnemental, social et économique dans la région;
2. proposer des mesures préventives, correctives ou compensatoires à mettre en œuvre pour éliminer ou atténuer les impacts sur l'environnement et la société, sans nuire à l'entreprise.

CHAPITRE II

CONCEPTS CLÉS

2.1 Introduction

L'intensification de la production agricole depuis le dernier siècle a servi à fournir une alimentation plus nutritive à la population humaine et à l'offrir à un prix accessible aux plus pauvres. Cependant, le souci des êtres humains pour le bien-être des animaux et pour le déversement des déchets agricoles non traités dans l'environnement a généré au cours des 30 dernières années une augmentation des enquêtes sur ce sujet. De très nombreuses études ont fourni des données sur la dégradation du sol, de l'eau et de l'air non seulement localement, mais aussi globalement. Cette préoccupation a réorienté l'évaluation de l'impact environnemental et social vers des méthodes qui sont conçues pour améliorer les conditions de vie animales dans les bâtiments. La pression s'est accrue sur les producteurs afin qu'ils prennent en compte les impacts des déchets que les méthodes d'élevage laissent dans l'environnement, afin de protéger toutes les ressources naturelles telles que l'eau, le sol, les plantes et l'air. Cette dernière ressource est particulièrement touchée par l'élevage des poules pondeuses, et constitue notre objet d'étude.

L'air est une ressource absolument essentielle pour tous les êtres vivants, mais puisque qu'il est inodore, incolore et non mesurable, les humains sont bien souvent indifférents à ce qu'il transporte. Les virus, les bactéries, les particules fines, les mauvaises odeurs, les gaz, etc. voyagent dans l'air que les plantes, les bêtes et les humains respirent. « La qualité de l'air a un impact direct sur la santé et les performances des animaux mais aussi sur la santé respiratoire des éleveurs » (Rousset *et al.*, 2016).

Les recherches sur l'environnement nous montrent que la prévalence des maladies respiratoires est tout particulièrement élevée chez les éleveurs en atmosphère confinée et qu'elle est supérieure chez les aviculteurs (Rousset *et al.*, 2016).

Cependant, pour atténuer la détérioration de l'environnement, plusieurs chercheurs ont développé de nouvelles méthodes de production d'élevage et de nouvelles technologies pour la gestion des déchets. En effet, de nombreuses études ont démontré les liens entre les concentrations en poussières et la santé humaine dans les industries de poules pondeuses (Rousset *et al.*, 2016).

Actuellement, les producteurs ont tendance à combattre le problème des odeurs des élevages, par des méthodes de désodorisation ou de couverture. Selon les fournisseurs, ces produits sont définis comme des masquants, neutralisants ou destructeurs des odeurs (Ramel *et al.*, 2016). Les résultats sont généralement peu ou pas efficaces. Ils masquent les problèmes les plus graves de la gestion de déchets. L'expérience montre que ces méthodes coûtent toujours plus chers que les solutions permanentes telles que le compostage, la biométhanisation, le séchage des déjections.

Cependant, le manque de sensibilisation des producteurs a conduit certains pays du monde à s'intéresser à ce type de problème pour élaborer des lois ou des règlements qui les forcent à atténuer les effets de la production de leurs élevages pour respecter l'environnement. Parmi ceux-ci, nous trouvons des règlements pour différents types de bâtiments pour l'élevage des poules pondeuses. Les tout-derniers ont ainsi comme but le bien-être animal.

Cependant, selon (Fabre de Loye, 2006), l'adoption de règles pour assurer le bien-être animal est davantage basée sur la notion des cinq libertés («five freedoms») plutôt que sur la prise en compte des impacts sur l'environnement:

1. « Absence de soif, de faim et de malnutrition ;
2. Présence d'abris appropriés et maintien du confort de l'animal ;
3. Absence de maladies et de blessures ;

4. Absence de peur et de détresse ;
5. Possibilité d'exprimer les comportements normaux de l'espèce ».

Les deux premières nous montrent les conditions minimales que les animaux d'élevage ont gagné depuis que les lois du Québec et de certains pays d'Europe ont modifié leur Code civil pour y retirer que les animaux soient l'équivalent d'un objet. Dorénavant, les producteurs doivent leur fournir des conditions de vie qui respectent leur statut d'être vivant possédant une sensibilité. Les conditions trois et quatre sont de caractère zootechnique : un bon bâtiment, un bon plan de vaccination et les bons soins offerts aux animaux. Les quatre premières conditions peuvent être contrôlées. Elles sont nécessaires à la réalisation de la cinquième : assurer le confort nécessaire aux animaux.

2.2 Impacts environnementaux et sociaux

Un impact environnemental et social peut être causé par des « activités, produits ou services d'un organisme susceptibles d'interactions avec l'environnement », susceptibles d'entraîner « toute modification de l'environnement, négative ou bénéfique, résultant totalement ou partiellement des activités, produits ou services d'un organisme » (Espagnol *et al.*, 2011). « L'effet, positif ou négatif, pendant un temps donné et sur un espace défini, d'une action humaine sur une composante de l'environnement pris dans son sens large (c'est-à-dire englobant les aspects biophysiques et humains), en comparaison de la situation advenant la non-réalisation du projet » (André *et al.*, 2010).

Tel que mentionné précédemment, les productions de poules pondeuses peuvent générer un impact environnemental et social suite à de mauvaises pratiques de gestion des déjections, en l'absence de technologies modernes ou suite à des conditions de bien-être animal qui négligent les enjeux sanitaires.

Les impacts négatifs des productions avicoles peuvent se produire sur différentes composantes de l'environnement telles que l'air, l'eau, le sol, les animaux et la

population. Dans le cadre de ce mémoire, l'accent est mis uniquement sur la pollution de l'air qui elle-même produit un impact sur l'environnement humain, animal et végétal (Guingand, 2003). Le tableau 2-1 présente une synthèse des risques potentiels que les activités agricoles peuvent présenter sur différentes ressources naturelles.

Tableau 2-1. Les risques environnementaux d'origine agricole (effet négatifs)

Activités agricoles	Les sols	Les eaux	La faune et la flore	L'air
Mise en culture, déforestation	érosion, lessivage	pollution physique, inondations	perte d'espèces	émissions de gaz à effet de serre (CO ₂ , CH ₄)
culture	épuisement, dégradation des qualités physiques			(rizières humides)
élevage	érosion (surpâturage)	eutrophisation (lessivage des nitrates et des phosphates des déjections)	toxicité des nitrates des déjections, écotoxicité du cuivre (lisier du porc)	CH ₄ (ruminants) NH ₃
Nouvelles races et variétés			diminution de la biodiversité	
Motorisation, chauffage des serres et élevages	compaction par engins lourds			contribution (faible) à effet de serre
Travail du sol	dégradation des qualités physiques		baisse d'activité de la faune du sol	
Fertilisation				
azote		eutrophisation nitrates		émissions de N ₂ O, NH ₃
phosphore		eutrophisation des eaux douces	toxicité par le cadmium associé aux engrais phosphatés	
boues d'épuration	dispersion de métaux lourds	dispersion de métaux lourds	écotoxicité des métaux lourds	
Lutte chimique		pollution chimique	perte d'espèces par empoisonnement	pollution chimique (accidents, épandage)
Remembrement	Érosion		perte d'espèces	
Irrigation	salinisation (désertification)	épuisement des ressources en eau, salinisation		

Source : Bonny (1994)

2.3 Développement durable

Plusieurs définitions d'un modèle de développement durable existent en agriculture. Bonny (1994) définit « l'agriculture durable comme une agriculture capable d'évoluer indéfiniment vers une plus grande utilité pour l'homme, vers une meilleure efficacité de l'emploi des ressources et vers un équilibre avec le milieu qui soit bénéfique à la fois pour l'homme et pour la plupart des autres espèces ».

L'agriculture durable doit remplir trois fonctions principales : la fonction économique visant une production efficace de biens et de services, la fonction écologique avec les agroécosystèmes et leurs fonctions, et la fonction sociale renforçant les liens sociaux entre acteurs du monde rural (De Castro *et al.*, 2009).

«L'agriculture durable est définie comme économiquement viable, écologiquement saine et socialement équitable» (De Castro *et al.*, 2009). Le développement durable est basé principalement sur certains principes éthiques qui ont à voir avec l'harmonie, le respect et les bonnes pratiques de la nature. Ces normes morales recherchent la rationalité humaine avec leur environnement (Bonny, 1994).

Au cours de la dernière décennie, la production agricole conventionnelle intensive a été pointée du doigt comme étant contraire au développement durable. Même si un certain discours en a fait une ressource fondamentale pour mesurer la capacité d'une région à assurer sa viabilité économique en vendant ses produits localement, et en créant ou conservant des emplois sur un territoire, l'aspect environnemental de la préservation des ressources naturelles comme le sol, l'eau et l'air a souvent été assujéti à la prédominance du volet économique du développement durable. « En agriculture, il est difficile de comprendre les services rendus par l'environnement et le caractère non imitable, et non remplaçable des écosystèmes » (Gafsi, 2006).

Proposer de nouvelles mesures qui conduiront la production agricole vers une production consciente et respectueuse de l'environnement demeure donc un enjeu de taille. Ce processus est soutenu par différentes pratiques, ressources et théories que les chercheurs génèrent d'abord pour réaliser une excellente production agricole et son bon fonctionnement. Toutes ces pratiques feront partie de la solution en produisant des avantages à la valeur des produits par leur contribution à des productions respectueuses de l'environnement et conscientes du bien-être des animaux (Gafsi, 2006).

Donc, « quand on parle d'agriculture durable, certaines questions se posent, telles que la nature de l'exploitation, son fonctionnement et ses frontières » (Gafsi, 2006).

L'environnement et l'agriculture sont deux mots qui apparemment dépendent l'un de l'autre. Cependant, la réalité est que, tandis que l'aviculture est en croissance avec une production intensive, l'environnement est négligé avec des pratiques qui prennent peu ou pas en compte les impacts de cette même production d'œufs sur l'environnement.

2.4 Entreprises de production d'œufs

2.4.1 Organisations des entreprises de production d'œufs

Il est important de dire que l'avantage de la production avicole est que la majorité des propriétaires d'entreprises sont des familles qui vivent de leur production et qui veulent que leurs enfants prennent la relève. Ce qui est souvent le cas, compte tenu de la stabilité financière de ces entreprises. Cependant, certains facteurs pourraient détériorer cette période faste: les problèmes de santé animale, les facteurs économiques découlant de la signature des nouveaux traités de libre-échange avec le Canada, le prix du transfert de l'entreprise trop onéreux pour la relève, etc.

Une exploitation agricole « est appréhendée comme une unité de production, une cellule sociale et familiale, un centre de décision et/ou un système famille-exploitation. Soulignons que ces différentes conceptions ne sont pas contradictoires. Bien au contraire, elles fondent la richesse des approches de l'exploitation agricole » (Gafsi, 2006).

Les producteurs agricoles avaient jadis un pouvoir de décision individuel et indépendant. Par la suite, les différences économiques et sociales ont conduit les producteurs à s'organiser au sein de coopératives dans le but de les aider à collaborer et à prendre des décisions pour résoudre des problèmes dans des périodes difficiles (Mauget, 2008).

Le rôle des coopératives est de définir les concepts qui aident à concentrer les fonctions pour la réduction des coûts et l'amélioration de l'efficacité. De plus, elles doivent ouvrir la porte à différents marchés pour assurer la pérennité de la coopérative. Cette diversification est assurée par le renforcement de la partie financière, par les compétences techniques et par la recherche de nouveaux marchés. Néanmoins, il existe des problèmes au sein des coopératives, c'est la diminution de la capacité d'autofinancement (CAF) qui génère une faible capacité de croissance (Mauget, 2008).

Les nouveaux marchés à conquérir stimulent l'évolution des coopératives, mais comme nous l'avons mentionné, la réduction des coûts permet d'être plus compétitif et de faire des alliances avec les marchés privés. De plus, de nombreux programmes gouvernementaux de soutien aux producteurs sont transférés par l'entremise des coopératives, ce qui les rend plus fortes chaque jour (Mauget, 2008).

Par contre, force est de constater que si dans l'histoire de l'industrie avicole, les coopératives ont été avantageuses pour stabiliser les revenus des producteurs d'œufs, ces dernières ne se sont pas souciées également de la préservation de

l'environnement des fermes avicoles ni de la santé de leurs propriétaires et travailleurs. De plus, si ce modèle a fait ses classes dans diverses régions du monde, le Québec et le Canada ont choisi d'autres modèles de mise en marché de leurs produits, soit le plan conjoint et la gestion de l'offre. Nous en avons parlé antérieurement.

2.4.2 Mesures préventives

L'entreprise agricole est une organisation insérée dans un environnement manipulé aux fins de sa rentabilité qui, par conséquent, génère des impacts sur l'environnement. Il est donc important de prendre des décisions préventives qui cherchent à minimiser ces impacts sur le nouvel environnement. Selon Gafsi (2006), ces pratiques doivent être mesurées pour évaluer leur efficacité et ainsi générer des indicateurs pertinents pour les pratiques agricoles.

Les mesures préventives sont importantes pour anticiper les différentes éventualités qui peuvent découler du manque d'attention et de planification de la gestion quotidienne. Cependant, il est important de noter que les tâches d'une production commencent avant que les animaux arrivent dans les installations. Ainsi, la période de lavage et de désinfection des installations de production est toujours nécessaire pour abaisser la charge bactérienne.

Pendant la période de production, différentes tâches quotidiennes sont à effectuer, telles que la vérification des abreuvoirs, des mangeoires, des cages, le retrait des animaux malades ou morts, la qualité de l'eau, des aliments frais, etc. D'ailleurs, des inspections régulières à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments permettent d'identifier la présence de rongeurs, d'oiseaux sauvages et de moustiques, afin de prévenir les épidémies de maladies infectieuses transmises aux oiseaux de production.

Table 2-2. Problèmes et mesures préventives dans la production.

Facteur	Problème	Solution
La température	Facteur très important qui permet une décomposition plus rapide, qui déclenche une production importante de gaz.	Gérer la température dans le bâtiment pour éviter la production de gaz.
L'humidité	Liée avec la température peut produire des problèmes sur la santé des gens et des animaux.	Améliorer la ventilation sans affecter le confort des animaux.
L'eau	Écoulement de l'eau avec les excréments qui peut augmenter la production des nuisances olfactives.	Vérifier en permanence l'installation de l'eau propre (dans les tâches du travailleur).
Les maladies	Maladies digestives qui peuvent générer des diarrhées et déclenchent de mauvaises odeurs.	Identifier le problème et traiter immédiatement.
La nourriture	Présence de toxines dans la nourriture qui peuvent causer des problèmes digestifs.	Vérifier la qualité de la nourriture, et l'entreposage avec une bonne ventilation.
La ventilation	Mauvaise ventilation qui peut présenter des problèmes de maladies respiratoires, et par conséquent affecter la coquille.	Avoir ou améliorer le système de ventilation pour éviter l'accumulation des gaz.
Les déjections	Mauvaises conditions de stockage, mauvaise gestion. Présence de moustiques.	Utiliser des équipements appropriés qui permettent de maintenir au sec la production de fumier.

Source : Burbano (2017)

Le tableau 2-2 nous indique les différents types de problèmes qui peuvent être liés à une mauvaise gestion. La présence d'opérateurs dans le bâtiment permet d'anticiper un problème majeur et ainsi d'arriver à une solution rapide et efficace.

2.4.3 Mesures correctives

Les mesures correctives visent la réduction d'un grand pourcentage des impacts générés par la production et la création de conditions plus favorables pour l'environnement.

Dans les mesures correctives, nous trouvons l'installation d'un système de traitement des déjections, la mise en place de barrières vivantes qui empêchent la

propagation libre des mauvaises odeurs et protègent les sources d'eau avec la plantation de plantes indigènes, l'amélioration de la végétation existante et l'évitement de l'accumulation des déchets pendant de longues périodes. Cela nous permet de protéger l'environnement et la qualité de vie du voisinage (Guingand *et al.*, 2010).

2.4.4 Mesures compensatoires

Au cours des dernières décennies le concept de mesures compensatoires a connu une évolution et a été présenté comme une alternative recevable. Il est passé d'une restauration entière des populations végétales et animales ainsi que de leurs habitats à la récupération par divers moyens des fonctions écologiques liées au fonctionnement des écosystèmes. L'évolution de la réglementation a également influencé le concept de compensation des impacts générés sur la nature par la production avicole. Néanmoins, « il n'existe aucune véritable disposition réglementaire contraignante et claire imposant des mesures compensatoires » (Lavallée, 2013). Il en est ressorti que le développement agricole produit une modification sur le milieu en générant la perte d'habitats naturels. Les mesures compensatoires cherchent à éviter la perte nette de la biodiversité, en tentant de générer un gain égal ou supérieur à la perte (Quétier *et al.*, 2012). Par contre, « plusieurs études montrent que les fonctions écologiques des milieux recréés ne sont pas au même niveau que celles qu'on trouve dans les milieux naturels » (Lavallée, 2013). Dans ce contexte, nous pouvons dire que jamais une mesure compensatoire ne pourrait remplacer la biodiversité perdue.

Sur le terrain, les producteurs sont responsables de la pollution générée par les déjections et les odeurs de leurs élevages. L'utilisation de ces déchets comme sources d'engrais génère un impact plus important lorsque ces déchets n'ont pas reçu de traitement adéquat. L'excès d'engrais dans l'environnement peut l'affecter, contaminer les sources d'eau et incommoder le voisinage de l'entreprise par la pollution de l'air (mauvaises odeurs et gaz nocifs), sur plusieurs kilomètres,

selon l'emplacement des bâtiments d'élevage. Le moyen de compenser ce type de situation, en plus de respecter les mesures préventives et correctives, est de réaliser un reboisement de plantes indigènes. Cette régénération doit être proportionnelle à la taille du bâtiment. La plantation de plantes indigènes et le reboisement doivent se faire dans une zone qui améliore la qualité de vie des voisins et qui aide à atténuer la présence d'azote dans l'environnement.

Dans les dispositions législatives, les mesures compensatoires doivent être surveillées pendant un certain temps afin d'assurer le remplacement complet de l'environnement affecté. Cependant, un délai supplémentaire peut être nécessaire pour mettre en place des mesures correctives si nécessaire, cette durée ne pouvant être inférieure à cinq ans (Lavallée, 2013).

2.5 Production de poules pondeuses

Il faut savoir que la production des œufs est très reliée aux caractéristiques des poules elles-mêmes. Les poules pondeuses de couleur blanche sont aussi appelées pondeuses légères (Hy-Line, 2001), car leur poids doit atteindre de 1,3 à 1,4 kg pour démarrer la ponte des œufs. Elles consomment en moyenne 105 g par jour d'aliments. Elles produisent des œufs de couleur blanche.

Les poules pondeuses de couleur marron produisent des œufs marron et sont appelées pondeuses semi-lourdes (Lohmann, 2010), car leur poids doit s'élever de 1,6 à 1,7 kg pour démarrer la ponte des œufs. Elles consomment en moyenne 115 g par jour d'aliments.

2.5.1 Le bâtiment

Les poules sont logées dans divers types de bâtiments au Canada. Selon qu'elles soient élevées en logement conventionnel (cage), sur parquet, en poulailler ou libres en pâturage, elles jouissent de soins adaptés à ce mode d'élevage. Chaque

système de logement est normalement conçu pour fournir un environnement propre, de l'eau, des aliments frais et pour les protéger des prédateurs, selon des normes réglementaires connues. À l'intérieur d'un bâtiment, la température de l'air est contrôlée, ce qui assure une chaleur constante et empêche les poules d'entrer en contact avec des oiseaux sauvages pouvant porter des maladies. Toutefois, la fréquence de l'élimination du fumier des lieux de stockage affecte le taux d'émission de NH_3 , l'ammoniaque. Ainsi, à titre d'exemple, le passage d'une élimination quotidienne à une élimination deux fois par semaine, entraîne une augmentation des émissions de NH_3 de 74 % (Liang *et al.*, 2005).

2.5.2 L'orientation du bâtiment

Dans plusieurs régions du monde, l'orientation du bâtiment sert à contrôler la température intérieure. Ainsi, dans les régions froides, le bâtiment de forme rectangulaire allongée est orienté de telle sorte que le soleil réchauffe son plus long côté pour profiter de la chaleur naturelle du soleil et éviter le gaspillage d'énergie. Dans les régions chaudes, de façon à diminuer la trop grande chaleur du jour, le bâtiment est orienté dans le sens contraire pour limiter son réchauffement, dont la chaleur excessive peut provoquer des problèmes respiratoires chez des oiseaux. Cette orientation tente d'éviter que les vents dominants ne déplacent les odeurs de la production vers des zones habitées. (Campesinos, 2002)

2.6 Types de logements de la production avicole

On trouve plusieurs types de logements dans la production d'œufs, certains très traditionnels et d'autres très « technifiés ». Les logements peuvent être choisis en fonction de certains facteurs tels que la manipulation des animaux, les coûts d'installation, le nombre d'animaux, etc. Le logement doit donner aux animaux le confort nécessaire pour exprimer leur valeur génétique, les protéger et assurer la production des œufs.

La contamination intérieure et extérieure de l'œuf est directement liée au type de logement. Cependant, il existe d'autres facteurs qui sont liés à ce processus de contamination tels que l'âge des oiseaux et l'accumulation de poussière. La quantité d'œufs sales augmente avec l'âge des oiseaux. Avec le temps, la poussière s'accumule à l'intérieur du logement. Ces facteurs dégradent la qualité de l'air, affectant la qualité de l'œuf (Huneau-Salaün *et al.*, 2009).

Le logement doit offrir une température de confort pour la poule pondeuse. Cette température doit être comprise entre 22 et 24°C, mais les poules ont un haut degré de tolérance aux basses températures. Par contre, les températures supérieures à 29°C affectent directement la production, car les poules réduisent considérablement la consommation d'aliments pour contrôler la température corporelle et augmenter la consommation d'eau (Travel *et al.*, 2010).

Le logement sert non seulement à garder les animaux pour assurer leur confort, mais garantit que les travailleurs puissent effectuer leurs tâches de la meilleure manière possible, en facilitant la collecte des œufs, l'approvisionnement alimentaire, la collecte des déchets ainsi que la tâche de retirer les poules mortes de l'élevage.

Nous décrivons ci-dessous les différents types de logements, simples et ceux de haute technologie. Cependant, tous doivent respecter les normes de bien-être animal.

2.6.1 Système de sol sur litière

Dans le système de sol où se déplacent les poules pondeuses, nous trouvons deux types, l'un sur la terre battue et l'autre sur du béton. Cependant, le logement sur terre battue peut générer des problèmes. Quand le niveau de l'eau monte dans le bassin souterrain, une certaine humidité peut percoler et atteindre les litières sur

lesquelles circulent les poules pondeuses, générant des problèmes de mauvaises odeurs. Quant au sol bétonné, il a un coût plus élevé, mais il assure l'isolement du plancher, permettant une litière sèche avec de meilleures caractéristiques environnementales pour les animaux et les éleveurs.

La litière peut être variable : paille de blé, copeaux (Guingand *et al.*, 2010). Le fumier est le mélange de la litière utilisée par le producteur, avec les déjections des poules pondeuses. C'est pour cela que le fumier est considéré comme un produit biologique.

Le problème qui survient le plus souvent dans ce type de système est le dépôt de l'œuf sur la litière. Le contact avec le fumier peut contaminer l'intérieur d'œuf et ce dernier est alors considéré comme une perte pour le producteur.

Habituellement, le système de sol sur litière donne aux poules du confort, car elles sont libres de se déplacer autour du bâtiment.

Ce système sur sol génère plus de contacts avec les animaux. Les opérateurs doivent effectuer leurs activités quotidiennes, comme la collecte des œufs, supprimer la mortalité, approvisionner les mangeoires, cela les oblige à entrer dans le bâtiment plusieurs fois pour réaliser les activités. Leur piétinement de la litière provoque de la poussière, et le mouvement des animaux génère également une augmentation de la poussière dans l'environnement du bâtiment. « Le taux de poussières ambiantes est en moyenne supérieur dans les élevages au sol par rapport à ceux en cages sur l'ensemble de la journée » (Rousset *et al.*, 2016).

Le travailleur établit souvent un plan de travail efficace, lui permettant d'entrer le moins souvent possible dans le bâtiment. Trop de mouvements dans le bâtiment et des mouvements brusques génèrent beaucoup de stress pour les animaux qui peuvent frapper leur ventre sur le nid, la mangeoire, la fontaine à boire, générant une péritonite due à la rupture de l'œuf à l'intérieur de la poule pondeuse.

Par ailleurs, la présence de gaz dans ce type de bâtiment est plus élevée, car la litière reçoit les déjections de la poule et l'humidité est augmentée. Pour cette raison, la ventilation du bâtiment doit être plus efficace afin de garder l'environnement du bâtiment libre de gaz, et y maintenir une température stable pour aider à sécher la litière, sans affecter le confort des animaux.

2.6.2 Système de batteries avec un stockage des fientes en fosses profondes

Ce type de système est l'un des plus utilisés dans la production d'œufs, car il facilite les conditions de travail pour la collecte des œufs, l'extraction des poules mortes et l'approvisionnement alimentaire. Cependant, ce système engendre que les fientes restent dans la fosse profonde pendant toute la période productive des œufs chez l'animal, soit environ de 12 à 18 mois. Cela occasionne une plus grande présence de gaz dans le bâtiment et un bon système de ventilation est nécessaire pour les contrôler.

Par ailleurs, la quantité de poussières dans ce type de bâtiment est mineure. Les corridors facilitent la réalisation des tâches quotidiennes pour les travailleurs, car les espaces sont propres et ces derniers peuvent se déplacer de manière libre et sécuritaire. Cependant, la présence de poussières dans le bâtiment n'est pas seulement due au mouvement des poules pondeuses ou des employés, mais aussi à la nourriture des poules qui est versée automatiquement dans les mangeoires.

« Indépendamment du type de système de distribution, une distribution d'aliments s'accompagne dans la plupart des cas d'un pic ponctuel du taux de poussières dans l'air : ce peut être dû à la mise en suspension de particules d'aliment lors de la distribution et aux mouvements des poules allant à la mangeoire » (Rousset *et al.*, 2016).

Tous les systèmes de batteries se comportent de la même manière et comportent les mêmes tâches pour les travailleurs. Mais, il y a des systèmes où certaines

tâches sont supprimées, ce qui allège l'entretien quotidien. Cependant, il faut toujours observer les fuites d'eau, sortir les poules malades, etc.

Des recherches soutiennent que les œufs du système de batterie pèsent de 1% à 2% de plus que ceux du système de sol. Cependant, la partie jaune des œufs est plus intense dans ceux du système du sol. En conclusion, il est très difficile de comparer les deux systèmes, car les différences sont minimales (Travel *et al.*, 2010).

2.6.3 Systèmes de batteries avec évacuation des fientes par des racleurs

La différence de ce système avec le précédent est fondamentalement l'évacuation plus constante des déchets de la production à l'aide de racleurs. Ce type de système de batteries avec évacuation des fientes par racleur dispose d'un lieu de stockage des déchets à l'extérieur du bâtiment, mais les émissions d'odeurs générées dans le site de stockage sont similaires ou supérieures à celles des logements de production (Guingand *et al.*, 2010).

Les déjections commencent à dégager des gaz et des odeurs après quatre jours, car leur processus d'oxydation est plus fort. Une fréquence élevée d'évacuation des déjections équivaut à moins d'émissions d'ammoniac dans l'environnement (Guingand *et al.*, 2010).

2.6.4 Systèmes de batteries avec un tapis d'évacuation fréquente des fientes

Les systèmes de batteries avec un tapis d'évacuation sont aussi appelés systèmes de cages traditionnels ou conventionnels. Ces systèmes sont entièrement automatisés. Les déjections tombent sur une bande qui les collecte. La même chose se produit avec les œufs qui roulent sur une bande, facilitant leur collecte. Il y a également des distributeurs automatiques qui fournissent la nourriture de manière régulière, selon un système programmé. Le travailleur doit vérifier le bon

fonctionnement des bandes, éliminer les poules mortes, collecter les œufs à la fin de la bande et recueillir les déjections pour les amener au site de stockage où le séchage est effectué et le processus de transformation en engrais est amorcé.

« Dans les élevages en cages, les distributions d'aliment s'accompagnent en moyenne d'une augmentation significative de 58% du taux de poussières dans le quart d'heure suivant et de 34% sur l'ensemble de la demi-heure qui suit la mise en marche des chaînes ou des chariots » (Rousset *et al.*, 2016).

Aux États-Unis entre 2009 et 2013, la plupart des nouvelles constructions pour l'aviculture étaient équipées d'un système de ceinture à lisier. En 2013, 45% des installations d'aviculture y utilisaient le système de bande fumier (BF) (Zhao *et al.*, 2016).

Les principaux désavantages selon la réglementation européenne de ce système traditionnel de cages existantes avant l'adoption de la loi sur le bien-être animal, constituent un environnement appauvri pour les poules, limitant l'expression de leur répertoire comportemental et si les fractures osseuses y sont observées plus fréquemment, contrairement à ce qui arrive dans les systèmes de sols et ceux de cages aménagées, cela est dû au manque d'espace par poule pondeuse et à l'absence d'équipement tel que les nids, les perchoirs, les bacs à sable et les aires de grattage (Fabre de Loye, 2006).

2.6.5 Les systèmes de cages aménagées

Ces systèmes de logement par poule pondeuse se comportent de façon très semblable aux espaces d'entretien sur le sol. La seule différence est que, dans les systèmes à cages aménagées, la poule pondeuse possède un espace où elle peut se reposer dans une zone propre, et elle utilise la litière pour ses mouvements. Ce type de logement est conforme aux normes européennes pour le bien-être animal, « chaque cage doit être équipée de perchoir, d'un nid de ponte et d'un bain de sable avec un matériau de litière » (Guingand *et al.*, 2010).

Il est important que les nouveaux producteurs puissent adopter ces nouvelles technologies afin de contribuer au bien-être des animaux. Par contre, « Ces nouveaux systèmes, en offrant aux oiseaux une plus grande mobilité, sont susceptibles d'augmenter le niveau d'empoussièrement dans l'habitable des bâtiments » (Rousset *et al.*, 2016).

Si on compare les systèmes de cages aménagées avec les systèmes de batteries, il a été observé que le poids des œufs des systèmes de cages aménagées est plus bas de 1,2%, et qu'il y a une augmentation de la quantité d'œufs cassés de 4% et de la saleté de 7% (Travel *et al.*, 2010).

Tous les systèmes de logement de la production d'œufs produisent nécessairement des gaz en grandes ou en petites quantités. Il est impossible de les éliminer complètement. On ne peut qu'en diminuer la quantité. Mais, il existe un autre problème que nous rencontrons dans les élevages intensifs, c'est la mortalité des bêtes, ce qui constitue un autre inconvénient environnemental quand il n'est pas traité. Généralement, les animaux morts sont introduits dans les procédés de traitements des déjections et peuvent donc être utilisés comme matière première dans le compostage et la biométhanisation.

CHAPITRE III

MÉTHOLOGIE

Dans le cadre de notre recherche, nous voulons que l'information soit la plus scientifique possible, en recherchant une impartialité qui prenne en compte la réalité du producteur tout en tenant compte du point de vue de groupes de recherche qui démontrent l'importance de considérer les impacts de la production des poules pondeuses sur l'environnement. Cependant, l'accès difficile aux productions, en raison des normes encadrant la biosécurité dans les élevages de poules pondeuses, nous a obligé à changer notre méthode de recherche. Initialement basée sur un questionnaire distribué auprès de producteurs de poules pondeuses et des visites de fermes, nous avons dû nous rabattre sur une analyse bibliographique. Cette revue nous a permis de présenter les points de vue de différents chercheurs qui, comme nous, s'inquiètent de l'environnement et des bonnes pratiques dans les productions.

Nous nous sommes appuyés sur la méthode des indicateurs de durabilité des exploitations agricoles (IDEA) adaptés à la production de poules pondeuses pour définir nos objectifs. Cette méthode a comme point de départ la réalisation d'une revue bibliographique des concepts clés qui nous permettent d'élargir nos connaissances sur la production des poules pondeuses. La revue bibliographique s'est concentrée essentiellement sur la production de gaz et des odeurs qui s'ensuivent, à partir de la gestion des déchets de production de poules pondeuses et qui exercent un grand impact sur l'environnement et la société, affectant non seulement les humains qui vivent dans un rayon proche des bâtiments d'élevage, mais aussi la production d'œufs (Briquel *et al.*, 2001).

Dans notre revue de littérature, nous avons présenté les indicateurs par problème observé dans la production de poules pondeuses, principalement celui de l'émission des odeurs. Parmi ces indicateurs figurent les méthodes de

transformation des déchets, la production d'ammoniac, l'impact sur l'environnement, les systèmes de production, le développement durable, les lois et les règlements, le soutien gouvernemental, le bien-être animal. Cela nous a permis de développer notre travail. Cependant, toute l'information reposait sur une analyse des études scientifiques, corporatives, gouvernementales, ministérielles et universitaires, ce qui a été laborieux pour atteindre nos objectifs, compte tenu de la grande diversité de points de vue.

Au départ, avant de commencer le développement de notre analyse, nous avons identifié les forces et les faiblesses liées à la production de poules pondeuses, telles que la production d'œufs et leur marché, les odeurs liées à la manipulation et au traitement des déjections, le bien-être animal, etc. Cependant, le point le plus important de notre recherche est basé sur la gestion des déjections pour atténuer l'émission des gaz et des odeurs qui génèrent un impact sur l'environnement.

Sur la base de la revue de littérature, notamment les littératures grise et gouvernementale, nous avons observé une augmentation de l'importance du bien-être animal du point de vue de la gestion et des installations, ainsi que de la recherche de confort des animaux.

Nous avons analysé les différentes méthodes de gestion des déchets d'élevage des poules pondeuses qui sont pratiquées, leurs principales caractéristiques et leur faisabilité d'utilisation dans une production.

Il faut noter qu'il existe un engagement gouvernemental qui favorise les pratiques environnementales. Des programmes permettent le développement de nouvelles technologies ou la mise en œuvre d'autres techniques qui favorisent la protection de l'environnement.

CHAPITRE IV

L'AMMONIAC EN AVICULTURE ET LES MOYENS DE RÉDUCTION

4.1 L'ammoniac dans l'aviculture

4.1.1 Sources et quantités produites

Les déjections produites par les animaux contiennent une grande quantité d'éléments comme l'azote, le phosphore, le potassium. Elles sont généralement considérées comme d'excellents engrais dans les cultures maraîchères ou céréalières. Mais, même durant le processus de décomposition, ces éléments produisent des gaz qui sont émis dans l'atmosphère. « La pollution azotée d'origine agricole prend principalement la forme de nitrates, de protoxyde d'azote (gaz à effet de serre) et d'ammoniac, les nitrates étant véhiculés par les eaux et les deux autres par l'air » (Portejoie *et al.*, 2002).

« L'ammoniac (NH_3) est un gaz polluant majeur émis par les installations avicoles à la suite de la dégradation microbienne de l'acide urique présent dans le fumier de volaille » (Zhao *et al.*, 2016). Selon l'ampleur de sa présence, la production d'ammoniac peut affecter la qualité des œufs, car de fortes concentrations de ce gaz et une exposition prolongée des poules pondeuses engendrent une irritation au niveau des muqueuses et des problèmes respiratoires (pouvant mener à une bronchite). Cela se reflète sur la qualité de la coquille qui est plus fragile et plus poreuse.

« Peu de recherches ont été effectuées pour quantifier les émissions de NH_3 provenant des installations extérieures sur place qui traitent et / ou stockent le fumier du bâtiment » (Zhao *et al.*, 2016). Cependant, « ces installations font partie intégrante du processus de production de la couche d'œufs et peuvent émettre des quantités importantes de NH_3 » (Liang *et al.*, 2005).

Le type de système de traitement des déjections et de système de logement utilisés peut générer une augmentation ou une réduction des émissions d'ammoniac, en raison de différents facteurs qui affectent les effluents, comme le pH, l'humidité, la température, la ventilation et la mauvaise gestion.

« Selon l'Inventaire national des émissions de l'EPA, la production animale et les autres activités agricoles ont rejeté environ 2 418 595 tonnes de NH_3 dans l'atmosphère en 2002, soit 80,9% des émissions anthropiques totales de NH_3 aux États-Unis » (Zhao *et al.*, 2016).

Sur le plan mondial, le tableau 4-1 présente le bilan azoté pour la production végétale et la production animale.

Tableau 4-1. Bilan azoté mondial (millions de tonnes) pour la production végétale et la production animale

	Production végétale		Production animale	
Entrées	Engrais	73,6	Aliments pour animaux	20,5
	Fixation biologique	45,0	Pâturages	83,1
	Déjections	102,4	Divers (déchets de cuisine...)	10,8
	Total	221,0	Total	114,4
	Système sol - plante - animal			
Sorties	Cultures (alimentation-industrie)	49,1	Production animale (viande, lait, œufs, laine)	12,0
	Pâturages	83,1		
	Surplus (sols, air, eau)	88,8	Déjections	102,4
	Total	221,0	Total	114,4

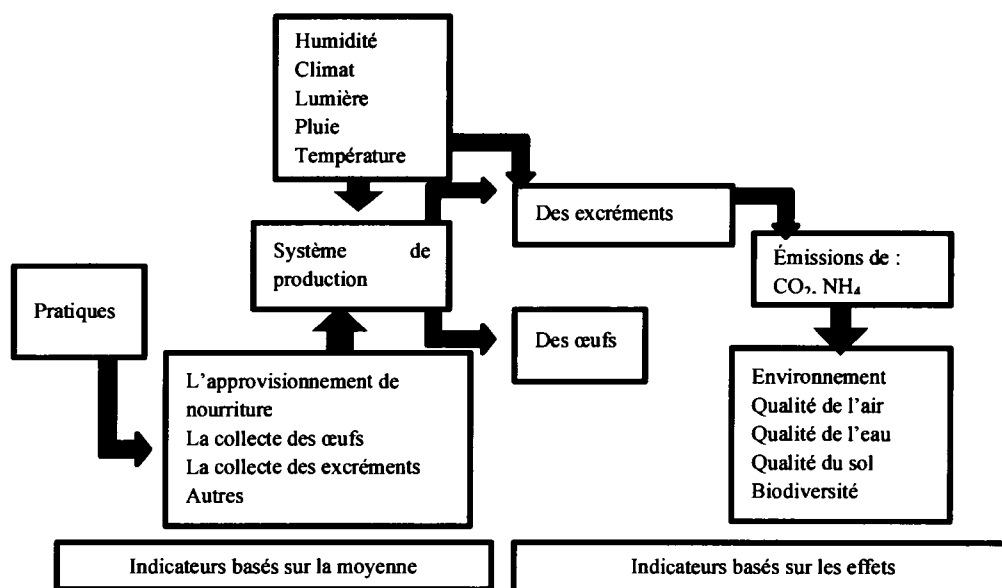
Source : Portejoie *et al.* (2002)

Dans les conditions naturelles, sans intervention de l'humain, l'azote de l'environnement est utilisé par les organismes vivants et son retour dans l'atmosphère s'équilibre. Nous considérons les polluants atmosphériques comme un problème pour l'environnement, cependant, en quantités normales, les plantes

et les microorganismes les utilisent pour leurs processus. Néanmoins, les trop grandes quantités de polluants en font un problème pour l'environnement, car on ne peut pas tous les transformer. Ces polluants se retrouvent dans l'environnement sous différentes formes sèches telles que le gaz, et humides sous la forme de composés dissous et de particules qui se mélangent avec la pluie (Cellier et Genermont, 2017).

La figure 4-1 (adaptée de (Van Der Werf et Petit, 2002) indique les éléments qui affectent, de manière directe et indirecte, les systèmes de production. Ainsi, la production des excréments est influencée par des facteurs tels que la température, l'humidité et le climat qui sont susceptibles de constituer des conditions permettant une production maximale de gaz tels que l'ammoniac, le dioxyde de carbone et le sulfure d'hydrogène. Nous pouvons observer qu'avec les bonnes pratiques agricoles, il est possible d'atténuer les impacts environnementaux (Guingand, N *et al.*, 2010).

Figure 4-1. Facteurs influençant l'état du système de production et les flux de produits et d'émissions.



Source : adaptée de Van Der Werf et Petit (2002)

4.1.2 L'impact de l'ammoniac sur l'environnement

Dans la nature, l'ammoniac est produit naturellement. Il a été observé qu'avec l'amélioration génétique des animaux par l'homme, les poules pondeuses ont besoin d'une alimentation plus équilibrée pour satisfaire leurs besoins physiologiques et de production. Cela augmente la quantité de déjections qui à leur tour, génèrent une plus grande production de certains éléments tels que l'ammoniac (NH_3) et le gaz carbonique (CO_2). La surproduction de ces éléments sature ainsi l'environnement.

« De nombreux gaz sont produits par les productions animales tels que le sulfure d'hydrogène, le dioxyde de carbone, l'ammoniac. Selon Santé Canada, l'ammoniac NH_3 est identifié comme étant l'un des principaux composés odorants et le gaz d'origine agricole le plus néfaste pour les écosystèmes. La transition récente du lisier vers des gestions solides survenues au Québec en production d'œufs de consommation demande d'en étudier les impacts » (Fournel, 2011).

La transformation des déjections animales en engrais agricoles a une valeur agronomique importante pour les producteurs agricoles et évite l'achat d'engrais chimiques. Ce processus d'utilisation de l'azote produit par les déjections, empêche ainsi sa transformation en ammoniac (NH_3). Cela constitue une bonne gestion environnementale des déjections.

Par contre, les émissions gazeuses provenant des bâtiments d'élevage, des unités de stockage et de l'épandage des effluents participent à l'acidification des milieux (émissions d'ammoniac NH_3) et au réchauffement climatique (émission de gaz à effet de serre : principalement méthane CH_4 , et peroxyde d'azote N_2O) (Espagnol *et al.*, 2011; Portejoie *et al.*, 2002).

4.1.3 L'effet de l'ammoniac sur la santé humaine

Plusieurs études montrent les effets de l'ammoniac sur la santé des êtres vivants, et ce gaz est présent dans l'atmosphère d'un bâtiment d'élevage de poules pondeuses. Nous devons donc bien connaître ses effets sur la santé humaine.

« L'ammoniac est un gaz qui dégage une odeur forte et inconfortable. À faible concentration, l'ammoniac produit des vapeurs inconfortables et irritantes pour les yeux et les voies respiratoires qui font que les gens cherchent un lieu plus ventilé » (Institut national de santé publique du Québec, 2004).

La concentration en ammoniac dans l'air ambiant est exprimée en partie par millions (ppm). Cette mesure est réalisée au centre du ou des couloirs (selon la configuration des salles) à environ un mètre de hauteur à l'aide de tubes diffuseurs. Ces tubes permettent de faire une mesure ponctuelle de la concentration en gaz dans l'environnement. Pour l'ammoniac, ils contiennent un indicateur de pH stabilisé en milieu acide qui réagit en présence de l'ammoniac qui est une base. La réaction est visualisée par l'intermédiaire d'un changement de coloration. La zone de coloration étant proportionnelle à la concentration, le résultat est obtenu par lecture directe sur le tube gradué (Barnéoud *et al.*, 2012).

« Les études sur la toxicité métabolique, menées sur des personnes ayant un métabolisme de l'ammoniac défectueux (par exemple une insuffisance hépatique ou des troubles enzymatiques congénitaux) sont plus pertinentes pour l'ammoniac présent dans l'eau potable » (Portejoie *et al.*, 2002).

La volatilisation de l'ammoniac est la manière dont l'azote est perdu dans l'environnement quand les effluents sont épandus. Des recherches ont démontré que ce gaz affecte la santé des humains en générant de problèmes cardiaques, car le tissu cardiaque est un organe cible pour l'ammoniac. Les animaux sont aussi touchés avec la diminution des performances zootechniques comme une chute de la ponte et la fragilité de la coquille. Enfin, l'ammoniac affecte les écosystèmes terrestres en générant une acidification et une eutrophisation des cours d'eau

(Portejoie *et al.*, 2002) (Zhao *et al.*, 2016).

Un haut contenu d'azote dans l'environnement produit la formation de nitrates, lesquels au cours du mélange avec l'eau potable, provoquent la formation de composés halométhanes et organochlorés qui donnent un mauvais goût à l'eau et dont les concentrations élevées sont toxiques. Quand « les nitrites entrent en contact avec les bactéries présentes dans la bouche des animaux, ceux-ci sont transformés en nitrates qui, en même temps, réagissent avec l'hémoglobine en produisant la méthémoglobine, empêchant le transport d'oxygène dans le sang » (Duque González, 1999).

4.1.4 La nuisance olfactive

L'odeur est la représentation subjective d'un évènement objectif, celui de la rencontre entre des molécules volatiles odorantes (Candau et Jeanjean, 2006). Ces molécules peuvent être identifiées par différentes techniques telles que la chromatographie en phase gazeuse et le spectromètre de masse. « Les chercheurs s'accordent à dire que l'identification d'un nombre quelconque d'odorants individuels au sein d'une odeur et de mesure de leurs concentrations ne sont pas suffisants pour décrire la force (concentration ou intensité) ou la qualité (caractère) de cette odeur » (Bicudo *et al.*, 1996; Zhang *et al.*, 2002).

Enfin, les odeurs peuvent aussi être des sources de nuisances (olfactives ou sonores), lorsque les entreprises avicoles sont implantées au voisinage de tiers ou dans des zones touristiques fréquentées de manière soutenue (Espagnol *et al.*, 2011).

4.2 Types de traitement pour les déjections des poules pondeuses

Les changements de paradigmes sont difficiles à instaurer. La peur de l'échec est difficile à surmonter, et quand un comportement est répétitif, il devient une norme

et il devient encore plus difficile à changer. Par contre, il y a des pionniers qui cherchent des alternatives visant à améliorer le travail dans les bâtiments et l'usage des produits. Ces nouvelles technologies font la différence en termes de pollution.

En ce qui a trait au traitement des déjections, il existe des alternatives, certaines économiques et d'autres plus coûteuses, des technologies simples et écologiques, d'autres plus sophistiquées qui améliorent le rendement de l'exploitation, mais pas nécessairement son environnement. Il n'en demeure pas moins qu'il a été démontré qu'« un fumier sec et sans odeur peut être granulé, transporté sur de plus grandes distances, utilisé à l'extérieur du monde agricole et même brûlé pour produire de l'énergie » (Pelletier, 2011).

4.2.1 Le compostage

Généralement, le compostage consiste à accumuler des déchets jusqu'à un mètre de hauteur où sont combinés en alternance des déchets secs ou végétaux (déchets de la nature ou de récoltes) et des déchets en provenance d'animaux. Un bon degré d'humidité aide à la fermentation et permet l'augmentation de la température à l'intérieur de l'amas, nommé andin.

Il est conseillé de retourner régulièrement l'andin pour assurer une décomposition uniforme des matières et en éviter la perte de nutriments. Le processus de décomposition et de maturation du compost peut prendre entre 1 et 3 mois selon la température ambiante et l'humidité présente.

En fait, la formation de l'humus dans le sol résulte du même processus de transformation que le compost, mais par mécanismes complètement naturels. La dégradation de la matière organique a lieu, généralement par la fermentation aérobie, soit en présence d'air, et sous l'action de la flore microbienne, laquelle

comprend les bactéries, les champignons et les actinomycètes, qui sont largement répandus dans la nature (Lopez Macias, 2002).

Les facteurs qui entrent en jeu lors du processus de compostage sont la teneur en humidité, la disponibilité d'oxygène, le pH, la température et le rapport carbone sur azote. Ils déterminent la prévalence et la succession des populations microbiennes. Au cours de la fermentation, il y a une augmentation de la température à l'intérieur du compost, pouvant atteindre 60°C. Ce processus génère un contrôle des agents pathogènes, des germes, des larves de moustiques et des graines, produisant ainsi un compost de bonne qualité (Lopez Macias, 2002).

« Le compostage constitue une avenue très intéressante pour le traitement des matières organiques en vue de leur recyclage comme matières fertilisantes » (Ministère du Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques, 2018)b. C'est une méthode de gestion des déchets solides municipaux, agricoles et industriels basée sur la dégradation biochimique de leur fraction organique biodégradable, ce qui permet d'obtenir une substance semblable à l'humus, ayant des caractéristiques totalement stables et inoffensives du point de vue hygiénique et sanitaire.

Le compostage est une technologie attrayante de traitement des déchets, car il produit des engrais organiques plus stables qui peuvent être stockés ou appliqués sur les sols, en étant peu odorants, sans pathogènes, et normalement sans graines de mauvaises herbes ni larves de mouches (Zhao *et al.*, 2016).

L'un des avantages du compostage est l'inclusion des animaux morts, qui grâce à l'action des thermophiles fait augmenter la température, aidant à la décomposition et à la stérilisation. « Dans ces circonstances, le compost surgit comme un outil précieux pour dégrader le fumier, les excréments de porcs, tout type de carcasse d'animaux, les sous-produits de la floriculture, de l'horticulture, etc., sans nuire à

l'environnement. (Ministère du Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques, 2018)b.

« Le compostage implique la croissance de microorganismes aérobies présents dans le fumier de volaille. Un air et une humidité adéquats permettraient à ces microorganismes de se nourrir du fumier de volaille et de les décomposer en nutriments » (Zhao *et al.*, 2016; Wiengarten et Pagell, 2012).

D'une part, l'importance du compost comme engrais est liée à son apport en éléments minéraux (voir tableau 4-2) qui y sont présents comme l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K), et à sa contribution à une bonne texture du sol. D'autre part, sa valeur principale est donnée par la présence de matière organique active dont le taux oscille autour de 28%, et par celle de substances humiques et d'oligo-éléments tels que le cobalt, le cuivre, le manganèse, le zinc, le bore, le molybdène, etc. qui garantissent le développement des cultures à venir.

Le fumier des poules pondeuses lorsqu'il est composté garantit une meilleure disponibilité des nutriments N et P. Par contre, lorsque le fumier de poule est utilisé frais et non traité, la disponibilité des nutriments est très basse et il y a une plus grande présence de mauvaises odeurs.

Tableau 4-2. Valeur comme fertilisant du fumier de poules élevées en cages

Type de matière	Humidité %	Azote %	Acide phosphorique %	Potassium %
Fraîche	70 – 80	1,1 – 1,6	0,9 – 1,4	0,4 – 0,6
Cumulative sur quelques mois	50 – 60	1,4 – 2,1	1,1 – 1,7	0,7 – 1
Stockée dans une profonde tranchée	12 – 25	2,5 – 3,5	2 – 3,1	1,4 – 2
Séchée industriellement	7 – 15	3,6 – 5,5	3,1 – 4,5	1,5 – 2,4

Source : Estrada Pareja (2005)

Nous pouvons observer dans le tableau 4-2 que si l'humidité des déjections est très élevée la disponibilité de l'azote, phosphore et potassium est mineure, par contre moins d'humidité majeure la disponibilité des éléments.

Cependant, le processus de compostage peut générer des émissions importantes d'ammoniac, de méthane et d'autres gaz dans l'environnement, dans le cas de mauvaise gestion des déchets. La perte d'azote dans l'environnement lors des émissions d'ammoniac, réduit aussi la valeur nutritive du compost. Il est donc important d'en effectuer une bonne gestion à la fois pour en garantir la qualité lors de son retour au sol, en y conservant l'azote, et pour aider à protéger l'environnement (Moal et Martinez, 1995; Wiengarten et Pagell, 2012).

La variabilité des émissions de gaz dans les installations de compostage est liée aux différentes pratiques de compostage mises en œuvre dans les installations de production de poules pondeuses. Si la bonne ventilation d'un site d'entreposage au andins est importante, elle ne garantit toutefois pas une réduction de la production d'ammoniac. C'est l'ensemble des pratiques qui permet la faible présence de gaz et les bonnes caractéristiques du compostage (Wiengarten et Pagell, 2012).

Il est donc important de comprendre les mécanismes de concentration et d'émissions de NH_3 dans les installations de compostage du fumier de volaille pour les atténuer et ainsi améliorer la sécurité des fermes et du voisinage (Zhao *et al.*, 2016). Dans le processus de compostage l'idée est que tous les éléments qui sortent doivent être matures, afin que le produit n'émette pas odeur désagréable.

Il y a d'autres caractéristiques qui rendent ce processus de transformation plus attrayant. En effet, il ne nécessite pas d'électricité, ni aucun combustible; les mouches sont contrôlées lors du processus thermophile; les coûts d'opération sont bas comparés aux incinérateurs.

Si le compostage pratiqué sur les fermes est susceptible d'offrir plusieurs avantages tels que sa facilité de gestion, la diminution de la perte d'azote, la réduction des mauvaises odeurs et des risques de contamination aux champs, il est aussi l'objet d'inconvénients qui en limitent la mise en œuvre. En effet, l'installation d'un site de compostage requiert (i) un investissement initial important, à causes des normes entourant les risques de pollution par écoulement; (ii) un espace suffisant pour la manipulation du retournement des déchets, souvent avec un tracteur; et (iii) la nécessité de former une main-d'œuvre ayant une connaissance adéquate du processus de chauffage des andins, et étant capable s'occuper avec succès de la fabrication d'un compost de qualité.

À titre d'exemple, l'entreprise Les Œufs d'Or, spécialisée dans la vente des œufs de consommation, a développé un système de compostage pour résoudre les problèmes d'odeurs dont se plaignait son voisinage. Le compost permet de stabiliser le volume de déjections animales, et d'éliminer les problèmes d'odeurs. De plus, une fois compostés, les déchets conservent une valeur fertilisante de qualité et sont ensuite vendus à des producteurs agricoles ou à des jardiniers (Fédération des producteurs d'œufs du Québec, 2016).

4.2.2 La Biométhanisation

En 1630, monsieur Van Lemond découvre que la fermentation de matière organique dégage du gaz inflammable.

La biométhanisation est un processus biologique de digestion anaérobique où la matière organique provenant par exemple des déjections animales et des résidus de récoltes, est décomposée sans la présence d'oxygène par des microorganismes, principalement des bactéries produisant un gaz appelé biogaz. Le biogaz est formé principalement de méthane et de gaz carbonique; il contient aussi du sulfure d'hydrogène, de l'ammoniac, etc., pour 1% du volume total de gaz (voir tableau 4-3); quand il s'échappe librement dans l'air ambiant, il constitue une source

d'émission de gaz à effet de serre provenant de la décomposition des matières résiduelles (Robitaille, 2007).

Par contre, le biogaz peut aussi être capté et utilisé pour le chauffage des bâtiments de ferme, industriels et commerciaux, ou inséré dans le réseau de distribution de gaz pour les résidences de toute sorte.

La biométhanisation peut être réalisée sur le site même de l'exploitation agricole et recevoir des produits exogènes aux activités de la ferme, et ce, jusqu'à 25% du volume total des matériaux traités par année. Cependant, « les produits de ferme d'autres exploitations ne sont pas inclus dans le calcul des matières résiduelles exogènes » (Ministère de Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques, 2018)a.

Dans le système de biométhanisation, il y a trois phases que nous pouvons différencier dans le degré d'anaérobie du processus, « soit basse, moyenne ou élevée, et qui portent les dénominations de psychrophile (température ambiante), mésophile (variant de 30 °C à 40 °C) et thermophile (variant de 50 °C à 65 °C) » (Ministère de Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques, 2018)a.

La digestion anaérobie est un traitement biologique idéal pour l'utilisation de la biomasse résiduelle avec une forte teneur en humidité. Nous pouvons l'utiliser dans tous les processus industriels et pour les produits biodégradables, représentant un équilibre énergétique intéressant.

La biométhanisation favorise une réduction significative des odeurs, en raison de la minéralisation des déchets. De plus, après le processus de dégradation de la matière organique, le produit final présente un contenu nutritionnel élevé idéal pour être utilisé comme engrais sur les sols et aux champs (Marin-Batista *et al.*, 2015).

L'avantage de la biométhanisation en plus de recevoir les déjections de la ferme, est qu'il peut aussi recevoir les résidus des récoltes, les animaux morts et les déchets des abattoirs.

Tableau 4-3. Composition typique de biogaz

Éléments	Normal	Résidus agricoles
CH ₄ (%)	50 – 80	60 - 75
CO ₂ (%)	20 – 50	19 - 33
N (%)	1 – 4	0 - 1
O (%)	< 1	< 0,5
H ₂ O (%)	Saturée 2 – 5	6 (à 40 °C)
H ₂ S (ppm)	50 – 5000	2100 - 7100
NH ₃ (ppm)	0 – 300	70 - 140

Source : Information tirée d'Hébert (2015) et adaptée pour les lieux de biométhanisation.

Par contre, pour que la méthanisation puisse devenir un système alternatif attrayant, il faut en abaisser les coûts d'installation et de valorisation. Actuellement, diverses études privées et publiques, dont certaines menées par le MAPAQ et l'Union des producteurs agricoles, ont considéré que le processus est non rentable, car trop dispendieux par rapport à l'énergie d'origine hydraulique ou éolienne.

Au Québec, il existe un seul site de production de biogaz dans une exploitation de poules pondeuses. Toutefois, le potentiel thermique de la filière de méthanisation des lisiers d'élevage s'élève à 671MW. L'électricité nette issue du biogaz est accréditée, et peut être utilisée, sous certaines conditions (Lachance *et al.*, 2010).

4.2.3 Le séchage artificiel

L'utilisation des fientes sèches ou liquides est très commune comme source d'engrais, principalement pour les producteurs maraichers et céréaliers. Néanmoins, l'utilisation de fientes liquides dégage dans l'environnement passablement plus d'émissions d'odeurs nauséabondes (voir tableau 4-4) que l'utilisation de fientes sèches (Fédération des producteurs d'œufs du Québec, 2017).

La technique de séchage artificiel consiste à combiner l'évacuation fréquente des fientes du bâtiment d'élevage et leur séchage forcé dans un autre bâtiment attenant, pour en réduire au maximum les émissions d'ammoniac. Le séchage inhibe les réactions chimiques responsables des émissions d'ammoniac, par conséquent plus vite les fientes sont séchées, plus ces émissions sont réduites (Guingand, N *et al.*, 2010).

Les déjections des poules pondeuses sont récupérées directement de la production, en évitant tout contact avec les travailleurs. L'idée est d'avoir le produit le plus sain possible et d'éviter la contamination. Les virus et les bactéries dans les fientes sont contrôlés avec un processus thermique atteignant 80 °C; par exemple, la salmonelle est contrôlée à 60 °C.

Les caractéristiques les plus importantes de ce type de technologie sont : une sous- émission des odeurs; un contrôle des pathogènes; une facilité de transport par la suite, à cause de la légèreté du produit; la garantie d'un haut niveau nutritionnel; et une facilité à gérer le processus et le produit final. C'est ce qui rend ce procédé plus attrayant chez les éleveurs de poules pondeuses.

4.2.4 Le séchage dans le bâtiment

La technologie de déshydratation des fientes fonctionne à partir d'un système de forte poussée d'air extérieur vers l'intérieur du bâtiment d'entreposage des déjections, ce qui assèche rapidement les fientes (Fournel, 2011).

Tableau 4-4. Catégories d'odeurs

01 (peu odorant ^{71,72})	02 (malodorant ^{71,73})	03 (fortement malodorant ^{71,74})	HC (hors catégorie ^{71,75})
➤ Compost (matures). ➤ Feuilles mortes. ➤ Écorces ➤ Biosolides papetiers et résidus de désencrage à C/N ≥ 70 ➤ Tourbe de mousse ➤ Déchets de coupe ou d'émondage d'arbres ou d'arbustes. ➤ Copeaux de bois	➤ Biosolides municipaux – étangs non vidangés depuis ≥ 4 ans ➤ Biosolides municipaux séchés⁷⁶ ➤ Biosolides municipaux – traitement à la chaux ➤ Biosolides papetiers ayant un C/N ≥ 50 et < 70, et non issus d'un procédé kraft ➤ Biosolides papetiers provenant d'étangs non vidangés depuis ≥ 4 ans ➤ Biosolides papetiers – traitement acide ➤ Boues de fosses septiques ➤ Biosolides municipaux provenant de digesteurs anaérobies, sauf ceux déshydratés à l'aide de centrifugeuses⁷⁷ à haute vitesse	➤ Biosolides municipaux – usines – traitement biologique ➤ Biosolides papetiers ayant un C/N < 50, sans traitement acide, ne provenant pas d'étangs avec accumulation prolongée et non issus d'un procédé kraft ➤ Biosolides papetiers issus d'un procédé kraft, ayant un C/N ≥ 50 et < 70 ➤ Lactosérum ➤ Lait déclassé ➤ Résidus de pommes de terre ➤ Rognures de gazon ➤ Résidus de plantes ➤ Résidus organiques triés à la source, en vrac	➤ Biosolides municipaux provenant de digesteurs anaérobies déshydratés à l'aide de centrifugeuses à haute vitesse, sauf ceux désodorisés par compostage, chaulage ou séchage thermique ➤ Biosolides papetiers issus de procédés kraft, avec un C/N < 50 ➤ Résidus organiques triés à la source, en sac ➤ Matières résiduelles mixtes ➤ Biosolides d'abattoirs non stabilisés

Source : Information tirée d'Hébert (2015) et adaptée pour les lieux de biométhanisation.

Ce type séchage à l'intérieur d'un bâtiment hermétique produit d'excellentes caractéristiques nutritionnelles, un faible contenu de pathogènes, des émissions minimales d'odeurs, et une gestion relativement simple du procédé.

Le fumier épandu au champ provoque des émissions dans l'air, l'eau et les sols agricoles (voir tableau 4-5; pour un apport de 100 unités d'N ou 20 t de fumier).

Tableau 4-5. Émissions du fumier au champ (flux directs) pour un apport de 20 t de fumier (100 unités d'N)

Substance	Quantité	Gaz effet serre (CO ₂)	Acidification (SO ₂)	Eutrophisation (PO ₄)	Toxicité du sol (1-4 DCB)
N ₂ O	1,96 kg	580 kg			
NH ₃	5,5 kg		8,8kg	1,92 kg	
PO ₄	2 kg			2 kg	
NO ₃	80 kg			8 kg	
Cuivre	120 g				1,7 kg
Zinc	660 g				16,5 kg

Source : Thirion (2006)

Malgré que cette technologie soit prometteuse, le séchage artificiel demeure une technologie nouvelle, encore sous-utilisée par les producteurs de poules pondeuses.

Les avantages de la déshydratation des déjections de poules pondeuses sont nombreux, tels que la réduction des odeurs, le contrôle des mouches, la facilité de transport, et la réduction des coûts qui y sont reliés (Therriault, 2005). Elle permet aussi le contrôle des pathogènes et produit un nutriment possédant de bonnes caractéristiques nutritionnelles et faciles à transporter.

Par contre, sa grande faiblesse est la consommation élevée d'énergie nécessaire pour sécher les déchets, et la très grande quantité d'excréments pour justifier l'investissement initial dans cette technologie (Therault, 2005).

Au Québec, l'entreprise Acti-sol est spécialisée dans le développement de cette technologie pouvant servir à résoudre le problème des odeurs résultant de la grande quantité des excréments de poules pondeuses.

4.2.5 L'épandage de lisier

Les productions intensives d'animaux génèrent un problème majeur dans les régions où elles se situent. Les polluants, comme l'ammoniac, qui se produisent lors du processus d'élevage affectent directement la qualité de l'air. En effet, la volatilité de ce gaz se produit par la perte d'azote, ce qui abaisse l'efficacité nutritive des déchets et, par conséquent, l'apport de nutriments minéraux pour les cultures (Moal et Martinez, 1995).

Les odeurs émises par l'épandage de lisier sont très fortes, ce qui incommode le voisinage et les travailleurs de la ferme, quoique sur courte période. En effet, à mesure que les déchets s'oxydent, la quantité d'émissions dans l'environnement diminue. Cependant, dans le bâtiment, les émissions sont plus faibles mais la période est plus longue. Les deux demeurent nocifs, parce que l'un affecte l'environnement entier et l'autre affecte directement la santé des animaux et des travailleurs (Guingand, 1999).

Le lisier épandu au champ provoque des émissions dans l'air, dans l'eau et les sols agricoles (voir tableau 4-6; pour un apport de 100 unités d'N ou 23 m³ de lisier).

Tableau 4-6. Émissions totales du système pour un apport de 23 m³ de lisier (100 unités d’N)

Substance	Quantité	Gaz effet serre (CO ₂)	Acidification (SO ₂)	Eutrophisation (PO ₄)	Toxicité du sol (1-4 DCB)
N ₂ O	1,96 kg	580 kg			
NH ₃	27,3 kg		43,7 kg	9,55 kg	
PO ₄	4 kg			4 kg	
NO ₃	23,2 kg			2,3 kg	
Cuivre	345g				4,83 kg
Zinc	805 g				20,12 kg

Source : Thirion (2006)

Évidemment, si nous comparons les deux tableaux 4-5 fumier et 4-6 lisier, il y a de grandes différences montrant que le fumier qui a reçu un traitement préliminaire génère une quantité mineure d'éléments qui affectent l'environnement par rapport à lisier.

4.3 Politiques de soutien à la protection de l'environnement

Généralement, la réalité des politiques est qu'elles cherchent à restreindre ou à limiter, voire interdire certaines activités agricoles. En matière d'environnement, elles sont conçues pour accompagner, aider ou encourager les changements désirés, de sorte que les parties concernées par le problème bénéficient d'un environnement plus sain.

Il existe plusieurs programmes de soutien aux producteurs agricoles qui visent la protection de l'environnement. Ces politiques d'accompagnement offrent aux producteurs agricoles de développer des projets agroenvironnementaux dans leur production.

Cet outil, appelé Plan d'accompagnement agroenvironnemental (PAA), permet aux producteurs de travailler en collaboration avec un conseiller en agroenvironnement, afin de planifier une intervention au sein de leur entreprise agricole. Tout est conçu sur une base volontaire.

Plus précisément, le PAA (MAPAQ, 2018) permet :

- de tracer le portrait global de la situation agroenvironnementale de l'entreprise;
- d'identifier l'ensemble des éléments à améliorer qui ont un impact sur l'environnement et, dans beaucoup de cas, sur le rendement de l'exploitation agricole;
- de trouver des solutions réalistes et efficaces pour résoudre certains problèmes ou améliorer la situation;
- d'avoir accès à de l'aide financière pour assurer, notamment, un accompagnement et un suivi dans la mise en œuvre des solutions envisagées.

Pour que le PAA soit admissible au financement du MAPAQ, le producteur agricole doit s'engager, à l'intérieur d'une période donnée, à réaliser des actions inscrites dans le plan d'action du PAA. Ces actions peuvent être financées dans le cadre des programmes Prime-Vert ou Services-conseils (MAPAQ, 2018).

Il existe aussi un programme canadien d'adaptation agricole (PCAA). Ce programme d'aide financière cherche à investir dans les solutions susceptibles de régler les problèmes environnementaux qui se posent ou qui émergent dans le développement d'une production d'élevage. Diverses ressources sont offertes et peuvent être accessibles autant par l'entremise d'associations, de coopératives ou d'organismes sans but lucratif. Chacun de ces projets doit toutefois avoir une valeur maximale d'un million de dollars (1M\$). Parmi les activités éligibles au programme figurent le développement de nouvelles technologies, l'élaboration d'approches innovatrices de nouveaux débouchés, et le traitement des problèmes

en expérimentant de nouvelles idées, qui sont appliquées au niveau sectoriel (Agriculture et agroalimentaire Canada, 2016).

Les changements dans la sensibilisation et les préférences des consommateurs, les réglementations et les pressions exercées par les ONG ne sont qu'un exemple des raisons pour lesquelles les entreprises se retrouvent soudainement sans autre choix que de devenir écologiques (Wiengarten et Pagell, 2012).

CHAPITRE V

ANALYSE

Les différents développements technologiques agricoles qui ont rendu possible l'augmentation des rendements, ont aussi permis le développement des productions intensives. Actuellement, diverses méthodes de production génèrent plusieurs problèmes environnementaux tels que le changement climatique, l'érosion des sols fertiles, la disparition des invertébrés bénéfiques qui a généré une perte de matière organique dans les sols, déclenchant des effets tels qu'une faible production, une faible rétention d'eau dans le sol, etc. Pour évaluer tous les impacts environnementaux et sociaux des productions agricoles, il existe une grande quantité de méthodes. Elles nous aident à prendre des décisions pour un développement durable de la production agricole. Bien que toutes ces méthodes soient importantes, elles ne sont pas toutes efficaces. Elles ne sont pas adaptées à toutes les productions d'élevage des animaux. Pour satisfaire 100% de l'évaluation, nous devons donc adapter les méthodes et les ajuster pour chacune des productions à évaluer.

Pour la réalisation de cette étude portant sur les poules pondeuses, « il est nécessaire de rechercher des indicateurs de durabilité qui seraient susceptibles d'aider à une transition vers un développement agricole et rural durables, tel que fortement recommandé lors de la conférence des Nations-Unies sur l'environnement et le développement » (Briquel *et al.*, 2001).

Tout d'abord, rappelons que la notion de durabilité a amené à établir des indicateurs combinant trois dimensions : la première systémique, laquelle consiste à augmenter la connaissance au niveau économique, environnemental et social de l'aviculture. La deuxième est l'espace ou temporel, c'est-à-dire qu'il s'agit de bien voir les effets qui se manifestent dans un endroit précis et la dernière de

caractère éthique, est basée sur un système de valeur, soit la conservation du patrimoine naturel et humain (Briquel *et al.*, 2001).

Lorsque nous parlons de développement durable dans l'agriculture, nous entendons minimiser l'impact de cette production sur la terre, l'air et l'eau. La somme des pratiques vise à éviter d'endommager la biodiversité et d'assurer une production alimentaire suffisante pour tous. Cependant, nous ne considérons pas suffisamment les résidus de l'agriculture comme des ressources. Il est important d'apprendre les techniques de transformation des déchets, comme le compost, pour éviter l'achat d'engrais chimiques qui n'améliorent pas la qualité du sol à long terme.

Dans la production des œufs de plusieurs pays où il faut tenir compte des quatre saisons, nous trouvons des bâtiments qui améliorent le contrôle de certains facteurs comme la température, la présence de gaz, susceptibles d'affecter la production des œufs. Cependant, il est important à dire que, dans une même ferme, chacun des bâtiments se comporte de manière différente, même si leur gestion est identique. La caractéristique du travail avec des êtres vivants est qu'on ne sait jamais comment ces derniers vont réagir à une exposition à une substance étrangère, au changement de température, au bruit, etc.

Un impact négatif d'un de ces éléments à l'intérieur du bâtiment de la production des œufs affecte non seulement les poules pondeuses, mais aussi les travailleurs. L'apport des travailleurs pour réaliser leurs tâches est indispensable, car leur présence dans le bâtiment leur permet d'identifier par exemple un dégât d'eau, de rongeurs ou la présence de gaz, etc. Donc, il est nécessaire de prendre les précautions pertinentes tant pour les animaux que pour les travailleurs. La bonne ventilation et l'utilisation de masques pour les opérateurs peuvent empêcher l'entrée de particules étrangères dans le système respiratoire qui génère des maladies respiratoires telles que l'asthme ou la bronchite.

Il existe plusieurs méthodes de transformation des déchets d'élevage des poules pondeuses : la biométhanisation, le compostage, le séchage artificiel et l'épandage du lisier.

Le principal problème des éleveurs de poules pondeuses est que les déjections des volailles comportent une teneur élevée en humidité et en azote, ce qui les rend plus difficiles à traiter. Il existe une méthode alternative, telle que la vermiculture, utilisée avec d'autres espèces avec succès, mais cela n'est pas applicable à l'aviculture.

Après analyse des forces et des faiblesses des technologies disponibles, il nous apparaît que la biométhanisation est la meilleure technique disponible pour le traitement et l'évaluation des déchets de digestion anaérobie, car elle est une source d'énergie avec la production de biogaz. L'autre bénéfice de cette technologie est qu'elle réduit le potentiel polluant de l'activité agricole. Cependant, le compost est une méthode plus efficace de digestion aérobie. Elle nous aide à transformer les déchets en un engrais très bénéfique pour le sol, car il améliore sa texture et fournit les nutriments nécessaires aux cultures.

L'importance agricole du compost ne réside pas uniquement dans sa teneur en nutriments minéraux. Sa valeur principale semble être sa teneur élevée en matière organique active, qui oscille autour de 28%, ainsi que son apport important d'oligo-éléments tels que le cobalt, le cuivre, le manganèse, le zinc, le bore, le molybdène qu'on ne retrouve pas dans les engrais chimiques. Son influence positive sur le développement des cultures devient plus évidente, car il apporte des composantes indispensables (Lopez Macias, 2002).

Le séchage artificiel est une bonne alternative quand la quantité de déchets est trop grande pour permettre l'utilisation d'une autre méthode. De plus, il peut garantir le contrôle de pathogènes et des graines non désirées. Néanmoins ce type de traitement nécessite l'utilisation de beaucoup d'énergie pour être efficace et

offrir un bon produit final. Il est important analyser le rapport coût-bénéfice pour savoir à quel point cette méthode est rentable.

L'épandage de lisier est peut-être la méthode la plus traditionnelle encore largement pratiquée par des agriculteurs en raison de sa gestion peu exigeante. Cependant, l'absence d'un traitement des déchets signifie qu'il y a une plus grande production de gaz dans l'environnement, un faible apport en nutriments dû à leur volatilisation, la génération de mauvaises odeurs, la présence de moustiques. Cette méthode de gestion des déchets est la pire qui soit, car elle affecte les êtres vivants et l'environnement.

Tous les systèmes que nous trouvons dans la production de poules pondeuses ont des avantages et des inconvénients. Cependant, nous avons découvert que le point de référence actuel est le bien-être des animaux, ce qui pourrait aider à l'adoption de pratiques moins polluantes. Ainsi, nous avons observé qu'il existe un système de cages aménagées qui contiennent beaucoup d'éléments, tels qu'un perchoir, un nid de ponte et un bain de sable avec un matériau de litière, assurant plus de confort aux animaux que d'autres où ils sont confinés.

Les systèmes de cages non aménagées offrent un avantage pour les travailleurs parce qu'ils facilitent leur travail, mais les animaux sont confinés en tout temps. Dans le système du sol, les animaux ont un plus grand confort, mais nous constatons également que le pourcentage d'œufs cassés et sales est supérieur à celui des cages non aménagées.

Nous avons adopté la méthode française IDEA, pour évaluer les différents types de productions agricoles. Elle peut aussi être utilisée dans tout type de production agricole. Elle doit être adaptée aux différentes productions, afin que les données obtenues nous permettent d'identifier les points faibles de la production agricole qui affectent l'environnement.

Nous proposons d'illustrer la démarche retenue lors de l'élaboration de la méthode IDEA en présentant les étapes qui cherchent à combiner rentabilité, qualité de la production et protection du milieu (voir figure 5-1).

Cette méthode permet de mieux appréhender:

- les sources de données et leur traitement pour obtenir la valeur de référence;
- la définition d'objectifs;
- la création d'indicateurs associés;
- le choix d'hypothèses;
- la détermination de seuil de références;
- l'aménagement, la conception technique ou la technologie;
- les mesures d'atténuation ou de compensation.

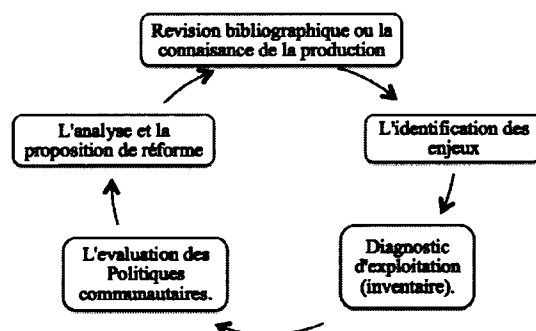
Après avoir effectué une analyse de la production agricole, il est important d'identifier les aspects suivants :

- l'enjeu: dans le problème nous pouvons identifier les émissions de gaz qui sont générées par l'élevage des poules pondeuses et qui peuvent affecter la population et les animaux;
- le diagnostic d'exploitation: c'est peut-être le point le plus important, car il doit indiquer les points forts, les limites internes et externes qui caractérisent la production, en cherchant à améliorer ses points faibles. Pour cela, il faut tenir compte des facteurs de production et de l'environnement (bâtiments, biodiversité, paysage, eau et air);
- l'évaluation des politiques publiques : les outils de diagnostic agroenvironnementaux à base d'indicateurs sont des éléments intéressants, car lisibles et synthétiques, pour mesurer les problèmes environnementaux et pour suivre l'effet des politiques publiques mises en place localement (Zahm, 2003) ; et,
- l'analyse et la proposition : cela doit être lié au respect des règles concernant l'environnement provinciales et fédérales, et celles concernant l'exportation des produits selon les normes nationales et internationales.

Ce type de diagnostic est un mécanisme obligatoire d'audit des exploitations qui perçoivent de l'aide économique annuelle.

Cette méthode se marie bien avec l'objectif de notre travail, car on doit tenir compte des tâches des travailleurs dans la ferme, pour identifier les problèmes potentiels qui peuvent être liés à l'impact environnemental de la production avicole.

Figure 5-1. Méthode française IDEA



Source : Van Der Werf et Petit (2002).

Les auteurs des études qui utilisent ces méthodes pour évaluer l'impact environnemental des systèmes agricoles reconnaissent rarement que les résultats obtenus ne dépendent pas seulement des caractéristiques des systèmes comparés, mais également de celles des méthodes d'évaluation utilisées. Une réflexion méthodologique sur les procédures d'évaluation des fermes est nécessaire. De telles procédures présentent généralement cinq grandes étapes décrites ci-dessous adaptées de (Van Der Werf et Petit, 2002).

1. Définition de l'objectif global de la méthode. L'objectif peut, par exemple, être l'évaluation de l'impact environnemental ou l'évaluation du respect des bonnes pratiques agricoles. Cette étape implique des choix par rapport

à l'utilisateur prévu, l'échelle spatiale pour laquelle la méthode est conçue, et l'examen des dimensions économiques et sociales;

2. Définition des objectifs environnementaux. Des objectifs généraux ne peuvent pas être évalués directement ou quantifiés. Il est nécessaire de présenter des objectifs environnementaux plus spécifiques, lesquels sont au cœur de la méthode d'évaluation (Van der Werf et Petit, 2002). Nous définissons le terme objectif environnemental comme un enjeu environnemental associé à une tendance souhaitée (ex. : réduction de la consommation d'énergie, réduction des émissions de ammoniac, maintien de la qualité des sols). D'autres termes sont aussi utilisés tels que les questions d'environnement (OCDE, 1999; AEE, 2005), les thèmes environnementaux (Pointereau et al., 1999), et les catégories d'impact (Guine et al., 2002).
3. Définition du système à analyser. De nombreuses méthodes sont limitées à l'évaluation des impacts directs d'un système de production. D'autres méthodes consistent également à examiner les impacts indirects, résultant de la production des intrants (engrais, aliments) pour le système.
4. Construction ou identification d'indicateurs pour chaque objectif environnemental. Pour quantifier dans quelle mesure les objectifs environnementaux sont atteints, un ensemble d'indicateurs associés à des critères d'évaluation des impacts est nécessaire. La qualité d'un indicateur dépendra en grande partie de la validité de sa méthode de calcul.
5. Calcul des résultats. Les valeurs des indicateurs sont calculées pour chacun des systèmes de production ou des scénarios à comparer. Une agrégation partielle ou totale des résultats peut faciliter leur interprétation.

CHAPITRE VI

DISCUSSION

Les producteurs d'élevage de poules pondeuses ont accès à suffisamment d'outils qui leur permettent d'atténuer l'impact environnemental. Néanmoins, la représentation des différentes méthodes de gestion plus durable est très faible pour les 128 producteurs d'œufs au Québec. Il n'y en a qu'un qui pratique la méthanisation, un autre s'adonne au compostage et un autre a investi dans le séchage artificiel. Il est important d'analyser quelle est la cause de ce peu d'intérêts pour des méthodes de gestion des déjections et des mortalités plus durables que l'épandage conventionnel de lisier, largement pratiqué.

En tenant compte des enjeux environnementaux, l'épandage de lisier n'est plus un mode de traitement des déchets des fermes de poules pondeuses, qui soit tolérable. Rappelons que les déchets non traités épandus au sol provoquent une oxydation des éléments tels que l'azote, le phosphore, etc. Ces éléments se volatilisent et produisent des nuisances olfactives qui affectent directement les êtres vivants. Ces odeurs, dont celle de l'ammoniac, ont un impact environnemental important, et pourtant l'épandage de lisier au sol est encore autorisé.

Il faut se poser diverses questions : d'une part, est-ce que la gestion de l'offre, qui encadre la production des œufs de consommation au Canada, favorise l'adoption de pratiques innovantes au point de vue du développement durable, compte tenu que les menaces concurrentielles venant des exportations sont largement contrées par un contrôle douanier aux frontières? D'autre part, en quoi la présence d'un puissant syndicat unique, l'Union des producteurs agricoles, peut-il avoir une influence sur les décisions politiques susceptibles d'exiger des améliorations dans les modes de production, pour les rendre plus durables?

Dans la recherche du bien-être des poules pondeuses, il existe une réglementation portant sur les cages aménagées. Cette nouvelle méthode de confinement offre de meilleures caractéristiques de confort qui aident les poules pondeuses à exprimer leur potentiel génétique. Néanmoins, la rentabilité de la production est affectée par le pourcentage élevé d'œufs cassés et sales. Dans la recherche d'un équilibre entre le bien-être animal et la rentabilité, nous pouvons penser que la liberté de circulation au sol présente une amélioration du confort pour les poules pondeuses, mais il exige un plus grand travail de la part de l'opérateur.

Le développement durable cherche l'équilibre entre les productions d'élevage et l'environnement, mais la réalité a montré que l'intensification de la production génère un impact environnemental et social plus significatif. Peut-être y a-t-il moyen de sensibiliser les producteurs à en faire plus. Il faudrait encourager les consommateurs à soutenir principalement les producteurs d'œufs qui pratiquent des méthodes plus écologiques de gestion des déjections.

Selon Godard et Hubert (2002) «la viabilité d'un système d'exploitation ou la «durabilité autocentrée», est sa capacité à continuer à produire dans le futur, en entretenant les ressources naturelles et le capital humain (formation, compétences, etc.)» Il est important de noter qu'au Québec la plupart des productions sont familiales, ce qui garantit, en principe, la pérennité dans le temps de la production puisque les fermes se transmettent de génération en génération entre membres d'une même famille.

En exerçant une pression sur les producteurs, et en éduquant plus adéquatement leurs relèves et travailleurs sur les risques environnementaux et sociaux, il serait possible d'atteindre une prise de conscience plus grande pour changer leurs habitudes de travail. Pour cela, les nouvelles pratiques d'élevage durable doivent être enseignées dans les écoles de formation et instituts agricoles.

CONCLUSION

La fragilité des écosystèmes et la dépendance des être vivants à ces derniers rendent la relation entre la production d'œufs de consommation et l'environnement plus complexe. En effet, dans ce mémoire, nous avons présenté que l'environnement de la planète est affecté par tous les gaz qui sont dégagés par les modes de production conventionnels en aviculture et qui sont envoyés dans l'atmosphère sans trop d'efforts adéquats pour les capter, les composter et les réutiliser. Actuellement, l'excès des composés toxiques, comme l'ammoniac, dans l'environnement génère des problèmes d'accumulation des éléments gazeux, produisant des changements dans le climat et affectant la santé de tous les êtres vivants.

Il est donc nécessaire de mieux connaître la relation entre ces différents éléments gazeux et l'environnement et de poursuivre la recherche de nouvelles techniques de production avicole. Ces technologies novatrices permettraient de tirer profit des déchets de production générés par les poules pondeuses, de les transformer efficacement, en minimisant la production de gaz dans l'atmosphère.

La production d'œufs au Canada, comme au Québec, est considérée comme l'une des industries les plus prospères au pays. Cette rentabilité découle de l'établissement d'un système de gestion de l'offre établi en 1972, qui garantit des revenus décents pour une production contrôlée et exclusive vendue sur le marché canadien, protégée des différents concurrents internationaux.

Malgré cet avantage certain en termes de rentabilité, peu de producteurs avicoles mettent en place des méthodes innovatrices de production durable. La protection de l'environnement est insuffisamment prise en compte dans les pratiques directes et indirectes de production d'œufs, ce qui vient exercer une forte pression négative sur la nature, en transformant la qualité de l'air et de l'eau de tous les êtres vivants. À la lumière de ce mémoire, il apparaît souhaitable que chaque producteur d'œufs

de consommation améliore l'élimination des déchets qui sont produits dans sa ferme afin d'assurer une diminution de l'impact de sa production sur l'environnement et la société.

Ce mémoire a démontré que la production de gaz, tels que l'ammoniac, le sulfure d'hydrogène, le dioxyde de carbone, etc., à partir de la gestion inadéquate des déjections de poules pondeuses, engendre des odeurs et des polluants atmosphériques dommageables pour la santé et le bien-être des êtres vivants. Faut-il le rappeler, l'accumulation de ces derniers dans l'environnement est ce qui a engendré des changements climatiques, la perte de sols fertiles, la pollution de l'air et de l'eau, l'augmentation des maladies. Ce mémoire a démontré également que l'utilisation de nouvelles technologies, dont certaines très anciennes comme le compostage, permettent de réduire la production de gaz à l'intérieur et à l'extérieur de la ferme.

L'adoption de nouvelles pratiques et technologies devraient aider à établir une relation positive entre la production des œufs et l'environnement. En terme de développement durable, ces changements permettraient une meilleure utilisation des ressources de la nature et assureraient un environnement plus sain à tous les êtres vivants, dont en tout premier lieu, aux travailleurs et producteurs d'œufs.

Ce mémoire a démontré que les méthodes alternatives de gestion des déjections offrent plusieurs avantages, quoique la méthode doive être choisie en fonction du lieu de production, pour qu'elle s'entraîne constitue pas une utilisation exagérée de l'énergie.

Les différentes méthodes de gestion des déjections animales trouvées dans la revue de littérature sont suffisamment explicites pour outiller les producteurs dans leur choix d'une production durable.

En effet, plusieurs informations montrent que les chercheurs et les gens en général sont tous les jours préoccupés par le bien-être animal et la qualité de l'environnement dont la qualité de l'air. Il existe un nombre considérable de lois et de règlements élaborés par divers paliers gouvernementaux qui cherchent à améliorer les pratiques agricoles. Cependant, il est important d'approfondir ce sujet afin de vérifier si les mesures prises sont efficaces et comment elles peuvent être mieux respectées.

BIBLIOGRAPHIE

- Agriculture et agroalimentaire Canada. (2016). *Programme canadien d'adaptation agricole (2014-2019)*. Gouvernement du Canada. Récupéré de <http://www.agr.gc.ca/fra/programmes-et-services/programme-canadien-d-adaptation-agricole-2014-2019/guide-du-demandeur/?id=1396969701415-a1.0>
- Agriculture et agroalimentaire Canada. (2017)a. *L'industrie canadienne des oeufs de consommation et de transformation*. Canada : Gouvernement du Canada. Récupéré de <http://www.agr.gc.ca/fra/industrie-marches-et-commerce/information-sur-les-marches-par-secteur/volaille-et-ufs/information-sur-le-marche-de-la-volaille-et-des-oeufs-industrie-canadienne/oeufs-de-consommation-et-de-transformation/?id=1384971854396>
- Agriculture et agroalimentaire Canada. (2017)b. *Portrait de l'industrie canadienne de la volaille et des oeufs*. Canada : Gouvernement du Canada. Récupéré de <http://www.agr.gc.ca/fra/industrie-marches-et-commerce/information-sur-les-marches-par-secteur/volaille-et-ufs/information-sur-le-marche-de-la-volaille-et-des-oeufs-industrie-canadienne/portrait-de-l-industrie/?id=1384971854389>
- Amand-Madelin, V. (1992). La prise en compte de l'environnement dans les politiques agricoles. *Economie et statistique*, 258(1), 105-112.
- André, P., Delisle, C. et Revéret, J.-P. (2010). *L'évaluation des impacts sur l'environnement - Processus, acteurs et pratiques pour un développement durable* (3 éd.). Canada : Presses internationales Polytechnique.
- Barnéoud, P., Pagé, T., Héroux, M., Leduc, R. et Guy, C. (2012). Évaluation de l'impact odeur d'un centre de compostage en milieu urbain à l'aide d'un réseau d'observateurs et comparaison avec des modèles de dispersion atmosphérique. 2268-3798.
- Beaumont, C., Calenge, F., Chapuis, H., Fablet, J., Minvielle, F. et Tixier-Boichard, M. (2010). Génétique de la qualité de l'œuf. *Productions animales*, 23(2), 123.
- Bicudo, J. R., Svoboda, I. F. et Jones, A. (1996). Déjections animales - un bref aperçu de la situation au Portugal. 88-99.
- Bonny, S. (1994). Les possibilités d'un modèle de développement durable en agriculture: le cas de la France. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 23(23), 5-15.

- Briquel, V., Vilain, L., Bourdais, J.-L., Girardin, P., Mouchet, C. et Viaux, P. (2001). La méthode IDEA (indicateurs de durabilité des exploitations agricoles): une démarche pédagogique. *Ingénieries-EAT*, (25), p. 29-p. 39.
- Campesinos, F. H. J. (2002). *Manual agropecuario: tecnología orgánicas de la granja integral autosuficiente* (vol. 2).
- Candau, J. et Jeanjean, A. (2006). Des odeurs à ne pas regarder.... *Terrain. Anthropologie & sciences humaines*, (47), 51-68.
- Cellier, P. et Genermont, S. (2017). L'agriculture entre pollution atmosphérique et changement climatique. 2268-3798.
- Charles, L. (2017). Agriculture, qualité de l'air et environnement: une mise en perspective globale. 2268-3798.
- De Castro, J., Sanchez, D., Moruzzi, P., De Lucas, A. et Bonaudo, T. (2009). Adaptation de la méthode française IDEA pour l'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles de la commune de São Pedro (État de São Paulo, Brésil). *XVI Journées Rencontres, Recherches et Ruminants*, 16, 101-105.
- Duque González, C. (1999). *Bioseguridad en la industria avícola y su impacto ambiental en Colombia*.
- Espagnol, S., Lagadec, S., Salün, Y. et Rigolot, C. (2011). Construire des indicateurs pertinents: un enjeu de la gestion environnementale des élevages porcins. *Sciences Eaux & Territoires*, (1), 24-31.
- Estrada Pareja, M. M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de investigación*, 2(1).
- Fabre de Loye, A. (2006). Bien-être des poules pondeuses: biologie et réglementation. *Bulletin de l'Académie vétérinaire de France*, 159(3), 219-225.
- Fédération des producteurs d'œufs du Québec. (2016). *Les œufs d'Or inc.* Récupéré de <https://oeuf.ca/ferm/les-oeufs-dor-inc/>
- Fédération des producteurs d'œufs du Québec. (2017). *Rapport annuel 2016-2017*. Récupéré de <https://oeuf.ca/wp-content/uploads/2017/04/36163-raplow-res.pdf>

- Fournel, S. (2011). *Étude comparative des émissions de gaz et d'odeurs issues de différents systèmes de gestion des déjections en production d'œufs de consommation*. MS Thesis, Université Laval, Québec, QC, Canada.
- Gafsi, M. (2006). Exploitation agricole et agriculture durable. *Cahiers agricoles*, 15(6), 491-497 (491).
- Guingand, N. (1999). Nuisances olfactives: de la porcherie à l'épandage. *Ingénieries-EAT*, (20), p. 69-p. 74.
- Guingand, N. (2003). Qualité de l'air en bâtiment et stades physiologiques. *TechniPorc*, 26(3), 17-24.
- Guingand, N., Aubert, C. et Dollé, J. (2010). Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage. *IFIP-Institut du porc*.
- Hébert, M. (2015). *Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes: Critères de référence et normes réglementaires—Édition 2015*. Québec. ISBN-978-2-550-72954-9.
- Huneau-Salaün, A., Michel, V., Huonnic, D., Balaine, L. et Le Bouquin, S. (2009). Facteurs influençant la contamination bactérienne des coquilles d'œufs produits en cages conventionnelles, cages aménagées et systèmes alternatifs. 8ème Journées de la Recherche Avicole. *St Malo*, 482-486.
- Hy-Line, W. (2001). Commercial Management Guide *Hy-Line International, Dallas Center, Iowa, USA*.
- Institut national de santé publique du Québec. (2004). *Guide toxicologique pour les urgences en santé environnementale* (vol. A-3, 5.1). Québec :.
- Josien, E., Dobremez, L. et Bidault, M.-C. (2001). Multifonctionnalité et diagnostics d'exploitation dans le cadre des CTE: approche méthodologique et enseignements tirés des démarches adoptées dans quelques départements. *Ingénieries*, 131-145.
- Lachance, M.-P., Pelletier, F., Lemay, S. et Eng, P. (2010). Développer un cadre d'analyse et identifier l'intérêt technico-économique de produire du biogaz à la ferme dans un contexte québécois.
- Lavallée, S. (2013). Analyse de l'état actuel du droit et recommandations en vue de l'adoption d'une loi sur la conservation et la gestion durable des milieux humides au Québec. *Rapport final présenté au Ministère du développement durable, de l'environnement, de la faune et des parcs*.

- Liang, Y., Xin, H., Wheeler, E., Gates, R., Li, H., Zajackowski, J., . . . Burnham, D. J. (2005). Ammonia emissions from US laying hen houses in Iowa and Pennsylvania. *Transactions of the ASAE*, 48(5), 1927-1941.
- Lohmann, H. (2010). Management Guide for Lohmann Brown–Classic. *Lohmann Tierzucht GmbH, Cuxhaven, Germany*.
- Lopez Macias, P. (2002). Compostaje de Residuos orgánicos. *Cali: Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*.
- Mallard, P., Gabrielle, B., Vial, E., Rogeau, D., Vignoles, M., Sablayrolles, C., . . . Muller, O. (2006). Impacts environnementaux associés au traitement biologique et à l'utilisation agricole des déchets organiques. Bilan des connaissances en vue de l'évaluation environnementale globale des filières. *Ingénieries-EAT*, (48), p. 3-p. 11.
- MAPAQ. (2013). Table filière des oeufs de consommation
- MAPAQ. (2014). *Portrait sommaire de l'industrie québécoise des oeufs de consommation*. Québec : Gouvernement du Québec. Récupéré de https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/etat_oeufs.pdf
- MAPAQ. (2018). *Plan d'accompagnement agroenvironnemental (PAA)*. Québec : Gouvernement du Québec. Récupéré de http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Productions/Agroenvironnement/mesure_sappui/planaccompagnement/Pages/planaccompagnement.aspx
- Marin-Batista, J. D., Castro, L. et Escalante, H. (2015). Efecto de la carga orgánica de la gallinaza de jaula en el potencial de biometanización. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(1), 18-23.
- Mauget, R. (2008). Les coopératives agricoles: Un atout pour la pérennité de l'agriculture dans la mondialisation. *Revue internationale de l'économie sociale: Recma*, (307), 46-57.
- Ministère de Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques. (2018)a. *Lignes directrices pour l'encadrement des activités de biométhanisation* (2011, mise à jour en mars 2018 éd.). Québec : MDDELCC, Direction des matières résiduelles.
- Ministère du Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques. (2018)b. *Lignes directrices pour l'encadrement des activités de compostage* (2012, mise à jour en mars 2018 éd.). Québec : MDDELCC, Direction des matières résiduelles.

- Moal, J.-F. et Martinez, J. (1995). Émission d'ammoniac après épandage de lisier: le problème. *Ingénieries-EAT*, (1), p. 53-p. 60.
- Mormont, M. (1996). Agriculture et environnement: pour une sociologie des dispositifs. *Economie rurale*, 236(1), 28-36.
- Ni, J.-Q., Chai, L., Chen, L., Bogan, B. W., Wang, K., Cortus, E. L., . . . Diehl, C. A. (2012). Characteristics of ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, and particulate matter concentrations in high-rise and manure-belt layer hen houses. *Atmospheric Environment*, 57, 165-174.
- Nimmermark, S. (2004). Odour influence on well-being and health with specific focus on animal production emissions. *Annals of agricultural and environmental medicine*, 11(2), 163-173.
- O'Neill, D. et Phillips, V. (1992). A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 3, properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 53, 23-50.
- Pelletier, F. (2011). Mesure et évaluation des émissions de gaz et d'odeurs issues de différentes stratégies de gestion des déjections en production d'œufs de consommation.
- Peu, P. (2011). *La gestion des effluents d'élevage et la production d'hydrogène sulfuré, cas particulier de la méthanisation*. Université Rennes 1.
- Portejoie, S., Martinez, J. et Landmann, G. (2002). L'ammoniac d'origine agricole: impacts sur la santé humaine et animale et sur le milieu naturel. *Productions Animales* 3 (15), 151-160.(2002).
- Québec, M. d. l. E. d. (2002). *Critères de qualité de l'air*. Québec : Gouvernement du Québec. Récupéré de <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs43255>
- Quétier, F., Quenouille, B., Schwoertzig, E., Gaucherand, S., Lavorel, S. et Thievent, P. (2012). Les enjeux de l'équivalence écologique pour la conception et le dimensionnement de mesures compensatoires d'impacts sur la biodiversité et les milieux naturels. *Sciences Eaux ànd Territoires: la Revue du IRSTEA*, (hors série 7), 7 p.
- Ramel, M., Bloquel, M., Paillier, A. et Foray, J.-P. (2016). Réduction des nuisances olfactives par pulvérisation de produits de désodorisation. 2268-3798.
- Ricard, P.-P. et Robillard, M., . (2007). *L'environnement : enjeu pris au sérieux par les producteurs d'œufs de consommation*. (Mémoire non publié).

Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire
Québécois, Joliette.

Riverin-Charbonneau, A. (2015). *25 ans de défis 1964-1989 Historque de la fédératon des producteurs d'oeufs de consommation du Québec*. Québec :.

Robitaille, R. (2007). *Du fumier de poule pondeuse composté dan les patates?* Québec : Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Récupéré de le 10 de avril 2018
<https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/ecolonature.pdf>

Rousset, N., Huneau-Salaün, A., Guillam, M.-T., Ségala, C. et Le Bouquin, S. (2016). AIRPOUL : Qualité de l'air en élevages de poules pondeuses : impact sur l'environnement et la santé des éleveurs. *Innovations Agronomiques*, 49, 215-230.

Seydoux, S., Côté, D., Grenier, M. et Gasser, M.-O. (2006). *Catactérisation des volumes et des concentrations en éléments fertilisants des effluents d'élevages de poulettes et de poules pondeuses: rapport de recherche*. [Québec]: Institut de recherche et de développement en agroenvironnement.

Silva Pérez, L. (1999). El compost, un sistema para procesar la mortalidad de granjas avícolas.

Therriault, C., ,. (2005). *Pionniers dans la granulation*. Québec : Fédération des producteurs d'oeufs de consommation du Québec.

Thirion, F. (2006). Évaluation de la qualité environnementale des épandages agricoles: une nouvelle approche à l'aide de l'analyse de cycle de vie. *Ingénieries-EAT*, (46), p. 67-p. 77.

Travel, A., Nys, Y. et Lopes, E. (2010). Facteurs physiologiques et environnementaux influençant la production et la qualité de l'œuf. *Productions Animales*, 23(2), 155.

Van Der Werf, H. et Petit, J. (2002). Évaluation de l'impact environnemental de l'agriculture au niveau de la ferme. Comparaison et analyse de 12 méthodes basées sur des indicateurs. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, (46), 121-133.

Wailly, J.-M. (2003). Les installations classées. *Innovations*, (2), 167-177.

- Wiengarten, F. et Pagell, M. (2012). The importance of quality management for the success of environmental management initiatives. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 407-415.
- Zahm, F. (2003). Méthodes de diagnostic des exploitations agricoles et indicateurs: panorama et cas particuliers appliqués à l'évaluation des pratiques phytosanitaires. *Ingénieries-EAT*, (33), p. 13-p. 34.
- Zhang, Q., Feddes, J., Edeogu, I., Nyachoti, M., House, J., Small, D., . . . Clark, G. (2002). Odour production, evaluation and control. *Report prepared for Manitoba Livestock Manure Management Initiative Inc., Winnipeg, Manitoba.*
- Zhao, L., Hadlocon, L. J. S., Manuzon, R. B., Darr, M. J., Keener, H. M., Heber, A. J. et Ni, J. (2016). Ammonia concentrations and emission rates at a commercial poultry manure composting facility. *Biosystems Engineering*, 150, 69-78.