

Université de Montréal

**Évaluation des pratiques d'élevage des fermes
laitières au Québec qui sont des facteurs de risque
associés au prix des veaux laitiers lors de la vente
à l'encan**

Par Salvatore Ferraro

Département de sciences cliniques

Faculté de médecine vétérinaire

Mémoire présenté à la Faculté de médecine vétérinaire
en vue de l'obtention du grade de *Maîtrise en sciences* (M. Sc.)
en sciences vétérinaires, option sciences cliniques

Décembre 2022

© Salvatore Ferraro, 2022

Université de Montréal

Département de sciences cliniques, Faculté de médecine vétérinaire

Ce mémoire intitulé

**Évaluation des pratiques d'élevage des fermes
laitières au Québec qui sont des facteurs de risque
associés au prix des veaux laitiers lors de la vente
à l'encan**

Présenté par

Salvatore Ferraro

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

André Desrochers
Président-rapporteur

Sébastien Buczinski
Directeur de recherche

Marianne Villettaz Robichaud
Codirectrice

Gilles Fecteau
Codirecteur

Gustavo Zamberlam
Membre du jury

Résumé

Le terme veaux laitiers se réfère aux veaux mâles et femelles non retenus pour le remplacement et vendus en jeune âge. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'association entre les caractéristiques et les pratiques de la ferme et le prix final de veaux laitiers lors de leurs mises en marche dans deux encans québécois. Les éleveurs des fermes d'origine des veaux ont été contactés pour répondre à un questionnaire sur les caractéristiques et les pratiques de leur ferme. L'association entre les caractéristiques et les pratiques de la ferme et le percentile de la médiane du prix des veaux a été évaluée via un modèle multivariable de régression linéaire. Un total de 509 éleveurs a été contacté, 433 ont accepté de participer et 409 questionnaires ont été retenus pour les analyses statistiques. Les fermes ont vendu en médiane deux veaux (entre 1 et 19) et la majorité (82%) était de race Holstein. Leur prix était positivement associé à une production moyenne par vache/an supérieure à 11 000 litres et à la présence sur la ferme de trois travailleurs et plus s'occupant des veaux. Leur prix était négativement associé à la vaccination des vaches pour la diarrhée néonatale, l'absence de désinfection du cordon ombilical des veaux, l'interdiction aux transporteurs d'entrer dans les bâtiments de la ferme et à l'utilisation de copeaux de bois comme litière des veaux. Les résultats démontrent que les caractéristiques et les pratiques de la ferme d'origine sont associées au prix des veaux laitiers.

Mots-clés: veaux laitiers, veaux lourds, veaux mâles, soutenabilité de l'industrie laitière, régie des veaux mâles, bien-être de veaux mâles.

Abstract

The term surplus calf defines the male calves and heifers culled within two weeks of life. The objective of this study was to evaluate the associations between the characteristics and the practice of the dairy farms and the price of surplus calves. Their selling price (CAD/kg) were recorded in two-auction markets between 2019 and 2020. The farms who sold calves during the study were contacted to answer the survey. The possible association between the characteristics and the practices of the farms and the median percentile of surplus calves' selling price per farm was assessed using a multivariable linear regression model. A total of 509 farmers were contacted, 433 of them have accepted to be enrolled and 409 questionnaires were retained for statistical analysis. The median of the surplus calves sold by the farm was two (between 1 and 19) and the majority were Holstein (82%). The covariates that were positively associated with the median percentile of surplus calves' selling price per farm were an average milk production per cow/year superior to 11,000 liters and the presence of the farm of three or more workers available to take care of calves. Their selling price was negatively associated with vaccination of cows for neonatal calf diarrhea, no disinfection of the navel of newborn calves, no forbid transporters to entry in the farm's buildings and use of wood shaving as bedding for surplus calves. The results show the association between the characteristics and practices of farms and the price of surplus calves.

Keywords: surplus calves, veal calves, bull calves, sustainability of dairy industry, management of the male calves, welfare of male calves

Table des matières

Résumé.....	3
Abstract.....	4
Table des matières.....	5
Liste des tableaux.....	9
Liste de figures	11
Liste des sigles et abréviations	12
Remerciements	14
Introduction.....	15
1.0 Recension de la littérature.....	15
1.1 Définition du veau lourd.....	17
1.1.1 Différence entre veau de lait et veau de grain.....	17
1.1.1.1 Le veau de lait	17
1.1.1.2 Le veau de grain.....	18
1.2 Marché du veau lourd	19
1.2.1 Marché du veau lourd dans le monde	19
1.2.2 Europe	20
1.2.3 Amérique du Nord, Canada et Québec	22
1.2.4 Évolution du prix des veaux laitiers dans les dernières années (2008-2019).....	23
1.2.4.1 Facteurs de risque associés au prix des veaux laitiers.....	26
1.3 Caractéristiques et pratiques de la ferme laitière pouvant affecter les caractéristiques des veaux laitiers et leur prix de vente	29

1.3.1	Caractéristiques de la ferme	31
1.3.1.1	Type de ferme	31
1.3.1.2	La taille du troupeau	31
1.3.1.3	La race	34
1.3.1.4	La production	35
1.3.1.5	Caractéristiques du personnel dédié à la gestion des veaux	35
1.4	Pratiques de la ferme	36
1.4.1	Conditions du vêlage	36
1.4.1.1	Aire de vêlage	36
1.4.1.2	Hygiène de l'aire du vêlage	38
1.4.1.3	Dystocies	38
1.4.1.4	Temps de séparation du veau de la mère.....	39
1.4.2	Les soins du veau à la naissance.....	40
1.4.2.1	Le colostrum.....	40
1.4.2.2	Désinfection de l'ombilic à la naissance.....	46
1.4.2.3	Vaccinations pour la diarrhée néonatale.....	47
1.4.2.4	Vaccination des veaux laitiers contre les maladies respiratoires	50
1.4.3	Logement des veaux	51
1.4.3.1	Type de logement (à l'intérieur ou à l'extérieur).....	51
1.4.3.2	Logement individuel ou groupé.....	53
1.4.3.2	La litière.....	55
1.4.3.3	Caractéristiques de la litière	57
1.4.4	Nutrition des veaux	60
1.4.4.1	Le lait	60

1.5 Facteurs décisionnels de vente et alimentation des veaux laitiers avant le transport	65
1.6 Alimentation avant le transport	66
2.0 Objectif de recherche et hypothèse	72
3.0 Article scientifique	73
3.1 Characteristics and management practices of dairy farms associated with surplus calves' price at auction market in Québec, Canada; a cross-sectional study.....	73
3.2 Interpretive summary	73
3.3 Abstract	74
3.4 Introduction	75
3.5 Materials and methods.....	78
3.5.1 Study setting	78
3.5.2 Data collection from the auction market	78
3.5.3 Farm questionnaire	79
3.5.4 Sample size	82
3.5.5 Data management and analysis	82
3.5.6 Model building strategy	82
3.5.7 Assessment of the impact of the number of surplus calves sold by farm on multivariable model sensitivity.....	84
3.6 Results.....	85
3.6.1 Descriptive statistics.	85
3.6.2 Results of multivariable model	89
3.6.3 Assessment of impact of the number of surplus calves sold by farm on multivariable model	91

3.7 Discussion	91
3.7.1 Study limits	94
3.8 Conclusion	96
3.9 Acknowledgements	96
3.10 References	99
4.0 Discussion générale	102
4.1 Discussions des résultats de l'étude	102
4.2 Limites de l'étude	108
4.2.1 Quantité de la variance expliquée par le modèle	108
4.2.2 Le risque de biais atomistique	109
4.2.3 Utilisation des questionnaires en médecine vétérinaire.	110
4.3 Réflexions et perspectives futures de la recherche sur la valorisation des veaux laitiers au Québec	112
4.4 Réflexion sur les stratégies possibles pour faire augmenter le prix des veaux laitiers lors de leur mise en marché	114
5.0 Conclusions	116
6.0 Bibliographie	117
7.0 Annexes	127
7.1 Annexe 1. Supplemental file 1.	127
7.2 Annexe 2. Supplemental file 2.	129
7.3 Annexe 2. Supplemental file 3.	130
7.5 Annexe 4. Supplemental file 4.	131
7.6 Annexe 5. Supplemental file 5.	137

Liste des tableaux

Tableau 1 : Facteurs de régie associés à la santé des jeunes veaux.....	31
Tableau 2 : Composition du colostrum (première traite) et du lait entier de vache Holstein (adapté de Silva and Bittar (2019); Van Amburgh (2017)).....	45
Tableau 3 : Résultats d'une étude menée au Québec portant sur le type de logement utilisé pour les veaux avant le sevrage.....	54
Tableau 4 : Variation de la limite inférieure de la zone de thermoneutralité par rapport à l'âge chez les jeunes veaux selon Silva et Bittar (2019).....	57
Tableau 5 : Description du système d'évaluation du score de nidation (adapté de Lago, McGuirk, Bennett, Cook, and Nordlund (2006)).....	60
Tableau 6 : Contenu en terme de protéines, de gras, des cendres et d'énergie métabolisable (Mcal/kg matière sèche (MS) pour le lait de vache et différents types de lactoreplaceur (adapté de Quigley (2007)).....	62
Tableau 7 : Résultats de l'étude de Medrano-Galarza et coll. par rapport au type de lait utilisé dans les fermes laitières canadiennes.....	63
Tableau 8 : Résultats d'une enquête menée au Québec entre le 2020 et le 2021 sur 2079 fermes laitières regardant le type de lait offert aux veaux non sevrés (adapté de Lactanet (2021)).....	64
Tableau 9 : Besoins en énergie métabolisable (ÉM) des veaux âgés de moins de trois semaines (kcal d'ÉM/jour) par rapport à la température environnementale (adapté depuis les recommandations du National Research Council NRC (2001)).....	65

Tableau 10 : Poids moyens des veaux transportés dans les deux différents protocoles présentés par l'étude de Knowles.....	68
Tableau 11 : Résumé de différents groupes des traitements de l'étude de Todd et coll. (2000).....	70
Table 12 : Description of the topics and questions of questionnaire used to collect data about farm's characteristics, calf management and surplus calves' management.....	82
Table 13 : Descriptive statistical analysis and univariable analysis associated with the dependent variable of 409 dairy farms enrolled in our study.....	89
Table 14 : Characteristics of 409 Québec dairy farms and farm management practices for calves and surplus calves associated with the dependent variable (the price of surplus calves transformed in percent rank taking into consideration race and day of sale).....	91

Liste de figures

Figure 1 : Représentation de la filière du veau lourd au Québec.....	17
Figure 2 : Évolution du prix des veaux laitiers vendus au Québec entre 2008 et 2019.....	26
Figure 3 : Interaction thermique du veau avec l’environnement.....	56
Figure 4 : Results of the assessment of impact of the number of surplus calves sold by farm on multivariable model.....	98

Liste des sigles et abréviations

CAD : Dollar canadien

EC : Écart Type de la moyenne

GH : Hormone de croissance

HR : Hazard Ratio

IC 95% : Intervalle de confiance à 95%

Ig: Immunoglobulines

IGF-I: Insulin like growth factor-I

IgG: Immunoglobulines type G

IQR: Intervalle interquartile entre Q2 et Q3

NAHMS: National Animal Health Monitoring System

PBQ : Producteurs de bovins du Québec

RC : Rapports des cotes

RR : Risque Relatif

TGF- β 2: Transforming growth factor beta-2

TIP : Transfert d'immunité passive

Memento audere semper et ventis adversis

Remerciements

Mes pensées vont tout d'abord à mes parents et à mon frère qui m'ont soutenu financièrement et moralement, surtout au moment où notre famille traversait de grandes difficultés, pour me permettre de continuer mes études et d'atteindre mon rêve.

Je remercie Sébastien Buczinski, mon directeur de recherche, pour le respect qu'il m'a toujours démontré, pour m'avoir permis de connaître sa famille, pour toutes les discussions faites lors de nos cafés. Sébastien, je te remercie pour la passion que tu m'as transmise pour l'épidémiologie, les statistiques bayésiennes et Rstudio. Tu représentes pour moi un exemple à suivre comme Alexandre le Grand l'a été pour les généraux romains.

Il y a un autre professeur que je considère comme un exemple à suivre pour ma carrière et c'est André Desrochers car pour moi c'est un mentor, un ami et un deuxième père. Je le remercie de m'avoir donné l'opportunité de faire la résidence à l'UdeM, mais aussi pour m'avoir écouté me plaindre lorsqu'on prenait du café ensemble et m'a montré comment doit être un vrai professeur universitaire.

Je remercie aussi mes co-directeurs Marianne Villettaz-Robichaud et Gilles Fecteau pour les conseils et les efforts qu'ils ont fait pour me gérer et me conduire pendant une des plus difficiles période de ma vie. Chacun de vos mots est gravé dans mon cœur pour toujours.

Je veux dédier une pensée particulière au Dr Fecteau. Je suis désolé d'avoir quitté le Canada sans vous saluer, la vérité c'est que je l'ai oublié et je regrette ça. J'espère pouvoir vous rencontrer encore.

Introduction

Dans les fermes laitières, il est prévu que les vaches vèlent une fois par année pour produire du lait pour la consommation humaine. À chaque vêlage, il y a généralement 50% de chance que le nouveau-né soit une femelle et 50% de chance que le nouveau-né soit un veau mâle. Les femelles (génisses) restent, pour la plupart, à la ferme pour remplacer les vaches qui seront réformées. Les veaux mâles ne restent pas à la ferme, mais ils sont généralement vendus pour la production de viande. Les veaux mâles issus d'une ferme laitière sont appelés veaux laitiers. La même appellation inclut les génisses vendues pour la production de viande dans leurs premières semaines de vie. Au Québec, la mise en marché de la majorité de ces animaux est faite à l'encan. À l'encan, les veaux sont achetés par les représentants des producteurs ou par les producteurs de veaux lourds pour produire des veaux de lait et des veaux de grain. Nous nous attarderons plus précisément dans ce mémoire sur le segment de la filière qui va de la ferme laitière à la vente à l'encan aux fins de connaître l'impact des pratiques des fermes laitières par rapport à la régie des veaux laitiers sur le prix obtenu lors de la vente.

1.0 Recension de la littérature

En 2020, au Québec il y avait 4 732 fermes laitières qui ont produit 132 572 veaux laitiers (FPLQ, 2020; PBQ, 2021a). La figure 1 est la représentation schématique de la filière du veau lourd au Québec.

L'industrie du veau lourd au Québec

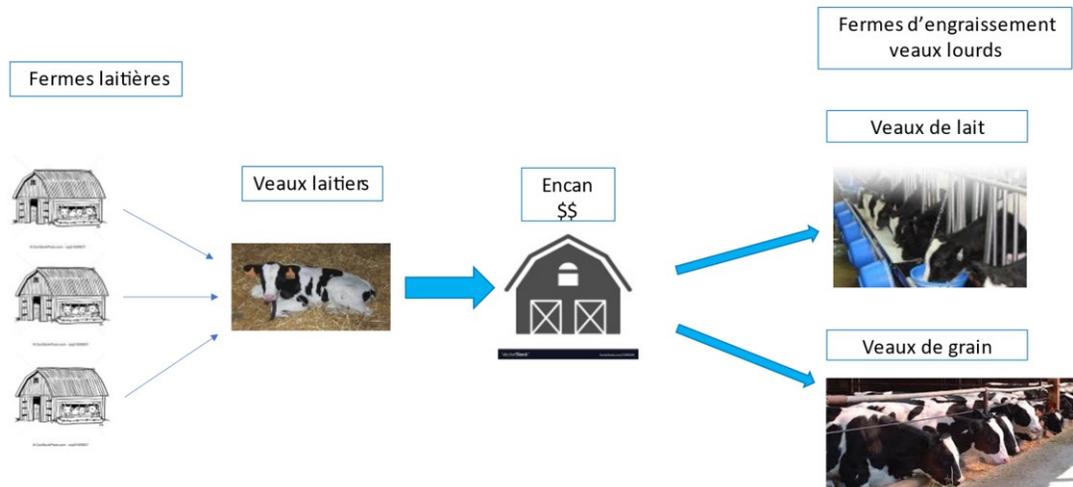


Figure 1. Représentation de la filière du veau lourd au Québec.

Les veaux laitiers produits par les fermes laitières du Québec sont transportés et mis en marché à l'encan. À l'encan, les veaux laitiers sont achetés aux fins d'engraissement en veaux de lait ou des veaux de grain.

1.1 Définition du veau lourd

Les veaux laitiers sont généralement considérés des « sous-produits » des fermes laitières que l'industrie des veaux lourds valorise (D. L. Renaud, 2017; Sans, 2009). Au Canada, deux types de veaux lourds se distinguent : le « veau de lait » et le « veau de grain » (D. L. Renaud, 2017).

1.1.1 Différence entre veau de lait et veau de grain

Ces deux types d'élevage génèrent deux produits finaux différents en regard de la couleur de la viande. La viande du « veau de lait » a une couleur rosée pâle, par contre la viande du « veau de grain » a une couleur rose foncé. Cette différence de couleur de la viande est notamment due aux différences d'alimentation entre les deux types de veau avec une alimentation plus carencée en fer lors d'élevage de veaux de lait (PBQ, 2021b).

1.1.1.1 Le veau de lait

Le « veau de lait » a une alimentation presque exclusivement lactée afin d'obtenir une viande tendre et de couleur rosée (Laplante, 2015; V. d. l. d. Q. PBQ, 2020; Perrault, 2020). Pendant l'engraissement, chaque veau consomme environ 285-290 kg de poudre de lait en plus de 200-250 kg d'aliments solides (céréales et paille) (Archambault, 2020; Beaudoin & Nadeau, 2019). Les « veaux de lait » entrent dans le centre d'engraissement à un poids moyen d'environ 45,3-47,6 kg et complètent le cycle de production vers l'âge de 20-26 semaines (Beaudoin & Nadeau, 2019; V. d. l. d. Q. PBQ, 2020). Le gain moyen quotidien de ces veaux varie généralement de 0,9 à 1,13 kg/jour (Beaudoin & Nadeau, 2019; Laplante, 2015; Perrault, 2020). Le poids vivant final visé est d'environ 240 kg

(Archambault, 2020). Le poids moyen de la carcasse à l'abattage est supérieur à 136 kg (par définition la carcasse d'un veau doit peser entre 80 et 180 kg pour que la viande se distingue de celle de bœuf) (Beaudoin & Nadeau, 2019). En 2019, la production annuelle québécoise de « veaux de lait » était de 79 500 veaux (PBQ, 2020a), élevés dans 110 fermes au Québec (V. d. l. d. Q. PBQ, 2020). La production annuelle des « veaux de lait » par ferme était en moyenne d'environ 1 066 têtes.

1.1.1.2 Le veau de grain

Le « veau de grain » a typiquement deux phases d'élevage. La première correspond à la période pré-sevrage. Cette phase est aussi appelée « pouponnière » et sa durée est d'environ 65 jours. Pendant cette phase les veaux sont nourris avec une alimentation principalement lactée, chaque veau consomme environ 25 kg de poudre de lait, à laquelle est progressivement ajoutée une alimentation solide, environ 65 kg de maïs et 25 kg de supplément protéique (Beaudoin & Nadeau, 2019; V. d. g. d. Q. c. PBQ, 2020). La deuxième phase de cet élevage est appelée « finition ». Pendant cette phase les veaux ont une alimentation solide basée sur la consommation de maïs et du supplément protéique, chaque veau consommera environ 712 kg de maïs et 239 kg de supplément protéique (Beaudoin & Nadeau, 2019; Laplante, 2015; V. d. g. d. Q. c. PBQ, 2020). La durée de cette phase est d'environ 145 jours (Beaudoin & Nadeau, 2019; V. d. g. d. Q. c. PBQ, 2020). Les veaux entrent généralement en phase « pouponnière » avec un poids moyen de 46 kg et en phase de « finition » de 103 kg (Beaudoin & Nadeau, 2019; Laplante, 2015; Perrault, 2020). Le gain moyen quotidien varie entre 0,45 et 0,78 kg/jour en phase « pouponnière » et entre 1,36-1,38 kg/jour en phase de « finition » (Beaudoin & Nadeau, 2019; Laplante,

2015; Perrault, 2020), pour un cycle de production complet d'une durée moyenne de 6 mois (V. d. g. d. Q. c. PBQ, 2020). Le poids vivant final visé est d'environ 290 kg (V. d. g. d. Q. c. PBQ, 2020). Le poids de la carcasse à l'abattage est en moyenne de 178 kg (comme pour le veau de lait, la carcasse d'un veau de grain doit peser entre 80 et 180 kg pour avoir cette dénomination) (Beaudoin & Nadeau, 2019). En 2019, la production annuelle québécoise des veaux de grain était de 71 400 têtes (PBQ, 2020a) produits dans 136 fermes (V. d. g. d. Q. c. PBQ, 2020). La production annuelle des « veaux de grain » est en moyenne d'environ 651 têtes par ferme.

1.2 Marché du veau lourd

1.2.1 Marché du veau lourd dans le monde

La production des veaux lourds se concentre principalement en Europe et en Amérique du Nord (DG-AGRI, 2020; Réussir, 2017; Vealthebook.com, 2021). La production de veaux lourds dans ces continents est due à la consommation de viande de veau et donc à la présence d'un marché pour cette catégorie de viande (MAPAQ, 2019; Réussir, 2017; Vealthebook.com, 2021). En revanche, dans les continents où la viande de veau n'est pas consommée en tant que telle, la production de veaux lourds est pratiquement inexistante. Ceci est le cas de l'Australasie où les veaux laitiers sont généralement abattus dans leur première semaine de vie pour la consommation humaine ou des animaux de compagnie (A. C. Boulton et al., 2019; Cave, Callinan, & Woonton, 2005).

La viande de veau est considérée comme un produit de haute qualité (pour sa coloration, sa tendreté et sa valeur nutritionnelle) et donc est assez couteuse (PBQ, 2021b; Réussir, 2017; Vealthebook.com, 2021). La majorité de la production de viande de veau

est utilisée en restauration (Beaudoin & Nadeau, 2019; Réussir, 2017; Vealthebook.com, 2021).

En général, mondialement, la production des veaux lourds est en déclin. Cette diminution de production est due à la diminution de la demande (MAPAQ, 2019; REA, 2021; Réussir, 2017). La réduction de la consommation de veau a commencé dans les années 2000 à cause de trois principaux facteurs: la crise économique mondiale, les changements des habitudes alimentaires des consommateurs et leur inquiétude par rapport au bien-être des veaux lourds (Bolton & von Keyserlingk, 2021; MAPAQ, 2019; REA, 2021; Réussir, 2017). Au Québec, la proportion de vente de viande de veau au détail, sur l'ensemble des viandes, est passée de 2,1% entre 2014-2016 à 1,8% entre 2017-2019 (MAPAQ, 2019).

1.2.2 Europe

La production européenne représente 82 % de la production mondiale de veaux lourds (4 414 120 têtes abattues en 2019) (DG-AGRI, 2020; Réussir, 2017). Les Pays-Bas (premier producteur mondial en 2016) produisent 31 % de la viande de veaux lourds, suivis de la France à 30% et de l'Italie à 14%. La Belgique et l'Allemagne ont une production plus limitée (7% et 5% respectivement) (Haley, 2017; Vealthebook.com, 2021).

La production interne de la France, de l'Italie, de la Belgique et de l'Allemagne ne remplit pas les besoins de viande de veau de ces pays. En plus, leur production de veaux lourds est en diminution. En revanche, aux Pays-Bas, la production des veaux lourds est en hausse et couvre 800% de leurs besoins (Vealthebook.com, 2021). À cause de cette production importante, les Pays-Bas sont le plus grand exportateur mondial de viande de veau. L'exportation des Pays-Bas a un impact direct sur le Canada. En 2018, les

importations depuis les Pays-Bas étaient de 16% (face à 6% en 2017). La présence accrue de viande de veau des Pays-Bas sur le marché nord-américain est la conséquence de l'entente de libre-échange avec l'Union européenne (21 septembre 2017). Cet accord a entraîné une élimination des tarifs douaniers de 26,5 %. L'allègement des tarifs douaniers a donc fait chuter le prix de la viande de veau européenne importée au Canada (Beaudoin & Nadeau, 2019).

La législation européenne définit 3 types de veaux lourds : « veal », « rosé-veal » et autres typologies des animaux (abattus entre 8 et 12 mois d'âge) qui sont commercialisés localement à l'intérieur des pays membres de l'Union Européenne (ex. « ternera » en Espagne, « jeune bovin » en France puisque la dénomination « viande de veau » ne peut pas être utilisée pour un bovin de plus de 8 mois dans ce pays) (Pardon, 2014; Sans, 2009). Les différences entre ces différents types de viande sont principalement liées à l'âge au moment de l'abattage et aux couleurs de la viande.

En Europe, les veaux lourds sont nourris avec une alimentation lactée, à laquelle sont ajoutés des aliments solides (de 50 gr/jour à deux semaines d'âge jusqu'à 250 gr/jour à 20 semaines d'âge) (Directive council EU, 2008; Pardon, 2014; Sans, 2009). Les veaux utilisés pour la production de ce type de viande sont des races laitières ou croisés de races laitières. En France, une production de veaux lourds issue des races de boucherie (Limousine, Blonde d'Aquitaine), nommée «veau sous la mère » est aussi importante (Sans, 2009).

1.2.3 Amérique du Nord, Canada et Québec

La production globale des veaux lourds dans l'Amérique du Nord est d'environ 400 000 têtes (environ 200 000 têtes au Canada et environ 200 000 têtes aux États-Unis) et est concentrée dans le nord-est du continent (Réussir, 2017). Aux États-Unis, la production des veaux lourds est concentrée dans six états; New York, Pennsylvanie, Ohio, Indiana, Michigan et Wisconsin (Veal Farm, 2021). En Amérique du Nord la production de veaux lourds est également en baisse (Beaudoin & Nadeau, 2019). Cette baisse de production est aussi due à une baisse de la demande. Au Canada, la consommation de veau a ainsi diminué de 70% entre 1960 et 2018 (Jodoin, 2019; MAPAQ, 2019). À l'heure actuelle au Canada, la consommation de viande de veau est de moins d'un kilo par personne/an et aux États-Unis de moins de 100 g par personne/an (Bolton & von Keyserlingk, 2021; MAPAQ, 2019). Le Québec fait exception dans le contexte de l'Amérique du Nord avec une consommation de viande de veau d'environ 2,85 kg par personne/an (Fornasier, 2001; Perrault, 2020).

Au Canada, les provinces qui produisent le plus de veaux lourds sont l'Ontario et le Québec. Le Québec produit 80% et abat près de 96% des veaux lourds au Canada (Laplante, 2015; MAPAQ, 2019). Le Québec est aussi un exportateur majeur de viande de veau au Canada (94% du total) (MAPAQ, 2019). Les exportations de viande de veau du Québec sont principalement dirigées vers les États-Unis, incluant près de 45% de viande de « veau de lait » produite au Québec (MAPAQ, 2019).

L'industrie du veau lourd au Québec s'est développée dans les années 80 et elle est concentrée particulièrement dans les régions de Montérégie, Centre-du-Québec et Capitale-Nationale (Fornasier, 2001; V. d. l. d. Q. PBQ, 2020; Perrault, 2020). Près de 83% de la

production québécoise de « veaux de grain » est concentrée dans 3 régions (50% Montérégie-Est, 23 % Centre-du-Québec, 10% Montérégie-Ouest). Également, 83% de la production des « veaux de lait » est concentrée dans trois régions (37% Montérégie-Est, 32% Centre-du-Québec, 13% Chaudière-Appalaches-Nord) (Beaudoin & Nadeau, 2019).

Le marché des veaux lourds au Québec est un oligopsonne (un marché caractérisé par un petit nombre d'acheteurs face à un grand nombre de vendeurs) (Wikipedia, 2021). En effet, 90% de la production québécoise de « veau de grain » est acheté par deux acheteurs et le restant 10% sont achetés par trois acheteurs (Beaudoin & Nadeau, 2019). La même situation se reproduit pour le marché de « veau de lait », où l'entière production est concentrée par trois acheteurs (Beaudoin & Nadeau, 2019).

1.2.4 Évolution du prix des veaux laitiers dans les dernières années (2008-2019)

La dynamique d'achat des veaux laitiers est directement guidée par les éléments mentionnés précédemment. Un faible nombre d'acheteurs produisant de la viande dans des conditions fluctuantes de marché est tributaire d'un nombre important de fournisseurs (les fermes laitières) dont la production de veaux ne suit pas les besoins de viande de veau, mais plutôt ceux de la production laitière. Dans ce contexte d'offre et de demande variables, on ne peut pas s'étonner que le prix de vente des veaux laitiers soit volatile. L'instabilité et la détérioration du prix de veaux laitiers se sont accélérées à partir de 2008. Le prix des veaux laitiers était passé de 256 \$/ 100 lbs en 2006 à 108 \$/100 lbs en 2009 (MAPAQ, 2010). Le déclin de prix des veaux laitiers était la conséquence de l'importation provenant de l'Ontario et des États-Unis qui a provoqué la hausse de l'offre de veaux sur le marché

(MAPAQ, 2010; Perrault, 2020). Aux États-Unis, le surplus des veaux laitiers était dû à la diminution de la production de veau lourd dans ce pays (MAPAQ, 2010).

Le prix des veaux laitiers a augmenté de 2010 jusqu'en 2015 à cause de la diminution de la disponibilité des veaux sur le marché (PBQ, 2021a). Dans cette période, aux États-Unis, le cheptel des vaches de boucherie a régressé jusqu'à 25 % à cause de la sécheresse qui a frappé le sud-ouest du pays (Agricultural Economics, 2015; Ohio BEEF Cattle Letter, 2016; PBQ, 2021a). À cause de cette diminution, les veaux laitiers étaient engraisés comme bouvillons dans les parcs d'engraissement (PBQ, 2021a), d'où une forte diminution de l'offre des veaux laitiers et conjointement à la dépréciation du dollar canadien, une augmentation des prix moyens. Le prix rapporté dans cette revue de la littérature se réfère au prix moyen de bons veaux Holstein (veaux mâles et femelles de 90-120 lb (41-54 kg), veaux mâles de 120-140 lb (55-63 kg)) (PBQ, 2021a).

En 2014, le prix des veaux a augmenté de 86 % par rapport à 2013 (1,47\$/lb vif *versus* 2,74\$/lb vif). En 2015, le prix des veaux a augmenté de 55 % par rapport à 2014 (2,74\$/lb vif *versus* 4,26 \$/lb vif) (PBQ, 2021a). Par contre, depuis 2016, le prix moyen des veaux laitiers a décliné fortement passant de 2,30 \$/lb vif en 2016 à 1,32 \$/lb vif en 2019 (PBQ, 2021a). Cette diminution était notamment due à une nouvelle augmentation d'importation des veaux provenant des États-Unis, et de la baisse de demande par l'industrie du veau lourd. En parallèle, comme mentionné précédemment, en 2017 l'accord de libre-échange avec l'Europe et l'importation concurrentielle de viande en provenance des Pays-Bas a conséquemment déterminé la baisse de la demande des veaux au Québec (Beaudoin & Nadeau, 2019; PBQ, 2021a; Perrault, 2020).

Le prix des veaux connaît également des variations saisonnières en fonction de la concentration des vêlages dans les fermes laitières et de l'augmentation ponctuelle de consommation de la viande qui fait augmenter la demande (Beaudoin & Nadeau, 2019; S. Buczinski, Fecteau, Blouin, & Villettaz-Robichaud, 2021; La terre de chez nous, 2021; OBSONO, 2014).

Il faut considérer que la détermination du prix des veaux va au-delà de la simple loi de l'offre et de la demande. Les veaux qui ne rentrent pas dans la catégorie des «bons veaux» connaissent une variation de prix par rapport à la moyenne de l'ordre de 39-40 % (PBQ, 2021a). La variation du prix des veaux laitiers est indiquée dans la figure 2. On peut y remarquer la grande variabilité des prix au cours d'une année.

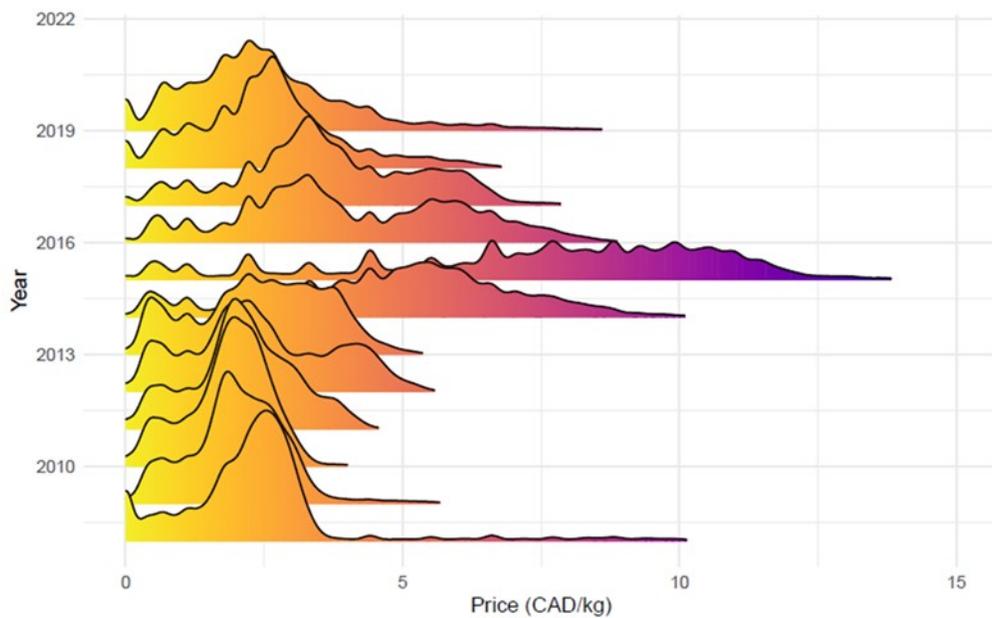


Figure 2. Évolution du prix des veaux laitiers vendus au Québec entre 2008 et 2019. Cette figure rapporte le prix des veaux vendus au Québec entre 2008 et 2019. Sur l'axe des abscisses est représenté le prix des veaux (CAD/kg) et sur celui des ordonnées les années de vente. La hauteur de la courbe est proportionnelle au nombre de veaux vendus. La couleur indique la variation du prix autour de la moyenne (la couleur est plus foncée quand le prix est plus haut) (adapté de Buczinski et al. (2021)).

1.2.4.1 Facteurs de risque associés au prix des veaux laitiers

Récemment, des études ont été menées afin de rapporter d'autres facteurs influençant le prix des veaux, au-delà de la simple loi de l'offre et de la demande (Laplante, 2015; Marquou, Blouin, Djakite, Laplante, & Buczinski, 2019; Perrault, 2020; Wilson, Canning, et al., 2020).

Buczinski et coll. (2021) ont analysé les données de vente provenant de sept encans du Québec représentant 1 432 960 veaux entre les années 2008 et 2019. Trois grandes catégories de facteur sont associées au prix des veaux : les caractéristiques des veaux (poids, race, sexe), les facteurs liés à la ferme d'origine (distance du transport, site de l'encan) et les facteurs généraux comme l'année et la saison. En plus, il faut considérer que l'interaction des facteurs qui composent ces catégories a un impact sur le prix des veaux (S. Buczinski et al., 2021). Dans les résultats de cette étude, les rapports des cotes (RC) d'être vendus dans le dernier décile de prix (dessous du 10^e percentile de la vente du jour) étaient plus élevés pour les veaux avec un poids inférieur à 40 kg par rapport aux veaux avec un poids entre 46 et 48 kg (intervalle de confiance à 95% (IC 95%) :8,47-9,35; $p < 0,0001$). Par contre, les RC d'être vendus dans le dernier quartile des ventes (au-dessus du 75^e percentile de la vente du jour) étaient plus élevés pour les veaux d'un poids entre 54 kg

et 56 kg par rapport aux veaux d'un poids 46 et 48 kg (RC : 1,05; IC 95% :1,01-1,10; $p = 0,03$).

La race du veau est également associée au prix de vente. Les RC d'être vendus à un bon prix (75^e percentile) étaient plus hauts pour les veaux croisés de boucherie par rapport aux veaux Holstein (RC : 12,19; IC 95% :11,97- 12,41, $p <0,0001$) (S. Buczinski et al., 2021). Par contre, les veaux de races laitières de couleur (Jersey, Brown suisse, Holstein rouge, Ayrshire) avaient plus de risques d'être vendus dans le dernier décile du prix par rapport aux veaux de race Holstein (RC : 4,43; IC 95% : 4,29–4,58; $p <0,0001$). Par rapport au sexe, Buczinski et coll. ont rapporté que les veaux femelles avaient plus de chances d'être vendus à un bon prix (75^e percentile) quand les autres variables (race et poids) étaient contrôlées (S. Buczinski et al., 2021).

D'autres études confirment les trouvailles de Buczinski et al. (2021) sur l'importance de la race et du poids sur le prix de veaux. L'étude de Marquou et coll. (2019) a rapporté les facteurs associés au prix de 3 820 veaux vendus dans cinq encans du Québec en 2017. Dans cette étude les auteurs ont confirmé que le prix des veaux dépendait du poids, de la race et du sexe. Plus particulièrement, la variance du prix du veau dépendait à 58% de son poids, 30% de sa race et pour le reste (12%) d'autres facteurs comme le sexe, l'encan et l'état de santé. Dans cette étude, les femelles étaient aussi payées plus cher que les mâles (Marquou et al., 2019). L'étude de Wilson et coll. (2020) en Colombie-Britannique avec 1 624 veaux vendus dans un encan a aussi confirmé que le prix des veaux (évalué par le prix global du veau) dépend du poids (coefficient de régression linéaire : 10,7 ; écart type (EC) : 0,5; $p <0,0001$) et de la race. Dans cette étude, les veaux croisés de

boucherie avaient des prix plus hauts que les veaux Holstein (coefficient de régression linéaire : 37,1; EC :13,6; $p < 0,0001$) (Wilson, Stojkov, Renaud, & Fraser, 2020b).

Les études de Marquou et coll. (2019) et de Wilson et coll. (2020b) ont rapporté que le prix des veaux est aussi associé à leur état de santé au moment de la vente. Marquou et coll. (2019) rapportent que « l'aspect altéré » des veaux est associé à un plus bas prix par rapport aux veaux sans signe apparent de maladie (coefficient de régression linéaire : -0,307; EC : 0,055; $p < 0,001$). Dans cette étude, « l'aspect altéré » était défini, au cours d'un examen vétérinaire, par la présence : d'une saleté excessive, de l'attitude très déprimée, de déshydratation, de difficulté à rester debout ou à marcher, de difficulté respiratoire et de blessures (Marquou et al., 2019). Wilson et coll. (2020) a publié que l'attitude abattu d'un veau est associée à un plus bas prix par rapport à des veaux alertes (coefficient de régression linéaire = -44,6, EC : 16,4 , $p < 0,007$) (Wilson, Stojkov, et al., 2020b).

Les acheteurs se plaignent de la mauvaise qualité de veaux laitiers (poids léger, présence des maladies, âge trop jeune) vendus sur le marché au Québec (La terre de chez nous, 2019). Selon l'industrie, le déclin du prix des veaux est dû à la mauvaise qualité des veaux laitiers, qui serait la cause de la hausse de la mortalité et de la présence de maladies pendant l'engraissement et donc, de la hausse des coûts de production (La terre de chez nous, 2019; Perrault, 2020). Par contre, les producteurs laitiers se plaignent que les investissements sur les veaux laitiers ne sont pas rentables parce que ces derniers ne conduisent pas à une amélioration perceptible du prix des animaux (La terre de chez nous, 2019; Perrault, 2020). Afin de trouver une solution à cette situation paradoxale, l'association des « Producteurs de bovins du Québec (PBQ) » a mis en place différentes initiatives incluant la création d'un passeport pour les veaux laitiers mis en marché.

L'objectif de ce passeport est de certifier le respect des certaines mesures de biosécurité (ex. : vaccination) et l'état de santé du troupeau d'origine (PBQ, 2019). Dans le cadre de l'amélioration de la qualité des veaux, les «Producteurs de bovins du Québec» visent aussi à connaître les caractéristiques des fermes laitières et les pratiques d'élevage qui sont associées positivement au prix des veaux laitiers (PBQ, 2021a).

1.3 Caractéristiques et pratiques de la ferme laitière pouvant affecter les caractéristiques des veaux laitiers et leur prix de vente

Dans cette deuxième partie de cette revue de littérature seront traitées les caractéristiques des fermes laitières et les pratiques de la ferme qui sont vraisemblablement associées au prix des veaux laitiers vendus à l'encan. Les sujets pris en considération ont notamment été rapportés par d'autres études portant sur les facteurs de risque associés au bien-être, à la morbidité et à la mortalité de veaux laitiers, pendant leur première semaine de vie (A. Boulton et al., 2018; A. C. Boulton et al., 2020). Ces sujets (résumés dans le tableau 1) sont issus des résultats d'une revue systématique de la littérature dont l'objectif était d'identifier les facteurs de risque associés à la mortalité et à la morbidité des veaux laitiers âgés de moins de 28 jours (A. Boulton et al., 2018; A. C. Boulton et al., 2020).

Section de la revue de la littérature	Sujet	Caractéristiques /pratiques prises en considération
Description de la ferme	Caractéristiques de la ferme	Type de production Taille Race Production laitière
	Ressources humaines destinées aux soins des veaux	Unités de travail humain Formation Années d'expérience
Pratiques de la ferme	Condition du vêlage :	Aire du vêlage Hygiène de l'aire du vêlage Dystocie Temps de séparation du veau de la mère
	Soins de veaux à la naissance	Transfert d'immunité passive : Transfert d'immunité passive et importance chez les jeunes veaux laitiers Gestion du transfert d'immunité passive selon la destination anticipée des veaux laitiers Désinfection de l'ombilic à la naissance Vaccination contre la diarrhée néonatale
	Logement des veaux	Type de logement Logement individuel ou groupé Litière Gestion de la litière
	Nutrition des veaux	Colostrum Type de lait Quantité de lait
	Transport des veaux	Préparation au transport Collecte de veaux pour le transport Biosécurité du transport
	Décision de vente	Décision de vente

Tableau 1 : Facteurs de régie associés à la santé des jeunes veaux. Le tableau 1 rapporte les sujets que Boulton et Palmer ont relevés dans leur revue systématique d'être importante pour la mortalité et la morbidité de veaux abattus en bas d'âge (bobby calves). En gras sont présentés les sujets qui ne sont pas rapportés par Boulton et coll., mais qui s'appliquent plus spécifiquement à l'industrie laitière du Québec.

1.3.1 Caractéristiques de la ferme

1.3.1.1 Type de ferme

La régie des veaux et leur environnement dans les élevages laitiers peuvent vraisemblablement avoir un impact sur le prix des veaux vendus à l'encan. Ainsi, des pratiques de régies générales telles que la conduite globale en mode conventionnelle ou en mode biologique du troupeau doivent être investiguées. Au Québec, en 2019, les fermes laitières qui avaient une certification biologique étaient 137 sur 4 877 fermes laitières, soit $\approx 3\%$ (AGECO, 2020; FPLQ, 2020; MAPAQ, 2020a, 2020b). Actuellement, il n'y a pas des études portant sur les effets de la régie biologique sur les pratiques regardant les veaux laitiers vendus au Québec.

1.3.1.2 La taille du troupeau

En général, la taille du troupeau ne semble pas associée au bien-être des animaux (Gieseke, Lambertz, & Gauly, 2018). La taille du troupeau est cependant associée à la santé des veaux et à une gestion différente des veaux mâles. Une étude autrichienne concernant les caractéristiques et les pratiques des fermes associées à la diarrhée néonatale des veaux a été réalisée (Klein-Jobstl, Iwersen, & Drillich, 2014). Dans cette étude de cas-témoin, 100 fermes ont été enrôlées (50 cas et 50 témoins). Une ferme était considérée comme un cas si le médecin vétérinaire de la ferme rapportait plusieurs traitements pour la diarrhée néonatale et si, au moment de la visite, au moins un veau avec de la diarrhée néonatale était présent. Une ferme était définie comme témoin en l'absence de ces deux facteurs. Les résultats de cette étude ont démontré que les fermes avec un plus grand nombre de vaches

(médiane= 40 vaches, espace interquartile = 24,5-64 vaches) avaient des RC plus élevés d'avoir de la diarrhée néonatale (RC :1,05; IC 95% :1,00-1,10; $p = 0,003$) en comparaison aux fermes de plus petite taille (médiane : 28 vaches, espace interquartile : 19-44 vaches) (Klein-Jobstl et al., 2014).

Une étude a également été réalisé au Canada sur la gestion de veaux mâles dans les fermes laitières canadiennes (dix provinces). Cette étude était menée en utilisant un questionnaire (D. L. Renaud, Duffield, LeBlanc, Haley, & Kelton, 2017). Au total, 1 025 (9% de fermes initialement contactées) questionnaires ont été adéquatement complétés pour l'analyse. Cette étude a montré que la taille de la ferme était associée aux pratiques concernant l'administration de colostrum aux veaux à la naissance. Les auteurs ont ainsi créé quatre catégories de taille de la ferme basées sur le nombre de vaches en lactation (10-38, 39-54, 55-87, 88-888 vaches en lactation). Dans les fermes des catégories 39-54 et 88-888 vaches en lactation, les veaux mâles avaient des RC moins élevées de recevoir du colostrum par rapport aux veaux mâles issus de plus petites fermes (catégorie 10-38 vache en lactation) (RC: 0,4; IC 95% :0,19-0,85; $p = 0,02$ et RC: 0,43; IC 95% : 0,20-0,92; $p = 0,02$). Cette étude a aussi rapporté que la taille de la ferme est associée à une différence d'alimentation entre les génisses de remplacement et les veaux mâles. Dans les fermes appartenant à la catégorie 55-88 vaches en lactation, les veaux mâles avaient moins de chances de recevoir la même alimentation (quantité, qualité) que les génisses de remplacement (RC : 0,55; IC 95% : 0,32-0,93; $p = 0,03$). Les veaux mâles recevaient moins d'aliments que les génisses de remplacement.

Une autre étude réalisée en Ontario a exploré l'association entre les caractéristiques et les pratiques de la ferme et la mortalité de veaux pendant le cycle d'engraissement (D.

L. Renaud, Kelton, LeBlanc, Haley, & Duffield, 2018). Dans cette étude, 52 fermes laitières fournissant des veaux laitiers à deux sites d'engraissement (de « veaux de lait » et de « veaux de grain » respectivement) ont été étudiées. La collecte de données était faite par un questionnaire sur les pratiques des fermes et par des visites sur ces fermes laitières pour recueillir des données sur les veaux. Les fermes fournissant les veaux aux sites d'engraissement étaient classifiées dans deux catégories: les fermes à haut risque et les fermes à faible risque de mortalité. Le risque de mortalité des veaux pendant l'engraissement a été calculé pour les deux sites d'engraissement. Une ferme était classée à haut risque de mortalité quand les veaux provenant de cette ferme avaient un risque de mourir plus haut que le risque de mourir ajusté calculé pour le site d'engraissement. Une ferme était classée à bas risque de mortalité quand les veaux provenant de cette ferme avaient un risque de mourir plus bas que le risque de mourir ajusté calculé pour le site d'engraissement. Depuis les résultats de cette étude, une taille du troupeau plus grande (80-110 vs 35-79 vaches en lactation) était associée à un plus haut risque de mortalité des veaux (RC : 19,3; IC 95% :1,8-209,6; $p = 0,02$) (D. L. Renaud, Kelton, et al., 2018).

Le lien entre la taille de la ferme et la santé des veaux n'est vraisemblablement pas causal, mais confondu par des pratiques différentes selon la taille des exploitations. Dans l'étude autrichienne, les auteurs ont ainsi supposé que l'association entre la taille des fermes et la présence de diarrhée néonatale des veaux pouvait être la conséquence de l'expansion des fermes (augmentation du nombre d'animaux élevé à la ferme) sans nécessairement s'accompagner d'une augmentation correspondante du personnel travaillant à la ferme.

1.3.1.3 La race

Une autre caractéristique de la ferme à prendre en considération est la race des animaux élevés et notamment concernant les veaux laitiers vendus. Nous avons déjà rapporté l'importance de la race des veaux sur leur prix aux encans. Par rapport à la race élevée à la ferme, outre les caractéristiques inhérentes aux qualités d'engraissement des différentes races, nous devons aussi considérer la possible association entre la race et la susceptibilité aux maladies.

Ainsi, une étude suédoise portant sur les facteurs de risque des conditions pathologiques infectieuses des veaux de 0 à 70 jours d'âge a identifié que la race des animaux présents à la ferme était associée à la prévalence des maladies respiratoires des veaux. Les veaux de race Holstein suédoise avaient des RC moindres de présenter des maladies respiratoires que les veaux de race Rouge de Suède (RC : 0,63; IC 95% :0,45-0,87; $p < 0,05$) (Lundborg, Svensson, & Oltenacu, 2005). Une autre étude, toujours menée en Suède, via une entrevue à 355 éleveurs, a rapporté les différents facteurs de risque des conditions pathologiques infectieuses de veaux de 0 à 90 jours d'âge. Les veaux de race Rouge de Suède et les veaux croisés Rouge de Suède et Holstein présentaient des RC plus faibles de présenter des maladies respiratoires par rapport aux veaux issus de croisement avec de race de boucherie (RC : 0,32; IC 95% :0,12-0,87; $p = 0,03$ et RC : 0,23; IC 95% :0,05-0,95; $p = 0,03$). Les veaux de race Rouge de Suède présentaient des RC plus élevés de développer une diarrhée (entre 0-70 jour d'âge) par rapport aux veaux Holstein (RC : 1,6; IC 95% :1,2-2,1; $p = 0,01$) (Svensson, Lundborg, Emanuelson, & Olsson, 2003).

Il est difficile de savoir si cette différence peut se retrouver au Québec. En dehors des spécificités liées aux caractéristiques d'engraissement, les données concernant l'importance du phénotype racial sur les maladies des veaux semblent donc limitées.

1.3.1.4 La production

La production de lait à la ferme (production moyenne de lait par vache/an) peut être considérée comme un indicateur du bien-être des animaux quand il est combiné à d'autres indicateurs de bien-être (Colditz, Ferguson, Collins, Matthews, & Hemsworth, 2014; Rushen, 2008). Des études canadiennes ont notamment rapporté une corrélation entre une plus haute production de la ferme, le confort et le bien-être des animaux (Villettaz Robichaud, Rushen, de Passille, Vasseur, Haley, et al., 2019; Villettaz Robichaud, Rushen, de Passille, Vasseur, Orsel, et al., 2019). La production moyenne par vache au Québec (2019) varie entre 9 360 et 10 187 kilogrammes de lait par vache/an (lait non corrigé) (AGECO, 2020).

Des études spécifiques mettant en relation le niveau de production des fermes, les caractéristiques des veaux qui sont destinés à être vendus à l'encan et leur prix sont manquantes dans la littérature. En conclusion, différentes études suggèrent une possible association entre les caractéristiques de la ferme et la santé des veaux. Il est cependant souvent difficile de dissocier les paramètres structurels de ces fermes *versus* les pratiques de régies pouvant être confondues avec ces derniers.

1.3.1.5 Caractéristiques du personnel dédié à la gestion des veaux

Dans les dernières années, la recherche a pris en considération la relation entre le personnel dédié à la ferme et la santé des veaux. Ainsi, en Nouvelle-Zélande, dans une

étude concernant 97 fermes laitières, la probabilité d'avoir des fèces liquides chez les veaux (0-5 jour d'âge) était réduite (RC :0,4; IC 95% : 0,1-0,9; $p = 0,04$) s'ils étaient soignés par du personnel de sexe féminin, par rapport aux veaux soignés par du personnel de sexe masculin (Al Mawly et al., 2015).

De plus, il a été démontré que la formation du personnel de la ferme a un impact sur la gestion des veaux. Au Canada, la probabilité d'euthanasier un veau mâle à la ferme était plus élevée si l'éleveur avait fait des études universitaires supérieures (RC : 6,66 ; IC 95% : 1,43-30,92; $p = 0,02$) par rapport à un éleveur qui avait une formation collégiale. Selon les auteurs, un haut niveau d'instruction permettrait aux éleveurs de mieux juger la vitalité des veaux après un vêlage dystocique et d'euthanasier les veaux ayant des chances de survie réduites (Renaud et al., 2017). Cette étude rapportait aussi que les veaux mâles avaient plus de chance de recevoir du colostrum si ces derniers étaient gérés par du personnel âgé de 30-49 ans ou de plus de 49 ans par rapport au personnel de moins de 30 ans (RC : 2,07; IC 95% : 1,13-3,80; $p = 0,02$ et RC : 2,28; IC 95% : 1,17-4,44; $p = 0,02$). Donc, en résumé, il semble que le genre, la formation et les années d'expérience du personnel qui s'occupe des veaux influencent les pratiques des gestions des veaux mâles et potentiellement la qualité des veaux laitiers mis en marché.

1.4 Pratiques de la ferme

1.4.1 Conditions du vêlage

1.4.1.1 Aire de vêlage

Une étude canadienne concernant les pratiques des fermes autour du vêlage a été menée entre janvier 2011 et avril 2012 sur 236 fermes laitières dans trois provinces canadiennes (Alberta n=56, Ontario n=90 et Québec n=90) (Villettaz-Robichaud et al., 2016). L'étude, qui s'appuyait sur une entrevue directe aux éleveurs, rapportait que 34,7% (IC 95% : 28,7-41,2%) des fermes utilisaient des parcs de vêlage collectif (donc plusieurs vaches étaient présentes dans l'aire de vêlage en même temps), 30,1% (IC 95% : 24,3-36,4%) des fermes utilisaient un parc individuel (une seule vache par parc), 25,4% (IC 95% : 17,5-35,2%) des fermes faisaient vèler les vaches dans une stalle entravée (des stalles ordinaires ou des stalles modifiées pour les vêlages). Les 10% des fermes restantes avaient des systèmes mixtes (parc individuel et collectif) ou des systèmes différents (pâturage, parc extérieur) (Villettaz Robichaud et al., 2016). Selon cette étude, le lieu où les vaches vèlent est associé à la taille du troupeau. Les fermes de plus grande taille (plus de 82 vaches en lactation) avaient des RC plus élevées (RC : 3,22; IC 95% : 1,3-8,0; $p = 0,012$) de faire vèler les vaches groupées par rapport aux fermes de plus petite taille (≤ 82 vaches en lactation). Le RC de faire vèler les vaches entravées était plus haut pour les fermes à stabulation entravées (RC : 8,51; IC 95% : 2,6-28,1; $p \leq 0,001$).

Une étude similaire a été menée au Québec par Vasseur et al. (2010). Dans cette étude, 115 fermes laitières québécoises en stabulations entravées ont été enrôlées entre 2005 et 2006. L'étude, faite par une entrevue directe aux éleveurs, rapportait que 51,3 % des éleveurs n'utilisaient pas de parc dédié aux vêlages (Vasseur et al., 2010). La connaissance du lieu où les vaches vèlent pourrait être associée à la santé des veaux.

D'ailleurs, les RC des maladies respiratoires des veaux diminuaient si les vaches vèlaient dans un parc de vêlage individuel (RC : 0,54; IC 95% : 0,32-0,94; $p = 0,018$), ou

en stalle entravé (RC : 0,58; IC 95% : 0,33-1,0; $p = 0,018$) par rapport aux vaches qui vèlaient en groupe dans une étude suédoise (Svensson et al., 2003).

1.4.1.2 Hygiène de l'aire de vêlage

L'association entre aires de vêlage et la qualité des veaux laitiers peut aussi être confondue par les conditions d'hygiène de l'aire de vêlage. Le nettoyage du parc de vêlage après son utilisation diminue les RC de développement des diarrhées néonatales par rapport aux fermes qui ne les nettoient pas (RC : 0,12; IC 95% : 0,02-0,97; $p = 0,03$) (Klein-Jobstl et al., 2014). De plus, les RC des maladies des veaux (diarrhée néonatale et maladies respiratoires) sont plus élevés quand le parc de vêlage est utilisé aussi pour loger les vaches malades (RC : 2,61; IC 95% : 1,21-5,58; $p = 0,01$), par rapport aux fermes ne mettant pas en place cette pratique (Medrano-Galarza et al., 2018).

1.4.1.3 Dystocies

Un autre facteur à prendre en considération concernant l'impact sur la santé du veau est le déroulement du vêlage et la possibilité de dystocies. Les dystocies ont un impact négatif sur la santé et les performances des veaux dans leurs premières semaines de vie (Barrier et al., 2013). Dans une étude menée en Grande-Bretagne, les auteurs ont pris en considération l'impact des dystocies sur la santé et les performances des veaux dans la période pré-sevrage. Dans cette étude, 455 veaux Holstein provenant d'une seule ferme ont été recrutés. La mortalité des veaux nés avec assistance en présence d'une anomalie de présentation et des veaux nés avec assistance, mais sans anomalies de présentation était plus haute par rapport aux veaux nés sans assistance (40,0%; 9,4% et 4,9%

respectivement). Les auteurs rapportaient aussi que les veaux nés avec assistance (les deux catégories décrites ci-dessus évaluées ensemble) avaient 2,8 fois plus de chance de mourir avant le sevrage que les veaux nés sans assistance (test exact de Fisher : $p = 0,01$) (Barrier et al., 2013).

Par contre, une étude nord-américaine rapporte que l'assistance au vêlage n'est pas associée aux performances des veaux. Les auteurs ont évalué le gain quotidien de 129 veaux, la probabilité de mourir et d'avoir de la diarrhée ou des maladies respiratoires entre la naissance et sept semaines de vie. L'étude ne rapportait pas de différences statistiquement significatives entre les veaux nés sans aucune assistance et les veaux nés avec une assistance précoce (15 minutes après l'apparition des onglons du veau depuis le vagin) et une assistance tardive (1 heure après l'apparition des onglons) (Villettaz Robichaud et al., 2017). Du fait de l'absence d'une définition universelle et précise de la dystocie, différentes classifications existent (Mee, 2008b). La comparaison entre les différentes études est donc difficile (Mee, 2008b).

1.4.1.4 Temps de séparation du veau de la mère

L'autre facteur lié aux conditions du vêlage est le temps qui s'écoule entre le vêlage et la séparation du veau de la mère. Barrington et coll. (2002) dans leur revue de littérature recommandent la séparation immédiate du veau et de la mère après le vêlage. Cette recommandation a pour but de limiter l'exposition du veau aux agents pathogènes qui pourraient être présents dans l'aire du vêlage et être la cause d'une maladie infectieuse (*Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Mycobacterium avium ssp paratuberculosis*) (Barrington et al., 2002). La séparation précoce du veau de la mère pourrait aussi présenter

d'autres bénéfiques comme un meilleur monitoring de la prise du colostrum par les veaux nouveau-nés (Meagher, Beaver, Weary, & von Keyserlingk, 2019).

Deux revues systématiques ont aussi récemment été publiées sur ce sujet. Ainsi, une première revue systématique a été menée sur l'effet de la séparation des veaux par rapport au comportement, au bien-être et à la croissance des nouveau-nés. Les résultats de 14 études ont permis d'évaluer l'association entre le temps de la séparation du veau, de la mère et la croissance du veau. À la lumière de cette évaluation, il semble qu'un temps de contact plus long du veau avec la mère augmenterait le gain quotidien des veaux (Meagher et al., 2019). Mais les auteurs n'ont pas pu quantifier l'importance de ce gain quotidien. La seconde revue systématique a spécifiquement évalué l'association entre la séparation des veaux de la mère et la santé des veaux en se basant sur 70 articles. Selon cette revue systématique, il n'y a pas d'évidence qui supporte la recommandation de séparer le veau le plus rapidement possible de la mère aux fins d'améliorer l'état de santé des veaux. Plus précisément, au regard de la diarrhée néonatale, la séparation précoce du veau de la mère ne réduirait pas le risque de diarrhée néonatale chez les veaux par rapport aux veaux qui restent plus longtemps avec leur mère (Beaver, Meagher, von Keyserlingk, & Weary, 2019).

1.4.2 Les soins du veau à la naissance

1.4.2.1 Le colostrum

1.4.2.1.1 Transfert d'immunité passive et importance chez les jeunes veaux laitiers

Le succès du transfert de l'immunité passive dépend de la quantité de colostrum ingérée (volume), de la qualité du colostrum (concentration des immunoglobulines G (IgG), contamination bactérienne) et du délai entre la naissance et l'ingestion du colostrum

par les veaux (S. Godden, 2008; S. M. Godden, Lombard, & Woolums, 2019). Il est ainsi généralement recommandé de donner aux veaux l'équivalent de 10-12% de son poids en colostrum le plus rapidement possible après la naissance. Chez les veaux de race Holstein, cette indication correspond à une quantité de 3-4 litres de colostrum (S. M. Godden et al., 2019). Un colostrum de vache laitière est considéré de bonne qualité quand la concentration d'IgG est supérieure à 50 g/L.

Le transfert d'immunité passive chez les veaux, donc le passage d'Ig de l'intestin vers le sang dépend de la perméabilité de l'intestin. L'efficacité du transport des IgG à travers de l'épithélium intestinal est plus haute dans les 4 premières heures de vie du veau. Après les six heures de vie, la capacité de transport à travers de l'épithélium intestinal diminue. L'intestin du veau devient imperméable 36 heures après la naissance. L'absorption des Ig est environ de 52% dans les 45 minutes après la naissance. L'absorption des IgG n'est plus que de 35,6% à 6 heures après la naissance (S. Godden, 2008; S. M. Godden et al., 2019). Donc pour augmenter l'efficacité de l'absorption d'Ig il est recommandé de donner le colostrum aux veaux dans les premières deux heures après la naissance (S. Godden, 2008; S. M. Godden et al., 2019).

Les veaux, qui ont entre 24 heures et dix jours de vie et qui ont une concentration sérique d'IgG supérieur à 10 g/L, sont considérés comme ayant un transfert de l'immunité passive suffisant (S. Godden, 2008; S. M. Godden et al., 2019). L'évaluation du transfert d'immunité passive (TIP) peut être faite à la ferme. Les méthodes populaires pour évaluer le transfert d'immunité passive des veaux sont le réfractomètre optique et le réfractomètre de Brix. Les valeurs considérées optimales pour le réfractomètre optique sont de 5,0 à 5,5 g/dL et de 8,0% à 8,5% pour le réfractomètre Brix (S. M. Godden et al., 2019). Même si

différents seuils de définition de transfert adéquat ou inadéquat existent, de nombreuses études incluant une méta-analyse montrent qu'un transfert d'immunité passif inadéquat augmente le risque de mortalité et morbidité de veaux (S. Godden, 2008; S. M. Godden et al., 2019; Raboisson, Trillat, & Cahuzac, 2016). Ainsi dans la méta-analyse de Raboisson et coll. (2016) les RC de diarrhée et de maladies respiratoires des veaux avec un TIP inadéquat étaient augmentées par rapport aux veaux ayant un TIP adéquat. Les veaux qui ont un transfert d'immunité passive insuffisante ont des risques plus élevés de mortalité (Risque Relatif (RR) :2,12 ; IC 95% : 1,43–3,13), de problèmes respiratoires (RR :1,75; IC 95% : 1,50–2,03), de diarrhée néonatale (RR :1,51; IC 95% : 1,05–2,17) et de morbidité (RR :1,91; IC 95% : 1,63–2,24), en comparaison des veaux ayant un transfert d'immunité passive suffisant (Raboisson et al., 2016).

Dans le cadre des veaux destinés à l'élevage de veaux lourds, la concentration sérique d'IgG est un facteur de risque pour la mortalité dans les 21 premiers jours du cycle d'engraissement. Selon les résultats de l'étude menée par Renaud et coll. (2018a), les RC de mourir diminuent pour chaque gramme en plus de IgG présent dans le sang (RC : 0,94; IC 95% :0,91-0,96; $p < 0,01$) (D. L. Renaud, Duffield, LeBlanc, Haley, & Kelton, 2018). La concentration d'anticorps à l'arrivée au site d'engraissement de veaux lourds est également associée au risque de maladie respiratoire. Ainsi, dans une étude effectuée à l'arrivée dans en site d'engraissement de 150 veaux lourds en Hollande, les veaux ayant une concentration d'IgG $< 7,5\text{g/L}$ avaient des hasard ratio ou risque d'incidence relative (HR) 1,9 fois (IC 95% 1,2-3,0) plus élevées de maladies respiratoires que des veaux avec une concentration $\geq 7,5\text{g/L}$. (Pardon et al., 2015).

1.4.2.1.2 Gestion du transfert d'immunité passive selon la destination anticipée des veaux laitiers

La gestion colostrale peut différer selon que le veau est destiné à rester dans la ferme (ex. les génisses laitières de remplacement) ou à quitter le troupeau (ex. les veaux en surplus quittant la ferme d'origine en bas âge). Un des volets de l'étude récente du NAHMS (National Animal Health Monitoring System) menée aux États-Unis évaluait spécifiquement les soins apportés aux veaux mâles nouveau-nés. Cette étude menée en 2014 et 2015 a enrôlé 104 producteurs laitiers répartis dans dix états producteurs de lait américain. La quasi-totalité (96,3%) des producteurs a déclaré donner du colostrum aux veaux mâles. Un faible pourcentage (1,5% ($\pm 5,7$)) des veaux mâles prenait le lait directement de leur mère. En revanche, toutes les génisses de remplacement prenaient le colostrum directement donné par l'éleveur. Les veaux mâles recevaient le colostrum en moyenne à 4,3 ($\pm 3,2$) heures après la naissance comparée aux génisses qui recevaient leur colostrum significativement plus rapidement, en moyenne à 2,9 ($\pm 2,6$) heures après la naissance ($p = 0,02$). Par contre, le volume de colostrum administré aux veaux mâles (3,1 L ($\pm 0,8$)) et aux génisses de remplacement (2,9 L ($\pm 1,0$)) ne différait pas statistiquement ($p = 0,30$). Seulement 68,3% des fermes donnait un deuxième repas de colostrum aux veaux mâles contre 87,8% pour les génisses. Cette différence était statistiquement significative ($p = 0,009$) (Shivley, Lombard, Urie, Weary, & von Keyserlingk, 2019).

Une étude a été réalisée dans 109 fermes ontariennes entre juin et août 2019 sur le transfert d'immunité passive des veaux issus des fermes laitières. Suite à un questionnaire, tous les veaux présents dans la ferme ont été échantillonnés pour évaluer le transfert d'immunité par réfractométrie. Le seuil utilisé dans l'étude pour établir l'échec du transfert

de l'immunité passive était $< 5,2$ g/dl de protéine dans le sérum. Au total, 444 veaux ont été enrôlés. Selon les résultats du questionnaire, le premier repas de colostrum était donné 2,5 heures après la naissance (valeur médiane, intervalle entre 0 et 12 heures). Les éleveurs rapportaient qu'ils donnaient en moyenne aux veaux 3,3 L (intervalle 1,5-6 L), 2,9 L (intervalle 0-10 L) et 3,4 L (0-16 L) entre 0 et 6, entre 6 et 12 heures et 12 et 24 heures après le vêlage. Seulement 54 fermes (48,6%) testaient le colostrum dont 22 fermes rapportaient une simple évaluation visuelle du colostrum. La gestion des veaux mâles était différente dans 27 fermes (25,2%). Parmi ces 27 fermes, 7 fermes (30,4%) donnaient aux veaux mâles du colostrum de différentes sources (sans que cette source ne soit spécifiée), trois fermes (13,4%) donnaient aux veaux mâles du colostrum de mauvaise qualité, trois fermes (13,4%) ne s'intéressaient pas à la régie du colostrum des veaux mâles (par rapport aux génisses), neuf fermes donnaient moins de colostrum aux veaux mâles par rapport aux génisses et une ferme donnait aux veaux mâles du colostrum dans un délai de temps plus long que les génisses (D. L. Renaud, Steele, Genore, Roche, & Winder, 2020).

1.4.2.1.3 Aspects nutritionnels du colostrum pour les veaux nouveau-nés

Au-delà du fait que le colostrum est essentiel dans le transfert de l'immunité aux veaux, celui-ci est tout aussi important pour l'alimentation des veaux. En effet, le colostrum a aussi une haute concentration énergétique grâce à une haute concentration de gras qui est importante pour la thermogénèse (S. Godden, 2008). La concentration d'énergie du colostrum est plus élevée que celle du lait entier (tableau 2).

Variable	Colostrum (1 ^{ère} traite)	Lait entier
Poids spécifique	1 056	1 032
Solides totaux (%)	23,9	12,5
Gras (%)	6,7	3,8
Protéines totales (%)	14,0	3,0
Contenu calorique (MJ/L)	6	2,8

Tableau 2. Composition du colostrum (1^{re} traite) et du lait entier de vache Holstein (adapté de Van Amburgh (2017) Silva et Bittar (2019)).

Le colostrum a un effet anabolisant sur le métabolisme du veau. Un litre de colostrum contient 1,43 Mcal/L d'énergie, face aux 0,66/L du lait de vache. Un veau nouveau-né de 40 kg de poids vif qui naît dans la zone de thermoneutralité (20 °C) a besoin de 1,8 Mcal d'énergie métabolisable par jour (Van Amburgh, 2017). Dans cette condition, 1,4 kg de colostrum suffit pour combler ses besoins. Un veau nouveau-né de 40 kg de poids vifs qui naît dans un environnement inférieur à la zone de thermoneutralité a besoin de 2,7 Mcal d'énergie métabolisable (Van Amburgh, 2017). Dans ces conditions, il aura besoin de 2,2 kg de colostrum pour combler ses besoins. Dans le cas où les veaux nouveau-nés peuvent être exposés à température inférieure à la zone de thermoneutralité, il est recommandé de donner 3-4 litres de colostrum. Cette pratique permettra au veau de combler ses besoins nutritionnels sans puiser dans ses réserves de gras (entre 3,7% et 4,5% du poids vif) pour produire de la chaleur. Une autre recommandation est de nourrir les veaux avec du colostrum pour les deux-trois premiers jours de vie pour exploiter les propriétés nutritives du colostrum (Van Amburgh, 2017). Le colostrum contient également des facteurs de croissance comme *l'insulin like growth factor-I* (IGF-I) qui est important pour le développement de l'intestin et des hormones de la croissance comme le *transforming growth factor beta-2* (TGF-b2), ou encore l'hormone de croissance (GH), entre autres.

1.4.2.2 Désinfection de l'ombilic à la naissance

L'état de l'ombilic est important pour la mise en marché des veaux laitiers et il est associé au prix des veaux laitiers (voir paragraphe 1.2.4.1). L'état de l'ombilic (présence ou non du cordon ombilical, absence des affections ombilical) est un des critères pour la sélection de veaux aptes au transport dans l'Union européenne et en Australie (Eur-Lex, 2005; Hides & Hannah, 2005). Aussi, la récente législation canadienne sur le transport des animaux requiert entre autres que la région ombilicale soit complètement guérie (cordon sec et sans signe d'infection) afin que l'animal puisse être jugé apte au transport (Health & Regulations., 2020).

Dans les fermes laitières, la prévalence des affections ombilicales des veaux nouveau-nés est estimée entre 5 et 15%. Mais cette estimation de la prévalence considère seulement les génisses de remplacement. Donc cette estimation ne prend pas compte de la prévalence des affections ombilicales dans l'ensemble de la population des veaux (Mee, 2008a). Dans les résultats de l'étude de Marquou fait dans les encans au Québec sur 3 820 veaux laitiers (voir le paragraphe 1.2.4.1), la prévalence des affections ombilicales était 20,3%. La prévalence des veaux ayant un cordon ombilical humide était 6,8% (Marquou et al., 2019).

La prévention des anomalies de l'ombilic (en particulier les omphalites) est basée sur l'hygiène de l'aire de vêlage, la réduction du temps passé dans l'aire de vêlage (afin de réduire l'exposition de l'ombilic et des bactéries environnementales) et un transfert adéquat de l'immunité passive (Lorenz, Mee, Earley, & More, 2011; Mee, 2008a; Van Camp, 2021). Une autre action qui s'avère importante pour la prévention des omphalites est la

désinfection du cordon ombilical des veaux à la naissance. Le produit le plus utilisé (et recommandé) pour désinfecter le cordon ombilical est la teinture d'iode et la solution de chlorhexidine gluconate (Lorenz et al., 2011; Mee, 2008a). Cependant, malgré ces recommandations établies, il y a peu d'évidences scientifiques sur la réelle efficacité de la désinfection de l'ombilic avec la teinture d'iode et la solution de chlorhexidine gluconate.

Très récemment, une étude a été faite en Ontario pour évaluer l'efficacité de la teinture d'iode à 7% dans un essai clinique avec contrôle négatif. Dans cette étude 5 fermes laitières du sud-ouest de l'Ontario ont été enrôlées. Les veaux ont été enrôlés à la naissance. L'éleveur, le plus tôt possible après la naissance, trempait le cordon ombilical dans la teinture d'iode au 7% ou il ne faisait pas de traitement. Le traitement était fait de façon aléatoire. Les veaux ont été suivis pour 60 jours après la naissance. La présence d'infections ombilicales et le gain quotidien de poids ont été évalués. La présence d'une infection ombilicale était définie comme la présence d'enflure, de douleur à la palpation, augmentation du diamètre du cordon ombilical, présence d'écoulement malodorant. Au total 284 veaux (244 génisses et 40 veaux mâles) ont été enrôlés. Une proportion de 20,0% (29/144) des veaux du groupe contrôle (sans désinfection du cordon ombilical) et de 22,0% (31/144) du groupe traitement (trempage avec la teinture d'iode au 7%) ont développé une infection ombilicale sans que cette différence soit statistiquement significative (t test : $p = 0,68$) (Van Camp, 2021).

1.4.2.3 Vaccinations pour la diarrhée néonatale

La diarrhée néonatale est une maladie multifactorielle affectant les veaux dès les premiers jours de vie. Elle revêt une grande importance pour les veaux laitiers (S. M.

McGuirk, 2008). Différents agents étiologiques sont impliqués chez le veau pour lesquels différents facteurs de risques ou stratégies préventives sont disponibles, ce qui pourrait notamment indirectement avoir un impact sur la qualité des veaux laitiers vendus à l'encan.

La déshydratation est une des causes de perte de poids influençant la valeur des veaux laitiers au moment de la vente à l'encan. De plus, comme mentionné plus haut (voir paragraphe 1.2.4.1), une des causes de dépréciation des veaux laitiers lors de la vente à l'encan est l'« aspect altéré » (Marquou et al., 2019). Dans la définition d'« aspect altéré », les auteurs ont également considéré la déshydratation. Donc la déshydratation peut être associée au prix des veaux. Aussi, les veaux avec la diarrhée risquent d'être abattus et donc d'être vendus à un prix plus bas (Wilson, Stojkov, et al., 2020b).

Une des stratégies utilisées dans les fermes pour la prévention de la diarrhée néonatale est la vaccination. La vaccination peut se faire en vaccinant les vaches et dépend ainsi du transfert d'anticorps induits par le vaccin via l'absorption adéquate du colostrum ou en vaccinant les veaux. Les vaches sont généralement vaccinées dans les dernières semaines de gestation (trois ou six semaines) afin de faire augmenter la concentration des anticorps colostraux contre les agents pathogènes qui causent la diarrhée néonatale (*Escherichia coli*, rotavirus et coronavirus) (S. M. Godden et al., 2019). La protection des veaux s'en trouve augmentée si l'administration du colostrum s'effectue adéquatement (Crouch, Oliver, & Francis, 2001; Kohara, Hirai, Mori, Ishizaki, & Tsunemitsu, 1997; Loucks, Morrill, & Dayton, 1985).

Une étude, néo-zélandaise a rapporté que la vaccination des vaches contre différents agents entéropathogènes (*Escherichia coli*, rotavirus et coronavirus) à un effet protecteur pour la diarrhée néonatale (Al Mawly et al., 2015). Al Mawly et coll. (2015) ont fait une

étude transversale sur les facteurs des risques de la diarrhée néonatale et l'excrétion des entéropathogènes (*Escherichia coli* ETEC (K99), *Salmonella spp.*, *Cryptosporidium parvum*, Rotavirus, Coronavirus) pour les veaux de 0-5 jour d'âge et pour les veaux de 9-21 jours d'âge dans 97 fermes laitières chez 1 283 veaux. Les résultats de cette étude indiquaient que la vaccination des vaches protégeait les veaux contre la diarrhée néonatale des veaux de 9-21 jours d'âge (RC : 0,2; IC 95% : 0,1-0,9; $p = 0,03$) par rapport aux troupeaux non vaccinés. La vaccination de mères ne protégeait pas les veaux de 0-5 jour d'âge (Al Mawly et al., 2015). Dans leur discussion les auteurs supposent que leurs résultats dépendaient de la variation entre les fermes des agents pathogènes responsables de la diarrhée néonatale. Les agents pathogènes qui causent la diarrhée néonatale sont en effet nombreux. L'efficacité des vaccins peut aussi dépendre d'autres facteurs comme la régie du colostrum, la nutrition de l'animal et la pression infectieuse de l'environnement. Il est très intéressant de noter que la vaccination des mères ne protège pas pour la diarrhée néonatale les veaux plus jeunes (0-5 jours). Une autre étude rapporte que la vaccination des mères n'est pas associée à une réduction du risque de diarrhée néonatale des veaux. L'étude cas-témoin faite en Autriche par Klein et coll. (2014) (voir le paragraphe 2.1.2) rapportait que la vaccination pré-partum des vaches n'impliquait pas de différence par rapport à la présence de la diarrhée néonatale entre les fermes (test chi-carré : $p = 0,19$) (Klein-Jobstl et al., 2014). Selon les auteurs, ce résultat est, vraisemblablement, associé avec le fait que la vaccination des mères est faite plus souvent dans les fermes qui ont des problèmes de diarrhée néonatale. L'absence d'effet pourrait aussi être dû à la présence majoritaire de l'agent pathogène (*Cryptosporidium spp.*) contre lequel la vaccination des mères est inefficace.

1.4.2.4 Vaccination des veaux laitiers contre les maladies respiratoires

Très récemment, une revue de littérature a été publiée sur la préparation des veaux laitiers au transport et surtout au cycle d'engraissement. Entre autres, les auteurs recommandent de vacciner les très jeunes veaux pour les maladies respiratoires (D. Renaud & Pardon, 2022). Un essai randomisé contrôlé a été fait en Finlande sur la vaccination de 497 veaux laitiers à leur arrivée au site d'engraissement (Sandelin et al., 2020). L'objectif de l'étude était d'évaluer l'effet de la vaccination intranasale (fait à l'arrivée au site d'engraissement) sur la santé (mortalité et prévalence des maladies respiratoires) et les performances des veaux laitiers (gain quotidien) lors de l'engraissement. L'âge moyen des veaux (au moment de l'enrôlement) était de 17 ± 5 jours (entre 10 et 45 jours) et ils ont été aléatoirement distribués dans deux groupes. Un groupe (traitement) de 247 veaux était vacciné avec un vaccin intranasal contenant une souche vivante du virus Parainfluenza 3 et une souche vivante thermosensible du Virus Respiratoire Syncytiale Bovin. Un autre groupe (contrôle) des veaux n'était pas vacciné. Les veaux ont été suivis jusqu'à la fin du cycle d'engraissement (154,5 (± 5) jours). La santé des veaux a été évaluée en utilisant le score clinique du Wisconsin modifié (Love, Lehenbauer, Kass, Van Eenennaam, & Aly, 2014; S. M. McGuirk & Peek, 2014). Pendant l'étude, seulement 2,4% des veaux sont morts (six vaccinés et six non vaccinés). Les auteurs ont rapporté que 42,9% des veaux vaccinés et 36,4% des veaux non vaccinés ont été traités pour des maladies respiratoires. Mais la différence entre les deux groupes n'était pas statistiquement significative. Par contre, les auteurs ont rapporté une interaction entre la vaccination et l'âge des veaux. Les veaux vaccinés et qui, à l'arrivée au site d'engraissement, avait un âge égal ou supérieur à 17 jours avaient un gain quotidien supérieur de 47,8 grammes/jour (coefficient de

régression linéaire : 0,048; $p = 0,03$) par rapport aux veaux non vaccinés. Cette différence n'était pas présente dans les veaux avec un âge inférieur à 17 jours (Sandelin et al., 2020). Au Québec des vaccins intranasaux contenant les principaux agents pathogènes respiratoires des bovins sont commercialisés, mais des études portant sur leur utilisation dans les veaux laitiers avant leur mise en marché sont manquantes.

1.4.3 Logement des veaux

1.4.3.1 Type de logement (à l'intérieur ou à l'extérieur)

Les caractéristiques du logement influencent les performances et la santé des veaux. En effet, le type de logement peut faciliter la transmission des maladies infectieuses des veaux telles que la diarrhée néonatale et les maladies respiratoires (Cockcroft, 2015; Marce, Guatteo, Bareille, & Fourichon, 2010).

Wilson et coll. (2020b) dans leur étude réalisée en Colombie-Britannique sur 17 fermes laitières, ont rapporté que dans 12 (70%) fermes, les veaux mâles étaient logés dans un bâtiment de la ferme différent par rapport aux génisses de remplacement ou bien d'une façon différente. Dans dix fermes (59%), les veaux mâles étaient logés dans des huches extérieures. Dans sept fermes (41%), les veaux mâles étaient logés dans un parc en groupe ou dans des systèmes mixtes (en pair, groupées) (Wilson, Stojkov, Renaud, & Fraser, 2020a). Mais, les résultats de l'étude de Wilson et coll. (2020b) pourraient être difficilement extrapolables aux conditions québécoises puisque cette étude a été réalisée en Colombie-Britannique où les fermes laitières sont de taille plus importante qu'au Québec. En plus, l'étude a été menée dans un nombre limité de fermes laitières. Une autre

étude faite en Ontario par Renaud et coll. (2018b) a rapporté que 71% des fermes, enrôlées dans l'étude, logeaient les veaux mâles individuellement. Cependant, l'étude fait en Ontario ne rapporte pas d'autres informations par rapport aux logements des veaux mâles (D. L. Renaud, Kelton, et al., 2018).

Il n'y a pas d'études spécifiques sur le logement des veaux laitiers non gardés pour le remplacement du cheptel au Québec. Au Québec l'étude de Vasseur et coll. (2010) a rapporté les pratiques de gestion de veaux issus des 115 fermes laitières au Québec entre 2005 et 2007, sans préciser si seulement les génisses de remplacement ou également les veaux non gardés dans le troupeau étaient considérés. Selon les résultats de cette étude, dans 79,6% des fermes, les veaux étaient logés à l'intérieur dans les bâtiments principaux de la ferme (partagé avec les vaches adultes), 12,4% des fermes logeaient les veaux dans un bâtiment spécifique pour les veaux (pouponnière) et pour le 8,0% des fermes restant, les veaux étaient logés dehors (Vasseur et al., 2010).

Par rapport au logement des veaux, il faut dans un deuxième temps considérer l'association possible entre les types de logements et la santé et les performances de veaux. Dans une étude faite aux États-Unis (Ohio), Hill et coll. (2011) ont pris en considération les performances (gain quotidien et efficacité alimentaire) des veaux logés dans des huches extérieures ou dans un bâtiment spécifique pour les veaux (pouponnière) via un essai randomisé. Les veaux de 2-5 jours d'âge divisés en 4 groupes de 56 veaux entre septembre et mars ont été enrôlés. Les veaux étaient logés dans des huches à l'extérieur (28 veaux) ou logés individuellement dans une pouponnière (28 veaux) sur une litière de paille et ont été suivis pour 56 jours. Les veaux étaient nourris avec la même quantité de lactoreplaceur et de moulée, et avaient accès dès la naissance à de l'eau à volonté. Les

veaux logés dans la pouponnière ont eu un gain quotidien de 6 % (0,60 kg/jour versus 0,56 kg/jour) et une efficacité alimentaire (définie comme le gain quotidien divisé par la quantité de lactoreplaceur et moulée consommés) de 4 % plus élevée que les veaux logés dans les huches ($p < 0,05$) (Hill, Bateman, Aldrich, & Schlotterbeck, 2011).

Aussi, Al Mawly et coll. (2015) ont trouvé une association entre le logement et la santé de veaux, plus précisément avec la diarrhée néonatale. Dans cette étude, les auteurs ont rapporté que les veaux entre 9 et 21 jours d'âge logés dans des bâtiments ouverts avaient plus de chances d'avoir des fèces liquides que les veaux logés à l'intérieur (RC : 2,1; IC 95% : 1,1-12,2; $p = 0,03$) (Al Mawly et al., 2015).

1.4.3.2 Logement individuel ou groupé

L'autre facteur à considérer par rapport au logement est si les veaux sont logés individuellement ou groupés. L'étude de Vasseur et coll. (2010) (voir section 2.2.3.1) a rapporté les types de logements qui sont utilisés au Québec pour les veaux. Les résultats de cette étude sont présentés dans le tableau 3.

Type de logement	Pourcentage des fermes (%)
Parc individuel	45,9
Cage (en métal ou en bois)	27,0
Stabulation entravée	14,0
Huttes	7,4
Attachées au mur de l'étable devant les vaches entravées	5,7

Tableau 3. Résultats d'une étude menée au Québec portant sur le type de logement utilisé pour les veaux avant le sevrage. Dans cette étude ont été enrôlées 115 fermes laitières québécoises en 2006 et 2007 (adapté de Vasseur et al. (2010))

Récemment, Lactanet (réseau d'expertise sur la production laitière canadien) a mené une enquête portant sur les pratiques de gestion des veaux et génisses au Québec. Cette enquête a été réalisée via un questionnaire entre avril 2020 et janvier 2021 auprès des

fermes laitières québécoises. Selon les résultats de cette enquête, 44,2% (n=2 071 fermes) des veaux (génisses de remplacement et veaux laitiers confondus) sont logés individuellement, 39,6% (n=2071) des veaux sont logés en paire ou en groupe et 16,1% (n=2071) des veaux sont attachés (La terre de chez nous, 2022; Lactanet, 2021).

Par rapport à l'association entre le logement individuel ou groupé et les performances et la santé des veaux, dans le passé, la recommandation était d'élever les veaux dans des parcs individuels pour éviter la propagation de maladies contagieuses et des comportements comme le tétage (J. H. C. Costa, von Keyserlingk, & Weary, 2016; Lorenz, 2021). Plus récemment, plusieurs études ont été réalisées par rapport à ce sujet. En général, les études menées sur ce sujet ne rapportent pas d'effets négatifs sur les veaux qui sont logés en paire ou groupés, par rapport aux veaux logés individuellement (J. H. C. Costa et al., 2016; Lorenz, 2021). Les études sur ce sujet sont divisibles en deux catégories. La première catégorie correspond à des études qui ne rapportent aucune différence entre les performances des veaux logés individuellement et les veaux logés en paire ou en groupe (Buckova, Sarova, Moravcsikova, & Spinka, 2021; Liu et al., 2019; Mahendran, Wathes, Booth, & Blackie, 2021). La seconde correspond à des études qui rapportent que les veaux logés en paire ou groupés ont un gain quotidien supérieur aux veaux logés individuellement (Bernal-Rigoli et al., 2012; J. H. Costa, Meagher, von Keyserlingk, & Weary, 2015; Pempek, Eastridge, Swartzwelder, Daniels, & Yohe, 2016). Il est difficile à transposer les résultats de ces études aux veaux laitiers parce que l'appariement était généralement fait après la première semaine de vie, âge auquel les veaux laitiers quittent généralement la ferme (D. L. Renaud, Kelton, et al., 2018; Wilson, Canning, et al., 2020).

1.4.3.2 La litière

La litière est un isolant thermique qui peut aider le veau à maintenir sa température corporelle (Nordlund & Halbach, 2019; Silva & Bittar, 2019). La figure 3 représente l'interaction thermique que le veau nouveau-né peut avoir avec l'environnement qui l'entoure. Le veau peut échanger la chaleur par conduction avec le sol et la litière, par convection avec les possibles courants d'air ou le vent (dans le cas le veau est logé dehors dans des huttes) et par irradiation (rayonnement) avec l'environnement. L'importance de ces facteurs est primordiale pour bien limiter l'effet de stress thermique qui a un impact négatif sur la santé et l'immunité du veau (Hulbert & Moisé, 2016).

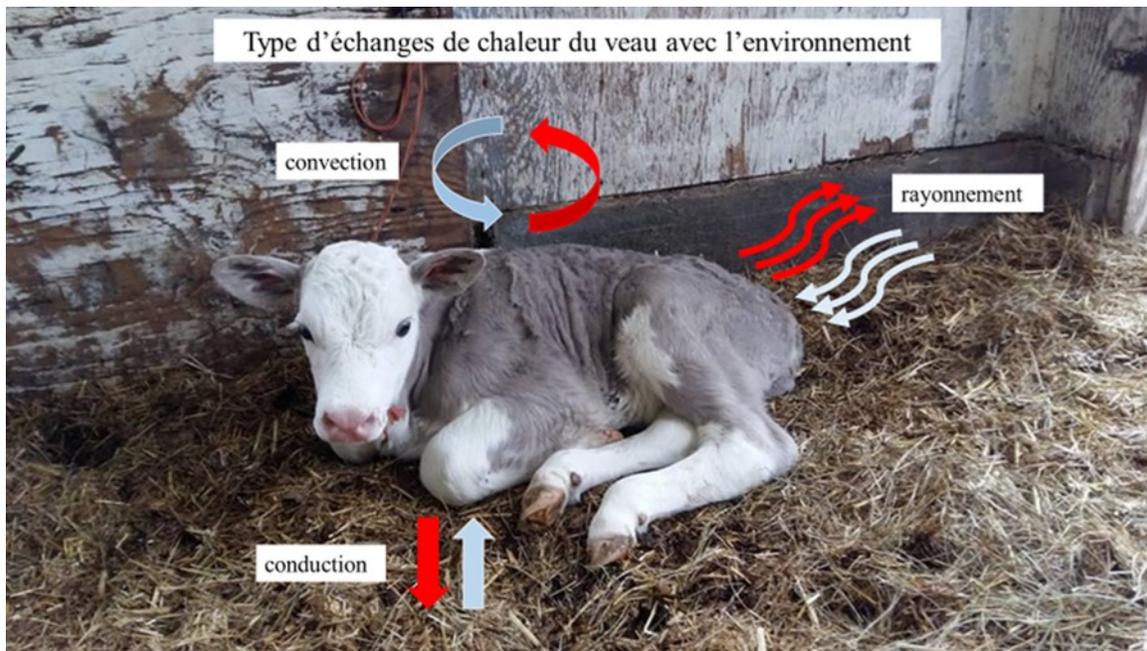


Fig. 3. Interaction thermique du veau avec l'environnement. Le veau peut échanger la chaleur par conduction avec le sol et la litière. Le veau peut échanger la chaleur par convection avec les possibles courants d'air ou le vent (si à l'extérieur) et par irradiation avec l'environnement.

Le confort thermique est important pour les veaux à cause de la zone de thermoneutralité réduite.

La zone de thermoneutralité est l'intervalle de température ambiante dans laquelle la chaleur produite depuis le métabolisme basal de l'organisme (en absence d'activité physique) est suffisante à maintenir la température corporelle de mammifères stable (Cannon & Nedergaard, 2011).

La zone de thermoneutralité de veau âgé de moins 21 jours est entre 15-25 °C (Drackley, 2008). Comme présenté dans le tableau 4, la limite inférieure de la zone de thermoneutralité varie avec l'âge du veau.

Jours d'âge	Limite inférieure de la zone de thermoneutralité (°C)
1	13,4
5	12,2
10	10,8
15	9,5
20	8,4
25	7,3
30	6,4

Tableau 4. Variation de la limite inférieure de la zone de thermoneutralité par rapport à l'âge chez les jeunes veaux selon Silva et Bittar (2019).

En dehors de cette zone, les veaux utilisent de l'énergie pour maintenir leur température corporelle stable. Les veaux utiliseront une partie de leur énergie alimentaire pour maintenir la température corporelle (Drackley, 2008; Silva & Bittar, 2019). L'utilisation de l'énergie pour la production de chaleur augmente les besoins nutritionnels des veaux est donc associée au gain quotidien des veaux. La litière est généralement utilisée, entre autres pour aider les veaux à garder leur confort thermique. Cependant, la capacité de la litière pour isoler le veau dépend de ses caractéristiques. Les caractéristiques de la litière seront décrites dans les paragraphes suivants.

1.4.3.3 Caractéristiques de la litière

1.4.3.3.1 Le type de litière

Diverses études rapportent l'association entre le type de litière et les performances (gain quotidien et santé des veaux). Hill et coll. (2011), dans l'étude précédemment citée, ont comparés les performances des veaux logés dans une pouponnière avec deux types de litière (paille et sable) durant l'été. La température moyenne était 21°C (min 7°C et max 33°C). Les veaux logés avec de la litière de paille avaient un gain quotidien de 9% supérieur au gain quotidien des veaux logés sur le sable (0,53 kg/jour versus 0,48 kg/jour). La différence de gain quotidien au sevrage (56 jours) entre les deux groupes était statistiquement significative ($p < 0,05$) (Hill et al., 2011). Une limite de cette étude est que les auteurs ne rapportaient pas les détails sur la régie de la litière (fréquence du changement et épaisseur de la litière).

D'autres études rapportent l'association entre le matériel utilisé pour la litière et la santé des veaux. L'étude de Al Mawly et coll. (2015) rapporte que l'utilisation de paille pour la litière des veaux diminue la probabilité d'avoir des fèces liquides par rapport à l'utilisation de la ripe de bois pour les veaux de 9-21 jours d'âge (RC : 0,2; IC 95% : 0,03–0,9; $p < 0,03$) (Al Mawly et al., 2015). L'étude faite par Renaud et coll. (2018b) en Ontario rapporte que les fermes laitières qui utilisaient la ripe ou la paille hachée avaient plus de chance d'être classifiées comme des fermes à haut risque de mortalité en engraissement de «veaux lourds» par rapport aux fermes qui utilisaient de la paille entière (RC : 5,6; IC 95% : 1,6-19,9; $p < 0,01$) (D. L. Renaud, Kelton, et al., 2018).

Au Québec, selon les résultats de l'enquête faite par Lactanet entre avril 2020 et janvier 2021 sur 2 070 fermes (voir paragraphe 1.4.3.2), les matériaux les plus utilisés pour la litière des veaux sont la paille (70,3% des fermes) et la ripe de bois (23,7% des fermes), la mousse de tourbe (4,6% des fermes) et d'autres matériaux (1,4% des fermes) (Lactanet, 2021).

1.4.3.3.2 La fréquence de nettoyage de la litière

Il est important pour le confort des animaux que la litière soit sèche et propre (Stull & Reynolds, 2008). La fréquence à laquelle la paille est ajoutée à la litière a été mise en évidence comme facteur de risque pour la santé des veaux. L'objectif de l'étude réalisée en Ontario était d'évaluer les facteurs de risque associé à la santé des veaux élevés en groupe et alimentés avec un système automatique de distribution du lait (louve) dans 17 fermes laitières. Au total, 1 488 veaux ont subi un examen clinique. Une proportion de 23% des veaux examinés dans l'étude avait de la diarrhée (score fécal de 2 ou 3 selon l'échelle du Wisconsin). L'âge médian d'apparition de la diarrhée était de 25 jours (espace interquartile entre 3 et 93 jours). La risque pour les veaux d'avoir la diarrhée diminuait lorsque du matériel propre était ajouté chaque 2-3 jours par rapport à une fois par semaine (RC : 0,43; IC 95% : 0,24-0,76; $p < 0,001$).

1.4.3.3.3 L'épaisseur de la litière

L'épaisseur de la litière recommandée pour permettre au veau de se protéger du froid doit être de 15 cm au minimum (Silva & Bittar, 2019).

Précédemment Lago et coll. (2006) ont eu l'objectif d'explorer l'association entre les facteurs environnementaux et les maladies respiratoires des veaux dans 13 fermes laitières américaines. Les auteurs ont fait l'examen clinique des animaux en utilisant le

score clinique du Wisconsin (S. J. P. r. A. C. V. I. M. McGuirk, Baltimore, MD, 2005). Les auteurs ont évalué l'épaisseur de la litière en utilisant le score de nidation (« nesting score ») décrit dans le tableau 5.

Score	Description
Score 1	Les membres postérieurs du veau sont complètement exposés lorsqu'il est couché
Score 2	Les membres postérieurs du veau sont partiellement exposés lorsqu'il est couché
Score 3	Les membres postérieurs du veau sont complètement couverts lorsqu'il est couché

Tableau 5. Description du système d'évaluation du score de nidation adapté de Lago et al. (2006).

Le nombre moyen de veaux enrôlés par ferme était de 59 ± 40 d'un âge moyen de 37 ± 12 jours. La prévalence des veaux avec une maladie respiratoire était de $14,3 \pm 12,4\%$. Dans l'étude, un « nesting score » de 1 et 2 étaient associés à une plus haute prévalence des maladies respiratoires des veaux par rapport au score 3 (score 1 : coefficient de régression linéaire : 0,30; EC : 0,07; $p = 0,002$, score 2 : coefficient de régression linéaire : 0,22; EC : 0,04; $p = 0,002$) (Lago et al., 2006).

1.4.4 Nutrition des veaux

L'alimentation est un élément essentiel de la régie des veaux laitiers avant qu'ils ne quittent l'exploitation laitière. Il est donc important de bien comprendre les liens potentiels entre l'alimentation, la croissance et la santé du veau.

1.4.4.1 Le lait

1.4.4.1.1 Type de lait

Un facteur important pour la nutrition est le type de lait utilisé pour nourrir les veaux. En général dans les fermes laitières trois types de lait sont utilisés: le lait entier commercialisable (lait de vache), le lactoreplaceur et le lait non commercialisable (lait de transition entre le colostrum et le lait ou lait de vaches qui ont reçus des traitements médicaux). L'alimentation des veaux avec le lait de vache est coûteuse parce qu'il est généralement plus rentable de vendre le lait pour la consommation humaine, d'autant plus dans des systèmes d'élevages où la production est contingentée comme au Canada (p. ex. : quota laitier). Les éleveurs ont donc tendance à ne pas l'utiliser en général pour la nutrition des veaux. Le tableau 6 montre la valeur nutritionnelle du lait de vache et de différentes formulations de lactoreplaceur.

Type de lait	Protéines (%)	Gras (%)	Cendres (%)	Énergie métabolisable (Mcal/kg MS)
Lait de vache	3,2	3,5	0,8	5,22
Lactoreplaceur (type 20/20)	20*	20*	7*	4,77
Lactoreplaceur (type 20/10)	20*	10*	7*	4,25
Lactoreplaceur (type 22/18)	22*	18*	7*	4,70
Lactoreplaceur (type 28/20)	28*	20*	8*	4,87
Lactoreplaceur (type 26/18)	26*	18*	7*	4,77

Tableau 6. Contenu de protéines, de gras, des cendres et d'énergie métabolisable (Mcal/kg matière sèche (MS) pour le lait de vache et différents types de lactoreplaceur (adapté de Quigley (2007). * ces données sont des données de la composition du lactoreplaceur avant mélange à l'eau.

Le lait de vache est le lait qui possède les meilleures qualités nutritives par kilogramme de matière sèche notamment du fait de sa digestibilité, mais il faut garder en tête que la valeur de celui-ci peut varier en fonction du contenu en protéines et en gras. Comme nous pouvons voir dans le tableau 6, il y a plusieurs types de lactoreplaceurs qui sont classifiés sur la base de concentration de protéines et gras. La valeur énergétique des lactoreplaceurs dépend de la composition, surtout du contenu en matière grasse (Drackley, 2008).

Le troisième type de lait utilisé pour la nutrition des veaux est le lait non commercialisable. Cela inclut le lait de transition (du colostrum au lait alimentaire dans les jours suivant la mise-bas) et le lait provenant des vaches qui reçoivent ou ont reçu des traitements antibiotiques. L'avantage principal de ce type de lait est qu'il est peu dispendieux car non commercialisable. Par contre, il est très variable quant à sa valeur nutritionnelle. En plus, les résidus d'antibiotiques dans le lait sont potentiellement

responsables de l'augmentation de la résistance aux antibiotiques (Lorenz, 2021; Van Amburgh, 2017). Enfin, un autre aspect est que la quantité disponible dépend de nombreux paramètres (nombres de vêlages, nombre de vaches sous traitement).

Une étude sur les pratiques de la régie alimentaire des veaux au Canada a été menée entre janvier et mai 2015 par une enquête en ligne à laquelle 670 producteurs ont répondu (environ 6,0% des fermes laitières au Canada au moment de l'enquête). Le 48,0% de producteurs qui ont répondu à l'enquête était de l'Ontario, 29,0% du Québec et de Provinces atlantiques et 23,0% de l'ouest du Canada. Les résultats de cette étude par rapport au type de lait utilisé pour nourrir les veaux figurent dans le tableau 7 (Medrano-Galarza et al., 2017).

Pourcentage de producteurs (% , I.C. 95%)	Type de lait utilisé pour nourrir les veaux
47 (43-51)	Lactoreplaceur
31 (28-35)	Lait de vache commercialisable
18 (15-21)	Lait de vache non commercialisable
3 (2-5)	Mélange de lait de vache commercialisable et non commercialisable

Tableau 7. Résultats de l'étude de Medrano-Galarza et coll. par rapport au type de lait utilisé dans les fermes laitières canadiennes. L'étude a été faite en 2015 sur 618 fermes des onze provinces canadiennes (adapté de Medrano-Galarza et al. (2017)).

Au Québec, les résultats de l'enquête de Lactanet (voir paragraphe 1.4.3.2) rapportent que la majorité de fermes laitières utilise des lactoreplaceurs pour l'alimentation des veaux (tableau 8).

Types de lait offert	Pourcentage des fermes (%)
Lactoreplaceur	62,0
Lait de vache commercialisable	35,0
Lait non commercialisable	3,0

Tableau 8. Résultats d’une enquête menée au Québec entre le 2020 et le 2021 sur 2079 fermes laitières regardant le type de lait offert aux veaux non sevrés (adapté de Lactanet (2021)).

1.4.4.1.2 Quantité

Pendant de nombreuses années, les veaux étaient nourris avec une quantité de lait qui correspondait à environ le 10% de leur poids vif (Lorenz, 2021; Van Amburgh, 2017). Cette stratégie alimentaire avait pour objectif de stimuler la consommation d’aliment solide pour permettre le sevrage précoce des génisses en les gardant toujours un peu sous-alimentées. Le sevrage précoce permet la réduction des coûts d’élevage. Récemment, cette stratégie a été remise en question puisque la malnutrition qui en découle a trop d’effets négatifs. La malnutrition ou sous-alimentation est encore plus évidente lorsque les veaux sont exposés à des températures qui sont inférieures à la zone de thermoneutralité (Drackley, 2008; Van Amburgh, 2017). Comme a été déjà rapporté dans le paragraphe 1.4.3.2 les besoins en énergie des veaux augmentent lorsque les veaux sont exposés à des températures basses (tableau 9). Donc, dans les cas où les veaux sont nourris avec une quantité de lait qui correspond au 10% du poids vif, les besoins nutritifs des veaux ne sont pas adéquatement comblés, ce qui limite leur croissance et a des effets potentiels sur leur santé (Drackley, 2008; Van Amburgh, 2017).

Température environnementale (°C)	Besoins en énergie métabolisable des veaux âgés de moins de trois semaines (kcal d'ÉM/jour)
20	1,735
15	1,969
10	2,203
5	2,437
0	2,671
-5	2,905
-10	3,139
-15	3,377
-20	3,607
-25	3,834
-30	4,066

Tableau 9. Besoins en énergie métabolisable des veaux âgés de moins de trois semaines (kcal d'ÉM/jour) par rapport à la température environnementale (adapté depuis les recommandations du National Research Council (NRC, 2001).

Il est maintenant conseillé de donner aux veaux une quantité de lait qui correspond au moins à 20% de leur poids vif à la naissance soit 6 à 8 litres minimum (Drackley, 2008; Stull & Reynolds, 2008; Van Amburgh, 2017). Cette stratégie permet aux veaux de combler leurs besoins et d'avoir un gain quotidien intéressant et un poids plus élevé au moment du sevrage (Drackley, 2008; Lorenz, 2021; Stull & Reynolds, 2008; Van Amburgh, 2017). L'association entre la quantité de lait offerte aux veaux et le gain quotidien est très importante. Pour les veaux laitiers, un meilleur gain quotidien signifie un poids plus élevé et donc un meilleur prix pour les veaux vendus dans les deux premières semaines de vie.

Peu d'études sont disponibles concernant spécifiquement la nutrition des veaux laitiers qui seront vendus en bas âge. L'étude de Wilson et coll. (2020b) est l'unique étude qui rapporte des informations sur la régie spécifique de la nutrition des veaux laitiers au Canada (paragraphe 1.4.3.1). Dix fermes (n=17, 59%) donnaient aux veaux du lait non

commercialisable, 6 fermes (n=17, 35%) donnaient uniquement du lactoreemplaceur et une ferme (n=17, 6%) donnait les deux (lait non commercialisable et lactoreemplaceur) aux veaux. Les veaux recevaient 6 litres (valeur médiane, entre 4 et 8 litres) de lait en deux repas (Wilson et al., 2020b).

1.5 Facteurs décisionnels de vente et alimentation des veaux laitiers avant le transport

Dans la littérature, les critères que l'éleveur prend en considération pour la mise en marché d'un veau laitier sont peu connus. Le principal facteur décisionnel semble être le sexe de l'animal. Les veaux mâles doivent quitter la ferme parce qu'ils ne peuvent être utilisés pour la production de lait (Creutzinger et al., 2021). Un autre facteur décisionnel de vente est le croisement avec les races de boucherie. Les veaux issus du croisement avec les races de boucherie (mâles et femelles) sont destinés au marché des veaux laitiers. Les autres facteurs sont variables et dépendent des objectifs de chaque producteur. La connaissance des critères que les éleveurs utilisent pour vendre ou pas un veau est importante pour mieux comprendre quelles sont les pratiques associées au prix des veaux laitiers.

En outre, le transport des animaux de la ferme, et de jeunes bovins en particulier, est un sujet d'actualité. Ainsi, récemment (février 2020) le gouvernement fédéral du Canada a publié une nouvelle réglementation par rapport au transport des animaux. Parmi les nouveautés de cette nouvelle réglementation, il y a l'interdiction du transport des veaux âgés de moins de 9 jours s'ils sont destinés à un encan ou un site de rassemblement. En plus, ce nouveau règlement stipule aussi que l'intervalle entre deux repas consécutifs (de lait) des veaux ne doit pas dépasser douze heures (Health & Regulations., 2020). Le

transport des bovins est un sujet vaste. Pour cette raison, cette revue de la littérature abordera seulement l'alimentation des veaux laitiers avant le transport.

1.6 Alimentation avant le transport

Le transport est un facteur de stress pour les jeunes veaux qui peuvent être transportés sur de longues distances et pendant de longues périodes (Stull & Reynolds, 2008). De plus, la durée du transport et la période d'attente aux encans, outre le stress, impliquent une période de jeûne pour les veaux. La recommandation générale est donc de préparer adéquatement les veaux pour le transport puisque le transport est associé à une perte de poids (Devant & Marti, 2020). Le facteur le plus important pour préparer les veaux au transport est l'alimentation avant le transport (Devant & Marti, 2020).

Knowles et coll. (1997) ont étudié l'alimentation des veaux soumis au transport en Angleterre lors d'un essai contrôlé. Dans cette étude, 112 veaux de race et sexe mixte et avec un âge compris entre une semaine et un mois ont été soumis à deux protocoles différents. Dans cette étude, pour le premier protocole, trois groupes de 14 veaux ont été transportés pour 8, 16 ou 24 heures respectivement (trois groupes de traitement). Quatorze veaux restaient à la ferme et étaient alimentés avec deux litres de lait reconstitué deux fois par jour (groupe contrôle). Les veaux (groupes traitement) étaient alimentés avant d'être transportés avec deux litres de lait reconstitué. Pendant le transport, les veaux étaient alimentés toutes les huit heures avec un litre de solution contenant du glucose et des électrolytes. Dans le second protocole, 14 veaux (groupe traitement) étaient transportés pour 8, 16 ou 24 heures et quatorze veaux restaient à la ferme (groupe contrôle). Les veaux du groupe contrôle avaient la même alimentation que les veaux du groupe de contrôle

soumis au premier protocole. Au contraire des veaux soumis au premier protocole, les veaux soumis au deuxième protocole ne recevaient pas la solution de glucose et électrolytes pendant le transport. Selon leurs résultats, les veaux transportés indépendamment de recevoir la solution dextrosée présentaient une perte de poids par rapport aux veaux du groupe contrôle (voir le tableau 10). La perte de poids des veaux soumis au premier protocole n'était pas différente significativement du contrôle (test ANOVA : $p = 0,10$). Par contre, la perte de poids des veaux soumis au deuxième protocole était statistiquement significative (test ANOVA : $p < 0,001$) (Knowles et al., 1997).

	Groupe contrôle	8 heures	16 heures	24 heures	Valeur de p (test ANOVA)
Premier protocole	54,1kg $\pm 0,374$)	53,7 kg ($\pm 0,374$)	53,4 kg ($\pm 0,374$)	52,8 kg ($\pm 0,374$)	0,10
Deuxième protocole	52,4 ($\pm 0,207$)	51,2 kg ($\pm 0,207$)	51,2 kg ($\pm 0,207$)	50,7 kg ($\pm 0,207$)	< 0,001

Tableau 10. Poids moyens des veaux transportés dans les deux différents protocoles présentés par l'étude de Knowles. Dans cette étude, pour le premier protocole, trois groupes de 14 veaux ont été transportés pour huit, seize ou vingt-quatre heures respectivement (trois groupes de traitement). Quatorze veaux restaient à la ferme et étaient alimentés avec deux litres de lait reconstitué deux fois par jour (groupe contrôle). Pour le deuxième protocole, 14 veaux (groupe traitement) étaient transportés pour huit, seize ou vingt-quatre heures et quatorze veaux restaient à la ferme (groupe contrôle) (adapté de Knowles et al. (1997)).

La même équipe de recherche a mené un essai contrôlé avec 60 veaux de races mixtes âgés d'une à deux semaines. Les veaux ont été soumis aléatoirement à quatre traitements. Un groupe contrôle n'était pas transporté et restait à la ferme d'origine. Les veaux de ce groupe ont été alimentés avec du lait reconstitué (deux litres/deux fois par jour). Les autres groupes ont été transportés pour 19 heures puis avaient une heure de repos. Pendant cette heure, les veaux de l'essai étaient soumis à trois différents traitements. Un groupe ne recevait ni eau ni lait, un groupe recevait un litre d'eau froide et le troisième groupe recevait deux litres d'une solution tiède de glucose et électrolytes. L'étude a été

menée en été et en hiver. Les veaux transportés présentaient une perte de poids par rapport aux veaux non transportés. La perte moyenne de poids était plus grande pendant le transport en hiver (2 kg) qu'en été (1,4 kg), cette différence était statistiquement significative (ANOVA : $p = 0,048$) (Knowles, Brown, Edwards, Phillips, & Warriss, 1999). La perte de poids plus élevée en hiver pourrait être expliquée par l'augmentation des besoins énergétiques des veaux alors que les températures sont plus basses.

Une autre étude menée en Nouvelle-Zélande par Todd et coll. (2000), a pris en considération l'effet du jeûne sur les veaux transportés. Un total 56 veaux mâles de race Holstein âgés de 1 à 5 jours ont été soumis à un essai contrôlé. Les veaux ont été soumis à six traitements (voir tableau 11).

Traitement	Quantité de lait	Durée du Transport (h)	Densité du transport en m ² (surface par veau)
Groupe Contrôle	50 ml de lait par kg de poids vif Deux fois par jour à 12 heures d'intervalle	0	-
Quantité de lait complète	50 ml de lait par kg de poids vif Une fois par jour et après jeûne pour 30 heures. Eau disponible	0	-
Quantité de lait réduit	25 ml de lait par kg de poids vif Une fois par jour et après jeûne pour 30 heures. Eau disponible	0	-
Transport pour 3 heures	50 ml de lait par kg de poids vif Une fois avant le transport	3	0,2
Transport pour 12 heures	50 ml de lait par kg de poids vif Une fois avant le transport	12	0,2
Transport pour 12 heures	50 ml de lait par kg de poids vif Une fois avant le transport	12	0,4

Tableau 11. Résumé de différents groupes des traitements de l'étude de Todd et coll. (2000). Dans cette étude 56 veaux mâles ont été soumis à différentes durées de transport et d'alimentation avant le transport (adapté depuis (Todd et al., 2000).

Tous les veaux des différents groupes de traitement ont perdu du poids par rapport au groupe contrôle. La perte de poids allait de 0,63 à 1,79 kg. La perte de poids était statistiquement significative seulement pour les veaux transportés pour 3 et 12 heures (test ANOVA : $p < 0,05$) (Todd et al., 2000).

Dans une étude menée en Allemagne, Marcato et ses collaborateurs ont évalué les effets de l'alimentation avant le transport, la durée et les conditions de celui-ci sur le métabolisme et la physiologie des veaux avant leur arrivée aux sites d'engraissement (Marcato et al., 2020). Dans cette étude, les veaux ($n=386$, Holstein et croisé, âgé de 18 ± 4 jours) ont été soumis à deux types d'alimentation. Un type d'alimentation était à base de lait (1,5 litre de lactoreemplaceur, contenant 125 gr/L de poudre, 4,028 kcal/kg de ME, 190 g/kg de protéines et 157 g/kg de matière grasse) en comparaison à l'administration orale d'une solution d'électrolytes (1,5 litre de solution électrolytique, contenant 20 g/L d'électrolytes). Les veaux ont été exposés à deux durées de transport soient 6 et 8 heures et finalement à deux types de transport, en camion conditionné (le camion était isolé thermiquement et avec un système de ventilation) et camion ouvert. Ces trois facteurs aboutissaient à un plan factoriel de huit groupes de traitements ($2 \times 2 \times 2$) (Marcato et al., 2020).

La perte de poids était plus importante pour les veaux transportés 18 heures indépendamment du type d'alimentation donnée aux veaux avant le transport. Au contraire, les veaux transportés pendant six heures et qui avaient reçu du lait démontraient une augmentation du poids de 0,41 kg tandis que les veaux transportés six heures ayant reçu

une alimentation à base de solution d'électrolytes ont perdu 0,16 kg. Cette différence était statistiquement significative ($p = 0,03$) (Marcato et al., 2020).

Donc il existe une association entre l'alimentation des veaux avant le transport et la durée de ce dernier. Les études rapportent que les veaux perdent du poids quand ils sont transportés pour de longues périodes (jusqu'à 2 kg en hiver) et reçoivent une alimentation inadéquate pour faire face au transport. Donc l'alimentation avant le transport est nécessaire pour permettre aux veaux de faire face au défi du transport sans perdre de poids.

Cependant, aucune de ces études ne comportait un groupe d'animaux qui ne recevaient aucune préparation avant le transport alors que c'est une réalité dans certains cas. Dans leur étude Wilson et coll. (2020b) rapportent que trois fermes sur 17 fermes enrôlées (18%) dans leur étude ne donnaient pas de lait aux veaux laitiers avant le transport. En plus, les études de Knowles (1997 et 1999), Todd (2020) et leurs collaborateurs ne rapportaient pas spécifiquement quel type de lait est donné aux veaux avant le transport. Comme mentionné précédemment, les différences entre les types de lait sont importantes et les résultats de ces études pourraient donc changer selon le type de lait ou lactoreplaceur utilisé. Dans leur étude Marcato et coll. (2020) rapportent que les veaux recevaient du lactoreplaceur qui a une faible valeur énergétique. L'autre facteur qui pourrait limiter l'inférence de ces études concerne la variabilité entre le dernier repas et le début du transport. Ce temps qui s'écoule entre la dernière buvée des veaux et le transport pourrait ainsi dépendre de la planification du transport et de l'organisation de la ferme.

2.0 Objectif de recherche et hypothèse

Il ressort, de cette revue de littérature, que l'engraissement des veaux laitiers par l'industrie du « veau lourd » est l'une des manières les plus efficaces pour les valoriser. Mais, pour mieux valoriser les veaux laitiers, des efforts doivent être faits pour améliorer leur qualité lors de la mise en marché. Pour rejoindre cette finalité, il faut connaître les pratiques courantes des fermes par rapport à la régie des veaux laitiers et notamment celles associées à des ventes de veaux à meilleur prix.

La connaissance des facteurs de risque à la ferme d'origine associés au prix de vente des veaux laitiers à l'encan permettra aux éleveurs de la ferme d'origine d'élever des veaux laitiers de meilleure qualité. Des veaux laitiers de meilleure qualité pourraient avoir une meilleure santé pendant le cycle d'engraissement et de conséquence il pourrait avoir une réduction de consommation des antibiotiques pendant le cycle d'engraissement et des coûts de production. Par ailleurs, des revenus plus hauts, dérivant de la vente des veaux laitiers, pourraient être un incitatif pour les éleveurs à s'améliorer.

L'objectif de ce projet de recherche est donc d'évaluer les caractéristiques et les pratiques des fermes regardant les veaux qui sont associées au prix des veaux laitiers. L'hypothèse est que certaines caractéristiques et pratiques de la ferme d'origine sont associées à la qualité et donc au prix de veaux laitiers lors de leur mise en marché

3.0 Article scientifique

3.1 Characteristics and management practices of dairy farms associated with surplus calves' price at auction market in Québec, Canada; a cross-sectional study.

Salvatore Ferraro, Marianne Villettaz-Robichaud, Gilles Fecteau, David Francoz and Sébastien Buczinski¹.

Département de sciences cliniques, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, 3200 rue Sicotte, St-Hyacinthe, Québec, J2S 2M2, Canada.

¹Corresponding author: Sébastien Buczinski, 1-450-773-8521 ext : 8675, s.buczinski@umontreal.ca.

Article à être soumis au Journal of Dairy Science

3.2 Interpretive summary

By *Ferraro et al.*, Surplus calves are a co-product of the dairy industry. The objective of this farm-level study was to explore the association between characteristics and management of surplus calves at the dairy farm and the farm median selling price at auction market. Data regarding farms were collected using a telephone interview after eight different sale days. A total of 409 interviews were retained for analysis. Price of surplus calves was positively associated with farm milk production per cow/year and the number of workers involved in calves' care. Allowing transporters to enter the farm's building, vaccination of dams for neonatal calf diarrhea, absence of navel disinfection in

newborn calves and use of wood shaving as bedding were negatively associated with the price.

3.3 Abstract

Each year around 150,000 surplus calves are sold by auction market in Québec. Surplus calves are not suitable for replacement and sold at a young age (e.g., male or female not kept in the herd). Since they do not represent an investment for the future, these animals are at greater risk to receive lower quality care and to experience poor welfare. Knowledge of factors associated with a higher price of surplus calves could convince farmers to spend more time and energy in the care of these animals, therefore improving their welfare. Our objective was to explore direct association between farms' characteristics and management of calves and surplus calves associated with the median percentile of calves' selling price per farm at auction market. The prices (CAD/kg) and farms that sold surplus calves in the summer of 2019 (four sale days) and in the winter 2020 (four sale days) in two auction markets in Québec was recorded and transformed as percentile of the sale day using their individual identification number controlled by breed type. A brief telephone interview was conducted to collect information on farms' characteristics and management of calves and surplus calves. Data from farms' questionnaires were analyzed as potential covariates associated with the median percentile of calves' selling price per farm in a multivariable linear regression model. A total of 509 farmers were contacted to participate in the study between July 2019 and May 2020. Finally, 433 farmers accepted to participate, and 409 interviews were retained for statistical analysis. A median of two calves were sold by participating farm during the sale days considered (range: 1–19 calves). The main breed of surplus

calves sold was Holstein (82%) and Angus crossbred calves (9%). The results from the multivariable model showed that the price of surplus calves at auction market was positively associated with an average milk production per cow was superior to 11,000 liters/years (β 0.13, 95% confidence interval (95% CI): 0.045, 0.221) and farms with three or more workers available to take care of surplus calves (β 0.08, 95% CI: 0.005, 0.167). Price of surplus calves was negatively associated with farms that vaccinated cows for neonatal calf diarrhea (β -0.06, 95% CI:-0.127, -0.011), which did not disinfect the navel of newborn calves (β -0.07, 95% CI:-0.133, -0.012), that did not forbid transporters to entry in the farm's building (β -0.07, 95% CI:-0.130, -0.015) and that used wood shaving as bedding for surplus calves (β -0.08, 95% CI:-0.156, -0.021). The main results did not change when restricting analysis to farm that sold ≥ 2 calves and ≥ 3 calves during the study period. This study gives an important insight on farm characteristics and management of surplus calves associated with the price of surplus calves at auction market and could help stakeholders to improve market value of these animals.

KEY WORDS: veal calves, sustainability, dairy calf welfare, male calves, bobby calves.

3.4 Introduction

The term “surplus calves” generally refer to male and female dairy calves culled before weaning and sold during their first week of age (Creutzinger et al., 2021; Wilson, Canning, et al., 2020). In the past, this category of animals was just considered as a “waste product” of the dairy industry and had received little attention (Bolton & von Keyserlingk, 2021; Creutzinger et al., 2021). Each year, approximately 400,000 calves are raised in

North America as milk-fed or grain-fed veal calves (Veal Farm, 2021). The veal production is concentrated in the north-east of the USA and the eastern provinces of Canada (Ontario and Québec) (Creutzinger et al., 2021). The veal calf industry of Québec produces nearly 80% of the veal calves in Canada (around 150,000 head/year) (MAPAQ, 2019).

Recently, both surplus calves and the veal calf industry have gained more attention because of public concerns about animal welfare (high risk of mortality and morbidity) and the risk of development of antimicrobial resistance related to these categories of animals (Bolton & von Keyserlingk, 2021; Creutzinger et al., 2021). Another topic regarding this production that has attracted the attention of research is the price fluctuation of surplus calves (S. Buczinski et al., 2021; Marquou et al., 2019; Wilson, Stojkov, et al., 2020b). In Québec, the price of surplus calves declined over the last years (Perrault, 2020). Average price of surplus calves (Holstein's male of 41–54 kg) declined from 5.0 CAD/kg in 2016 to 2.9 CAD/kg in 2019 (respectively 5.9 CAD/kg and 3.2 CAD/kg when accounting for inflation rate in 2022 (Bank of Canada, 2022; PBQ, 2021a)).

The price of surplus calves is volatile and depends on several factors (S. Buczinski et al., 2021; Marquou et al., 2019; Winder, Kelton, & Duffield, 2016). Price is associated with the year, the season, and the day of the sale as well as auction market site. It is also, associated with the estimated distance between the auction market and farm of origin (S. Buczinski et al., 2021). Moreover, the price of surplus calves depends on individual characteristics such as the breed, the sex, and the body weight (S. Buczinski et al., 2021). The calf health status during the sale is also associated with price, even if the variance associated with these characteristics is generally lower than external factors (Marquou et al., 2019; Wilson, Stojkov, et al., 2020b). The presence of omphalitis, wet navel and

dehydration are the most important clinical signs negatively associated with the price of surplus calves (Marquou et al., 2019; Wilson, Stojkov, et al., 2020b). Some studies have also reported that farm management is associated with calves' characteristics (body weight and health status) and mortality after transportation (A. Boulton et al., 2018; A. C. Boulton et al., 2020; Wilson, Stojkov, et al., 2020a). Renaud et al. (2018) showed that management of colostrum and the type of bedding used for male calves at the farm of origin were associated with mortality at veal farms. Calf care requires substantial time on dairy farms (Creutzinger et al., 2021). However, it results in little to no immediate financial payoff, which is especially true for surplus dairy calves (Creutzinger et al., 2021). One of the important barriers for farmers to improve care of surplus calves was their low value (Reed, Renaud, & DeVries, 2022; Wilson et al., 2021). Economic benefits are one of the most effective ways to motivate farmers to change their management (Ritter et al., 2017). The improvement of surplus calves' value could be an incentive for producers to invest in their welfare and health (Reed et al., 2022). Even if the importance of farm management on health status and on performance of the surplus calves during the fattening period has been reported (Creutzinger et al., 2021; D. Renaud & Pardon, 2022; D. L. Renaud, Kelton, et al., 2018), studies taking in consideration the direct association between farm management practices and the price paid for surplus calves are still missing.

To fill this gap of knowledge, the objective of the present study was to explore the possible associations between farms' characteristics, calves' management practices and the selling price of surplus calves. We hypothesized that specific dairy farms characteristics and management practices regarding calves and, more specifically, regarding surplus calves, are associated with the sale price of surplus calves at the auction market.

3.5 Materials and methods

The present exploratory retrospective observational study was part of a larger project on welfare and health on surplus calves during marketing. The study was completed in accordance with the guidelines of the Institutional Animal Care Committee (CÉUA) of the Université de Montréal (CÉUA protocol: #19-Rech-2015). The manuscript was written following STROBE-VET guidelines (Strobe-vet statement, 2021).

3.5.1 Study setting

This observational cross-sectional study was carried out during summer 2019 (from June 26th to July 8th) and winter 2020 (from February 10th to February 26th). Over this period, two livestock auctions markets (Saint Hyacinthe and Saint Isidore) located in the province of Québec (Canada) were visited twice during each season, for a total of four visits in summer (2019) and four in winter (2020). These two livestock auctions represent 74% of the total surplus calves sales in Québec (S. Buczinski et al., 2021). During each visit at the auction market, all surplus calves (n= 3656) sold during those day were examined. This physical exam included sex, breed, presence and condition of umbilical cord, hide cleanliness, body condition, lameness, hydration status, presence of the ocular and nasal discharge, presence of the umbilical pain and ear position as previously described (S. Buczinski et al., 2022)

3.5.2 Data collection from the auction market

Using ear tag numbers for individual identification, data regarding body weight and selling price (CAD/kg of body weight as determined by the auction market scale) for each

surplus calf sold on the day of the visit were retrieved from the auction markets. The data received from the auction markets also included the name and contact information of the calves' seller. This information was used to contact farmers to be enrolled in the survey.

3.5.3 Farm questionnaire

Information regarding farm characteristics and management practices for calves and surplus calves was collected using a questionnaire which was built based on results reported by Boulton and Palmer (2021) from a similar study regarding surplus calves sold as bobby calves in New Zealand and adapted for the characteristics of the dairy industry in Québec. The questionnaire was developed in French, and it was tested on two clients of Bovine Ambulatory Clinic of the Faculty of Veterinary, Université de Montreal. The details of the different topics and the questions are reported in table 12.

Farmers from the farms of origin of the surplus calves were contacted by phone by trained personnel (three undergraduate veterinary students, one PhD student and one technician). Three different attempts (1-day interval) were made to contact each farm. The interviews were conducted between 2019, July 10 to 2020, May 20. The maximum delay between the moment where the calf's sale and the interview were 121 days (median: 38 days, IQR: 52 days). The questionnaire took approximately 30 minutes to be complete. The answers were compiled using Microsoft Access (Microsoft Corp., Redmond, WA, Redmond, WA).

Theme of questionnaire	characteristics	Question (focused on the most representative practice of the herd)	Type of question (possible choice)
Farm's characteristic	Type	What is the type of management at the herd?	Closed-ended (organic/conventional)
	Size	How many lactating cows are present in the herd?	Open-ended
		How many dry cows are present in the herd?	Open-ended
	Milk production	What is the average of milk production for lactating cow (L/lactation)	Open-ended
	Production of surplus calves	What is the main breed of surplus calves sold?	Open-ended
What is the relative proportion of surplus calves' breed		Open-ended	
Number of calving in last month	How many calving in the last month?	Open-ended	
	Human resource employed for calves' care	Number of workers available to take care of calves	Open-ended
Calving condition	Education	What is the level of education of calves' caretaker(s)?	Closed-ended (primary, secondary, college, university, foreign workers)
	Experience	How many years of experience have calves' caretaker(s)	Open-ended
	Status of personnel at farm	What is the 'statuses' of workers at the farm?	Closed (owner/employed/familiar owners)
	Calving area	Where cattle calved?	Closed (Collective box/ Tie-stall/ Individual box)
Neonatal care	Cow-calf separation	What is the time when separation of calves from the dam (hours) occurs?	Open-ended
	Colostrum	Do newborn calves receive colostrum?	Closed-ended (yes/no)
Are newborn calves kept with dams?		Closed-ended (yes/no)	
How much colostrum is offered to newborn calves as first meal (liters)?		Open-ended	
Do newborn surplus calves receive colostrum?		Closed-ended (yes/no)	
How much colostrum is offered to newborn calves (liters)		Open-ended	
How much times between calving and first colostrum meal (hours)?		Open-ended	
Time between calving and first colostrum meal are the same between female and surplus calves?		Closed-ended (yes/no)	
Is colostrum quality tested?		Closed-ended (yes/no)	
Navel dipping		Is calve's navel dipped with disinfecting solution?	Closed-ended (yes/no)
		Is surplus calve's navel dipped with disinfecting solution?	Closed-ended (yes/no)
	What is the percentage of newborn calves that are navel dipped	Open-ended	
Vaccination for neonatal calf diarrhea	Are cows vaccinated for neonatal calf diarrhea?	Closed-ended (yes/no)	
Calf nutrition	Vaccination of calves	Are calves vaccinated for neonatal calf diarrhea or bovine respiratory disease?	Closed-ended (yes/no)
	Feeding practices	Is feeding program the same for replacement or surplus calves?	Closed-ended (yes/not)
Housing	Housing type	What is milk allowance offered to surplus calves (L/day)?	Open-ended
		How many meals are offered to surplus calves in a day?	Open-ended
		What is the type of milk used for surplus calves?	Closed-ended (cow milk/milk replacers/cow milk and milk replacers)
		Where surplus calves are housed?	Closed-ended (outdoor hutches/ indoor housing)
		How surplus calves are housed?	Closed-ended (individually/paired/grouped)
	Bedding	Are surplus calves housed differently than replacement calves?	Closed-ended (yes/no)
		How many calves are housed in a single housing unit?	Open-ended
		What type of bedding is used for calves?	Closed-ended (straw/wood shaving/straw and wood shaving, others)
		What is the thickness of calves' bedding (cm)?	Open-ended
		How many times in a week's new bedding is added?	Open-ended
	Is bedding changed between batches of surplus calves and if yes how many times in a month?	Semi closed-ended	

Transport	Preparation for transport	What are criteria used by farmers to decide to sell surplus calves?	Close ended (age, replacement need, beef crossbreed, space available, genetic merit, body weight, surplus calves, sex, a transport is provided at the farm, surplus calves' vigor)
		Are surplus calves separated from replacement calves? If yes when?	Semi closed-ended
		What is it the average age of surplus calves sold (days)?	Open-ended
		What it is the minimal age of surplus calves for sales (days)?	Open-ended
		Do farm call transporters for surplus calves' transport?	Closed-ended
	Biosecurity of transport	Does the transporter had given any advice or judgment on surplus calves?	Closed-ended (Yes, he gives some advice, Yes, He has refused to transport a calf , Not, he never gives advice)
		Do you know when surplus calves arrive at auction market?	Closed-ended(yes/no)
		When the surplus calves received the last meal before transport (hours)?	Open-ended
		What is the proportion of transports when farm personnel are present during loading?	Open-ended
		Is the transporter allowed to enter in the farm building?	Closed-ended (yes/no)

Table 12. Description of the different topics and questions collected from 409 Québec dairy farms selling surplus calves the farm's characteristics, calf management and surplus calves' management.

3.5.4 Sample size

This was an exploratory retrospective observational study obtained from a larger study on health of surplus calves at marketing. No a priori the sample size was obtained from this specific study objective. The initial objective was to collect at least 300 dairy farms to study the main characteristics of surplus calves' management.

3.5.5 Data management and analysis

Data collected through an Access file (Microsoft Corp., Redmond, WA, Redmond, WA) and transferred to a Microsoft Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, Redmond, WA) spreadsheet. All data manipulation and statistical analyses were performed using R statistical software (R Core Team, 2020). Questions from the questionnaire were transformed into variables. Continuous data were categorized.

In the case that the farmers were contacted twice, for statistical analysis, only one questionnaire per farm was randomly selected and retained for the analysis using the function `distinct ()` in RStudio. Descriptive analyses were performed for each variable.

3.5.6 Model building strategy

Dependent variable: Median percentile of calves' selling price per farm.

The auction market selling price is volatile, and heavily depends on calves breed phenotype, days of sales and auction sites (S. Buczinski et al., 2021). The price was therefore summarized by breed and day of sale (confounded with the site sampled) and transformed in percentile rank defined as a robust indicator of calf quality in its own breed category for a specific day (S. Buczinski et al., 2021). After price was transformed in percentile rank, surplus calves from the same dairy farm were aggregated and farm itself was classified in percentile

rank based on its median percentile rank of surplus calves sold. The normality of distribution of the dependent variable was initially evaluated visually and statistically (Shapiro Wilk test). A multivariable linear regression model was then used to model the association between the median percentile of calves' selling price per farm and covariates measured. A causal diagram was made to recognize the predictors that would be included in the multivariable model. The correlation between all categorical reported explanatory variables was assessed using Goodman Kruskal's τ (tau) statistics (S. Buczinski et al., 2022; Southwood, 1974). A value of Goodman Kruskal's $\tau > 0.6$ was used as a threshold to indicate collinearity between two variables (S. F. Buczinski, G., Chichocki, M., 2022).

Univariable analysis was first performed between the dependent variable and individual covariates. Variables with only two categories were excluded from analysis if one of the categories represents less than 10% of the population (Turcotte et al., 2021). Predictors associated with the dependent variable during the univariable analysis (using the threshold of $p < 0.2$) were included in the multivariable model. The linear model was built using linear model "lm ()" function in R (R Core Team, 2020).

The general multivariable model framework was as follows:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n = [\beta] \times [X]$$

where Y, the dependent variable is the median percentile of calves' selling price per farm, $[\beta]$ is a vector of the regression coefficients, and $[X]$ is the associated covariates' matrix.

A manual backward selection of covariates was performed using a p-value < 0.05 as statistical significance. Potential confounder covariate (herd size), a priori defined using the causal diagram, was tested by evaluating the effect of the removal of a variable on the coefficients of the remaining variables (Dohoo, Martin, & Stryhn, 2009). A variable was deemed to be a confounder if it was not an intervening variable and if the estimate of a

significant variable in the model changed by at least 20% when the variable was removed from the model. If a covariate was recognized as a confounder, it was forced into the final model. Moreover, the possible two-way interactions were tested one by one in separated models (de Jong, Frankena, & Orsel, 2021; Dohoo et al., 2009). The amount of variance explained by the predictors was assessed using R^2 (Dohoo et al., 2009). The model was visually evaluated for normality of residuals distribution and for their homoscedasticity using (Q-Q plot and residuals vs. fitted plot) (Dohoo et al., 2009). Evaluation of individual observations was made. Presence of outliers, unusual observations (leverage) and Cook's distance was assessed (supplemental file 1 and 2), then individual observations were identified and their characteristics were evaluated. Average marginal effect of predictors was visually assessed to compute the effect of single predictors on the dependent variable when controlling for other predictors (supplemental file 3).

3.5.7 Assessment of the impact of the number of surplus calves sold by farm on multivariable model sensitivity.

Because the associations between farms' characteristics, calves' management practices and median percentile of calves' selling price per farm could depend on the number of calves sold during the study period, the robustness of the main model was tested restricting the analysis to farms that sold at least 2 and at least 3 calves respectively. The variables retained in the initial model were a priori used in these 2 subsets of the initial population and visual estimation of the regression coefficients estimates and their uncertainty was observed using sjPlot package (Lüdecke, 2018). Practically, it was assessed visually if the estimates of the others two models (models with farms that sold at least 2 and at least 3 calves) was included or not within the limits of the 95% I.C. of the main model (including all the farms enrolled in the project). If the estimates of the others, two models were not included within the 95% I.C.

of the main models, an impact on the numbers of the calves sold by the farms on the associations found in the multivariable linear regression model.

3.6 Results

3.6.1 Descriptive statistics.

A total of 509 farmers were reached, and 433 (85%) accepted to participate. Twenty-four farmers were duplicates (i.e. farms that sold calves during the 2 different sampling seasons) and then removed. Finally, interviews derived from 409 questionnaires from different farmers were included in the analyses. The median number of calves sold by farm enrolled during the study period was two (range 1-19). The main breed of surplus calves sold during the sampling period was Holstein Friesian (82.2%), crossbreed Holstein-Angus (9.2%), 0.7% crossbreed with non-Angus beef breeds, 2.7% dairy-colored breeds (Jersey, Ayrshire, Brown Swiss) and, finally, in 5.2% of calves the main breed phenotype could not be determined.

The results of the descriptive statistics of all variables of this study are presented in supplemental file 4. Descriptive analysis and univariable analysis of variables used to build the main multivariable model are presented in table 13.

Variables	Categories of variable	N of farm	%	Median percentile of calves' selling price per farm	IQR ¹ (Median percentile of calves' selling price per farm)	P-value
Farm's characteristics						
Herd size (lactating cows) *	50-100	191	46.7	0.53	0.26-0.73	0.85
	< 50	127	31.0	0.50	0.32-0.67	
	> 100	91	22.2	0.46	0.33-0.67	
Milk production (L/cow/year)	9,500-11,000	216	53.0	0.53	0.32-0.71	0.02
	< 9,500	91	22.0	0.43	0.18-0.62	
	> 11,000	60	15.0	0.61	0.38-0.76	
	NA	42	10.0	0.52	0.30-0.67	
Crossbreeding with beef breed	Yes	300	73.0	0.54	0.28-0.70	0.03
	No	109	27.0	0.45	0.36-0.68	
Human resource employed for calves' care						
Number of workers available to take care of calves	2	190	46.5	0.50	0.30-0.67	0.01
	1	148	36.1	0.50	0.25-0.70	
	≥3	68	16.6	0.61	0.44-0.76	
	NA	3	0.7	0.34	0.17-0.58	
Agricultural education of caregivers	Yes	283	69.0	0.51	0.32-0.70	0.02
	Not	85	21.0	0.47	0.19-0.61	
Minimal years of experience	NA	41	10.0	0.62	0.25-0.75	0.02
	3-12	114	28.0	0.50	0.32-0.71	
	12-25	106	26.1	0.51	0.30-0.67	
	>25	110	27.0	0.47	0.35-0.77	
	< 3	78	20.0	0.58	0.25-0.62	
	NA	1	0.2	0.35	0.35-0.35	

Calving conditions /**Neonatal calf care**

Quantity of colostrum offered to surplus calves for the 1 st meal	<4 L	296	72.3	0.50	0.25-0.67	0.10
	≥4 L	75	18.3	0.60	0.38-0.72	
	No colostrum	5	1.2	0.30	0.20-0.47	
	Calf is left with the dam	10	2.4	0.37	0.20-0.60	
	NA	23	5.3	0.49	0.38-0.76	
Disinfection of navel in newborn surplus calves	Yes	296	72.3	0.52	0.33-0.73	0.01
	No	113	27.7	0.48	0.25-0.65	
Dam vaccination for neonatal calf diarrhea	No	278	68.0	0.56	0.33-0.73	0.01
	Yes	131	32.0	0.45	0.25-0.62	

Calf nutrition

The quantity of milk offered daily to surplus calves (L/days)	6-8	231	56.4	0.54	0.33-0.72	0.10
	< 6	57	13.9	0.36	0.21-0.58	
	>8	58	14.1	0.50	0.32-0.70	
	AMF/ Calf is left with the dam	59	14.4	0.49	0.31-0.72	
	NA	4	1.0	0.45	0.32-0.70	

Calves housing

Type of housing	Individual	264	64.5	0.53	0.32-0.72	0.005
	Group	58	14.2	0.42	0.20-0.63	
	Tied	24	5.8	0.34	0.24-0.50	
	Paired	18	4.4	0.60	0.39-0.72	
	Calf is left with the dam	44	10.7	0.59	0.34-0.72	
	NA	1	0.2	0.26	0.26-0.26	
Material used for bedding	Straw	200	49.0	0.54	0.32-0.79	0.03
	Wood shaving	91	22.0	0.43	0.18-0.63	

	Wood shaving and straw	82	20.0	0.50	0.31-0.67	
	Others	33	8.0	0.63	0.43-0.79	
	NA	3	0.7	0.60	0.52-0.67	
Average age to sell calves (days)	>10	187	45.7	0.49	0.25-0.68	0.07
	8-10	154	37.6	0.51	0.33-0.67	
	< 8	68	16.6	0.60	0.31-0.76	
Farmer monitors loading of surplus calves	Systematically	243	59.4	0.50	0.29-0.69	0.02
	Often	96	23.4	0.57	0.34-0.75	
	Never	56	13.7	0.47	0.26-0.62	
	Rarely	12	3.0	0.60	0.48-0.75	
	NA	2	0.4	0.38	0.31-0.44	
Ban transporter from entering the buildings	Yes	184	45.0	0.58	0.33-0.74	0.008
	No	171	42.0	0.50	0.24-0.67	
	Farm does not use external transport	53	13.0	0.50	0.30-0.61	
	NA	1	0.3	0.25	0.25-0.25	

Table 13. Descriptive statistical analysis and univariable analysis associated with the dependent variable of 409 dairy farms enrolled in our study. The variables presented in this table had a p value <0.20 at univariable analysis and were used to build the multivariable model. *Herd size was included as a confounder. Median report the median of percentile prices for each variable. IQR represents respectively the interquartile range of the median percentile ranked price. NA: not available, ¹IQR= interquartile range of Q2-Q3

3.6.2 Results of multivariable model

The main results of the multivariable model associated with the median percentile of calves' selling price per farm are presented in Table 14. The median percentile of calves' selling price per farm was positively associated with farms having a high yearly milk production per lactating cow (more than 11,000 L/cow/lactation) and with farms having more than three workers available to take care of calves. Farms where the navel of surplus calves was not disinfected and where cows were vaccinated for neonatal calf diarrhea were negatively associated with median percentile of calves' selling price per farm. The median percentile of calves' selling price per farm was also negatively associated with the use of wood shaving bedding for calves and with allowing calf carrier to enter in the farm's buildings.

The amount of variance (R^2) of the percentile rank price explained by the multivariable model was 12.2 %.

Variable	Category	β	95% CI	p-value
Intercept		0.51	0.432, 0.606	< 0.001
Milk production (L/cow/year)	<9,500	Referent		
	9,500-11,000	0.05	-0.006, 0.124	0.07
	>11,000	0.13	0.045, 0.221	<0.01
Number of workers available to take care of calves	1	Referent		
	2	0.01	-0.043, 0.073	0.67
	≥ 3	0.08	0.005, 0.167	0.03
Herd Size (lactating cows) *	50-100	Referent		
	< 50	0.02	-0.041, 0.086	0.48
	>100	-0.01	-0.08, 0.054	0.67
Disinfection of navel in newborn surplus calves	Yes	Referent		
	No	-0.07	-0.133, -0.012	0.02
Dam vaccination for neonatal calf diarrhea	No	Referent		
	Yes	-0.06	-0.127, -0.011	0.02
Material used for bedding	Straw	Referent		
	Wood shaving	-0.08	-0.156, -0.021	<0.01
	Wood shaving and straw	-0.01	-0.090, 0.052	0.60
	Others	0.07	-0.028, 0.173	0.15
Ban transporter from entering the buildings	Yes	Referent		
	No	-0.07	-0.130, -0.015	0.01
	Farm does not use external transport	-0.06	-0.148, 0.027	0.17

Table 14. Characteristics of 409 Québec dairy farms and farm management practices for calves and surplus calves associated with the dependent variable (the price of surplus calves transformed in percent rank taking into consideration race and day of sale). *Herd size was included in the model as confounder.

3.6.3 Assessment of impact of the number of surplus calves sold by farm on multivariable model

Predictors of the main multivariable model (Model 1) were tested using two subsets of farms enrolled (Model 2, farms that sold >1 calf, n=225 and Model 3, farms that sold >2 calves, n= 97). The results are presented in figure 4 and a table comparing models are present in supplemental file 5. The results of this assessment show that the directions of the statistical associations between farms' characteristics, calves' management practices and the median percentile of calves' selling price per farm not depend on the number of calves sold during the study period. The results of this assessment show also that the 95% I.C. of the variables statistically significant in the Model 1 contains the estimates of the Model 2 and Model 3. Then the number of the surplus calves sold by the farm have not an impact on the associations between farms' characteristics, calves' management practices and the median percentile of calves' selling price per farm founded by the main Model 1.

3.7 Discussion

This study showed that specific characteristics and management practices of the dairy farm are associated with the price of surplus calves at auction market. This study showed as well that some management practices such as the disinfection of the navel of the surplus calves or the use of the straw as bedding could improve the value of young dairy calves at marketing.

In this study, yearly milk production per cow > 11,000 liters was positively associated with the median percentile of calves' selling price. Interestingly, milk production per cow is one global parameter that can be used as an indicator of welfare in cattle (Rushen, 2008). The milk production per cow is dependent on several factors such as general management of the farm (Brand, Noordhuizen, & Schukken, 2001; Risco & Melendez Retamal, 2011). Recently, two Canadian studies have reported that high milk production of dairy cows (whether in tie

stalls or free stall operations) is associated with adequate cow comfort and welfare of dairy farms (Villettaz Robichaud, Rushen, de Passille, Vasseur, Haley, et al., 2019; Villettaz Robichaud, Rushen, de Passille, Vasseur, Orsel, et al., 2019). One possible explanation is that farms having a high milk production per cow have a higher standard of animal management and care. Actually, the milk production of the cow/year depends on several factors as the nutrition of milking cows, the management of the transition cow, the reproductive performances of the herd and the presence and occurrences of diseases in the herds (Brand et al., 2001; Green et al., 2012; Risco & Melendez Retamal, 2011). Our study findings could allow us to hypothesize that farm having high milk production have healthier calves. They might invest more in surplus calves' care, consequently, their quality is higher when sold.

The other predictor that in our study was positively associated with the price of surplus calves is the number of workers available in the farm to take care of calves. More precisely farms having three or more workers available to take care of calves sold surplus calves at a greater price. Several studies have reported an association between people taking care of calves and their mortality and morbidity (Al Mawly et al., 2015; Klein-Jobstl et al., 2014). Some of these studies have shown that gender, education, and years of experience of people who work with calves are associated with calf health and welfare (Al Mawly et al., 2015; D. L. Renaud et al., 2017). In our study, education and years of experience were not associated with surplus calves' price in the final multivariable model. Additionally, we did not consider in our questionnaire the gender of workers. Studies have reported associations between the number of workers and calf health. One Austrian study showed that the number of people working at the farm is inversely associated with the presence of neonatal calf diarrhea on the farm (Klein-Jobstl et al., 2014). Authors suggest that in farms where the number of workers was insufficient, workers had less time to care for calves (Klein-Jobstl et al., 2014). Similarly, our results could indicate that when more people are available to take care of calves, more time is spent for the

surplus calves or to standardize calves rearing procedures. This hypothesis agrees with the results of a focus group published recently regarding the care of calves in Ontario. Dairy Farmers mentioned they consider calves' care as excessively demanding in time and prefer to prioritize lactating cows (Wilson et al., 2021). This was especially true for surplus calves because they are considered a farm 'byproduct' (Wilson et al., 2021). Another hypothesis that could explain our results is that a larger number of people could be associated with a broad spectrum of opinions and experiences between workers. This diversity of the body of knowledge among workers could help avoid the so-called farm/herd blindness (Mee, 2020). One of the causes of 'farm/herd blindness' is the lack of change of opinions and knowledge among farmers (Mee, 2020). This hypothesis seems to be confirmed by a recent US study. In this study, the authors found that the major source of information and training for people involved in calves' care are coworkers. Interestingly, the majority of communications between coworkers are made using face-to-face communications (Moore, Blackburn, Afema, Kinder, & Sischo, 2021). It is important, also, to consider that the presence of several workers in the farm helps to have a good motivation at the workplace (Kolstrup, 2012). All these facts could help workers to have a higher level of care of the animals and particularly of surplus calves.

In the main model, the price of surplus calves was negatively associated with the dam's vaccination for neonatal calf's diarrhea and not disinfecting navel in newborn calves. Probably, the association of these two practices and the price of surplus calves was confounded with other characteristics or practices that data collected by our survey were not able to catch. In the case of the association between the dam's vaccination for neonatal calf's diarrhea and the median percentile of calves' selling price per farm could be explained by the presence of the neonatal calf's diarrhea in these farms. Probably in some farms, the dams are vaccinated because of the presence of the neonatal calf's diarrhea (Al Mawly et al., 2015; Bendali, Sanaa, Bichet, &

Schelcher, 1999). The presence of this disease in the farm could be responsible for the lower quality of the surplus calves sold by these farms.

The other predictors that were negatively associated with the price of surplus calves were to forbid transporters from entering in the buildings. This predictor is a proxy of the respect of the biosecurity measures at the farm. Probably the farms where the entrance of the transporters in the buildings is forbidden have a better respect of the biosecurity measures.

The association between the material used for bedding and the health and performance of surplus calves during the fattening period is already known from previous studies (D. L. Renaud, Kelton, et al., 2018). In general, bedding material is important because it keeps calves in a clean, comfortable, and dry environment (D. L. Renaud, Kelton, et al., 2018). Our study showed a negative association between the use of wood shaving as bedding and the median percentile selling price of surplus calves. In another study, Renaud and al. (2018) reported that the use of wood shaving in dairy farms is associated with higher mortality for surplus calves in veal farms during the fattening period. Straw protects calves from cold and drafty conditions because it gives calves the possibility of deep nesting, and less energy is spent on thermoregulation in winter (Lago et al., 2006; D. L. Renaud, Kelton, et al., 2018). However, we need to consider that our study was conducted in both winter and summer, when the environmental temperature was high. It was impossible to differentiate any specific seasonal effect of this practice because of the difference in farms contacted during the two seasons of data collection. Additionally, as reported by Panivivat et al. (2004), straw has a higher capacity to drain and adsorb feces, bacteria and ammonia than wood shaving and other materials used as bedding. This effect may occur independently of the season.

3.7.1 Study limits

The fact that the questionnaire was short and administered by phone probably explains the high response rate (85% (Bowling, 2005)). This decreases the probability of «non-response» bias (Bowling, 2005; Shelley & Horner, 2021). However, as reported in literature, telephonic interviews are prone to «social desirability bias. » This means that respondent may tend to answer the questions about what is socially desirable (Bowling, 2005; Choi & Pak, 2005). Therefore, there is the risk to have missed some associations because the respondents could answer the most desirable answer to some questions.

The limitation of the data collected by the questionnaire used in this study could explain the limited percentage of variance ($R^2=12.2\%$) explained by our regression linear model. But in another hand it needs to keep in mind that the determination of the price of the surplus calves is complex and it depends from several factors that needed to be considered when the variation of the price of the surplus calves is analyzed (S. Buczinski et al., 2021; Marquou et al., 2019).

Another fact to consider is that our study is a multilevel study where the outcome (dependent variable) was based on an inference based on individual level data (individual calf price), and predictors were at group level (characteristics and practices of farms). In this type of study, there is a risk of atomistic bias (Diez-Roux, 1998; Diez Roux, 2002). Atomistic bias rises when inference at group level is made from individual units in a multilevel study (Diez-Roux, 1998; Diez Roux, 2002). Using the individual data to infer group-level associations may lead to incorrect inference (Diez-Roux, 1998). The atomistic bias is possible because there were a limited number of calves sold by the farm, a consequence of our sampling method. However, this risk was limited because the the number of surplus calves sold by farm was not associated with important changes in the models restricted to farms selling larger number of calves.

3.8 Conclusion

Results of this observational study indicate that the farms with good management, as assessed by a phone interview, sold surplus calves at a higher price when accounting for market volatility. Further studies using a face-to-face interview coupled to a farm's visit could help to better understand the direct association between farm practices and the price of surplus calves.

3.9 Acknowledgements

This project was a specific addendum to a larger project supported by Programme de développement sectorial du Québec-Canada, the Producteurs de bovins du Québec (Longueuil, QC, Canada), and MITACS (Ottawa, ON, Canada). The authors also thank Réseau Encan Québec (QC, Canada) for their willingness to participate in the study, Jean-Philippe Pelletier, Nicolas Barbeau-Grégoire (St-Hyacinthe, QC, Canada) and Anaïs Pichon, Bérénice Mathey, and Morgane Bastide (École Nationale Vétérinaire de Toulouse, France) for their technical support. The authors have not stated any conflicts of interest.

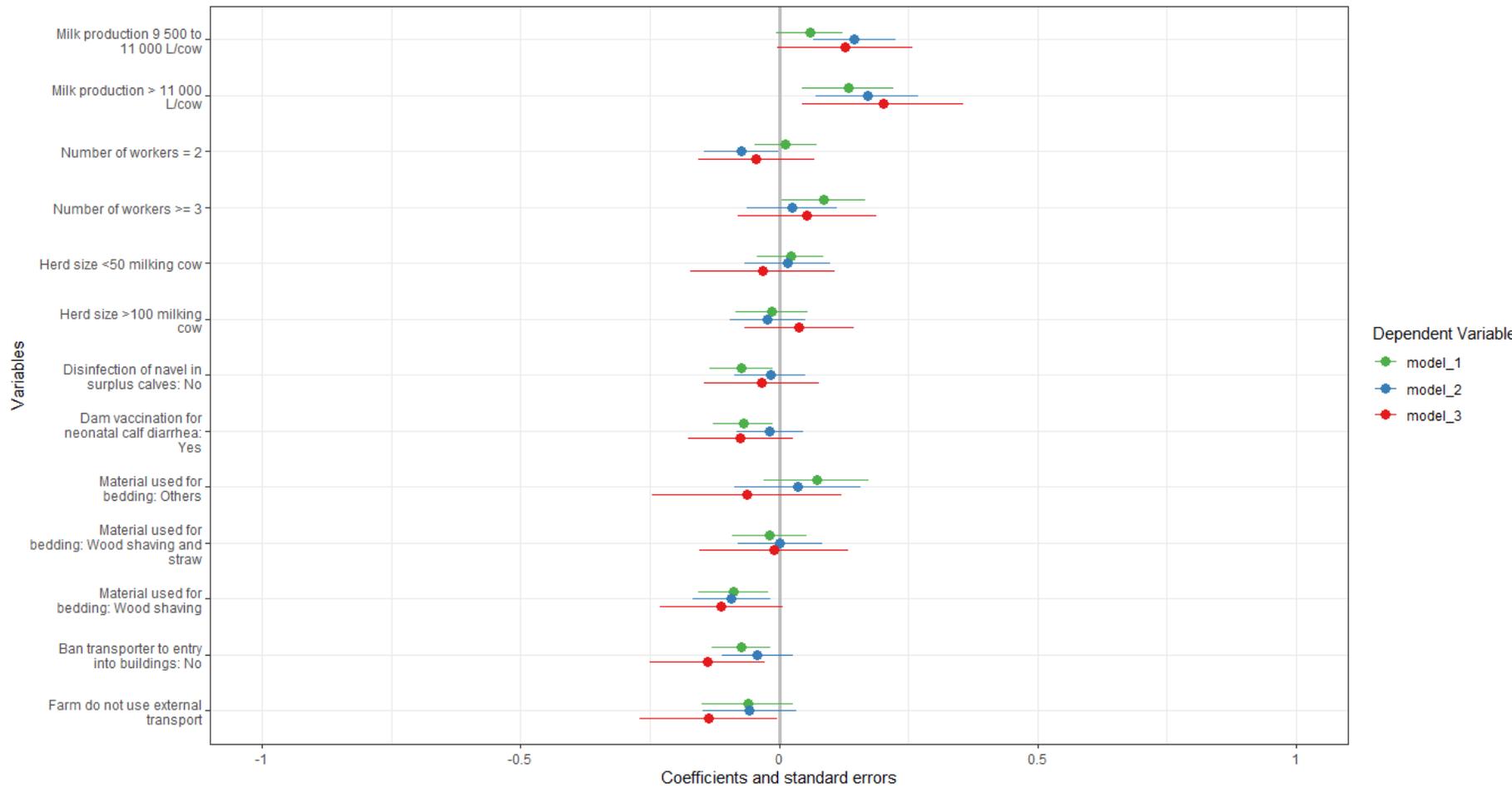


Figure 4. In this figure the results is show results of the assessment of impact of the number of surplus calves sold by farm on multivariable model. In x axe are reported coefficients (dot) and standard errors (line) from the linear regression models (green=

main model with all dairy farm enrolled in this study (n=409), blue= Model 2 with dairy farm enrolled in this study that are sold two or more calves over the sale days considered in this study (n=225), red= Model 3 with the farm that are sold three or more calves over the sales days considered in this study (n=97). In the y axe are reported the variable figured out statistically significant ($< 0,05$) at the manual backward made to build multivariable linear regression model.

3.10 References

- Al Mawly, J., A. Grinberg, D. Prattley, J. Moffat, J. Marshall, and N. French. 2015. Risk factors for neonatal calf diarrhoea and enteropathogen shedding in New Zealand dairy farms. *Vet J* 203(2):155-160. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.01.010>
- Bank of Canada. 2022. Inflation calculator. <https://www.bankofcanada.ca/rates/related/inflation-calculator/>
- Bolton, S. E. and M. A. G. von Keyserlingk. 2021. The Dispensable Surplus Dairy Calf: Is This Issue a "Wicked Problem" and Where Do We Go From Here? *Front Vet Sci* 8:660934. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.660934>
- Boulton, A., N. Kells, N. Beausoleil, N. Cogger, C. Johnson, A. Palmer, R. Laven, and C. O'Connor. 2018. Bobby Calf Welfare Across the Supply Chain-Final Report for Year 1 Prepared for the Ministry for Primary Industries. <https://www.agriculture.govt.nz/dmsdocument/30005/direct>
- Boulton, A. C., N. J. Kells, N. Cogger, C. B. Johnson, C. O'Connor, J. Webster, A. Palmer, and N. J. Beausoleil. 2020. Risk factors for bobby calf mortality across the New Zealand dairy supply chain. *Prev Vet Med* 174:104836. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104836>
- Bowling, A. 2005. Mode of questionnaire administration can have serious effects on data quality. *J Public Health (Oxf)* 27(3):281-291. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdi031>
- Brand, A., Noordhuizen, J. P. T. M., & Schukken, Y. H. (Eds.) (1996). Herd health and production management in dairy practice. Wageningen Pers.
- Buczinski, S., G. Fecteau, L. Blouin, and M. Villettaz-Robichaud. 2021. Factors affecting dairy calf price in auction markets in Quebec, Canada: 2008-2019. *J Dairy Sci* 104(4):4635-4649. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19523>
- Buczinski, S., G. Fecteau, M. Cichocki, S. Ferraro, J. Arsenault, Y. Chorfi, M. Costa, J. Dubuc, D. Francoz, M. Rousseau, and M. Villettaz-Robichaud. 2022. Development of a multivariable prediction model to identify dairy calves too young to be transported to auction markets in Canada using simple physical examination and body weight. *J Dairy Sci* 105(7):6144-6154. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21806>
- Choi, B. C. and A. W. Pak. 2005. A catalog of biases in questionnaires. *Prev Chronic Dis* 2(1):A13. http://www.cdc.gov/pcd/issues/2005/jan/04_0050.htm
- Creutzinger, K., J. Pempek, G. Habing, K. Proudfoot, S. Locke, D. Wilson, and D. Renaud. 2021. Perspectives on the Management of Surplus Dairy Calves in the United States and Canada. *Front. Vet. Sci.* 8:661453 8(344). <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.661453>
- de Jong, E., K. Frankena, and K. Orsel. 2021. *Vet Rec Open* 8(1):e19. <https://doi.org/10.1002/vro2.19>
- Diez-Roux, A. V. 1998. Bringing context back into epidemiology: variables and fallacies in multilevel analysis. *Am J Public Health* 88(2):216-222. <https://doi.org/10.2105/AJPH.88.2.216>
- Diez Roux, A. V. 2002. A glossary for multilevel analysis. *J Epidemiol Community Health* 56(8):588-594. <http://dx.doi.org/10.1136/jech.56.8.588>
- Dohoo, I. R., S. W. Martin, and H. Stryhn. 2009. *Veterinary epidemiologic research*. 2nd ed. VER, Inc., Charlottetown, P.E.I.

Green, M., A. J. Bradley, J. E. Breen, H. M. Higgins, C. D. Hudson, J. N. Huxley, J. Statham, L. E. Green, and A. Hayton. 2012. Dairy herd health. CABI, Wallingford, Oxfordshire, UK.

Klein-Jobstl, D., M. Iwersen, and M. Drillich. 2014. Farm characteristics and calf management practices on dairy farms with and without diarrhea: a case-control study to investigate risk factors for calf diarrhea. *J Dairy Sci* 97(8):5110-5119. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7695>

Kolstrup, C. L. 2012. What factors attract and motivate dairy farm employees in their daily work? *Work* 41 Suppl 1:5311-5316. <https://content.iospress.com/articles/work/wor0049>

Lago, A., S. M. McGuirk, T. B. Bennett, N. B. Cook, and K. V. Nordlund. 2006. Calf respiratory disease and pen microenvironments in naturally ventilated calf barns in winter. *J Dairy Sci* 89(10):4014-4025. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72445-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72445-6)

Lüdecke, D. 2018. sjPlot: Data visualization for statistics in social science. R package version 2(1). <https://strengjacke.github.io/sjPlot/>

MAPAQ. 2019. DE L'INDUSTRIE DU BOEUF ET DU VEAU LOURD AU QUÉBEC 2015-2019. https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Portait_diagnostic_sectoriel_boeuf_veau.pdf

Marquou, S., L. Blouin, H. Djakite, R. Laplante, and S. Buczinski. 2019. Health parameters and their association with price in young calves sold at auction for veal operations in Quebec, Canada. *J Dairy Sci* 102(7):6454-6465. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16051>

Mee, J. F. 2020. Denormalizing poor dairy youngstock management: dealing with "farm-blindness". *J Anim Sci* 98(Suppl 1):S140-S149. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa137>

Moore, D. A., C. C. Blackburn, J. A. Afema, D. R. Kinder, and W. M. Sisco. 2021. Describing motivation for health and treatment decisions and communication choices of calf-care workers on western United States dairies. *J Dairy Sci* 104(3):3197-3209. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18669>

PBQ. 2021. PBQ-Publications-Archives. <http://bovin.qc.ca/publications/archives/2021-2/>

Perrault, A.-S. 2020. Santé et bien-être des veaux laitières au Québec PURPAN école d'ingénieurs.

R Core Team. 2020. A Language and Environment for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/index.html>

Reed, L. M., D. L. Renaud, and T. J. DeVries. 2022. Male dairy calf welfare: A Canadian perspective on challenges and potential solutions. *Can Vet J* 63(2):187-193.

Renaud, D. and B. Pardon. 2022. Preparing Male Dairy Calves for the Veal and Dairy Beef Industry. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 38(1):77-92. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2021.11.006>

Renaud, D. L., T. F. Duffield, S. J. LeBlanc, D. B. Haley, and D. F. Kelton. 2017. Management practices for male calves on Canadian dairy farms. *J Dairy Sci* 100(8):6862-6871. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12750>

Renaud, D. L., D. F. Kelton, S. J. LeBlanc, D. B. Haley, and T. F. Duffield. 2018. Calf management risk factors on dairy farms associated with male calf mortality on veal farms. *J Dairy Sci* 101(2):1785-1794. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13578>

Risco, C. A. and P. Melendez Retamal. 2011. Dairy production medicine. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa.

Ritter, C., J. Jansen, S. Roche, D. F. Kelton, C. L. Adams, K. Orsel, R. J. Erskine, G. Benedictus, T. Lam, and H. W. Barkema. 2017. Invited review: Determinants of farmers' adoption of management-based strategies for infectious disease prevention and control. *J Dairy Sci* 100(5):3329-3347. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11977>

Rushen, J. 2008. The welfare of cattle. *Animal welfare*. No. 5. Springer, Dordrecht.

Shelley, A. and K. Horner. 2021. Questionnaire surveys - sources of error and implications for design, reporting and appraisal. *Br Dent J* 230(4):251-258. <https://www.nature.com/articles/s41415-021-2654-3>

Southwood, K. E. 1974. Goodman and Kruskal's Tau-b as Correlation Ratio: Some Implications. 3(1):82-110. <https://doi.org/10.1007/s11336-020-09730-5>

Strobe-vet statement. 2021. Strobe-vet Doc check-list. <https://strobevet-statement.org/>

Turcotte, M., S. Buczinski, A. Leboeuf, J. Harel, D. Bélanger, D. Tremblay, C. A. Gagnon, and J. Arsenault. 2021. Epidemiological study of *Coxiella burnetii* in dairy cattle and small ruminants in Québec, Canada. *Prev Vet Med* 191:105365. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105365>

Veal Farm. 2021. Where is veal raised?. <https://www.veal.org/>

Villettaz Robichaud, M., J. Rushen, A. M. de Passille, E. Vasseur, D. Haley, and D. Pellerin. 2019a. Associations between on-farm cow welfare indicators and productivity and profitability on Canadian dairies: II. On tiestall farms. *J Dairy Sci* 102(5):4352-4363. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14818>

Villettaz Robichaud, M., J. Rushen, A. M. de Passille, E. Vasseur, K. Orsel, and D. Pellerin. 2019b. Associations between on-farm animal welfare indicators and productivity and profitability on Canadian dairies: I. On freestall farms. *J Dairy Sci* 102(5):4341-4351. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14817>

Wilson, D. J., J. A. Pempek, S. M. Roche, K. C. Creutzinger, S. R. Locke, G. Habing, K. L. Proudfoot, K. A. George, and D. L. Renaud. 2021. A focus group study of Ontario dairy producer perspectives on neonatal care of male and female calves. *J Dairy Sci* 104(5):6080-6095. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19507>

Wilson, D. J., J. Stojkov, D. L. Renaud, and D. Fraser. 2020a. Risk factors for poor health outcomes for male dairy calves undergoing transportation in western Canada. *Can Vet J* 61(12):1265-1272.

Wilson, D. J., J. Stojkov, D. L. Renaud, and D. Fraser. 2020b. Short communication: Condition of male dairy calves at auction markets. *J Dairy Sci* 103(9):8530-8534. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17860>

Winder, C. B., D. F. Kelton, and T. F. Duffield. 2016. Mortality risk factors for calves entering a multi-location white veal farm in Ontario, Canada. *J Dairy Sci* 99(12):10174-10181. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11345>

4.0 Discussion générale

Les résultats de cette étude démontrent que les caractéristiques et les pratiques de la ferme d'origine sont associées au prix de vente des veaux laitiers à l'encan.

Sur les bases des résultats de cette étude, il apparaît que les fermes ayant une haute production laitière par vache/an (supérieur à 11 000 L/vache/an), et les fermes ayant un grand nombre des travailleurs affectés à la prise en charge des veaux vendaient les veaux laitiers plus chers. Au contraire, les fermes qui vendaient les veaux moins chers étaient les fermes dans lesquelles: i) les vaches étaient vaccinées contre les diarrhées néonatales du veau, ii) il n'y avait pas de routine de désinfection de l'ombilic des veaux à la naissance, iii) l'accès à l'intérieur des bâtiments de la ferme n'était pas interdit aux transporteurs et iv) la paille de bois était utilisée comme litière pour des veaux.

4.1 Discussions des résultats de l'étude

La production laitière est la première source de revenus d'une ferme laitière (Brand et al., 2001). Dans cette étude la production moyenne par vache/année des fermes enrôlées dans le projet était de 9936 (\pm 1848 litres). Ce résultat est en ligne avec la production moyenne de lait des fermes québécoises (entre 9 360 et 10 187 kilogrammes de lait non corrigé par vache/an) (AGECO, 2020).

La production laitière par vache/an dépend de plusieurs facteurs tels que la régulation alimentaire des vaches en lactation, la régulation des vaches en transition, les performances reproductives du troupeau et la santé des animaux à la ferme (Brand et al., 2001; Green et al., 2012; Risco & Melendez Retamal, 2011). Une haute production laitière par vache/an

est un indicateur d'une bonne régie de la ferme (Brand et al., 2001). La production laitière moyenne par vache/an peut-être aussi considérée comme un possible indicateur de bien-être des bovins laitiers quand il est combiné avec d'autres indicateurs de bien-être (par exemple comme le risque de réforme et l'occurrence de maladies à la ferme) (Rushen, 2008). Comme cela a déjà été rapporté dans la littérature (voir le paragraphe 1.3.1.4), des études canadiennes ont démontré que la production laitière par vache/an est associée au bien-être des animaux (Villettaz Robichaud, Rushen, de Passille, Vasseur, Haley, et al., 2019; Villettaz Robichaud, Rushen, de Passille, Vasseur, Orsel, et al., 2019). Dans les fermes en stabulation libre, la production moyenne par vache est positivement associée à l'utilisation de la ration totale mélangée, à une faible prévalence des boiteries et à un meilleur confort des animaux. Dans les fermes en stabulation entravée, la production laitière par vache/an est associée au confort et à l'interaction entre la valeur génétique des animaux et la prévalence des boiteries chez les vaches (Villettaz Robichaud, Rushen, de Passille, Vasseur, Haley, et al., 2019; Villettaz Robichaud, Rushen, de Passille, Vasseur, Orsel, et al., 2019). Dans cette étude, les fermes avec la plus haute production laitière par vache/an étaient capables de vendre les veaux laitiers plus chers probablement parce qu'ils avaient une bonne régie du troupeau et des animaux, en général, ainsi qu'une faible prévalence des maladies en lien avec une bonne qualité des soins donnés aux animaux de la ferme.

L'autre caractéristique de la ferme positivement associée au prix des veaux est le nombre de travailleurs présent sur la ferme disponible pour s'occuper des veaux. Précédemment, il a été rapporté dans la revue de la littérature (voir paragraphe 1.3.1.5) que les caractéristiques du personnel de la ferme (sexe, âge, années d'expérience, formation)

ont un impact sur la régie et la santé des veaux (Al Mawly et al., 2015; D. L. Renaud et al., 2017). Dans cette étude, nous avons mis en évidence l'association positive entre le nombre des travailleurs qui prenaient soin des veaux et leur prix à la vente, nous n'avons pas vu une association positive associée aux années d'expérience du personnel pour s'occuper des veaux ni à leur formation (formation agricole ou pas). Enfin, dans le questionnaire utilisé pour la collecte de nos données, il n'avait pas de questions sur le sexe des travailleurs qui s'occupaient des veaux. Il faut souligner que l'effet « nombre d'employés responsables des veaux » était influencé par le nombre des vaches en lactation à la ferme (donc par la taille de la ferme), mais entre ces deux prédicteurs (nombre de travailleurs disponibles à la ferme pour prendre soin des veaux et le nombre des vaches en lactation) il n'avait pas d'interaction statistiquement significative. Probablement, la disponibilité des travailleurs à la ferme permettrait au personnel de consacrer plus de temps aux soins des veaux et des veaux laitiers en particulier, et donc finalement de vendre les veaux laitiers à un meilleur prix. En ce sens, une autre étude canadienne menée en Ontario (donc dans un système laitier très similaire de celui du Québec) a rapporté que les fermiers priorisent les soins aux vaches en lactation et aux génisses à détriment des veaux laitiers (Wilson et al., 2021). Les veaux laitiers sont souvent négligés, car ils sont considérés juste comme une source de travail supplémentaire qui n'est pas rentable dans la plupart des fermes (Wilson et al., 2021). Cette pénalisation de la régie des veaux laitiers pourrait être exacerbée dans les fermes où le nombre des travailleurs disponibles est limité ou bien inférieures aux besoins de la ferme. Ceci pourrait être le cas des fermes laitières au Québec où il y a en plus une pénurie de travailleurs agricoles (Hélie, 2022; Valiante, 2020).

Par ailleurs, il faut considérer qu'un plus grand nombre de travailleurs présents à la ferme pourrait permettre d'éviter le phénomène qui est appelé «cécité des fermiers» (Mee, 2020). Cette expression décrit l'incapacité de fermiers de voir les problèmes de la ferme parce que pour eux ils représentent la normalité. Par exemple, une haute mortalité des veaux peut être considérée comme normale dans une ferme où la mortalité des veaux est historiquement haute (Mee, 2020). Ce phénomène est lié au fait que les fermiers n'ont pas assez d'échanges d'opinions avec des pairs (Mee, 2020). À ce sujet-là, une étude qui a été publiée aux États-Unis a rapporté que la plus grande source d'informations et de connaissances pour les travailleurs à la ferme sont les autres travailleurs de la ferme (Moore et al., 2021). La majorité des échanges entre les travailleurs à la ferme s'effectue sous forme d'échanges verbaux (Moore et al., 2021). Donc un plus grand nombre de travailleurs présent à la ferme pourrait contribuer à plus d'échanges d'opinions et de connaissances entre travailleurs. Il pourrait aussi permettre le développement d'un esprit d'équipe et être une source de motivations (Kolstrup, 2012). Ainsi le développement des connaissances et une forte motivation pourraient avoir des effets positifs sur la qualité des veaux laitiers mis en marché.

Les résultats de cette étude ont aussi mis en évidence que certaines pratiques de la ferme sont négativement associées au prix des veaux laitiers. Entre autres, la vaccination des vaches contre les diarrhées néonatales des veaux et la non-désinfection de l'ombilic à la naissance. Dans la littérature (voir paragraphe 1.4.2.3), il a déjà été mentionné que la vaccination des vaches contre les diarrhées néonatales des veaux pourrait s'avérer inefficace surtout lorsque les pathogènes responsables de la diarrhée sont des parasites (e.g., *Cryptosporidium* spp.), car non visée par la vaccination (Al Mawly et al., 2015).

L'efficacité de la vaccination des vaches contre les diarrhées néonatales est aussi liée à plusieurs autres pratiques et caractéristiques de la ferme telles que la régie du colostrum, l'alimentation, le logement et la biosécurité (Chase, 2022; Green et al., 2012). D'autres études ont aussi rapporté que la vaccination des vaches et les diarrhées néonatales sont aussi associées à la présence de cette maladie sur la ferme (Al Mawly et al., 2015; Bendali et al., 1999). Donc probablement les éleveurs vaccinent les vaches, car ils ont déjà des problèmes de diarrhées néonatales chez les veaux.

L'autre prédicteur négativement associé au prix des veaux laitiers est l'absence de désinfection de l'ombilic des veaux. Cette procédure est une recommandation faite pour la prévention des affections ombilicales, mais l'efficacité de cette pratique n'a pas encore été démontrée scientifiquement (voir paragraphe 1.4.2.2). Des travaux de recherche ont été récemment publiés sur ce sujet, mais elles ne permettent pas de conclure sur la réelle efficacité de cette procédure. En effet, la plupart de ces études sont menées sur un nombre limité de veaux et ces animaux sont suivis sur une courte période (entre 24 et 72 heures) ce qui est le plus souvent trop court pour permettre aux affections ombilicales de se développer (Fordyce, Timms, Stalder, & Tyler, 2018; Robinson, Timms, Stalder, & Tyler, 2015). De plus, les études portant sur la désinfection de l'ombilic sont des essais randomisés contrôlés qui comparent différents produits pour la désinfection de l'ombilic en même temps, mais dans lesquelles aucun groupe contrôle négatif (sans désinfection de l'ombilic) n'est inclus (Fordyce et al., 2018; Robinson et al., 2015; Wieland, Mann, Guard, & Nydam, 2017) ce qui ne permet pas de déterminer si la désinfection de l'ombilic est efficace ou non. Toutefois, un essai randomisé et avec un groupe contrôle sans traitement a été récemment conduit au Canada (voir paragraphe 1.4.2.2). Cette étude n'a pas permis

de mettre en évidence une différence statistiquement significative entre le groupe traité et le groupe témoin (Van Camp, 2021). Mais il faut souligner que cette étude a été faite au niveau individuel donc du veau, mais ne tenait pas compte des inférences au « niveau ferme » par exemple comme la conduite d'élevage. Dans le cadre de cette étude, l'association négative entre la vaccination des vaches contre les diarrhées néonatales, la non-désinfection de l'ombilic des veaux laitiers à la naissance et le prix des veaux laitiers est probablement confondu avec d'autres caractéristiques ou pratiques de la ferme qui n'ont pas été étudiées.

L'autre pratique négativement associée au prix de veaux laitiers est l'absence d'interdiction aux transporteurs d'entrer dans le bâtiment de la ferme. Elle pourrait être considérée comme un proxy du respect des mesures de biosécurité à la ferme. Au regard de cette variable, il faut tenir en considération qu'une partie des fermes (13%) n'utilisait pas de transporteur externe et donc probablement utilisait un propre transport. Donc pour ces fermes, il n'est pas possible considérer ce prédicteur comment un proxy du respect des mesures de biosécurité à la ferme. Les fermes qui interdisaient l'entrée des transporteurs dans les bâtiments de la ferme ont probablement moins de risques d'introduire des maladies. Elles ont aussi rassemblement une meilleure gestion de la ferme en général et elles sont capables de produire des veaux laitiers de meilleure qualité donc vendus à un meilleur prix. Probablement, cette association est confondue avec des caractéristiques et des pratiques sur les fermes que nous n'avons pas identifiées dans cette étude.

Dans la littérature, il a été rapporté que l'utilisation de la ripe de bois pour la litière des veaux laitiers est associée négativement à leur santé et à leurs performances (voir paragraphe 1.4.3.3.1). Les veaux qui sont logés sur la ripe de bois ont plus de difficultés à

se créer une « niche » qui ne leur permettrait pas bien de se protéger du froid. Ce dernier jouerait un rôle important dans leur santé et leur d'après la littérature (voir paragraphe 1.4.3.3.3). Dans ces études, il apparaît que les basses températures environnementales obligent les veaux à utiliser leurs réserves de gras corporelles et l'énergie de la ration alimentaire pour leur thermorégulation. Mais la collecte des données de cette étude a été réalisée pendant l'été, donc pendant un moment où les températures environnementales étaient élevées. La capacité absorbante de la rîpe de bois pourrait être une autre explication. La paille a de meilleures capacités absorbante et drainante par rapport à la rîpe de bois (Panivivat, Kegley, Pennington, Kellogg, & Krumpelman, 2004). Ces caractéristiques de la paille pourraient permettre aux veaux de rester dans un environnement propre et avec un niveau de contamination bactérienne limité. Ceci pourrait expliquer que dans cette étude, les veaux logés sur la paille avaient de meilleures performances en gain de poids, moins de risques d'être malade, et donc ils étaient vendus plus cher que les veaux logés sur la rîpe de bois.

4.2 Limites de l'étude

4.2.1 Quantité de la variance expliquée par le modèle

Le modèle de régression linéaire multivariable qu'a été développé pour explorer l'association entre les caractéristiques, les pratiques de la ferme et le prix des veaux n'explique que le 12% de la variance du prix des veaux laitiers à l'encan. Donc, les 88% de la variance du prix des veaux, dans le cadre de cette étude, restent inexpliqués. Probablement, la quantité des données collectées dans le questionnaire était trop limitée pour expliquer le prix des veaux laitiers. Par ailleurs, ce résultat est la conséquence de la

complexité liée à la détermination de la valeur des veaux laitiers lors de leur mise sur le marché. Comme il a été décrit dans la littérature, le prix de veaux laitiers à suivre la loi de la demande et de l'offre (voir paragraphe 1.2.4). Mais il dépend aussi d'autres facteurs, tels que le site de vente, la journée de vente, les conditions du transport et l'état de santé du veau laitier (S. Buczinski et al., 2021; Marquou et al., 2019).

Un aspect important pour la détermination du prix de veaux laitiers qui n'a pas été pris en considération dans la littérature est le moment du passage du veau laitier dans le « ring » pour l'encan. C'est dans ce moment très court (moins d'une minute) que les acheteurs décident de la valeur des veaux laitiers (PBQ, 2021a). Ainsi, dans le contexte Québécois, on peut évaluer comment un acheteur estime le veau très rapidement lors de son passage dans le ring en fonction de leur âge, leur état de santé et leur destination (engraissement comme un veau de lait ou veaux de grain) (PBQ, 2021a). Cette évaluation dépend beaucoup de l'expérience personnelle de l'acheteur et du « momentum » où le veau est vendu. Cette évaluation s'avère donc très subjective et difficilement explicable par un modèle statistique.

4.2.2 Le risque de biais atomistique

Cette étude était une étude « multi-niveau ». Les études sont définies « multi-niveau » quand la variable dépendante est au « niveau individu » et les prédicteurs sont au « niveau groupe » (Oxford, 2022). Dans cette étude la variable dépendante est le prix des veaux laitiers vendus par les fermes et les prédicteurs sont les caractéristiques et les pratiques des fermes. Cette typologie d'étude est concernée par le risque de biais atomistique. Le biais atomistique existe quand il y a des inférences erronées sur un groupe ou une population sur la base des observations collectées au « niveau individu » (Diez-Roux, 1998; Diez Roux,

2002). Le possible risque de biais atomistique de cette étude vient du fait que les fermes laitières enrôlées ont vendu un nombre limité de veaux laitiers pendant la période où a été réalisée l'étude (en médiane les fermes ont vendu 2 veaux laitiers). Donc il y a théoriquement un risque de faire des inférences erronées sur les caractéristiques et les pratiques des fermes associées au prix de veaux laitiers sur la base d'un nombre limité des veaux laitiers vendus par ferme. Pour évaluer l'impact du nombre des veaux sur l'association retrouvée dans cette étude, les prédicteurs du modèle multivariable de la régression linéaire ont été testés sur deux sous-ensembles des fermes. Les deux sous-ensembles étaient constitués, respectivement, par les fermes qui avaient vendu au moins deux veaux laitiers et par les fermes qui avaient vendu au moins trois veaux laitiers. Cette évaluation n'a pas permis d'identifier de grosses différences dans les directions des associations entre les caractéristiques et les pratiques des fermes d'une part et d'autre part le prix de veaux laitiers identifiés par le modèle multivariable de régression linéaire.

4.2.3 Utilisation des questionnaires en médecine vétérinaire.

Les questionnaires sont un moyen très utilisé en médecine vétérinaire pour la collecte des données, car ils sont faciles à utiliser et peu dispendieux. Il y a plusieurs manières d'utiliser les questionnaires pour la collecte des données qui sont: une entrevue face à face, une entrevue téléphonique ou un formulaire envoyé par voie postale ou, plus récemment, l'enquête peut être réalisée par des questions en ligne sur internet (Dohoo et al., 2009). Mais malgré la fréquente utilisation des questionnaires en recherche vétérinaire, les études sur leur validité en tant qu'outils sont pratiquement inexistantes (Dean, 2015). Toutefois, les études en médecine humaine rapportent que les données collectées à travers

les questionnaires pourraient être biaisées (Bowling, 2005; Choi & Pak, 2005; Shelley & Horner, 2021). Pour la validité d'un questionnaire, il s'avère que le «taux de réponse» est un facteur très important (Bowling, 2005). La proportion d'individus qui ont accepté de répondre au questionnaire sur l'ensemble des individus contactés pour participer au questionnaire joue un rôle important dans la véracité des résultats. Si le « taux de réponse » est faible, appelé aussi « biais de non-réponse », il y a un risque que les données collectées ne représentent pas la réalité (Bowling, 2005; Shelley & Horner, 2021). Le « biais de non-réponse » est considéré comme un de type de biais de sélection. Cette typologie de biais est fréquente pour les questionnaires qui sont administrés par poste ou en ligne sur internet (Bowling, 2005). Cependant, les questionnaires administrés via un interview téléphonique sont moins susceptibles d'être impactés par ce type de biais (Bowling, 2005).

Un autre type de biais qui peut affecter les données collectées est le « biais de désirabilité sociale ». Ce type de biais est typique des questionnaires qui sont réalisés à travers un questionnaire téléphonique. Le « biais de désirabilité sociale » indique la tendance de la personne interrogée de répondre avec des réponses qui sont « socialement acceptables ». Cette étude pourrait être impactée par ce type de biais, car nous avons interrogé les fermiers par téléphone en particulier en ce qui concerne les questions sur la régie du colostrum et la nutrition des veaux laitiers. En effet, ces dernières années, ces pratiques ont fait l'objet de beaucoup d'attention de la part des intervenants dans l'industrie et du grand public (Creutzinger et al., 2021; PBQ, 2021c; Shivley et al., 2019). Donc il y a un risque que les réponses des participants par rapport à ces questions ne reflètent pas la réalité. Toutefois, les résultats de cette étude, sur la régie du colostrum et la nutrition de veaux, étaient très similaires aux résultats obtenus dans une autre enquête menée par

Lactanet (voir paragraphe 1.4.3.2). Donc vraisemblablement, les risques de ce type de biais dans cette étude sont limités.

4.3 Réflexions et perspectives futures de la recherche sur la valorisation des veaux laitiers au Québec

Comme il a été rapporté précédemment, une des limites de cette étude est la faible quantité de variances expliquées par le modèle de régression linéaire. Une autre limite est le faible nombre de veaux vendus par les fermes étudiées durant la période de collecte de données. Pour surmonter ces limites, il serait nécessaire de faire d'autres études en prenant en compte les faiblesses de l'étude que nous avons réalisée. Dans cette étude exploratoire, l'utilisation d'un bref questionnaire téléphonique et le nombre limité de visites à l'encan ont représenté la méthode plus rapide et la plus économique pour la collecte des données. Par conséquent, cette méthode a limité la quantité des informations collectées, ce qui a probablement eu un impact sur les résultats de cette étude. Donc, un des points qui doit être modifié dans une prochaine étude serait la modalité de la collecte des données. Une des façons la plus simple et la plus économique pour améliorer la qualité des résultats serait de demander au PBQ de fournir les données regardant les prix des veaux vendus par les fermes enrôlées dans cette future étude, pendant les six mois avant et les six mois après la période de collecte de données à l'encan. Donc dans la période entre le janvier 2019 et août 2020. De cette façon, il serait possible très facilement d'accroître le nombre des veaux vendus par les fermes enrôlées et donc augmenter la précision statistique des associations retrouvées en minimisant encore plus le risque de biais atomistique. Par contre, cette stratégie ne permettrait pas d'améliorer la quantité et qualité des données en relation avec les caractéristiques et les pratiques de la ferme. En conséquence, les données dérivant de

cette stratégie ne permettront pas d'augmenter la quantité de variance expliquée par le modèle de régression linéaire

Pour récolter plus d'information, il serait nécessaire de collecter des données avec une enquête avec plus de questions regardant les caractéristiques et les pratiques de la ferme. Ce questionnaire pourrait être administré par entrevue directe aux producteurs et couplée avec une visite de la ferme. Cette dernière pourrait permettre d'évaluer les caractéristiques de la ferme telles que l'hygiène générale et des logements, mais aussi collecter des données par rapport aux animaux. En même temps, il faudrait collecter le prix des veaux laitiers vendus par les fermes participant à l'étude pour une période de temps prolongée (un an ou plus). Cette stratégie pourrait permettre d'augmenter la qualité et quantité des données collectées. Ceci devrait permettre de probablement mieux saisir les facteurs de risque influençant le prix de veaux laitiers.

A contrario, les coûts de ce type de projet devraient être beaucoup plus élevés par rapport aux coûts du projet que nous avons réalisé. En effet, il faudrait prévoir inclure les frais pour les déplacements à la ferme et les coûts du personnel impliqué dans l'étude (étudiants et techniciens). Il faudrait, aussi, considérer que les éleveurs pourraient probablement être moins motivés à participer à ce type d'étude à cause de la nécessité de beaucoup plus de temps de leur part et donc de faire diminuer le nombre de participants à l'étude. Toutefois cet aspect négatif pourrait être compensé par la possibilité de collecter plus de données sur les caractéristiques de la ferme et la régie des veaux et en particulier les veaux laitiers.

4.4 Réflexion sur les stratégies possibles pour faire augmenter le prix des veaux laitiers lors de leur mise en marché

Wilson et coll. (2021), dans leur étude, discute des solutions pour éviter que le prix des veaux laitiers soit trop faible. Plus précisément, les auteurs font la suggestion d'instituer un prix minimum pour les veaux laitiers ou de faire payer des pénalités aux éleveurs qui vendent des veaux de mauvaise qualité (par exemple des veaux avec un transfert d'immunité passive insuffisant). Je pense qu'il est difficile, voire impossible, d'effectuer l'application de l'une et de l'autre des options. Au regard de la première suggestion, il serait très difficile de fixer un prix minimal à cause des caractéristiques du marché des veaux laitiers qu'est un oligopsonne (paragraphe 1.2.4). Donc les acheteurs ont une grande influence sur la détermination du prix de veaux laitiers. Par ailleurs, la proposition d'appliquer des sanctions pour les veaux de mauvaise qualité est difficilement applicable parce qu'il manque une définition claire d'un veau de bonne qualité. Dans le paragraphe 1.2.4 de la revue de la littérature nous avons rapporté la complexité de la détermination du prix des veaux laitiers. Dans le cadre de cette complexité, il est important que des études comme celle-ci démontrent que la détermination du prix des veaux laitiers commence à la ferme. Il est important faire la divulgation des résultats de cette étude qui démontrent que de bonnes pratiques à la ferme peuvent augmenter la valeur des veaux laitiers et faire de cette catégorie d'animaux non plus un sous-produit, mais un co-produit de l'industrie laitière. Une autre façon qui pourrait provoquer l'augmentation du prix des veaux laitiers est le recours avec le croisement avec des races des boucheries ou l'utilisation des veaux Holstein pour la production des bouvillons d'abattage (PBQ, 2020b). Les croisements avec des races de boucherie permettraient d'avoir de veaux plus versatiles qui pourraient vendus

comme veaux d'embouche et être utilisé pour l'engraissement comme bouvillons d'abattage. Cette stratégie permettra de réduire la disponibilité des veaux laitiers pour l'industrie du veau lourd et il pourrait faire augmenter le prix de cette catégorie d'animaux

5.0 Conclusions

Les résultats de cette étude démontrent que les pratiques et les caractéristiques de la ferme d'origine sont associées au prix des veaux laitiers. Donc, le prix de veaux laitiers peut être déterminé et influencé par la ferme d'origine. Vraisemblablement, les fermes ayant un haut standard de gestion et qui investit sur les soins donnés aux veaux laitiers sont capables de vendre des veaux laitiers à un prix plus haut.

Par ailleurs, la divulgation des résultats de cette étude peut faire comprendre aux éleveurs que les veaux laitiers peuvent devenir un co-produit rentable de l'industrie laitière, et non juste un sous-produit dont il faut se débarrasser. L'augmentation potentielle de la valeur commerciale des veaux laitiers peut motiver les éleveurs à investir plus de temps dans les soins de cette catégorie d'animaux et donc avoir une augmentation du bien-être de ces animaux.

Finalement, d'autres études seront probablement nécessaires pour améliorer la connaissance au regard des associations entre les caractéristiques et les pratiques de la ferme d'origine et la valeur commerciale de veaux laitiers lors de leurs mises en marché.

6.0 Bibliographie

- AGECO, G. (2020). Faits saillants laitiers québécois. Retrieved from <http://www.groupeageco.ca/fsl/>
- Agricultural Economics. (2015). Annual and Seasonal Price Patterns for Cattle. Retrieved from <https://agecon.unl.edu/cornhusker-economics/2015/annual-and-seasonal-price-patterns-for-cattle>
- Al Mawly, J., Grinberg, A., Prattley, D., Moffat, J., Marshall, J., & French, N. (2015). Risk factors for neonatal calf diarrhoea and enteropathogen shedding in New Zealand dairy farms. *Vet J*, 203(2), 155-160. doi:10.1016/j.tvjl.2015.01.010
- Archambault, V. (2020). [Production veau lourds].
- Bank of Canada. (2022). Inflation calculator Retrieved from <https://www.bankofcanada.ca/rates/related/inflation-calculator/>
- Barrier, A. C., Haskell, M. J., Birch, S., Bagnall, A., Bell, D. J., Dickinson, J., . . . Dwyer, C. M. (2013). The impact of dystocia on dairy calf health, welfare, performance and survival. *Vet J*, 195(1), 86-90. doi:10.1016/j.tvjl.2012.07.031
- Beaudoin, L. J., & Nadeau, P. L. (2019). Présentation des secteurs veau de lait et veau de grain. *Foum veau 2019*.
- Beaver, A., Meagher, R. K., von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2019). Invited review: A systematic review of the effects of early separation on dairy cow and calf health. *J Dairy Sci*, 102(7), 5784-5810. doi:10.3168/jds.2018-15603
- Bendali, F., Sanaa, M., Bichet, H., & Schelcher, F. (1999). Risk factors associated with diarrhoea in newborn calves. *Vet Res*, 30(5), 509-522.
- Bernal-Rigoli, J. C., Allen, J. D., Marchello, J. A., Cuneo, S. P., Garcia, S. R., Xie, G., . . . Duff, G. C. (2012). Effects of housing and feeding systems on performance of neonatal Holstein bull calves. *J Anim Sci*, 90(8), 2818-2825. doi:10.2527/jas.2011-4722
- Bolton, S. E., & von Keyserlingk, M. A. G. (2021). The Dispensable Surplus Dairy Calf: Is This Issue a "Wicked Problem" and Where Do We Go From Here? *Front Vet Sci*, 8, 660934. doi:10.3389/fvets.2021.660934
- Boulton, A., Kells, N., Beausoleil, N., Cogger, N., Johnson, C., Palmer, A., . . . O'Connor, C. (2018). *Bobby Calf Welfare Across the Supply Chain-Final Report for Year 1 Prepared for the Ministry for Primary Industries*.
- Boulton, A. C., Kells, N. J., Cogger, N., Johnson, C. B., O'Connor, C., Webster, J., . . . Beausoleil, N. J. (2019). Risk factors for bobby calf mortality across the New Zealand dairy supply chain. *Prev Vet Med*, 174, 104836. doi:10.1016/j.prevetmed.2019.104836
- Boulton, A. C., Kells, N. J., Cogger, N., Johnson, C. B., O'Connor, C., Webster, J., . . . Beausoleil, N. J. (2020). Risk factors for bobby calf mortality across the New Zealand dairy supply chain. *Prev Vet Med*, 174, 104836. doi:10.1016/j.prevetmed.2019.104836
- Bowling, A. (2005). Mode of questionnaire administration can have serious effects on data quality. *J Public Health (Oxf)*, 27(3), 281-291. doi:10.1093/pubmed/fdi031

Brand, A., Noordhuizen, J. P. T. r. s. M., & Schukken, Y. H. (2001). *Herd health and production management in dairy practice*. Wageningen: Wageningen Pers.

Buckova, K., Sarova, R., Moravcsikova, A., & Spinka, M. (2021). The effect of pair housing on dairy calf health, performance, and behavior. *J Dairy Sci*, *104*(9), 10282-10290. doi:10.3168/jds.2020-19968

Buczinski, S., Fecteau, G., Blouin, L., & Villettaz-Robichaud, M. (2021). Factors affecting dairy calf price in auction markets in Quebec, Canada: 2008-2019. *J Dairy Sci*, *104*(4), 4635-4649. doi:10.3168/jds.2020-19523

Buczinski, S., Fecteau, G., Cichocki, M., Ferraro, S., Arsenault, J., Chorfi, Y., . . . Villettaz-Robichaud, M. (2022). Development of a multivariable prediction model to identify dairy calves too young to be transported to auction markets in Canada using simple physical examination and body weight. *J Dairy Sci*. doi:10.3168/jds.2022-21806

Buczinski, S. F., G., Chichocki, M. (2022).

Cannon, B., & Nedergaard, J. (2011). Nonshivering thermogenesis and its adequate measurement in metabolic studies. *J Exp Biol*, *214*(Pt 2), 242-253. doi:10.1242/jeb.050989

Cave, J. G., Callinan, A. P., & Woonton, W. K. (2005). Mortalities in bobby calves associated with long distance transport. *Aust Vet J*, *83*(1-2), 82-84. doi:10.1111/j.1751-0813.2005.tb12203.x

Chase, C. C. L. (2022). Acceptable Young Calf Vaccination Strategies-What, When, and How? *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, *38*(1), 17-37. doi:10.1016/j.cvfa.2021.11.002

Choi, B. C., & Pak, A. W. (2005). A catalog of biases in questionnaires. *Prev Chronic Dis*, *2*(1), A13.

Cockcroft, P. D. (2015). *Bovine medicine* (Third edition. ed.). Chichester, West Sussex: Wiley Blackwell.

Colditz, I. G., Ferguson, D. M., Collins, T., Matthews, L., & Hemsworth, P. H. (2014). A Prototype Tool to Enable Farmers to Measure and Improve the Welfare Performance of the Farm Animal Enterprise: The Unified Field Index. *Animals (Basel)*, *4*(3), 446-462. doi:10.3390/ani4030446

Costa, J. H., Meagher, R. K., von Keyserlingk, M. A., & Weary, D. M. (2015). Early pair housing increases solid feed intake and weight gains in dairy calves. *J Dairy Sci*, *98*(9), 6381-6386. doi:10.3168/jds.2015-9395

Costa, J. H. C., von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2016). Invited review: Effects of group housing of dairy calves on behavior, cognition, performance, and health. *J Dairy Sci*, *99*(4), 2453-2467. doi:10.3168/jds.2015-10144

Creutzinger, K., Pempek, J., Habing, G., Proudfoot, K., Locke, S., Wilson, D., & Renaud, D. (2021). Perspectives on the Management of Surplus Dairy Calves in the United States and Canada. *8*(344). doi:10.3389/fvets.2021.661453

Crouch, C. F., Oliver, S., & Francis, M. J. (2001). Serological, colostral and milk responses of cows vaccinated with a single dose of a combined vaccine against rotavirus, coronavirus and Escherichia coli F5 (K99). *Vet Rec*, *149*(4), 105-108. doi:10.1136/vr.149.4.105

- de Jong, E., Frankena, K., & Orsel, K. (2021). Risk factors for digital dermatitis in free-stall-housed, Canadian dairy cattle. *Vet Rec Open*, 8(1), e19. doi:10.1002/vro2.19
- Dean, R. S. (2015). The use and abuse of questionnaires in veterinary medicine. *Equine Vet J*, 47(4), 379-380. doi:10.1111/evj.12429
- Devant, M., & Marti, S. (2020). Strategies for Feeding Unweaned Dairy Beef Cattle to Improve Their Health. *Animals (Basel)*, 10(10). doi:10.3390/ani10101908
- DG-AGRI. (2020). Beef production Retrieved from <https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DashboardBeef/BeefProduction.html>
- Diez-Roux, A. V. (1998). Bringing context back into epidemiology: variables and fallacies in multilevel analysis. *Am J Public Health*, 88(2), 216-222. doi:10.2105/ajph.88.2.216
- Diez Roux, A. V. (2002). A glossary for multilevel analysis. *J Epidemiol Community Health*, 56(8), 588-594. doi:10.1136/jech.56.8.588
- Directive council EU. (2008). 114. 8.
- Dohoo, I. R., Martin, S. W., & Stryhn, H. (2009). *Veterinary epidemiologic research* (2nd ed.). Charlottetown, P.E.I.: VER, Inc.
- Drackley, J. K. (2008). Calf nutrition from birth to breeding. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 24(1), 55-86. doi:10.1016/j.cvfa.2008.01.001
- Eur-Lex. (2005). Reg. Europ. 1/2005. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=celex%3A32005R0001>
- Fordyce, A. L., Timms, L. L., Stalder, K. J., & Tyler, H. D. (2018). Short communication: The effect of novel antiseptic compounds on umbilical cord healing and incidence of infection in dairy calves. *J Dairy Sci*, 101(6), 5444-5448. doi:10.3168/jds.2017-13181
- Fornasier, A. (2001). Portait de l'industrie du veau Quebecois. Retrieved from https://www.agrireseau.net/bovinsboucherie/documents/Fornasier_Ann.pdf
- FPLQ. (2020). Essentiels, rapport annuel 2020. Retrieved from http://lait.org/fichiers/RapportAnnuel/FPLQ-2020/RA_LESPLQ_2020_FINAL.pdf
- Gieseke, D., Lambertz, C., & Gauly, M. (2018). Relationship between herd size and measures of animal welfare on dairy cattle farms with freestall housing in Germany. *J Dairy Sci*, 101(8), 7397-7411. doi:10.3168/jds.2017-14232
- Godden, S. (2008). Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 24(1), 19-39. doi:10.1016/j.cvfa.2007.10.005
- Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum Management for Dairy Calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 35(3), 535-556. doi:10.1016/j.cvfa.2019.07.005
- Green, M., Bradley, A. J., Breen, J. E., Higgins, H. M., Hudson, C. D., Huxley, J. N., . . . Hayton, A. (2012). *Dairy herd health* [1 online resource (xiv, 312 pages) : illustrations]. Retrieved from <https://doi.org/10.1079/9781845939977.0000>
- Haley, J. (2017). French Veal Industry the Focus of 6th International Veal Symposium. Retrieved from <http://ontarioveal.on.ca/wp-content/uploads/2015/07/Frances-Veal-Industry.pdf>

Health, C. F. I. A. R. A. t., & Regulations., o. A. (2020). Canada Gazette Part II, SOR/2019-38

2019 p. 47–115. Retrieved from <http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2019/2019-02-20/pdf/g2-15304.pdf>

Hélie, P. (2022). Pénurie de main-d'œuvre: des besoins criants dans le milieu agricole. Retrieved from <https://www.tvanouvelles.ca/2022/03/31/penurie-de-main-duvre-des-besoins-criants-dans-le-milieu-agricole#:~:text=Au%20Qu%C3%A9bec%2C%20en%202017%20il,Trois%2DRivi%C3%A8res%20vers%20les%20fermes.>

Hides, S. J., & Hannah, M. C. (2005). Drying times of umbilical cords of dairy calves. *Aust Vet J*, 83(6), 371-373. doi:10.1111/j.1751-0813.2005.tb15637.x

Hill, T. M., Bateman, H. G., 2nd, Aldrich, J. M., & Schlotterbeck, R. L. (2011). Comparisons of housing, bedding, and cooling options for dairy calves. *J Dairy Sci*, 94(4), 2138-2146. doi:10.3168/jds.2010-3841

Hulbert, L. E., & Moisés, S. J. (2016). Stress, immunity, and the management of calves. *J Dairy Sci*, 99(4), 3199-3216. doi:10.3168/jds.2015-10198

Jodoin, M. (2019). La consommation de viande au Canada de 1960 à 2018. Retrieved from <https://jeanneemard.wordpress.com/2019/08/14/la-consommation-de-viande-au-canada-de-1960-a-2018/>

Klein-Jobstl, D., Iwersen, M., & Drillich, M. (2014). Farm characteristics and calf management practices on dairy farms with and without diarrhea: a case-control study to investigate risk factors for calf diarrhea. *J Dairy Sci*, 97(8), 5110-5119. doi:10.3168/jds.2013-7695

Knowles, T. G., Brown, S. N., Edwards, J. E., Phillips, A. J., & Warriss, P. D. (1999). Effect on young calves of a one-hour feeding stop during a 19-hour road journey. *Vet Rec*, 144(25), 687-692. doi:10.1136/vr.144.25.687

Knowles, T. G., Warriss, P. D., Brown, S. N., Edwards, J. E., Watkins, P. E., & Phillips, A. J. (1997). Effects on calves less than one month old of feeding or not feeding them during road transport of up to 24 hours. *Vet Rec*, 140(5), 116-124. doi:10.1136/vr.140.5.116

Kohara, J., Hirai, T., Mori, K., Ishizaki, H., & Tsunemitsu, H. (1997). Enhancement of passive immunity with maternal vaccine against newborn calf diarrhea. *J Vet Med Sci*, 59(11), 1023-1025. doi:10.1292/jvms.59.1023

Kolstrup, C. L. (2012). What factors attract and motivate dairy farm employees in their daily work? *Work*, 41 Suppl 1, 5311-5316. doi:10.3233/wor-2012-0049-5311

La terre de chez nous. (2019). Conjoncture difficile dans le veau laitier. Retrieved from <https://www.laterre.ca/actualites/elevages/conjoncture-difficile-dans-le-veau-laitier>

La terre de chez nous. (2021). Période d'engorgement pour la vente de veaux laitiers. Retrieved from <https://www.laterre.ca/actualites/elevages/periode-dengorgement-pour-la-vente-de-veaux-laitiers>

La terre de chez nous. (2022). Les bovins laitiers devront bouger davantage. Retrieved from <https://www.laterre.ca/actualites/elevages/les-bovins-laitiers-devront-bouger-davantage>

Lactanet. (2021). Portait des fermes laitières québécoises en matière de logement et de gestion des animaux

- Lago, A., McGuirk, S. M., Bennett, T. B., Cook, N. B., & Nordlund, K. V. (2006). Calf respiratory disease and pen microenvironments in naturally ventilated calf barns in winter. *J Dairy Sci*, 89(10), 4014-4025. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72445-6
- Laplante, R. (2015). L'industrie du veau lourd au Québec. Retrieved from <http://www.agriconseils.qc.ca/wp-content/uploads/2015/11/201508-17-Industrie-du-veau-lourd-au-Qu%C3%A9bec.pdf>
- Liu, S., Ma, J., Li, J., Alugongo, G. M., Wu, Z., Wang, Y., . . . Cao, Z. (2019). Effects of Pair Versus Individual Housing on Performance, Health, and Behavior of Dairy Calves. *Animals (Basel)*, 10(1). doi:10.3390/ani10010050
- Lorenz, I. (2021). Calf health from birth to weaning - an update. *Ir Vet J*, 74(1), 5. doi:10.1186/s13620-021-00185-3
- Lorenz, I., Mee, J. F., Earley, B., & More, S. J. (2011). Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention. *Ir Vet J*, 64(1), 10. doi:10.1186/2046-0481-64-10
- Loucks, M. E., Morrill, J. L., & Dayton, A. D. (1985). Effect of prepartum vaccination with K99 Escherichia coli vaccine on maternal and calf blood antibody concentration and calf health. *J Dairy Sci*, 68(7), 1841-1847. doi:10.3168/jds.S0022-0302(85)81037-7
- Love, W. J., Lehenbauer, T. W., Kass, P. H., Van Eenennaam, A. L., & Aly, S. S. (2014). Development of a novel clinical scoring system for on-farm diagnosis of bovine respiratory disease in pre-weaned dairy calves. *PeerJ*, 2, e238. doi:10.7717/peerj.238
- Lundborg, G. K., Svensson, E. C., & Oltenacu, P. A. (2005). Herd-level risk factors for infectious diseases in Swedish dairy calves aged 0-90 days. *Prev Vet Med*, 68(2-4), 123-143. doi:10.1016/j.prevetmed.2004.11.014
- Lüdecke, D. (2018). sjPlot: Data visualization for statistics in social science. *R package version*, 2(1).
- Mahendran, S. A., Wathes, D. C., Booth, R. E., & Blackie, N. (2021). The Health and Behavioural Effects of Individual versus Pair Housing of Calves at Different Ages on a UK Commercial Dairy Farm. *Animals (Basel)*, 11(3). doi:10.3390/ani11030612
- MAPAQ. (2010). Monographie de l'industrie du bœuf et du veau au Québec Retrieved from <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2006823>
- MAPAQ. (2019). *DE L'INDUSTRIE DU BOEUF ET DU VEAU LOURD AU QUÉBEC 2015-2019*.
- MAPAQ. (2020a). L'agriculture biologique au Québec et au Canada. Retrieved from https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Bioclips/BioClips2018/Volume_26_no20.pdf
- MAPAQ. (2020b). Production laitière biologique. Mythes, réalités et opportunités. Retrieved from <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/BasSaintLaurent/productionlaitierebiomytherealitedixhuit.pdf>

Marcato, F., van den Brand, H., Kemp, B., Engel, B., Wolthuis-Fillerup, M., & van Reenen, K. (2020). Effects of pretransport diet, transport duration, and type of vehicle on physiological status of young veal calves. *J Dairy Sci*, *103*(4), 3505-3520. doi:10.3168/jds.2019-17445

Marce, C., Guatteo, R., Bareille, N., & Fourichon, C. (2010). Dairy calf housing systems across Europe and risk for calf infectious diseases. *Animal*, *4*(9), 1588-1596. doi:10.1017/S1751731110000650

Marquou, S., Blouin, L., Djakite, H., Laplante, R., & Buczinski, S. (2019). Health parameters and their association with price in young calves sold at auction for veal operations in Quebec, Canada. *J Dairy Sci*, *102*(7), 6454-6465. doi:10.3168/jds.2018-16051

McGuirk, S. J. P. r. A. C. V. I. M., Baltimore, MD. (2005). Otitis media in calves. 228-230.

McGuirk, S. M. (2008). Disease management of dairy calves and heifers. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, *24*(1), 139-153. doi:10.1016/j.cvfa.2007.10.003

McGuirk, S. M., & Peek, S. F. (2014). Timely diagnosis of dairy calf respiratory disease using a standardized scoring system. *Anim Health Res Rev*, *15*(2), 145-147. doi:10.1017/S1466252314000267

Meagher, R. K., Beaver, A., Weary, D. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2019). Invited review: A systematic review of the effects of prolonged cow-calf contact on behavior, welfare, and productivity. *J Dairy Sci*, *102*(7), 5765-5783. doi:10.3168/jds.2018-16021

Medrano-Galarza, C., LeBlanc, S. J., DeVries, T. J., Jones-Bitton, A., Rushen, J., Marie de Passille, A., & Haley, D. B. (2017). A survey of dairy calf management practices among farms using manual and automated milk feeding systems in Canada. *J Dairy Sci*, *100*(8), 6872-6884. doi:10.3168/jds.2016-12273

Medrano-Galarza, C., LeBlanc, S. J., Jones-Bitton, A., DeVries, T. J., Rushen, J., Marie de Passille, A., . . . Haley, D. B. (2018). Associations between management practices and within-pen prevalence of calf diarrhea and respiratory disease on dairy farms using automated milk feeders. *J Dairy Sci*, *101*(3), 2293-2308. doi:10.3168/jds.2017-13733

Mee, J. F. (2008a). Newborn dairy calf management. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, *24*(1), 1-17. doi:10.1016/j.cvfa.2007.10.002

Mee, J. F. (2008b). Prevalence and risk factors for dystocia in dairy cattle: a review. *Vet J*, *176*(1), 93-101. doi:10.1016/j.tvjl.2007.12.032

Mee, J. F. (2020). Denormalizing poor dairy youngstock management: dealing with "farm-blindness". *J Anim Sci*, *98*(Suppl 1), S140-S149. doi:10.1093/jas/skaa137

Moore, D. A., Blackburn, C. C., Afema, J. A., Kinder, D. R., & Sischo, W. M. (2021). Describing motivation for health and treatment decisions and communication choices of calf-care workers on western United States dairies. *J Dairy Sci*, *104*(3), 3197-3209. doi:10.3168/jds.2020-18669

Nordlund, K. V., & Halbach, C. E. (2019). Calf Barn Design to Optimize Health and Ease of Management. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, *35*(1), 29-45. doi:10.1016/j.cvfa.2018.10.002

NRC. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: 2001*: National Academies Press.

OBSONO. (2014). Market insight for the Meat and Poultry Industry. *Veal price forecast*(october 2013). Retrieved from http://www.smithpacking.com/VealPriceForecast_10-15-14.pdf

Ohio BEEF Cattle Letter. (2016). Lessons Learned from the 2014 and 2015 Cattle Markets. Retrieved from http://www.smithpacking.com/VealPriceForecast_10-15-14.pdf

Oxford, R. (2022). Atomistic fallacy. Retrieved from <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780199976720.001.0001/acref-9780199976720-e-91>

Panivivat, R., Kegley, E. B., Pennington, J. A., Kellogg, D. W., & Krumpelman, S. L. (2004). Growth performance and health of dairy calves bedded with different types of materials. *J Dairy Sci*, 87(11), 3736-3745. doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73512-2

Pardon, B. a. C., Boudewijn and Boone, Randy and Theys, Hubert and De Bleecker, Koen and Dewulf, Jeroen and Deprez, Piet. (2014). Characteristics and challenges of the modern Belgian veal industry. *VLAAMS DIERGENEESKUNDIG TIJDSCHRIFT*, 83(4), 155--163. Retrieved from <http://vdt.ugent.be/sites/default/files/artikel1.pdf>

PBQ. (2019). Guide d'utilisation pour appareil mobile Android. Retrieved from <http://bovin.qc.ca/wp-content/uploads/2019/05/20190110-Guide-dutilisation-Passeport-veau-Android.pdf>

PBQ. (2020a). Production bovine quebecoise Retrieved from <http://bovin.qc.ca/publications/archives/2020-2/>

PBQ. (2020b). Utilisation de la semence de boucherie dans les troupeaux laitiers. Retrieved from http://bovin.qc.ca/wp-content/uploads/2020/09/Guide-semence-de-boucherie-FINAL_compressed.pdf

PBQ. (2021a). PBQ-Publications-Archives. Retrieved from <http://bovin.qc.ca/publications/archives/2021-2/>

PBQ. (2021b). Veau du Québec Retrieved from <https://www.veauduquebec.com/>

PBQ. (2021c). Veaux laitiers préparation & mise en marché. Retrieved from <http://bovin.qc.ca/wp-content/uploads/2017/09/Fiches-daccompagnements-Capsules-VL.pdf>

PBQ, V. d. g. d. Q. c. (2020). La production de veaux de grain au Québec. Retrieved from <http://veaudegrain.com/la-production/>

PBQ, V. d. l. d. Q. (2020). La production de veaux de lait au Québec: quelques statistiques Retrieved from <https://veadelait.com/la-production/>

Pempek, J. A., Eastridge, M. L., Swartzwelder, S. S., Daniels, K. M., & Yohe, T. T. (2016). Housing system may affect behavior and growth performance of Jersey heifer calves. *J Dairy Sci*, 99(1), 569-578. doi:10.3168/jds.2015-10088

Perrault, A.-S. (2020). *Santé et bien-être des veaux laitieres au Québec* (Memoire d'Ingénieur). PURPAN école d'ingénieurs

Quigley, J. (2007). Calf Note #122 – Calculating ME in milk and milk replacers. *Calf Notes.com*. Retrieved from <https://calfnotes.com/pdffiles/CN122.pdf>

R Core Team. (2020). A Language and Environment for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>

- Raboisson, D., Trillat, P., & Cahuzac, C. (2016). Failure of Passive Immune Transfer in Calves: A Meta-Analysis on the Consequences and Assessment of the Economic Impact. *PLoS One*, *11*(3), e0150452. doi:10.1371/journal.pone.0150452
- REA. (2021). European Veal Meat. Retrieved from <https://ec.europa.eu/chafea/agri/en/campaigns/european-veal-meat>
- Reed, L. M., Renaud, D. L., & DeVries, T. J. (2022). Male dairy calf welfare: A Canadian perspective on challenges and potential solutions. *Can Vet J*, *63*(2), 187-193.
- Renaud, D., & Pardon, B. (2022). Preparing Male Dairy Calves for the Veal and Dairy Beef Industry. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, *38*(1), 77-92. doi:10.1016/j.cvfa.2021.11.006
- Renaud, D. L. (2017). *Why do some calves die and other thrive? An investigation of risk factors impacting male calf health in Ontario*. (Doctor of Philosophy). The University of Guelph, Retrieved from <http://hdl.handle.net/10214/11953>
- Renaud, D. L., Duffield, T. F., LeBlanc, S. J., Haley, D. B., & Kelton, D. F. (2017). Management practices for male calves on Canadian dairy farms. *J Dairy Sci*, *100*(8), 6862-6871. doi:10.3168/jds.2017-12750
- Renaud, D. L., Duffield, T. F., LeBlanc, S. J., Haley, D. B., & Kelton, D. F. (2018). Clinical and metabolic indicators associated with early mortality at a milk-fed veal facility: A prospective case-control study. *J Dairy Sci*, *101*(3), 2669-2678. doi:10.3168/jds.2017-14042
- Renaud, D. L., Kelton, D. F., LeBlanc, S. J., Haley, D. B., & Duffield, T. F. (2018). Calf management risk factors on dairy farms associated with male calf mortality on veal farms. *J Dairy Sci*, *101*(2), 1785-1794. doi:10.3168/jds.2017-13578
- Renaud, D. L., Steele, M. A., Genore, R., Roche, S. M., & Winder, C. B. (2020). Passive immunity and colostrum management practices on Ontario dairy farms and auction facilities: A cross-sectional study. *J Dairy Sci*, *103*(9), 8369-8377. doi:10.3168/jds.2020-18572
- Réussir, B. V. (2017). Veaux de boucherie : une production très européenne. Retrieved from <https://www.reussir.fr/bovins-viande/une-production-tres-europeenne>
- Risco, C. A., & Melendez Retamal, P. (2011). *Dairy production medicine*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell.
- Ritter, C., Jansen, J., Roche, S., Kelton, D. F., Adams, C. L., Orsel, K., . . . Barkema, H. W. (2017). Invited review: Determinants of farmers' adoption of management-based strategies for infectious disease prevention and control. *J Dairy Sci*, *100*(5), 3329-3347. doi:10.3168/jds.2016-11977
- Robinson, A. L., Timms, L. L., Stalder, K. J., & Tyler, H. D. (2015). Short communication: The effect of 4 antiseptic compounds on umbilical cord healing and infection rates in the first 24 hours in dairy calves from a commercial herd. *J Dairy Sci*, *98*(8), 5726-5728. doi:10.3168/jds.2014-9235
- Rushen, J. (2008). *The welfare of cattle*. Dordrecht: Springer.
- Sandelin, A., Härtel, H., Seppä-Lassila, L., Kaartinen, L., Rautala, H., Soveri, T., & Simojoki, H. (2020). Field trial to evaluate the effect of an intranasal respiratory vaccine protocol on bovine respiratory disease incidence and growth in a

commercial calf rearing unit. *BMC Veterinary Research*, 16(1), 73. doi:10.1186/s12917-020-02294-7

Sans, P. (2009). Veal calf industry economics. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 160(8/9), 420-424.

Shelley, A., & Horner, K. (2021). Questionnaire surveys - sources of error and implications for design, reporting and appraisal. *Br Dent J*, 230(4), 251-258. doi:10.1038/s41415-021-2654-3

Shivley, C. B., Lombard, J. E., Urie, N. J., Weary, D. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2019). Management of preweaned bull calves on dairy operations in the United States. *J Dairy Sci*, 102(5), 4489-4497. doi:10.3168/jds.2018-15100

Silva, F. L. M., & Bittar, C. M. M. (2019). Thermogenesis and some rearing strategies of dairy calves at low temperature – a review. *Journal of Applied Animal Research*, 47(1), 115-122. doi:10.1080/09712119.2019.1580199

Southwood, K. E. (1974). Goodman and Kruskal's Tau-b as Correlation Ratio: Some Implications. 3(1), 82-110. doi:10.1177/004912417400300104

Strobe-vet statement. (2021). Strobe-vet Doc check-list. Retrieved from <https://strobevet-statement.org/>

Stull, C., & Reynolds, J. (2008). Calf welfare. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 24(1), 191-203. doi:10.1016/j.cvfa.2007.12.001

Svensson, C., Lundborg, K., Emanuelson, U., & Olsson, S. O. (2003). Morbidity in Swedish dairy calves from birth to 90 days of age and individual calf-level risk factors for infectious diseases. *Prev Vet Med*, 58(3-4), 179-197. doi:10.1016/s0167-5877(03)00046-1

Todd, S., Mellor, D., Stafford, K., Gregory, N., Bruce, R., & Ward, R. J. R. i. V. S. (2000). Effects of food withdrawal and transport on 5-to 10-day-old calves. 68(2), 125-134.

Turcotte, M., Buczinski, S., Leboeuf, A., Harel, J., Bélanger, D., Tremblay, D., . . . Arsenault, J. (2021). Epidemiological study of *Coxiella burnetii* in dairy cattle and small ruminants in Québec, Canada. *Prev Vet Med*, 191, 105365. doi:10.1016/j.prevetmed.2021.105365

Valiante, G. (2020). Les fermes aux prises avec un manque de main-d'œuvre. *La Presse*. Retrieved from <https://www.lapresse.ca/affaires/economie/2020-04-26/les-fermes-aux-prises-avec-un-manque-de-main-d-oeuvre>

Van Amburgh, M. E. (2017). Nutrition of preweaned calf. In D. K. Beede (Ed.), *Large Dairy Herd Management*

Van Camp, M., B. . (2021). *Umbilical Disease: A Hidden Challenge. Investigating Umbilical Health Literature and the Impact of an Umbilical Disinfectant in Cattle*. (Msc). University of Guelph, Guelph. Retrieved from https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/26350/VanCamp_Matthew_202109_Msc.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vasseur, E., Borderas, F., Cue, R. I., Lefebvre, D., Pellerin, D., Rushen, J., . . . de Passille, A. M. (2010). A survey of dairy calf management practices in Canada that affect animal welfare. *J Dairy Sci*, 93(3), 1307-1315. doi:10.3168/jds.2009-2429

Veal Farm. (2021). Where is veal raised? Retrieved from <https://www.vealfarm.com/resources-materials>

Vealthebook.com. (2021). Veal Process-Production and Consomation in Europe. Retrieved from <https://www.vealthebook.com/process/production-and-consumption-in-europe>

Villettaz Robichaud, M., de Passille, A. M., Pearl, D. L., LeBlanc, S. J., Godden, S. M., Pellerin, D., . . . Haley, D. B. (2016). Calving management practices on Canadian dairy farms: Prevalence of practices. *J Dairy Sci*, *99*(3), 2391-2404. doi:10.3168/jds.2015-9641

Villettaz Robichaud, M., Pearl, D. L., Godden, S. M., Rushen, J., LeBlanc, S. J., & Haley, D. B. (2017). Systematic early obstetrical assistance at calving: II. Effects on dairy heifer calf growth, health, and survival to weaning. *J Dairy Sci*, *100*(1), 703-712. doi:10.3168/jds.2016-11214

Villettaz Robichaud, M., Rushen, J., de Passille, A. M., Vasseur, E., Haley, D., & Pellerin, D. (2019). Associations between on-farm cow welfare indicators and productivity and profitability on Canadian dairies: II. On tiestall farms. *J Dairy Sci*, *102*(5), 4352-4363. doi:10.3168/jds.2018-14818

Villettaz Robichaud, M., Rushen, J., de Passille, A. M., Vasseur, E., Orsel, K., & Pellerin, D. (2019). Associations between on-farm animal welfare indicators and productivity and profitability on Canadian dairies: I. On freestall farms. *J Dairy Sci*, *102*(5), 4341-4351. doi:10.3168/jds.2018-14817

Wieland, M., Mann, S., Guard, C. L., & Nydam, D. V. (2017). The influence of 3 different navel dips on calf health, growth performance, and umbilical infection assessed by clinical and ultrasonographic examination. *J Dairy Sci*, *100*(1), 513-524. doi:10.3168/jds.2016-11654

Wikipedia. (2021). Oligopsonie. Retrieved from <https://fr.wikipedia.org/wiki/Oligopsonie>

Wilson, D. J., Canning, D., Giacomazzi, T., Keels, K., Lothrop, R., Renaud, D. L., . . . Fraser, D. (2020). Hot topic: Health and welfare challenges in the marketing of male dairy calves-Findings and consensus of an expert consultation. *J Dairy Sci*, *103*(12), 11628-11635. doi:10.3168/jds.2020-18438

Wilson, D. J., Pempek, J. A., Roche, S. M., Creutzinger, K. C., Locke, S. R., Habing, G., . . . Renaud, D. L. (2021). A focus group study of Ontario dairy producer perspectives on neonatal care of male and female calves. *J Dairy Sci*, *104*(5), 6080-6095. doi:10.3168/jds.2020-19507

Wilson, D. J., Stojkov, J., Renaud, D. L., & Fraser, D. (2020a). Risk factors for poor health outcomes for male dairy calves undergoing transportation in western Canada. *Can Vet J*, *61*(12), 1265-1272. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33299241>

Wilson, D. J., Stojkov, J., Renaud, D. L., & Fraser, D. (2020b). Short communication: Condition of male dairy calves at auction markets. *J Dairy Sci*, *103*(9), 8530-8534. doi:10.3168/jds.2019-17860

Winder, C. B., Kelton, D. F., & Duffield, T. F. (2016). Mortality risk factors for calves entering a multi-location white veal farm in Ontario, Canada. *J Dairy Sci*, *99*(12), 10174-10181. doi:10.3168/jds.2016-11345

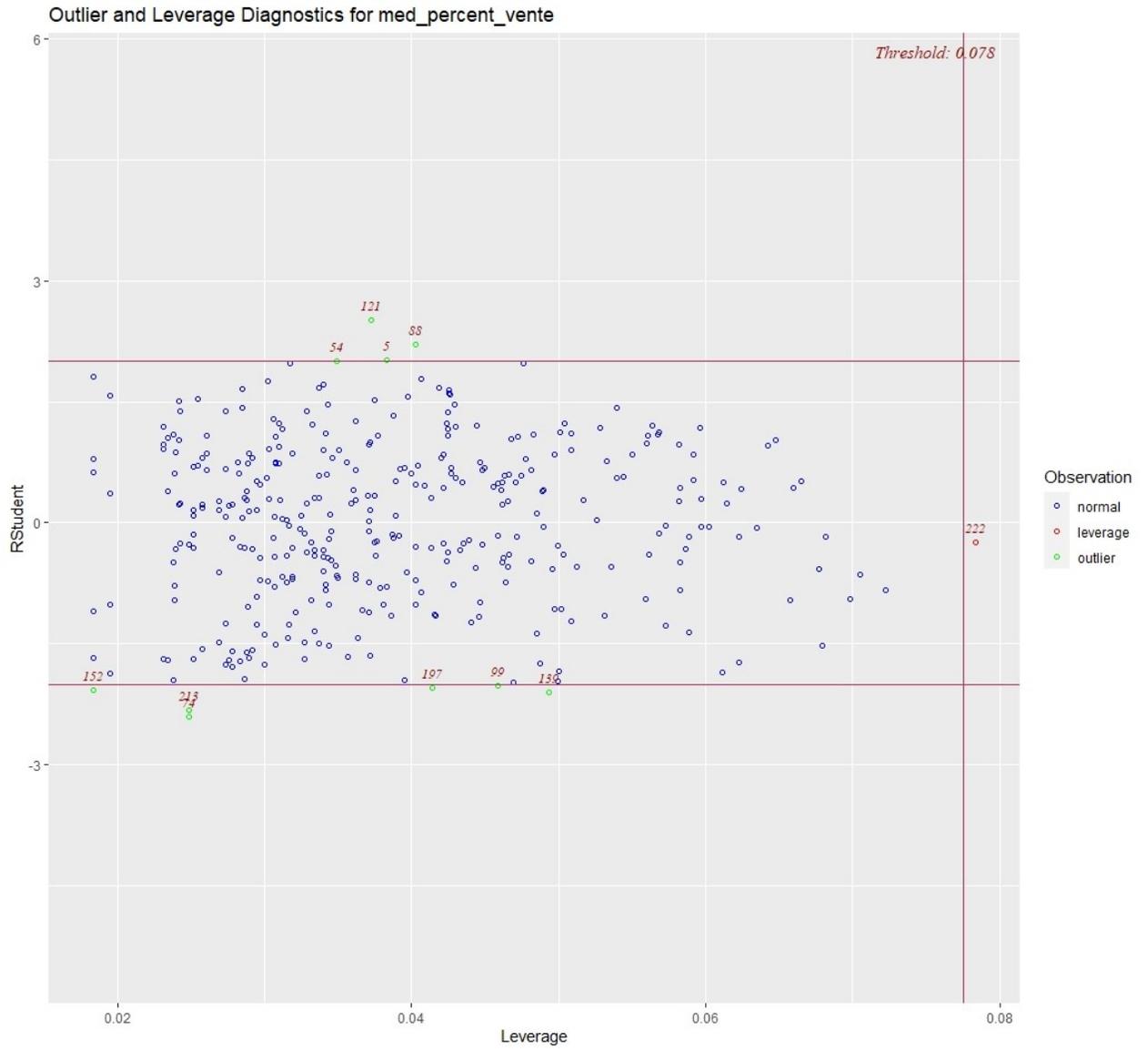
7.0 Annexes

7.1 Annexe 1. Supplemental file 1.

Assessment of the presence of outliers and unusual observations (leverage). In the Figure 1 are reported the studentized residuals (y axis) versus leverage plot (x axis) from the multivariable linear regression model built to explore the possible associations between farms' characteristics, calves' management practices and median percentile of surplus calves' selling price per farm.

The blue points represent the normal observations contained between 2 and -2 from the average. The green points represent the observation outlier and the red points represent the observation leverage.

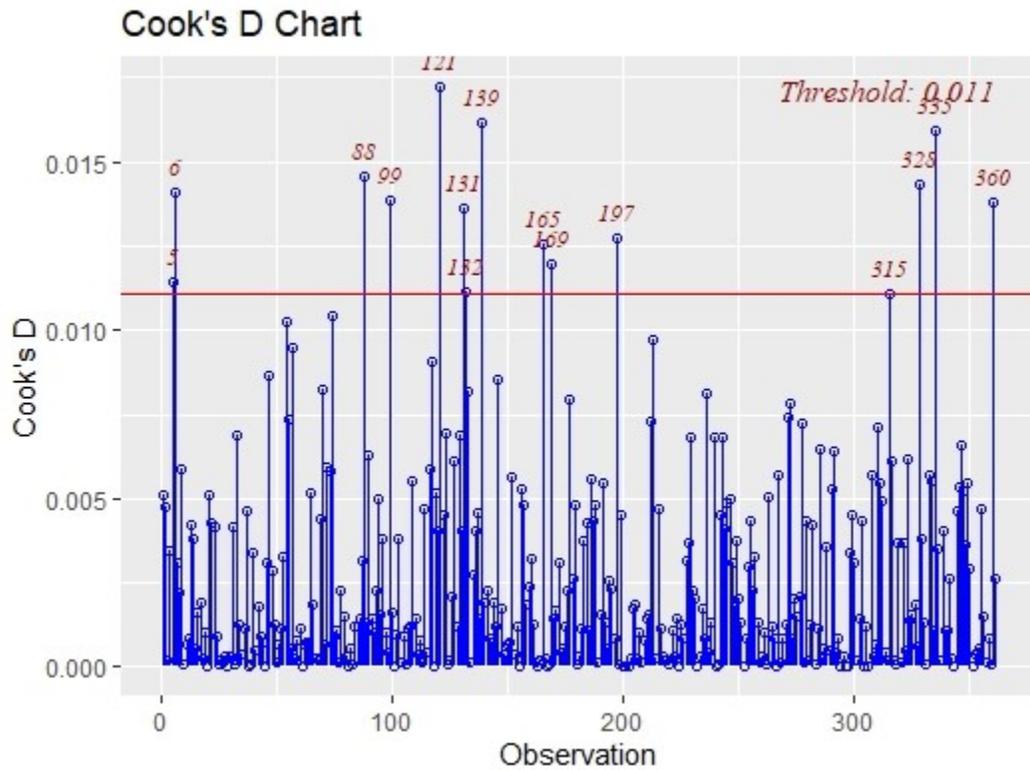
Figure 1



7.2 Annexe 2. Supplemental file 2.

In the Figure 1 is reported the assessment of the observations having the greater Cook's distance to detect observations that strongly influence fitted values of the model.

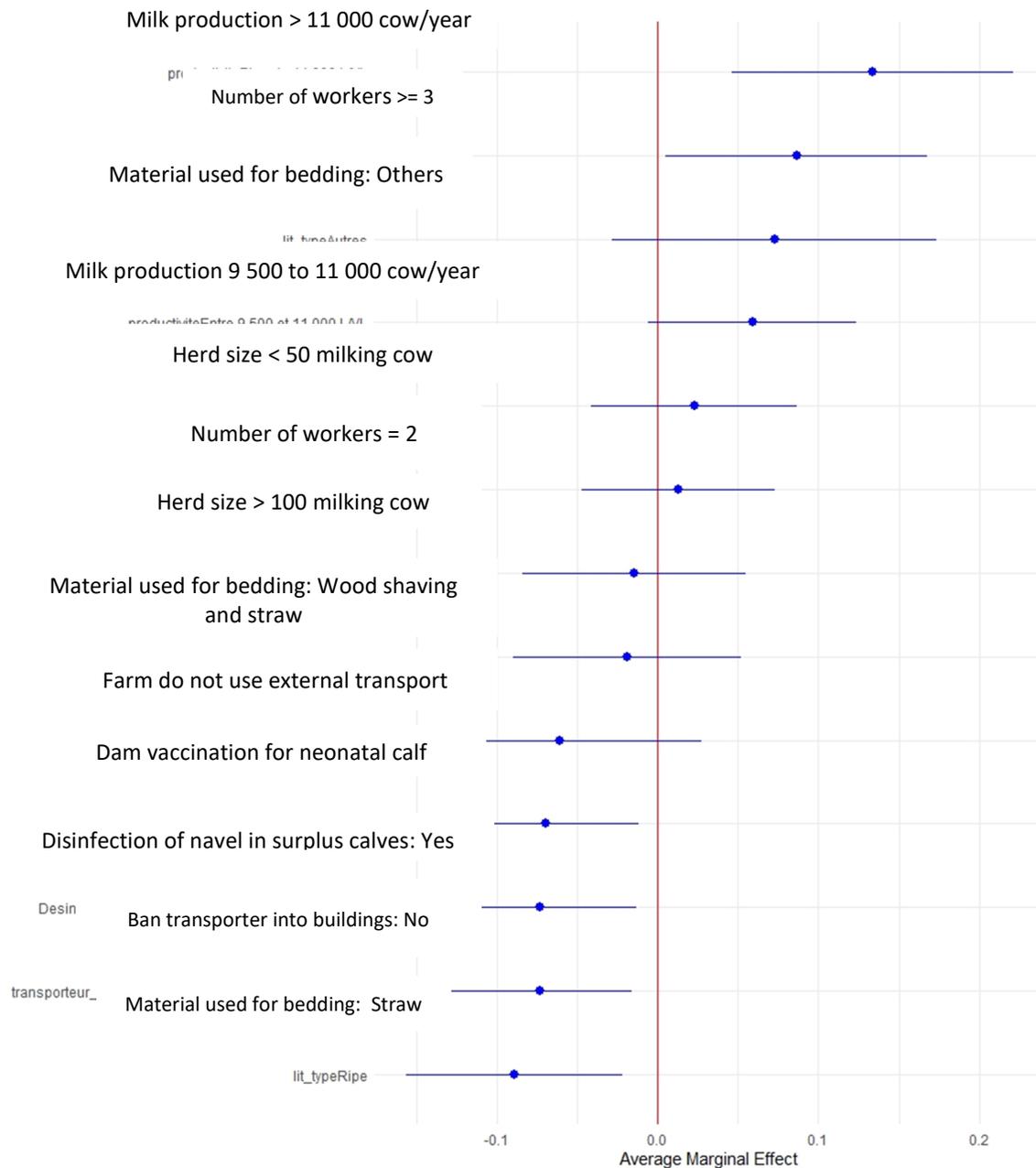
Figure 1:



7.3 Annexe 2. Supplemental file 3.

In the Figure 1 are reported the average marginal effects of predictors was visually assessed to compute the effect of single predictors on the dependent variable when controlling for other predictors.

Figure 1:



7.5 Annexe 4. Supplemental file 4.

Descriptive statistical analysis and univariable analysis of all variables derived from the questionnaire sent to 409 dairy farms enrolled in this study. The variables presented in this table are that univariable analysis had a p value <0.20 and which were used to build the multivariable model. *Herd size was included as a confounder. Median report the median of percentile prices for each variable. IQR represents respectively the interquartile range of the median percentile ranked price. NA: not available, ¹IQR= interquartile range of Q2-Q3

Variables	Categories of variable	N of farm	%	Median price	IQR	P-value	Inclusion/exclusion in multivariable analyses
Farm's characteristic							
Type of herd	Conventional	395	96,6	0,51	0,40		Excluded because represent $<10\%$ of the population
	Organic	14	3,4	0,49	0,32		
Size (number of lactating cows)	50-100	191	46,7	0,53	0,47	0,85	Excluded because not related to surplus calf price in causal diagram
	< 50	127	31,0	0,50	0,35		
	> 100	102	22,2	0,46	0,33		
Milk production (litres/lactating cow)	9 500-11 000	216	53,0	0,45	0,43	0,02	Included
	$< 9 500$	94	22,0	0,43	0,43		
	$> 11 000$	67	15,0	0,61	0,37		
Breed of «surplus calves»	NA	43	10,0	0,52	0,36		
	Holstein	336	82,0	0,50	0,40	0,59	Excluded because not related to surplus calf price in causal diagram
	Angus cross-breed	38	9,2	0,55	0,34		
	Colored dairy	11	2,7	0,33	0,40		

	Other beef cross-breed	3	0,7	0,54	0,28		
	NA	2	5,1	0,48	0,37		
Crossbreeding with Angus	No	348	85,0	0,50	0,42	0,21	Included
	Yes	61	15,0	0,61	0,31		
Crossbreeding with other beef breed	Yes	300	73,0	0,54	0,38	0,3	Included
	No	109	27,0	0,45	0,35		
Calving in the last month	<4	125	30,5	0,50	0,37	0,93	Excluded because not related to surplus calf price in causal diagram
	4-10	147	36,0	0,53	0,42		
	≥10	137	33,5	0,50	0,40		
Calves' caretaker in the farm							
Number of calves' caretaker	2	190	46,5	0,50	0,45	0,01	Included
	1	148	36,1	0,50	0,37		
	≥3	68	16,6	0,61	0,32		
	NA	3	0,7	0,34	0,41		
Agricultural formation of calves' caretaker	Yes	283	69,0	0,51	0,38	0,02	Included
	No	85	21,0	0,47	0,42		
	NA	41	10,0	0,62	0,47		
Minimal years of experience of calves' caretaker	3-12	114	28,0	0,50	0,38	0,02	
	12-25	106	26,1	0,51	0,37		
	>25	110	27,0	0,47	0,37		
	< 3	78	20,0	0,58	0,41		
	NA	1	0,2	0,35	0,00		
Presence of foreign workers on the farm	No	381	93,0	0,51	0,40		Excluded because represent <10% of the population
	Yes	28	7,0	0,44	0,44		
Calving condition							
Calving area	Tied	153	37,4	0,50	0,43	0,58	Excluded because not related to surplus calf price in causal diagram
	Grouped	144	35,0	0,50	0,37		
	Individual box	110	27,0	0,53	0,36		
	NA	2	0,4	0,32	0,27		
Cow-calf separation	1-3 hours	157	38,4	0,50	0,38	0,78	
	3-12 hours	98	24,0	0,52	0,36		
	> 12 hours	112	27,4	0,56	0,44		
	Within 1 hour	42	10,2	0,47	0,41		

Neonatal calves care							
Give colostrum to surplus calves	Yes	394	96,3	0,51	0,40		Excluded because represent <10% of the population
	No	15	3,7	0,37	0,42		
Quantity of colostrum offered to calves (L)	≥4	76	18,6	0,60	0,34	0,24	Excluded because not related to surplus calf price in causal diagram
	<4	301	73,5	0,50	0,42		
	Not colostrum	15	3,7	0,37	0,42		
	NA	17	4,1	0,49	0,36		
Quantity of colostrum offered to surplus calves is the same that replacement heifers	Yes	381	93,0	0,51	0,39		Excluded because represent <10% of the population
	No	28	7,0	0,49	0,38		
Quantity of colostrum offered to surplus calves	<4	296	72,3	0,50	0,42	0,10	
	≥4	75	18,3	0,60	0,34		
	Not colostrum	5	1,2	0,30	0,26		
	Calf is left with dam	10	2,4	0,37	0,40		
	NA	23	5,3	0,49	0,37		
Time of first meal after the calving (hours)	2- 6	185	45,2	0,53	0,43	0,83	
	< 2	168	41,0	0,51	0,37		
	> 6	24	6,0	0,48	0,46		
	Immediately	16	4,0	0,46	0,22		
	NA	16	3,7	0,37	0,44		
Time of first meal is the same for replacement heifers and surplus calves	Yes	398	91,9	0,50	0,42		Excluded because represent <10% of the population
	Not	35	8,1	0,50	0,39		
Colostrum quality evaluation	Not	346	84,6	0,50	0,43	0,31	
	Oui	63	15,4	0,53	0,30		
Navel disinfection on calves	Yes	295	72,0	0,51	0,41	0,06	Excluded because not related to surplus calf price in causal diagram
	Not	114	28,0	0,49	0,40		
Navel disinfection in surplus calves	Yes	296	72,3	0,52	0,39	0,01	
	Not	113	27,7	0,48	0,40		
Frequency of navel disinfection of calves	Never	223	54,5	0,50	0,37	0,73	
	Always	122	29,8	0,57	0,43		
	A least one calf out two	40	9,7	0,44	0,52		
	Less than one calf out two	24	5,8	0,48	0,34		
Dam's vaccination for neonatal calf diarrhea	Not	278	68,0	0,56	0,40	0,01	

	Yes	131	32.0	0,45	0,36		
Vaccination of calves for neonatal calf diarrhea	Yes	16	4.0	0,62	0,31		Excluded because represent <10% of the population
	Not	393	96.0	0,50	0,40		
Nutrition of calf							
Type of milk offered to the calves	Cow milk	233	57.0	0,50	0,41	0,56	
	Milk replacer	103	25,2	0,51	0,40		
	Cow milk and milk replacer	72	17,6	0,51	0,36		
	NA	1	0,2	0,77	0		
Nutritional program is the same for replacement heifers and surplus calves	Yes	317	77,5	0,50	0,39	0,56	
	No	92	22,6	0,54	0,41		
Quantity of milk daily offered to surplus calves (l/days)	6-8	231	56,4	0,54	0,39	0,10	
	< 6	57	13.9	0,36	0,37		
	>8	58	14,1	0,50	0,37		
	AMF/ Calf is left with dam	59	14,4	0,49	0,40		
	NA	4	1,0	0,45	0,22		
Meals offered to calves daily	Two	328	80,2	0,51	0,40	0,31	Excluded because not related to calf price in causal diagram
	One	1	0,2	0,53	0		
	Three	13	3,2	0,38	0,38		
	Automated milk feeder	15	3,6	0,43	0,35		
	Calf is left with dam	44	10,7	0,59	0,38		
	NA	8	2.0	0,45	0,42		
Housing of calves							
Housing of surplus calves (indoor/external hutches)	Inner housing	380	93,0	0,50	0,37		Excluded because represent <10% of the population
	Hutches	27	6,6	0,56	0,47		
	NA	2	0,5	0,73	0.0		
Type of indoor housing	Individually	275	67.2	0,53	0,38	0,31	Excluded because not related to calf price in causal diagram
	Grouped	93	22,7	0,48	0,41		
	Tied	40	9,7	0,43	0,40		
	NA	1	0,2	0,26	0		
Density of calves	Individually	264	64.5	0,53	0,40	0,005	
	Grouped	58	14.2	0,42	0,43		
	Tied	24	5,8	0,34	0,26		
	Paired	18	4,4	0,60	0,33		

	Calf is left with dam	44	10,7	0,59	0,38		
	NA	1	0.2	0.26	0.0		
Bedding type	Straw	200	49,0	0,54	0,38	0,03	
	Sawdust	91	22,0	0,43	0,44		
	Sawdust and straw	82	20.0	0,50	0,36		
	Others	33	8.0	0,63	0,36		
	NA	3	0,7	0,60	0,14		
Thickness of bedding	At least 10 cm	217	53,0	0,53	0,36	0,60	
	Less then 10 cm	135	33.0	0,50	0,45		
	NA	57	14.0	0,50	0,39		
Frequency of adding bedding	A least one-time day	178	43,5	0,53	0,34	0,92	
	At least two time daily	52	12,7	0,49	0,42		
	Daily	3	0,7	0,50	0,18		
	Not Daily	168	42.0	0,50	0,44		
	NA	8	2.0	0,43	0,11		
Change of bedding between to batches of calves	Yes	80	19.5	0,55	0,47	0.74	Excluded because high related with the variable 'frequency of change bedding'
	Not	329	80.5	0,50	0,38		
Frequency of change bedding	Between each lot	329	80,4	0,50	0,38	0.09	
	One to two times each week	65	16.0	0,58	0,43		
	More than two times per week	5	1,2	0,24	0,19		
	Less than once a month	3	0,7	0,41	0,22		
	NA	7	1,7	0,48	0,34		
Transport and sell decision							
Physical separation of surplus calves from replacement heifers	Yes	112	27.4	0,50	0,32	0.86	Excluded because not related to calf price in causal diagram
	Not	297	76.6	0,52	0,43		
Time of physic separation between replacement heifers and surplus calves	Not separation	297	72.6	0,52	0,43	0.74	Excluded because not related to calf price in causal diagram
	Immediately	95	23.2	0,50	0,33		
	Over the next days	14	3,4	0,55	0,35		
	NA	3	0,7	0,41	0.0		
Criteria used for sales decision	Sexes/twin	157	38,4	0,50	0,34	0,48	
	Genetic/crossbreed	30	7,3	0,51	0,41		
	Vitality/calf vigor	90	22.0	0,47	0,39		

	Life weight	71	17,4	0,50	0,40		
	Age of calf	52	12,7	0,61	0,40		
	Others	4	1,0	0,31	0,35		
	NA	5	1,1	0,11	0,03		
Average age to sell calves (days)	>10	187	45,7	0,49	0,43	0,07	
	8-10	154	38,1	0,51	0,33		
	< 8	72	16,3	0,60	0,45		
Minimal age to sell calves (days)	≤7	261	64,0	0,52	0,41	0,20	
	≥7	148	36,0	0,50	0,38		
Call to transporter	Yes	355	87,0	0,52	0,41	0,34	Excluded because high related with the variable 'ban transporter to entry into buildings'
	Not	54	13,0	0,47	0,31		
Transporter had given advices or judgement on surplus calves	Not, he never gives advice	189	46,2	0,52	0,47	0,88	
	Yes, he gives some advice	124	30,3	0,52	0,38		
	Yes, He has refused to transport a calf	25	6,0	0,55	0,29		
	NA	71	17,4	0,50	0,31		
Farmer knows hour of arrive of surplus calves at auction market	Yes	61	15,0	0,50	0,43	0,86	
	Not	348	85,0	0,50	0,39		
Last meal of calf before transport (hours)	1-3	269	65,7	0,50	0,39	0,95	
	< 1	73	18,0	0,51	0,45		
	>3	66	16,1	0,53	0,36		
	<NA>	1	0,2	0,73	0		
Farmer monitors loading of surplus calves	Systematically	243	59,4	0,50	0,39	0,02	
	Often	96	23,4	0,57	0,40		
	Never	56	13,7	0,47	0,35		
	Rarely	12	3,0	0,60	0,37		
	NA	2	0,4	0,38	0,12		
Ban transporter to entry into buildings	Yes	185	45,0	0,58	0,41	0,008	
	Not	171	42,0	0,50	0,42		
	Farm do not use external transport	56	13,0	0,50	0,30		
	NA	1	0,3	0,25	0,0		

7.6 Annexe 5. Supplemental file 5.

In the table 1 are reported the results of the assessment of the impact of the number of surplus calves sold by farm in multivariable linear regression model sensitivity. In this assessment, variables statistically associated with the median percentile of surplus calves' selling price per farm ($p < 0.05$) figure out with the manual backward made to build the multivariable linear regression model are tested in: i) Model 1 with all dairy farm (n=409), ii) Model 2 with dairy farms enrolled in this study that had sold two or more calves over the sale days (n=225), and iii) Model 3 with the farm that had sold three or more calves over the sales days (n=97).

*Herd size was included in the model as confounders.

Table 1:

Variable	Categories	Model 1 (n=409) β (95% I.C.)	Model 2 (n=225) β (95% I.C.)	Model 3 (n=97) β (95% I.C.)
(Intercept)		0.52 (0.43, 0.61)	0.44 (0.33, 0.55)	0.50 (0.33, 0.66)
Milk production (liters/lactating cow)	< 9500	Referent	Referent	Referent
	9 500 et 11 000L/VL	0.06 (-0.01, 0.12)	0.15 (0.07, 0.23)	0.13 (-0.00, 0.26)
	> 11 000 L/VL	0.13 (0.05, 0.22)	0.17 (0.07, 0.27)	0.20 (0.05, 0.36)
Number of workers available to take care of calves	1	Referent	Referent	Referent

	2	0.01 (-0.05, 0.07)	-0.07(-0.14,-0.00)	-0.04 (-0.16, 0.07)
	≥3	0.09 (0.01, 0.17)	0.03 (-0.06, 0.11)	0.05 (-0.08, 0.19)
Herd size (lactating cows) *	50-100	Referent	Referent	Referent
	< 50	0.02 (-0.04, 0.09)	0.02 (-0.07, 0.10)	-0.03 (-0.17, 0.11)
	>100	-0.01(-0.08, 0.05)	-0.02 (-0.10, 0.05)	0.04 (-0.07, 0.15)
Disinfection of navel in surplus calves	Yes	Referent	Referent	Referent
	No	-0.07 (-0.13, -0.01)	-0.02 (-0.09, 0.05)	-0.03 (-0.15, 0.08)
Dam's vaccination for neonatal calf diarrhea	No	Referent	Referent	Referent
	Yes	-0.07 (-0.13, -0.01)	-0.02 (-0.08, 0.05)	-0.07 (-0.18, 0.03)
Material used for bedding	Straw	Referent	Referent	Referent
	Others	0.07 (-0.03, 0.17)	0.04 (-0.09, 0.16)	-0.06 (-0.24, 0.12)
	Wood shaving and straw	-0.02 (-0.09, 0.05)	0.00 (-0.08, 0.08)	-0.01 (-0.15, 0.13)
	Wood shaving	-0.09 (-0.16, -0.02)	-0.09 (-0.17, -0.02)	-0.11 (-0.23, 0.01)
Ban transporter to entry into buildings	Yes	Referent	Referent	Referent
	No	-0.07 (-0.13, -0.02)	-0.04 (-0.11, 0.03)	-0.14 (-0.25, -0.03)
	Farm do not use external transport	-0.06 (-0.15, 0.03)	-0.06 (-0.15, 0.03)	-0.14 (-0.27, -0.00)
