

**CODE DE PRATIQUES POUR LE SOIN ET LA MANIPULATION
DES VEAUX LOURDS :
REVUE DE LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE RELATIVE
AUX QUESTIONS DE BIEN-ÊTRE PRIORITAIRES**

DÉCEMBRE 2016

Comité scientifique du Code de pratiques pour les veaux lourds

Anne Marie de Passillé Ph. D. (coprésidente)

Professeure auxiliaire, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation
Université de la Colombie-Britannique

Michael Cockram Ph. D. (coprésident)

Professeur, Département de gestion sanitaire
Collège vétérinaire de l'Atlantique
Université de l'Île-du-Prince-Édouard

Derek Haley Ph. D.

Professeur agrégé, Collège vétérinaire de l'Ontario
Université de Guelph

Argenis Rodas-González Ph. D.

Professeur adjoint, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation
Université du Manitoba

Fernando Borderas Ph. D.

Rédacteur de recherche

Robert Wynands (ès qualités)

Président du Comité d'élaboration du Code de pratiques pour les veaux lourds
Association canadienne du veau



REMERCIEMENTS

Le présent rapport représente un travail considérable qui a bénéficié de la participation de plusieurs contributeurs. Le Comité scientifique remercie Fernando Borderas pour son apport et sa contribution majeurs tout au long de la rédaction du rapport. Nous remercions également Dan Weary qui a eu l'obligeance de coordonner l'évaluation par les pairs. Le rapport s'est enrichi des commentaires judicieux des évaluateurs suivants et nous leur sommes très reconnaissants pour le temps investi et leur lecture avisée : Drew Vermeire, Kees van Reenen, Ken Leslie, Laura Webb et Mike Steele. Nous remercions également Robert Wynands pour son soutien et son savoir si précieux dans la réalisation du rapport.

Le financement de ce projet est assuré par le programme Agri-marketing dans le cadre de Cultivons l'avenir 2, une initiative fédérale-provinciale-territoriale.

Extrait du mandat du comité scientifique

Contexte

Il est largement accepté que les codes, les lignes directrices, les normes et la législation au sujet du bien-être animal doivent s'appuyer sur les connaissances les plus à jour qui existent. Ce savoir provient souvent de la littérature scientifique.

En réinstaurant un processus d'élaboration des codes de pratiques, le CNSAE reconnaît la nécessité de mettre en place des moyens plus officiels pour intégrer la participation scientifique au processus d'élaboration des codes de pratiques. L'examen par le Comité scientifique des questions de bien-être animal prioritaires pour l'espèce à l'étude fournit de l'information très utile au Comité d'élaboration du code pour élaborer ou réviser un code de pratiques. Le fait que le rapport du Comité scientifique est accessible au public rehausse la transparence et la crédibilité du code.

Le CNSAE crée un Comité scientifique pour chaque code de pratiques en cours d'élaboration ou de révision. Ce comité est composé d'un nombre cible de 6 spécialistes de la recherche sur les soins et la gestion des animaux à l'étude. Le CNSAE sollicite des mises en candidature de la part : 1) de l'Association canadienne des médecins vétérinaires, 2) de la Société canadienne de science animale, et 3) de la section canadienne de la Société internationale d'éthologie appliquée. Au moins un représentant de chacun de ces organismes scientifiques professionnels est nommé au Comité scientifique. D'autres organismes scientifiques professionnels peuvent aussi siéger au Comité scientifique au besoin.

Objectif et buts

Le Comité scientifique rédigera un rapport qui fera la synthèse de tous les résultats de la recherche portant sur les questions essentielles des soins aux animaux, telles que déterminées par le Comité et par le Comité d'élaboration des codes. Le rapport servira au Comité d'élaboration des codes à rédiger l'ébauche d'un Code de pratiques pour les animaux à l'étude.

Le rapport du Comité scientifique ne contient pas de recommandations découlant des résultats de recherche. Il vise à présenter une compilation non biaisée des constatations scientifiques.

Le mandat intégral du Comité scientifique est affiché dans le processus d'élaboration des Codes de pratiques pour le soin et la manipulation des animaux d'élevage du CNSAE accessible au [www.nfacc.ca/processus-delaboration-des-codes - appendix](http://www.nfacc.ca/processus-delaboration-des-codes-appendix).

Préface

Le présent document, compilé par le Comité scientifique du Code de pratiques pour les veaux lourds, se fonde sur cinq questions de bien-être prioritaires choisies par consensus par le Comité d'élaboration du Code de pratiques et le Comité scientifique parmi une longue liste d'enjeux. Ce choix ne se veut pas un examen exhaustif de toutes les questions touchant au bien-être des veaux lourds, mais il permet au Code de tirer profit au mieux de la littérature scientifique disponible.

Au Canada, les veaux de lait sont des veaux issus de fermes laitières recevant une ration principalement composée de lait et finis à un poids vif maximal de 318 kg. Certains veaux reçoivent également des aliments solides (par exemple des céréales ou des fibres). Les veaux de grain sont des veaux issus de fermes laitières qui sont d'abord nourris de lait de remplacement ou de lait entier avant un passage à une ration de céréales, pour finir à un poids vif maximal de 341 kg.

Parce que les publications scientifiques sur les veaux ne sont pas nombreuses et que, dans de nombreux cas, le comportement et la physiologie des jeunes génisses laitières de remplacement et des jeunes veaux de boucherie sont semblables à ceux des veaux lourds, la littérature scientifique portant sur ce type d'animaux a été prise en compte lorsqu'elle fournissait des données pertinentes pour les veaux lourds. Le rapport a par ailleurs cerné précisément les lacunes de la recherche sur les veaux.

CODE DE PRATIQUES POUR LE SOIN ET LA MANIPULATION DES VEAUX LOURDS : REVUE DE LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE RELATIVE AUX QUESTIONS PRIORITAIRES

Comité scientifique du Code de pratiques pour les veaux lourds
Décembre 2016

TABLE DES MATIÈRES

Introduction : portée et processus de la revue de littérature.....	1
1. Gestion de l'alimentation au lait	2
1.1 Introduction.....	2
1.2 Comportement oral anormal	3
1.3 Motivation à téter des veaux	4
1.3.1 Quelles sont les motivations de la succion non nutritive chez le veau?	4
1.3.2 Quelles sont les conséquences de la succion?	5
1.3.3 Stimulation du réflexe de la gouttière œsophagienne.....	6
1.3.4 Compétition pour l'accès aux tétines.....	7
1.4 Quantité de lait et fréquence de l'alimentation.....	7
1.5 Sevrage des veaux	8
1.5.1 Sevrage progressif	9
1.5.2 Âge du sevrage	9
1.5.3 Autres méthodes de sevrage.....	10
1.6 Alimentation au lait et diarrhée	10
1.7 Références.....	11
2. Stratégies de gestion optimale pour réduire le risque de problèmes de bien-être associés à l'anémie ferriprive.....	19
2.1 Introduction.....	20
2.2 Anémie ferriprive	21
2.2.1 Définition de valeurs anormales indicatives de l'anémie ferriprive	22
2.2.2 Modifications hématologiques caractéristiques chez les veaux anémiques.....	23
2.3 Métabolisme du fer et déficience en fer.....	26
2.3.1 Métabolisme du fer.....	26

2.3.2 Déficience en fer	26
2.3.2.1 Mesures de la déficience en fer	26
2.4 Teneur en fer du lait de remplacement	27
2.4.1 Effets sur le taux de fer sérique/plasmatique	27
2.4.2 Effets sur la concentration hépatique en fer.....	27
2.4.3 Effets sur la capacité totale de fixation du fer.....	28
2.4.4 Effets sur la concentration sanguine d'hémoglobine	28
2.4.5 Effets sur le nombre de globules rouges	28
2.4.6 Effets sur l'hématocrite	28
2.4.7 Concentration sanguine d'hémoglobine chez les veaux nourris au lait de remplacement.....	30
2.5 Aliments solides	31
2.6 Conséquences des déficiences en fer.....	33
2.6.1 Enzymes.....	33
2.6.2 Métabolisme du glucose	33
2.6.3 Immunité	34
2.6.4 Croissance	35
2.6.5 Comportement	35
2.6.6 Fatigue	35
2.6.7 Répercussions sur le bien-être animal	38
2.7 Prévention de la déficience en fer.....	38
2.7.1 Supplémentation du lait de remplacement en fer	38
2.7.2 Apport d'aliments solides.....	39
2.7.3 Administration intramusculaire de fer dextran.....	39
2.8 Apport en fer et couleur de la viande	41
2.9 Références.....	42
3. Bienfaits de l'apport de fibres dans le régime des veaux lourds sur leur comportement et leur santé	47
3.1. Introduction.....	48
3.1.1 Fibres	48
3.1.2 Les fibres dans l'alimentation du veau	49
3.2 Fibres et développement du rumen.....	50
3.2.1 Capacité du rumen	50
3.2.2 Développement de la muqueuse ruminale	50

3.2.3 Développement de la couche musculaire du rumen.....	50
3.3 Relation entre fibres et comportements oraux anormaux du veau.....	51
3.3.1 Comportement oral anormal	51
3.3.2 Effets des fibres sur le comportement oral des veaux de lait	53
3.3.3 Effet des fibres sur le comportement oral de bovins nourris au grain.....	60
3.3.4 Explications de la relation entre fibres et comportement oral anormal.....	62
3.4 Fibres et rumination	63
3.4.1 Rumination chez le jeune veau	63
3.4.2 Fibres physiquement efficaces et rumination	64
3.5 Fibres et santé	66
3.5.1 Diarrhée.....	66
3.5.2 Acidose	67
3.5.3 Tympanisme ruminal ou météorisation	67
3.5.4 Hyperkératinisation ou parakératose du rumen	67
3.5.5 Boules de poils ou trichobézoards dans le réticulo-rumen	68
3.5.6 Lésions de la caillette	69
3.6 Références.....	72
4. Facteurs de risque de lésions de la caillette.....	79
4.1 Introduction.....	80
4.2 Implications des lésions de la caillette pour le bien-être animal	81
4.3 Facteurs de risque des lésions de la caillette	81
4.3.1 Pathophysiologie des ulcères de la caillette.....	85
4.3.2 Perturbation physiologique.....	85
4.3.3 Stress	85
4.3.4 Déplacement de la caillette.....	86
4.3.5 Déficience en minéraux.....	86
4.3.6 Infections bactériennes	86
4.3.7 Boules de poils ou trichobézoards	87
4.3.8 Système d'élevage.....	87
4.3.9 Eau d'abreuvement	88
4.3.10 Ischémie associée à une distension prolongée de la caillette après l'ingestion de lait.....	88
4.3.11 Développement insuffisant du rumen	89

4.3.12 Apport de fibres dans la ration 89

4.4 Références 92

5. Comparaison des répercussions sur le bien-être des veaux entre les logements en groupe, en stalle et l'élevage au piquet 97

5.1 Introduction 97

5.2 Comportement 107

5.2.1 Activité 107

5.2.2 Positions de repos 108

5.2.3 Comportement anormal 109

5.3 Croissance pondérale 109

5.4 Apport alimentaire et efficacité alimentaire 110

5.5 Santé 110

5.6 Paramètres physiologiques 115

5.7 Références 115

6. Plancher et litière 120

6.2 Comportement de couchage 123

6.3 Problèmes locomoteurs 134

6.4 Gestion de la litière 142

6.5 Thermorégulation 143

6.6 Saleté 144

6.7 État glissant des sols 148

6.8 Paramètres de la production animale 148

6.9 Références 156

Tableaux et figures

Tableau 2.1 Effets de l'alimentation sur les paramètres hématologiques 25

Figure 2.1 Effet de la teneur en fer du lait et du lait de remplacement sur les paramètres du métabolisme du fer 29

A. Taux de fer sérique/plasmatique B. Concentration hépatique en fer 29

C. Capacité totale de fixation du fer D. Concentration sanguine d'hémoglobine 2937

E. Nombre total de globules rouges F. Hématocrite 2938

Tableau 2.2 Effets de l'alimentation solide sur la concentration sanguine d'hémoglobine moyenne et d'autres paramètres du métabolisme du fer 3240

Tableau 2.3 Résumé des réponses nuisibles des veaux à une faible concentration sanguine d'hémoglobine.....	37
Figure 2.2 Concentrations sanguines d'hémoglobine moyennes associées à un mauvais état de santé, une baisse de productivité ou des troubles de fonctions physiologiques essentielles	3857
Tableau 2.4 Effets de l'injection de fer dextran sur des paramètres hématologiques et biochimiques.....	40
Tableau 3.1 Description des aliments solides utilisés en complément du lait de remplacement dans la ration des veaux.....	53
Tableau 3.2 Effets de l'ajout de fibres sur le comportement oral des veaux par rapport à une alimentation uniquement au lait de remplacement.....	56
Tableau 3.3 Effets relatifs du type de fibres fourni sur le comportement oral des veaux nourris de lait de remplacement et d'aliments solides	57
Tableau 3.4 Effets de l'âge et de la source de fibres sur le pourcentage de temps (pourcentage d'observations) passé par les veaux à jouer avec leur langue	58
Tableau 3.5 Effets de l'âge et de la source de fibres sur le pourcentage de temps (pourcentage d'observations) de manipulation orale de substrats par les veaux	59
Tableau 3.6 Effet des fibres sur le comportement oral de bovins nourris au grain et de génisses laitières.....	61
Tableau 3.7 Fibres physiquement efficaces	66
Tableau 3.8 Effets du type de fibres sur le risque de lésions de la caillette du veau	70
Tableau 4.1 Facteurs de risque de lésion de la caillette.....	83
Tableau 4.2 Effet du type de fibres sur la prévalence des lésions de la caillette.	91122
Tableau 5.1 Résumé des résultats d'études examinant les différences entre logement collectif et logement individuel des veaux.....	99
Tableau 5.2 Taux de mortalité, taux de réforme, morbidité et date et causes de mortalité des veaux lourds et laitiers.....	12211
Figure 6.1 Photo de plancher de béton à lattes	122
Figure 6.2 Photo de plancher de béton à claire-voie (ou caillebotis).....	1282
Figure 6.3 Photo de plancher de béton à lattes recouvert de caoutchouc.....	13722
Figure 6.4 Photo d'un exemple de plancher métallique enduit de vinyle utilisé dans l'étude de Wilson et coll. (1998)	14622
Figure 6.5 Photo de variété de « tapis en caoutchouc »avec plots sur la face inférieure, qui servent à l'amortissement du poids de l'animal	15124
Tableau 6.1 Étude examinant les effets des planchers et litières sur le comportement de couchage et l'activité générale des bovins.....	128
Tableau 6.2 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur la locomotion et les blessures des bovins.....	137
Tableau 6.3 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur la saleté des bovins.....	146
Tableau 6.4 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur les paramètres de production animale.....	151

Introduction : portée et processus de la revue de littérature

L'évaluation scientifique du bien-être animal nécessite de s'appuyer sur des méthodes empiriques pour obtenir des données utiles à la prise de décisions éthiques et éclairées sur la qualité de vie des animaux. L'un des problèmes qui se pose est que tous ne mettent pas l'accent sur le même type d'informations dans l'évaluation du bien-être des animaux. En général, trois catégories de données sont retenues – 1) fonctionnement biologique; 2) états affectifs; et 3) conditions de vie naturelles – comme étant les éléments les plus importants du bien-être animal. Elles sont au fondement des démarches différentes adoptées par la recherche sur le bien-être animal (Fraser et coll., 1997). Quand l'accent est mis sur le fonctionnement biologique, on examine le fonctionnement normal de l'animal par des mesures relatives à sa santé, sa productivité, sa réaction au stress et son comportement normal (ou l'absence de comportement anormal) (Broom, 1991). L'approche axée sur les états affectifs, souvent dite fondée sur les sentiments, s'intéresse aux expériences subjectives des animaux, particulièrement aux états de souffrance (douleur, peur, frustration), aux états de plaisir (confort, contentement) et à la notion selon laquelle le logement et la manipulation des animaux doivent réduire le plus possible la souffrance et promouvoir des expériences positives (Duncan, 1993). Enfin, certains attachent plus d'importance au caractère naturel des conditions de vie de l'animal et à sa capacité à vivre conformément à sa nature (Fraser, 2008). Bien que les conditions de vie naturelles offrent un autre point de vue intéressant sur ce qui importe pour la qualité de vie des animaux, on considère souvent qu'il est plus difficile de mesurer et d'interpréter les données en la matière (Fraser, 2008).

Dans la mesure du possible, chaque partie de la présente revue de littérature tient compte des conclusions d'études issues des trois perspectives d'évaluation du bien-être animal du veau lourd. De nombreuses questions de bien-être animal, particulièrement celles influant sur l'animal pendant de longues périodes, comme les conditions de logement ou l'espace disponible, ont été évaluées dans la littérature principalement par des mesures du fonctionnement biologique. D'autres questions ont été étudiées à partir de recherches empiriques sur les états subjectifs, par exemple les préférences des bovins en matière de surfaces de logement. En général, la littérature scientifique s'intéresse moins souvent aux critères de « naturalité », bien qu'ici, la liberté de mouvement, la possibilité d'exprimer un comportement spécifique typique et les activités quotidiennes aient été pris en considération, surtout quand des données probantes montrent que la restriction de ces comportements entraîne des signes d'états émotionnels négatifs (peur ou frustration par exemple) ou la perturbation d'une fonction biologique.

Le mandat du Comité scientifique était de passer en revue la littérature pertinente sur les sujets suivants.

- Gestion de l'allaitement
- Réduction du risque de problèmes de bien-être associés à l'anémie ferriprive
- Bienfaits de l'apport de fibres dans l'alimentation
- Facteurs de risque de la lésion de la caillette
- Répercussions des systèmes de stabulation des veaux lourds en stalle, au piquet et en groupe
- Planchers et litières

Le comité était chargé d'étudier les questions de bien-être du veau lourd à partir des sujets définis. Peu de références, voire aucune, ne sont faites aux considérations économiques, ni à la santé et au bien-être humains, ces thèmes dépassant les limites du mandat du comité et étant rarement traités par les articles de la revue de littérature.

Broom, D.M. (1991). « Animal welfare: Concepts and measurement », *Journal of Animal Science* vol. 69, p. 4167-4175.

Duncan, I.J.H. (1993). « Welfare is to do with what animals feel. » *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* vol. 6 (supplément 2), p. 8-14.

Fraser, D. (2008) *Understanding Animal Welfare: The Science in Its Cultural Context*. Ames (Iowa, Etats-Unis), Wiley-Blackwell.

Fraser, D., D.M. Weary, E.A. Pajor et B.N. Milligan (1997). « A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns », *Animal Welfare*, vol. 6, p. 187-205.

1. Gestion de l'alimentation au lait

Conclusions

- 1. La motivation des veaux à téter est très grande. L'ingestion de lait (qui dans le présent chapitre désigne le lait entier et le lait de remplacement) augmente la motivation à téter. Chez les veaux ne pouvant obtenir de lait au moyen d'une tétine, cette motivation est plus élevée et les signes de satiété après la prise de nourriture sont moindres que chez les veaux qui ont accès à une tétine. Les recherches montrent que la motivation des veaux à téter est réduite chez les veaux recevant une plus grande ration de lait entier ou de substitut de lait, et chez les veaux nourris à la tétine.**
- 2. L'alimentation à la tétine stimule le réflexe de la gouttière œsophagienne, ce qui empêche le lait de traverser le rumen et déclenche la sécrétion d'hormones améliorant la digestion du lait et le métabolisme. De plus, la tétée réduit la vitesse d'ingestion du lait, accélère les signes de satiété et le sommeil après les repas et diminue les succions entre veaux.**
- 3. L'augmentation de la fréquence des prises de nourriture améliore le stockage et l'utilisation du glucose; elle réduit la fréquence des cas de remplissage excessif de la caillette, l'acidité de la caillette et la prévalence des comportements oraux anormaux, et elle augmente l'efficacité de l'utilisation des nutriments.**
- 4. Le sevrage brusque des veaux, qu'ils soient nourris au lait entier ou au lait de remplacement, ainsi que le sevrage avant 8 semaines entraînent de nombreux signes comportementaux de stress. Ils peuvent être réduits par un sevrage progressif (diminution graduelle de la quantité de lait apportée) de même qu'en ajustant l'âge du sevrage en fonction de la disposition de chaque veau à ingérer des aliments solides, ou en effectuant un sevrage plus tardif (après 8 semaines).**
- 5. Rien ne prouve que l'ingestion quotidienne de grandes quantités de lait entier soit cause de diarrhée chez les veaux.**

1.1 Introduction

Pour répondre aux trois principales préoccupations concernant le bien-être des veaux lourds (déficiences du fonctionnement biologique, états affectifs négatifs et incapacité à réaliser certains comportements naturels), l'analyse du type, de la quantité et de la qualité de la nourriture et de l'eau qui leur sont fournies pendant leur cycle biologique est extrêmement importante.

Dans les systèmes de gestion classiques d'Amérique du Nord, les veaux laitiers de remplacement sont généralement séparés de leur mère dans les 24 heures suivant leur naissance, nourris de colostrum et d'environ 10 % de leur poids corporel en lait, qui est bu soit au seau soit au biberon. Après leur sevrage, qui a lieu entre 5 à 10 semaines, ils passent à un régime à base de concentré et de fourrage. Il existe au Canada une tendance à donner plus de lait aux veaux laitiers en leur apportant du lait de remplacement acidifié ou en utilisant des distributeurs automatiques de lait (nourrisseurs-allaiteurs) par exemple.

Les veaux sous la mère tètent environ 10 fois par jour pendant leur première semaine de vie. La fréquence d'allaitement diminue progressivement jusqu'au sevrage, qui se produit autour de 9 mois (Haféz et Lineweaver, 1968).

Jusqu'à 8 semaines, leur capacité à consommer des aliments solides est limitée, les veaux boivent en moyenne 10 litres par jour quand ils sont nourris sous la mère ou quand ils disposent de lait entier à volonté (*ad libitum*)

(de Passillé et coll., 2008; Jasper et Weary, 2002; Sweeney et coll., 2010; von Keyserlingk et coll., 2004). Fournir aux veaux des quantités de lait comparables à ce qu'ils auraient pu d'eux-mêmes comporte plusieurs avantages, notamment une diminution du risque de sensation de faim (ce qui évite les états affectifs négatifs) et des gains de poids moyens plus élevés (favorise les fonctions biologiques).

Les veaux lourds sont essentiellement des veaux laitiers mâles élevés pour la production de viande blanche (animal nourri au lait) ou rose (animal nourri au grain). Le régime des veaux comporte une proportion élevée de lait de remplacement, qui en est le principal composant pendant toute la période de croissance pour le veau nourri au lait ou qui entre en combinaison avec des céréales pour le veau nourri au grain.

Les pratiques classiques de production de veau de lait ont été vivement critiquées en raison de répercussions psychologiques et comportementales présumées d'un régime entièrement lacté sur le bien-être des veaux. Certains ont affirmé que les veaux élevés au moyen de méthodes dites de confinement total et d'une alimentation entièrement lactée connaissaient une incidence élevée de comportements stéréotypés (Autorité européenne de sécurité des aliments [EFSA], 2006). De plus, plusieurs problèmes de santé ont été constatés. Des troubles gastro-intestinaux – comme un faible développement du rumen, des altérations de la muqueuse ruminale et des lésions abomasales – ont également été liés à ce type d'alimentation des veaux (Cozzi et coll., 2002). Voir aussi le chapitre 3, « Bienfaits de l'ajout de fibres dans le régime des veaux lourds sur leur comportement et leur santé » et le chapitre 4 « Facteurs de risque de lésions de la caillette ».

Dans l'Union européenne (UE), ces préoccupations ont entraîné l'introduction de directives (91/629/CE et 97/2/CE) par le Conseil de l'UE enjoignant les producteurs à inclure une source de fibre sous forme de fourrage dans l'alimentation des veaux (Conseil de l'UE, 1997; Conseil de l'UE, 1991).

Les veaux privés de la possibilité d'exprimer leurs comportements naturels comme la mastication et la rumination sont susceptibles de rediriger leur frustration en adoptant des comportements oraux anormaux (Veissier et coll., 1998; Bokkers et coll., 2001), qui apparaissent visiblement chez les veaux lourds vers l'âge de 3 mois (Kooijman et coll., 1991).

1.2 Comportement oral anormal

Il se peut que les conditions de gestion et de milieu des systèmes de production classiques ne satisfassent pas tous les besoins comportementaux et psychologiques des veaux.

La séparation d'avec la mère, la faible fréquence des distributions de lait, l'allaitement au seau sans tétine et un accès insuffisant à des aliments fibreux peuvent augmenter la fréquence des comportements oraux à visée non alimentaire, notamment des mouvements de langue répétitifs (ou jeux de langue), la succion d'autres veaux et la manipulation (morsure/succion/grignotage) des substrats de l'enclos (Leruste et coll., 2014) ou encore la pseudo-mastication (mouvements de la mâchoires identiques à ceux de la mastication de nourriture réalisés en l'absence de nourriture dans la bouche de l'animal (Broom et Fraser, 2007). Ces comportements non nutritifs sont considérés comme anormaux lorsqu'ils se reportent sur des objets inadéquats, qu'ils sont très répétitifs ou qu'ils durent longtemps, et que leur fonction n'est pas claire ou qu'ils nuisent à l'individu (par exemple, en lui causant des blessures) (Mason et Rushen, 2008; Mason, 1991). Les comportements anormaux sont pour la plupart observés chez des animaux vivant dans des milieux sous-optimaux. Or, il a été montré que le bien-être animal était moindre dans ces milieux (Mason et Rushen, 2008).

Les types de comportement oral anormal étroitement liés à l'alimentation au lait sont la succion entre veaux (le veau tête le corps d'autres veaux, parfois le prépuce de veaux mâles, ce qui peut entraîner la consommation d'urine) ou la succion non nutritive d'éléments de l'enclos et d'autres objets (Rushen et coll., 2008). Ces comportements semblent provenir de l'incapacité du veau à satisfaire sa motivation de succion pendant la prise de nourriture (Rushen et coll., 2008).

Des études montrent que l'augmentation de la quantité d'aliments solides fibreux dans un régime entièrement liquide diminue les comportements oraux anormaux (Mattiello et coll., 2002) et favorise le développement du rumen (Di Giancamillo et coll., 2003; Morisse et coll., 2000; Suarez et coll., 2006). Webb et coll. (2013) supposent que l'effet global des fibres sur le comportement oral du veau dépend de la combinaison du type d'aliment et de la quantité de fibres (voir le chapitre 3).

Dans une étude récente de Leruste et coll. (2014), la prévalence de trois comportements oraux (manipulation de substrats, mouvements de langue répétitifs et contacts physiques avec un compagnon d'enclos) a été mesurée dans 157 élevages commerciaux de veaux. De manière intéressante, les résultats montrent que le risque de contacts physiques entre veaux était plus élevé chez les veaux nourris d'une quantité de poudre de lait allant de 280 à 380 kg par rapport à ceux ayant reçu plus de 380 kg de poudre de lait au total, pendant la durée de l'engraissement. Les jeux de langue étaient aussi plus fréquents chez les veaux logés en plus petits groupes (moins de 10 veaux par enclos) que ceux en grands groupes, quel que soit le dispositif de distribution de lait adopté. Par ailleurs, on a observé que le risque de jeux de langue était moins élevé chez les veaux jouissant d'un espace minimal supérieur aux normes légales européennes ($> 1,8 \text{ m}^2/\text{veau}$), sans que les raisons n'en aient été précisément établies.

1.3 Motivation à téter des veaux

Naturellement, les veaux têtent les mamelles de leur mère pour obtenir du lait. Or ils sont souvent nourris de lait de remplacement distribué dans des abreuvoirs ou des seaux ouverts, le principal avantage de ce dernier étant son nettoyage facile et la simplicité de la distribution du lait. Le grand inconvénient des seaux par rapport à un allaitement à la tétine est que le sentiment de satiété (assouvissement de la faim) ne supprime pas le besoin de succion, ce qui est un facteur important de troubles du comportement oral.

Souvent, la succion a été considérée comme un besoin comportemental des veaux (Rushen et coll., 2008). La distribution de lait au seau est courante pour de nombreux veaux, qui ne peuvent donc pas exprimer leur comportement de succion normal. Certains se sont inquiétés du fait que les veaux privés de la possibilité de téter pour boire du lait puissent souffrir d'une frustration de leur comportement naturel. La principale fonction de la succion est l'obtention de lait, mais quand les jeunes ruminants sont élevés loin de leur mère, ils têtent des éléments de leur enclos (« succion non nutritive ») ou se têtent les uns les autres (« succion entre veaux »), malgré une alimentation apparemment adéquate. Ceci conforte dans l'idée que les veaux ont besoin d'exprimer leur comportement de succion.

1.3.1 Quelles sont les motivations de la succion non nutritive chez le veau?

De Passillé et Rushen (1997), de Passillé (2001) et Rushen et coll. (2008) ont examiné les résultats de recherches antérieures pour examiner les facteurs susceptibles de causer ou d'inhiber la succion non nutritive chez les veaux.

La succion non nutritive dépend en partie de degré de faim du veau. Elle est légèrement plus élevée chez les veaux recevant une ration moins importante de lait par rapport à un apport en lait plus abondant, par exemple 3 L/j au lieu de 4 L/j (Rushen et de Passillé, 1995), ce qui indique que la succion non nutritive dépend de la quantité quotidienne d'aliments ingérés à long terme. Rushen et de Passillé (1995) ont de plus constaté que quand un repas de lait était supprimé, les comportements de succion non nutritive augmentaient immédiatement après le repas suivant. Cependant, ils ont observé que si la ration de lait d'un repas était diminuée de moitié (passant de 2 à 1 L), la succion non nutritive n'était pas plus grande après la prise de lait. En revanche, Jung et Lidfors (2001) ont observé une diminution de la succion non nutritive si la ration de lait était de 5 L, plutôt que 2,5 ou 1 L. Ces résultats laissent à penser que la faim causée par un apport en lait insuffisant contribue à l'augmentation de la motivation à téter.

Il reste que la relation entre ingestion de lait et motivation à téter est complexe. Par exemple, la succion non nutritive est de loin plus courante immédiatement après un repas qu'avant (de Passillé et coll., 1992) et disparaît largement après le sevrage (Lidfors, 1993; Krohn et coll., 1999). La succion non nutritive se produit également pendant l'allaitement normal des bovins, particulièrement à la fin des repas (Lidfors et coll., 2010). Ces conclusions donnent à penser que la succion non nutritive serait stimulée, et non réduite par l'ingestion de lait. De Passillé et coll. (1992) ont conclu que certains comportements de succion non nutritive se produisaient quand les veaux n'avaient pas ingéré de lait pendant leur repas ou avaient bu de l'eau, mais de façon considérablement moindre que quand les veaux buvaient du lait. Le simple fait d'injecter une petite quantité de lait (par exemple 10 ml) dans la bouche du veau suffit à stimuler fortement la succion (Rushen et de Passillé, 1995), et la succion non nutritive augmente à mesure que la concentration de lait de remplacement s'accroît, et plus particulièrement quand la concentration de lactose augmente (de Passillé et coll., 1997). Ceci laisse supposer que le goût du lait est un facteur important du déclenchement de la succion (Rushen et de Passillé, 1998). De Passillé et coll. (1992) ont constaté que la motivation à téter stimulée par l'ingestion de lait déclinait pendant les dix minutes qui suivaient le repas, et Rushen et de Passillé (1995) ont observé que la motivation à téter était faible quarante minutes après un repas de lait, y compris quand les veaux ne pouvaient sucer de tétine après la prise de nourriture. Ces résultats laissent supposer que la motivation à téter déclenchée finit par diminuer même en l'absence de possibilités de succion.

Certaines recherches indiquent que la faim et le goût du lait ne sont pas les seuls facteurs incitant les veaux à adopter des comportements de succion non nutritive; parmi les autres facteurs citons notamment l'incapacité du veau à réaliser le comportement de succion en soi (Hammell et coll., 1988). Rushen et de Passillé (1995) ont montré que le fait de téter une tétine sèche réduisait la motivation à téter, même en l'absence de consommation de lait. Selon Veissier et coll. (2002), les veaux nourris au seau étaient plus portés à téter les barrières de leur enclos, à des fins visiblement non alimentaires, que les veaux nourris à la tétine. Bokkers et Koene (2001) ont observé, en moyenne, moins de comportements oraux chez les veaux nourris à la tétine par un distributeur automatique de lait ($15,7 \pm 1,6$ %) que chez les veaux nourris deux fois par jour au seau et logés en groupe ($24,2 \pm 2,1$ %) ou dans des logettes individuelles ($23,7 \pm 2,0$ %). Pour Jung et Lidfors (2001), la réduction du débit du lait distribué par tétine (qui augmente la durée de la tétée, mais sans modifier la quantité de lait bue) diminue la succion non nutritive ultérieure. Les résultats de Haley et coll. (1998) corroborent cette constatation et indiquent qu'il est facile de ralentir la vitesse d'ingestion du lait chez les veaux nourris à la tétine. Ceci pourrait aider les veaux à mieux contrôler la fermeture de la gouttière œsophagienne et diminuer l'incidence de l'introduction de lait dans le rumen, constatée chez les veaux recevant de grandes quantités de lait (Voir *Partie 1.3.3 – Stimulation du réflexe de la gouttière œsophagienne*). Ces résultats appuient l'idée que la motivation à téter diminue chez les veaux autorisés à exprimer leur comportement de succion.

1.3.2 Quelles sont les conséquences de la succion?

Des recherches ont montré que l'expression du comportement de succion pendant ou après un repas de lait aurait des conséquences physiologiques précieuses pour l'animal et c'est pourquoi la succion pourrait être très importante pour les veaux. Par exemple, de Passillé et coll. (1993) ont conclu que les taux d'insuline et de cholécystokinine (CCK) de la veine porte hépatique après un repas étaient plus élevés chez les veaux qui avaient tété une tétine sèche après la prise de nourriture. Cette conclusion est corroborée par Veissier et coll. (2002) qui constatent que les veaux montrent plus rapidement des signes de satiété et s'endorment plus vite après un repas, s'ils ont tété une tétine plutôt que bu du lait distribué par seau. Au vu des preuves du sentiment de satiété accru après la succion et des larges effets métaboliques de l'insuline et de la CCK, il est impossible de supposer que la privation du comportement de succion soit sans conséquence sur le bien-être de l'animal.

La plupart des recherches (revue de la littérature par Jensen 2003; Jensen et Budde, 2006; Rushen et coll., 2008) montrent aussi que les veaux autorisés à téter une tétine pour s'allaiter se têtent moins les uns les autres. Ce résultat a été constaté par comparaison de veaux alimentés au moyen d'un seau à tétine et d'autres nourris avec un seau simple. Une seule étude rapportait une succion entre veaux inférieure chez les veaux nourris au seau par

rapport à ceux nourris à l'aide d'un distributeur de lait automatique (Veissier et coll., 2002). La succion entre veaux était inférieure chez les veaux autorisés à continuer de sucer la tétine après le repas, ou à sucer une tétine sèche après la prise de lait et chez ceux disposant d'une tétine flottante (Jung et Lidfors, 2001; Loberg et Lidfors, 2001; Rushen et coll., 2008). La réduction du débit de lait s'écoulant de la tétine (ce qui prolonge la durée de la tétée) entraîne également une baisse de la succion entre veaux (Jensen, 2003).

1.3.3 Stimulation du réflexe de la gouttière œsophagienne

L'absence de réflexe de la gouttière œsophagienne (réticulaire) peut entraîner l'accumulation de grandes quantités de lait entier ou de lait de remplacement dans le rumen (passage de lait dans le rumen). Le lait dans le rumen (soit le lait non dirigé vers la caillette par le réflexe de la gouttière œsophagienne) risque de conduire à plusieurs signes cliniques et pathologiques, notamment : acidose ruminale induite par l'acide lactique, ballonnements, fèces d'aspect crayeux, faible appétit, retard de croissance, hyperkératose du rumen et atrophie des villosités de l'intestin grêle (Breukink et coll., 1988; Van Weeren-Keverling Buisman et coll., 1990).

Plusieurs facteurs peuvent influencer sur l'efficacité du réflexe de la gouttière œsophagienne. En général, on considère que les facteurs particulièrement pertinents chez les veaux sont les maladies, le stress, l'âge et la race de l'animal, la qualité et la température des liquides ingérés, et la méthode de distribution du lait de remplacement (tétine ou seau) (EFSA, 2012).

Selon Labussière et coll. (2014), le lait dans le rumen représenterait en moyenne entre 17 à 24 % de l'apport total en lait. Au moyen de marqueurs non digestibles, Berends et coll. (2015) ont récupéré 20 % du lait de remplacement qui se trouvait dans le rumen de veaux Holstein après chaque repas. Guilhermet et coll. (1975) et Wise et coll. (1984) ont utilisé des veaux préruminants équipés d'une cannule de rumen pour estimer la quantité de lait passé dans le rumen. Ces études ont fait état d'une grande variation de la quantité de lait récupérée dans le rumen d'un veau à l'autre, avec une moyenne d'environ 7 à 20 % de la ration totale de lait consommée. La quantité de lait dans le rumen augmente considérablement avec l'âge (Guilhermet et coll., 1975) et est liée à l'appétit : dos Santos et coll. (1986) ont mesuré 3 % de passage du lait dans le rumen chez les veaux ayant bon appétit contre 57 % chez les veaux à l'appétit faible, ce qui indique que le lait dans le rumen aurait de graves conséquences sur l'appétit des veaux ou l'inverse.

La probabilité de passage de lait dans le rumen est plus grande après le repas quand il est bu dans un seau (40,7 à 45,3 %) que quand il est bu à la tétine (4,9 à 5,2 %) (Wise et coll., 1942). Le lait passe rarement dans le rumen quand les veaux s'alimentent à la tétine (< 1 % du lait consommé), alors que ceci se produit couramment quand ils boivent au seau (~ 40 % du lait consommé) (Guilhermet et coll., 1975). Wise et coll. (1984) rapportent que, par rapport à une distribution au seau, le lait bu à la tétine conduit à un allongement de la durée des premières déglutitions, une diminution de la quantité de lait par déglutition, une réduction de la rapidité de l'apport de lait et de la déglutition, ainsi que du nombre de séquences d'ouverture et de fermeture de la gouttière œsophagienne, une baisse de l'incidence et de la durée des ouvertures de la gouttière œsophagienne, ainsi qu'une diminution du passage de liquide dans le réticulorumen et de la variabilité des réactions citées chez les veaux. Cependant, la quantité de lait passant dans le rumen varie et peut dépendre de la quantité de lait ingérée : Abe et coll. (1979) ont trouvé de faibles quantités de lait dans le rumen de veaux qui buvaient seulement 3 L de lait par repas, sans constater de différence entre la distribution au seau ou à la tétine. Ceci montre que l'allaitement à la tétine aiderait à la fermeture de la gouttière œsophagienne surtout quand les veaux reçoivent de grandes quantités de lait par repas.

L'alimentation des veaux à la tétine plutôt qu'à l'aide d'un seau simple présente plusieurs avantages pour ce qui est de la physiologie digestive et de la santé de l'animal. L'élimination quasi-totale de lait dans le rumen constatée en cas d'alimentation à la tétine est particulièrement importante.

1.3.4 Compétition pour l'accès aux tétines

Le logement en groupe offre plusieurs avantages aux veaux : contacts sociaux, espace plus grand pour se déplacer (Jensen, 2006), stimulation à apprendre (Gaillard et coll., 2014), moindre néophobie alimentaire (Costa et coll., 2014). Certaines études montrent même une amélioration de la croissance sans que les problèmes de santé soient supérieurs à ceux constatés chez les veaux élevés dans des logettes individuelles (Costa et coll., 2015). Ces avantages s'accompagnent parfois d'économies de main-d'œuvre, notamment pour le nettoyage des enclos et la durée des tâches d'alimentation (de Passillé et coll., 2004; Kung et coll., 1997). Toutefois, une compétition pour l'accès aux tétines est possible (von Keyserlingk et coll., 2004; Jensen et Budde, 2006) quand les veaux n'ont pas accès *ad libitum* au lait. En raison de cette compétition, certains veaux sont éloignés de la tétine et l'apport en lait varie d'un veau à l'autre. Il s'agit d'un problème de taille quand les veaux reçoivent de petites quantités de lait, car les veaux affamés passent souvent d'une tétine à l'autre (de Passillé et Rushen, 2006), et quand ils sont nourris par des distributeurs de lait informatisés, les veaux entrent dans une vive concurrence pour accéder au lait (Jensen, 2006). La compétition est par contre rare chez les veaux nourris à volonté (O'Driscoll et coll., 2006; De Paula Vieira et coll., 2008).

1.4 Quantité de lait et fréquence de l'alimentation

Le lait de remplacement est proposé en abondance aux veaux de lait (blancs). Ils reçoivent en effet des quantités plus grandes que ce qu'ils choisiraient de boire dans le cadre d'une alimentation *ad libitum* par distributeur automatique de lait (Webb et coll., 2014). L'ingestion augmente les taux de glucose dans le plasma et est suivie d'une libération d'insuline qui maintient l'homéostasie du glucose, mais les veaux recevant 8 L/jour en 2 repas ne montrent pas de signes de sensibilité à l'insuline (MacPherson et coll., 2016). Une résistance à l'insuline et des troubles du métabolisme du glucose (perturbations du stockage et de l'utilisation du glucose) ont été diagnostiqués chez des veaux nourris avec de grandes quantités de lait de remplacement en 2 repas par jour. Ces veaux montraient les signes suivants : hyperglycémie (taux élevés de glucose dans le sang), glycosurie (taux élevés de glucose dans l'urine), hyperinsulinémie (taux élevés d'insuline dans le sang), qui sont tous des processus gourmands en énergie et réduisent par conséquent l'efficacité de l'alimentation (Hostettler-Allen et coll., 1994; Blum et Hammon, 1999; Hugi et coll., 1998). De plus, selon la race, des différences de répartition du glucose et de sensibilité à l'insuline ont été constatées, notamment entre les veaux Holstein-Friesian et les veaux de lait bleus belges, et elles sembleraient indiquer que les risques sont plus grands pour les veaux Holstein (Bossaert et coll., 2009).

Kaufhold et coll. (2000) ont mesuré des taux de glucose, de lactate, d'urée, de somatostatine, de glucagon et d'insuline dans le plasma inférieurs chez les veaux nourris six fois par jour au moyen d'un distributeur de lait automatique par rapport aux veaux recevant la même quantité de lait de remplacement en deux repas par jour au moyen de seaux. Nussbaum et coll. (2002) ont constaté des modifications postpandriales mineures du taux de glucose chez les veaux nourris de lait de remplacement dix fois par jour au moyen d'un distributeur automatique de lait, alors que les concentrations de glucose augmentaient rapidement après le repas quand des veaux similaires recevaient une ration de quantité et de type identiques deux fois par jour au moyen d'un seau.

Vicari et coll. (2008) ont observé que les veaux nourris 4 fois par jour de lait de remplacement ne caillant pas avaient des taux postpandriales de glucose et d'insuline dans le sang inférieurs et revenaient plus rapidement aux taux prépandriales que les veaux recevant le même aliment seulement deux fois par jour. De plus, selon van den Borne et coll. (2006), chez les veaux nourris avec des concentrations plus élevées de lait de remplacement non coagulant ($2,5 \times$ les besoins en énergie métabolisable d'entretien) quatre fois par jour, l'efficacité d'utilisation de la protéine digestible (protéine du petit-lait) était plus grande (11 %) que chez les veaux nourris avec le même lait de remplacement seulement deux fois par jour. L'efficacité protéique augmente seulement de 5 % chez les veaux nourris 4 fois par jour au lieu de 2 fois, quand la proportion de lait de

remplacement est moins élevée ($1,5 \times$ les besoins en énergie métabolisable d'entretien). Ces résultats montrent que la distribution de plus grandes quantités de lait 2 fois par jour conduit à une moindre efficacité protéique que quand le lait est bu 4 fois par jour. Ces résultats sur les effets de la fréquence d'alimentation indiquent la capacité limitée des veaux à métaboliser de grandes quantités de nutriments très digestibles en 1 repas (Blum et Hammon, 1999). En conclusion, le coefficient d'utilisation digestive des protéines est plus élevé chez les veaux recevant la même ration quotidienne de lait en 4 repas en petites quantités qu'en 2 repas plus volumineux.

La source protéique du lait de remplacement est aussi importante. Les sources protéiques rapidement hydrolysables (c'est-à-dire ne coagulant pas) comme les protéines végétales et le petit-lait sont des composés azotés courants des laits de remplacement. Ces sources protéiques, associées à des rations importantes de lait distribuées à une faible fréquence (la pratique de deux repas par jour est courante), ont pour effet une absorption rapide des nutriments – comme les acides aminés, le glucose et le galactose – après l'ingestion (Van der Borne et coll., 2007).

De plus, Ahmed et coll. (2002) ont démontré que l'augmentation de la fréquence de distribution du lait de remplacement par tétine de 2 à 3 fois par jour entraîne une hausse du pH luminal abomasal moyen sur 24 heures (qui est alors aussi élevé qu'en cas d'une fréquence d'alimentation de 4 ou 8 repas par jour) et une augmentation du pourcentage de la période de 24 heures enregistrant un $\text{pH} > 3,0$ (résultats identiques avec 4 à 8 repas par jour). Par conséquent, un allaitement à la tétine 3 fois par jour au lieu de 2 diminuerait le risque d'acidose abomasale.

De plus, la distribution de volumes élevés de lait de remplacement aux veaux en deux repas liquides par jour serait la principale cause de distension excessive de la caillette, susceptible d'entraîner son ulcération (Brsic et coll., 2011), quel que soit le type de lait de remplacement choisi (voir chapitre 4, *Facteurs de risque de lésion abomasale*).

L'alimentation des veaux logés dans des enclos collectifs au moyen de distributeurs automatiques de lait permettent d'augmenter la fréquence des prises de nourriture sans main-d'œuvre supplémentaire. Le distributeur offre au veau une situation imitant l'allaitement naturel; les veaux recevant 12 L par jour se nourrissent au moins 5 fois par jour (Borderas et coll., 2009; von Keyserlingk et coll., 2009; De Paula Vieira et coll., 2008, Webb et coll., 2014). La multiplication du nombre de repas satisfait ainsi leur besoin de téter. Les veaux passent entre 52 et 64 minutes par jour à téter leur mère (Day et coll., 1987) et la durée de succion par jour pour les veaux alimentés par un distributeur automatique de lait est d'environ 47 à 57 min (Jensen et Holm, 2003). Plus tard, il est possible d'adapter la station d'alimentation pour que le veau plus âgé prenne des repas moins fréquents mais plus abondants, comme il le ferait dans des conditions naturelles (Jensen et Holm, 2003).

Une alimentation plus fréquente a aussi des effets sur l'ingestion de céréales au sevrage, d'après Kmicikewycz et coll. (2013) qui ont conclu que des veaux nourris de lait de remplacement 4 fois par jour consommaient plus d'aliment de démarrage pendant les deux semaines suivant le sevrage que les veaux recevant la même quantité de lait de remplacement en 2 repas par jour.

En résumé, l'augmentation de la fréquence des repas lactés améliore l'utilisation et le stockage du glucose, réduit le degré de remplissage de la caillette, diminue la quantité de lait passant dans le rumen et accroît l'efficacité de l'utilisation des nutriments.

1.5 Sevrage des veaux

À la naissance, les veaux sont des préruminants dont la principale source de nutrition est le lait ou le lait de remplacement. Les quantités d'aliments solides qu'ils ingèrent avant 4 semaines sont très faibles par rapport à celles qu'ils ingèrent par la suite. Graduellement, les veaux augmentent la quantité d'aliments solides qu'ils consomment d'eux-mêmes. Dans une étude observant des veaux ayant libre accès à du lait de remplacement, des

concentrés, de l'ensilage et du foin, Webb et coll. (2014) ont constaté qu'à 3 mois, les veaux ingéraient deux fois plus de matières sèches de lait de remplacement que de concentrés, alors qu'à 6 mois, l'inverse est vrai. Le sevrage des veaux avant qu'ils n'aient la capacité ou la volonté de manger suffisamment d'aliments solides cause plusieurs signes de mal-être chez les animaux.

Les veaux féraux élevés sous la mère sont sevrés sur plusieurs mois, avec une diminution progressive du nombre de tétées (Vitale et coll., 1986; von Keyserlingk et Weary, 2007). En général, le sevrage se termine quand le petit a entre 8 et 12 mois (Reinhardt et Reinhardt, 1981). D'un côté, dans les élevages de veaux de grain, les animaux sont donc sevrés plus rapidement (brusquement ou en quelques jours) et à un plus jeune âge (6 à 8 semaines) que dans des conditions naturelles. De l'autre côté, les veaux de lait ne sont pas sevrés, mais continuent de recevoir des volumes de lait plus importants que ce qu'ils choisiraient de boire naturellement quand le lait est proposé à volonté au moyen d'un distributeur automatique de lait (Webb et coll., 2014).

Le sevrage des veaux peut être une période stressante (Weary et coll., 2008), qui se manifeste par des beuglements croissants, des comportements indicateurs d'un sentiment de faim, une hausse de la succion entre veaux et de l'activité, une diminution des déplacements et de la croissance, voire une perte de poids (Budzynska et Weary, 2008; Krachun et coll., 2010; Nielsen et coll., 2008a; Sweeney et coll., 2010; de Passillé et coll., 2011a) et certains indices d'immunosuppression (Hulbert et coll., 2011; Johnston et coll., 2016) ou d'altération de la réactivité immunitaire (Pollock et coll., 1992). Le stress du sevrage est parfois particulièrement évident pour les veaux recevant de grandes quantités de lait (> 8 L/jour), car ces quantités élevées réduisent la part d'aliments solides dans l'alimentation des veaux avant le sevrage, ainsi que leur capacité à digérer le concentré (Terré et coll., 2007; Borderas et coll., 2009; Hill et coll., 2016). De très nombreuses recherches montrent que ces signes de stress sont réductibles de plusieurs manières.

1.5.1 Sevrage progressif

Plusieurs études montrent que le sevrage progressif donne de meilleurs résultats que le sevrage brusque (d'un jour à l'autre). Comparée à ce dernier, la suppression du lait sur une période de 10 ou 22 jours augmente la hausse des apports énergétiques et du gain de poids et empêche les pertes de poids pendant la période de sevrage et dans la semaine qui suit (Sweeney et coll., 2010). Le sevrage de veaux sur 2 semaines (réalisé à l'âge de 8 semaines) réduit la succion entre veaux et les signes comportementaux de faim pendant le sevrage par rapport à une suppression brusque du lait en une journée (Nielsen et coll., 2008a). Une diminution graduelle de la quantité de lait distribuée à chaque repas réduit davantage les signes comportementaux de faim que la diminution du nombre de repas offerts (Jensen, 2006) et que la dilution graduelle du lait avec de l'eau (Nielsen et coll., 2008b).

Cependant, l'augmentation de la durée du sevrage peut avoir des effets nocifs si elle implique la diminution de l'âge du début du sevrage. De Passillé et coll. (2010) ont observé que les veaux se tétaient plus les uns les autres lorsqu'ils étaient sevrés sur une période de 22 jours à partir de l'âge de 19 jours, par rapport à des veaux sevrés sur des périodes plus brèves (entre 0 et 10 jours), mais à un âge plus avancé. Selon Quigley (1996), les veaux brusquement sevrés à 35 jours ont un poids corporel final supérieur aux veaux sevrés par la diminution de moitié de leur ration de lait de remplacement entre 25 et 35 jours. Il faut toutefois noter que dans ce cas précis, les veaux recevaient une faible ration de lait de remplacement (10 % de leur poids corporel).

1.5.2 Âge du sevrage

Un sevrage plus tardif peut aussi diminuer le stress au sevrage. Quand des veaux nourris de lait de remplacement en grande quantité sont complètement sevrés (en 7 jours) à 8 semaines, leur croissance pondérale est supérieure pendant la période de sevrage, leur poids corporel est plus grand à la fin du sevrage, ils passent moins de temps à exprimer des comportements oraux non nutritifs, et plus de temps à ruminer et à rester couchés par rapport à des

veaux sevrés à 6 semaines (Eckert et coll., 2015). L'appareil digestif des veaux sevrés à 8 semaines est également plus développé que ceux sevrés à 6 semaines (Eckert et coll., 2015) et le développement de la fonction digestive est plus régulier chez les veaux sevrés à 12 semaines par rapport à ceux sevrés à 8 semaines (Meale et coll., 2015). En revanche, Hopkins (1997) n'a trouvé aucune différence de croissance pondérale ni de poids corporel final entre des veaux sevrés à 28 jours et d'autres sevrés à 56 jours, malgré une ration de lait très faible (3,8 L/jour). De même, Kehoe et coll. (2007) n'ont constaté aucune différence dans la croissance et la santé de veaux (nourris de lait de remplacement à 10 % du poids corporel) sevrés à 3, 4, 5 ou 6 semaines. Ces études contradictoires laissent supposer que les effets d'un sevrage précoce dépendent de la quantité d'aliment liquide distribuée aux veaux, et que les effets de l'âge du sevrage seraient moindres chez les veaux consommant des quantités moins élevées de lait ou de lait de remplacement.

En revanche, les effets d'un sevrage plus tardif, après 8 semaines, chez les veaux recevant de grandes quantités de lait sont établis plus précisément. On a mesuré des apports énergétiques plus importants, de moindres signes de faim et une croissance pondérale plus élevée chez les veaux sevrés progressivement (sur 10 jours) à 12 ou 13 semaines et consommant 12 L/jour par rapport à des veaux dont le sevrage était terminé à 8 semaines (Krachun et coll., 2010; de Passillé et coll., 2011a). Ces résultats s'expliquent par le fait que les veaux sevrés plus tardivement sont plus en mesure d'augmenter leur ingestion d'aliment de démarrage quand la ration de lait diminue. Aucune différence n'a été enregistrée pour ce qui est des contacts de succion entre veaux. Cependant, les veaux complètement sevrés à 12 semaines prennent plus de poids pendant le sevrage et sont plus lourds après le sevrage que ceux sevrés à 8 semaines (de Passillé et coll., 2011b), mais, selon une autre étude, aucune différence n'est mesurée entre les veaux sevrés à 8 et à 10 semaines (Meale et coll., 2015). Les veaux sevrés avant 44,7 jours en moyenne montrent des signes de suppression de certains éléments de leur système immunitaire; le résultat est encore plus marqué pour les veaux sevrés à 23,7 jours en moyenne (Hulbert et coll., 2011).

1.5.3 Autres méthodes de sevrage

Il semblerait qu'un sevrage par la réduction de la ration de lait en fonction de la quantité d'aliments solides ingérée par les veaux soit un moyen prometteur de diminuer le stress du sevrage, particulièrement en cas d'utilisation de distributeurs de lait automatiques. On a observé que cette méthode faisait baisser la succion entre veaux et évitait la perte de poids pendant le sevrage (Roth et coll., 2008; de Passillé et Rushen, 2012).

D'autres méthodes ont fait leurs preuves dans la réduction des signes de détresse dus au sevrage. Par exemple, Jasper et coll. (2008) ont constaté qu'offrir aux veaux de l'eau tiède au moyen de distributeurs automatiques de lait diminue les beuglements en cas de sevrage brusque.

1.6 Alimentation au lait et diarrhée

Certains ont exprimé leurs craintes sur le risque d'augmentation des diarrhées chez les veaux nourris de volumes importants de lait, mais ce risque n'a jamais été démontré. Si des rations plus grandes de lait ou de lait de remplacement peuvent causer des excréments moins solides, il n'existe aucune preuve concluante d'un lien avec une augmentation des manifestations cliniques de diarrhée (Lorenz et coll., 2011).

La plupart des études ne rapportent pas de différence dans les indices de diarrhée (mesure courante de la diarrhée) entre veaux recevant de grandes ou de petites quantités de lait (Nocek et coll., 1984; Appleby et coll., 2001; Jasper et Weary, 2002; Diaz et coll., 2001; Uys et coll., 2011; Bach et coll., 2013). Hammon et coll. (2002) ont observé des quantités plus importantes d'excréments mous chez les veaux à l'alimentation restreinte que chez ceux nourris à volonté. Une étude menée par Quigley et coll. (2006) montre que les veaux recevant des quantités supplémentaires de lait de remplacement connaissent des épisodes de diarrhée plus longs. Ce résultat est toutefois à considérer avec précaution, car les veaux qui refusaient du lait pendant l'expérience étaient forcés à boire tout le lait restant, quel que soit leur état de santé. Il a été prouvé auparavant que l'administration

d'aliments de force aggravait les maladies. Murray et Murray (1979) ont ainsi montré que des souris nourries de force affichaient un taux de mortalité supérieur de 50 % et une durée de survie écourtée par rapport à des souris nourries *ad libitum*.

Dans la plupart des études, la diarrhée est mesurée par des indices de diarrhée sur une échelle de 1 (normal), 2 (léger), 3 (liquide) et 4 (aqueux) (Kertz et Chester Jones, 2004). Il est toutefois compréhensible que quand les veaux ingèrent de grandes quantités de lait, leurs fèces soient plus liquides (Osorio et coll., 2012; Hengst et coll., 2012), sans que ceci soit un signe clinique de diarrhée, indicateur de maladie (Lorenz et coll., 2011)

En général, aucun lien n'a été établi entre ingestion de lait *ad libitum* d'une part et incidence et sévérité de la diarrhée d'autre part. Il est courant de traiter la diarrhée des veaux recevant des quantités restreintes de lait en réduisant plus encore leur apport en lait. Garthwaite et coll. (1994) ont montré que ce retrait de lait nuisait en fait au rétablissement des animaux. Il faut toutefois noter que la quantité maximale de lait offerte dans l'étude était faible (10 % du poids corporel). Malheureusement, les revues de littérature ne rapportent aucune étude portant sur les effets du retrait de lait pendant les épisodes de diarrhée (ou une restriction à 10 % du poids corporel) sur les indices de diarrhée, qui comparerait les réactions des veaux nourris à volonté à celles des veaux dont l'alimentation est restreinte.

1.7 Références

- Abe, M., T. Iriki, K. Kondoh et H. Shibui (1979). « Effects of nipple or bucket feeding of milk-substitute on rumen by-pass and on rate of passage in calves », *British Journal of Nutrition*, vol. 41, p. 175-181.
- Ahmed, A.F., P.D. Constable et N.A. Misk (2002). « Effect of feeding frequency and route of administration on abomasal luminal pH in dairy calves fed milk replacer », *Journal of Dairy Science*, vol. 85, p. 1502-1508.
- Appleby, M. C., D.M. Weary et B. Chua (2001). « Performance and feeding behaviour of calves on ad libitum milk from artificial teats », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 74, p. 191-201.
- Bach, A., M. Terré et A. Pinto (2013). « Performance and health responses of dairy calves offered different milk replacer allowances », *Journal of Dairy Science*, vol. 96, p. 7790-7797.
- Berends, H., J.J.G.C. van den Borne, N. Stockhofe-Zurwieden, M.S. Gilbert, T. Zandstra, W.F. Pellikaan, C.G. van Reenen, E.A.M. Bokkers et W.J.J. Gerrits (2015). « Effects of solid feed level and roughage-to-concentrate ratio on ruminal drinking and passage kinetics of milk replacer, concentrates, and roughage in veal calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 98, p. 5621-5629.
- Blum, J.W. et H.M. Hammon (1999). « Endocrine and metabolic aspects in milk-fed calves », *Domestic Animal Endocrinology*, vol. 17, p. 219-230.
- Bokkers, E.A.M. et P. Koene (2001). « Activity, oral behaviour and slaughter data as welfare indicators in veal calves: a comparison of three housing systems », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 75, p. 1-15.
- Borderas, T.F., A.M.B. de Passillé et J. Rushen (2009). « Feeding behavior of calves fed small or large amounts of milk », *Journal of Dairy Science*, vol. 92, p. 2843-2852.
- Bossaert, P., J.L.M.R. Leroy, S. De Campeneere, S. De Vlieghe et G. Opsomer (2009). « Differences in the glucose-induced insulin response and the peripheral insulin responsiveness between neonatal calves of the Belgian Blue, Holstein-Friesian, and East Flemish breeds », *Journal of Dairy Science*, vol. 92, p. 4404-4411.

- Breukink, H.J., T. Wensing, A. van Weeren-Keverling Buisman, E.G. van Bruinessen-Kapsenberg et N.A.P. de Visser (1988). « Consequences of failure of the reticular groove reflex in veal calves fed milk replacer », *Veterinary Quarterly*, vol. 10, p. 126-135.
- Brscic, M., L.F.M. Heutinck, M. Wolthuis-Fillerup, N. Stockhofe, B. Engel, E.K. Visser, F. Gottardo, E.A.M. Bokkers, B.J. Lensink, G. Cozzi et C.G. van Reenen (2011). « Prevalence of gastrointestinal disorders recorded at postmortem inspection in white veal calves and associated risk factors », *Journal of Dairy Science*, vol. 94, p. 853-863.
- Budzynska, M. et D.M. Weary (2008). « Weaning distress in dairy calves: Effects of alternative weaning procedures », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 112, p. 33-39.
- Costa, J.H.C., R.K. Meagher, M.A.G. von Keyserlingk et D.M. Weary (2015). « Early pair housing increases solid feed intake and weight gains in dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 98, p. 6831-6836.
- Costa, J.H.C., R.R. Daros, M.A.G. von Keyserlingk et D.M. Weary (2014). « Complex social housing reduces food neophobia in dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 7804-7810.
- Cozzi, G., F. Gottardo, S. Mattiello, E. Canali, E. Scanziani, M. Verga et I. Andrighetto (2002). « The provision of solid feeds to veal calves: I. Growth performance, forestomach development, carcass and meat quality », *Journal of Animal Science*, vol. 80, p. 357-366.
- Day, M.L., K. Imakawa, A.C. Clutter, P.L. Wolfe, D.D. Zalesky, M.K. Nielsen et J.E. Kinder (1987). « Suckling behavior of calves with dams varying in milk production », *Journal of Animal Science*, vol. 65, p. 1207-1212.
- de Passillé, A.M. (2001). « Sucking motivation and related problems in calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 72, p. 175-187.
- de Passillé, A.M., T.F. Borderas et J. Rushen (2011a). « Weaning age of calves fed a high milk allowance by automated feeders: Effects on feed, water, and energy intake, behavioral signs of hunger, and weight gains », *Journal of Dairy Science*, vol. 94, p. 1401-1408.
- de Passillé, A.M., F. Borderas et J. Rushen (2011b). « Cross-sucking by dairy calves may become a habit or reflect characteristics of individual calves more than milk allowance or weaning », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 133, p. 137-143.
- de Passillé, A.M., R. Christopherson et J. Rushen (1993). « Nonnutritive sucking by the calf and postprandial secretion of insulin, CCK, and gastrin », *Physiology & Behavior*, vol. 54, p. 1069-1073.
- de Passillé, A.M., P.G. Marnet, H. Lapierre et J. Rushen (2008). « Effects of twice-daily nursing on milk ejection and milk yield during nursing and milking in dairy cows », *Journal of Dairy Science* vol. 91, p. 1416-1422.
- de Passillé, A.M. et J. Rushen (2012). « Adjusting the weaning age of calves fed by automated feeders according to individual intakes of solid feed », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, p. 5292-5298.
- de Passillé, A.M. et J. Rushen (1997). « Motivational and physiological analysis of the causes and consequences of non-nutritive sucking by calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol 53, p. 15-31.
- de Passillé, A.M., J. Rushen et D.M. Weary (2004). « Designing good environments and management for calves », *Advances in Dairy Technology*, vol. 16, p. 75-89.

de Passillé, A.M., B. Sweeney et J. Rushen (2010). « Cross-sucking and gradual weaning of dairy calves », *Applied Animal Behaviour Science* vol. 124, p. 11-15.

de Passillé, A.M.B., J.H.M. Metz, P. Mekking et P.R. Wiepkema (1992). « Does drinking milk stimulate sucking in young calves? », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 34, p. 23-36.

de Passillé, A.M.B. et J. Rushen (2006). « Calves' behaviour during nursing is affected by feeding motivation and milk availability », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 101, p. 264-275.

De Paula Vieira, A., V. Guesdon, A.M. de Passillé, M.A.G. von Keyserlingk et D.M. Weary (2008). « Behavioural indicators of hunger in dairy calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 109, p. 180-189.

Di Giancamillo, A., G. Bosi, S. Arrighi, G. Savoini et C. Domeneghini (2003). « The influence of different fibrous supplements in the diet on ruminal histology and histometry in veal calves. » *Histology and Histopathology*, vol. 18, p. 727-733.

Diaz, M.C., M.E. Van Amburgh, J.M. Smith, J.M. Kelsey et E.L. Hutten (2001). « Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105-kilogram body weight », *Journal of Dairy Science*, vol. 84, p. 830-842.

dos Santos, G.T., R. Toullec, R. Roger, H. De la Grange et P. Guilloteau (1986). « Caractéristiques digestives des veaux de boucherie s'adaptant mal en atelier d'engraissement », *Reproduction Nutrition Development* vol. 26, p. 1217.

Eckert, E., H.E. Brown, K.E. Leslie, T.J. De Vries et M.A. Steele (2015). « Weaning age affects growth, feed intake, gastrointestinal development, and behavior in Holstein calves fed an elevated plane of nutrition during the preweaning stage », *Journal of Dairy Science*, vol. 98, p. 6315-6326.

EU Council (1991). *Directive 91/629EC*. Official Journal of the European Communities, vol. 340, n° 28, EC (Bruxelles, Belgique).

EU Council (1997). *Directive 97/2/EC*. Official Journal of the European Communities, vol. 20. EC (Bruxelles, Belgique).

European Food Safety Authority (2012). « Scientific Opinion on the welfare of cattle kept for beef production and the welfare in intensive calf farming systems », *The EFSA Journal*, vol. 10, n° 5, p. 2669

European Food Safety Authority (2006). « The risks of poor welfare in intensive calf farming systems. An update of the Scientific Veterinary Committee Report on the Welfare of Calves », *The EFSA Journal*, vol. 366, p. 1-36.

Gaillard, C., R.K. Meagher, M.A.G. von Keyserlingk et D.M. Weary (2014). « Social housing improves dairy calves' performance in two cognitive tests. » *PLoS ONE*, vol. 9, n° 2, p. e90205.

Garthwaite, B.D., J.K. Drackley, G.C. McCoy et E.H. Jaster (1994). « Whole milk and oral rehydration solution for calves with diarrhea of spontaneous origin », *Journal of Dairy Science*, vol. 77, p. 835-843.

Guilhermet, R., C.M. Mathieu et R. Toullec (1975). « Transit des aliments liquides au niveau de la gouttière œsophagienne chez le veau préruminant et ruminant. » *Annales de Zootechnie*, vol. 24, p. 69-79.

- Haley, D.B., J. Rushen, I.J.H. Duncan, T.M. Widowski et A.M. de Passillé (1998). « Effects of resistance to milk flow and the provision of hay on nonnutritive sucking by dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 81, p. 2165-2172.
- Hammel, K.L., J.H.M. Metz et P. Mekking (1988). « Sucking behaviour of dairy calves fed milk *ad libitum* by bucket or teat », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 20, p. 275-285.
- Hammon, H.M., G. Schiessler, A. Nussbaum et J.W. Blum (2002). « Feed intake patterns, growth performance, and metabolic and endocrine traits in calves fed unlimited amounts of colostrum and milk by automate, starting in the neonatal period », *Journal of Dairy Science*, vol. 85, p. 3352-3362.
- Hengst, B.A., L.M. Nemecek, R.R. Rastani et T.F. Gressley (2012). « Effect of conventional and intensified milk replacer feeding programs on performance, vaccination response, and neutrophil mRNA levels of Holstein calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, p. 5182-5193.
- Hopkins, B.A. (1997). « Effects of the method of calf starter delivery and effects of weaning age on starter intake and growth of Holstein calves fed milk once daily », *Journal of Dairy Science*, vol. 80, p. 2200-2203.
- Hostettler-Allen, R.L., L. Tappy et J.W. Blum (1994). « Insulin resistance, hyperglycemia, and glucosuria in intensively milk-fed calves », *Journal of Animal Science*, vol. 72, p. 160-173.
- Hugi, D., L. Tappy, H. Sauerwein, R.M. Bruckmaier et J.W. Blum (1998). « Insulin-dependent glucose utilization in intensively milk-fed veal calves is modulated by supplemental lactose in an age-dependent manner », *Journal of Nutrition*, vol. 128, p. 1023-1030.
- Hulbert, L.E., C.J. Cobb, J.A. Carroll et M.A. Ballou (2011). « The effects of early weaning on innate immune responses of Holstein calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 94, p. 2545-2556.
- Jasper, J., M. Budzynska et D.M. Weary (2008). « Weaning distress in dairy calves: Acute behavioural responses by limit-fed calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 110, p. 136-143.
- Jasper, J. et D.M. Weary (2002). « Effects of ad libitum milk intake on dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 85, p. 3054-3058.
- Jensen, M.B. (2006). « Computer-controlled milk feeding of group housed calves: the effect of milk allowance and weaning type », *Journal of Dairy Science*, vol. 89, p. 201-206.
- Jensen, M.B. (2003). « The effects of feeding method, milk allowance and social factors on milk feeding behaviour and cross-sucking in group housed dairy calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 80, p. 191-206.
- Jensen, M.B. et M. Budde (2006). « The effects of milk feeding method and group size on feeding behavior and cross-sucking in group-housed dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 89, p. 4778-4783.
- Jensen M.B. et L. Holm (2003). « The effect of milk flow rate and milk allowance on feeding related behaviour in dairy calves fed by computer controlled milk feeders », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 82, p. 87-100.
- Jung, J. et L. Lidfors (2001). « Effects of amount of milk, milk flow and access to a rubber teat on cross-sucking and non-nutritive sucking in dairy calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 72, p. 201-213.

- Kaufhold, J.N., H.M. Hammon, R.M. Bruckmaier, B.H. Breier et J.W. Blum (2000). « Postprandial metabolism and endocrine status in veal calves fed at different frequencies », *Journal of Dairy Science*, vol. 83, p. 2480-2490.
- Kehoe, S.I., C.D. Dechow et A.J. Heinrichs (2007). « Effects of weaning age and milk feeding frequency on dairy calf growth, health and rumen parameters », *Livestock Science*, vol. 110, p. 267-272.
- Kertz, A.F. et H. Chester-Jones (2004). « Invited Review: Guidelines for Measuring and Reporting Calf and Heifer Experimental Data », *Journal of Dairy Science*, vol. 87, p. 3577-3580.
- Kmicikewycz, A.D., D.N.L. da Silva, J.G. Linn et N.B. Litherland (2013). « Effects of milk replacer program fed 2 or 4 times daily on nutrient intake and calf growth », *Journal of Dairy Science*, vol. 96, p. 1125-1134.
- Kooijman, J., H.K. Wierenga et P.R. Wiepkema (1991). « Development of abnormal oral behaviour in group-housed veal calves » dans *New Trends in Veal Calf Production*, EEAP Publication No. 52, sous la direction de J.H.M. Metz et C.M. Groenestein, Wageningen (Pays-Bas), Pudoc, p. 54-58.
- Krachun, C., J. Rushen et A.M. de Passillé (2010). « Play behaviour in dairy calves is reduced by weaning and by a low energy intake », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 122, p. 71-76.
- Krohn, C.C., J. Foldager et L. Mogensen (1999). « Long-term effect of colostrum feeding methods on behaviour in female dairy calves », *Acta Agricolae Scandinava Section A — Animal Science*, vol. 49, p. 57-64.
- Kung, L., S. Demarco, L.N. Siebenson, E. Joyner, G.F. Haenlein et R.M. Morris (1997). « An evaluation of two management systems for rearing calves fed milk replacer », *Journal of Dairy Science*, vol. 80, p. 2529-2533.
- Labussière, E., H. Berends, M.S. Gilbert, J.J.G.C. van den Borne et W.J.J. Gerrits (2014). « Estimation of milk leakage into the rumen of milk-fed calves through an indirect and repeatable method », *Animal*, vol. 8, p. 1643-1652.
- Leruste, H., M. Brscic, G. Cozzi, B. Kemp, M. Wolthuis-Fillerup, B.J. Lensink, E.A.M. Bokkers et C.G. van Reenen (2014). « Prevalence and potential influencing factors of non-nutritive oral behaviors of veal calves on commercial farms », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 7021-7030.
- Lidfors, L.M., J. Jung et A.M. de Passillé (2010). « Changes in suckling behaviour of dairy calves nursed by their dam during the first month post partum », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 128, p. 23-29.
- Lidfors, L.M. (1993). « Cross-sucking in group-housed dairy calves before and after weaning », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 38, p. 15-24.
- Loberg, J. et L. Lidfors (2001). « Effect of milkflow rate and presence of a floating nipple on abnormal sucking between dairy calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 72, p. 189-199.
- Lorenz, I., J.F. Mee, B. Earley et S.J. More (2011). « Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention », *Irish Veterinary Journal*, vol. 64, p. 10.
- Mason, G.J. et J. Rushen (2008). *Stereotypic Animal Behavior: Fundamentals and applications to Welfare*, Wallingford (Royaume-Uni), CABI.
- Mason, G.J. (1991). « Stereotypies: a critical review », *Animal Behaviour*, vol. 41, p. 1015-1037.

- Mattiello, S., E. Canali, V. Ferrante, M. Caniatti, F. Gottardo, G. Cozzi, I. Andrighetto et M. Verga (2002). « The provision of solid feeds to veal calves: II. Behaviour, physiology and abomasal damage », *Journal of Animal Science*, vol. 80, p. 367-375.
- Meale, S.J., L.N. Leal, J. Martín-Tereso et M.A. Steele (2015). « Delayed weaning of Holstein bull calves fed an elevated plane of nutrition impacts feed intake, growth and potential markers of gastrointestinal development », *Animal Feed Science and Technology*, vol. 209, p. 268-273.
- Morisse, J.P., D. Huonnic, J.P. Cotte et A. Martrenchar (2000). « The effect of four fibrous feed supplementations on different welfare traits in veal calves », *Animal Feed Science and Technology*, vol. 84, p. 129-136.
- Murray, M.J. et A.B. Murray (1979). « Anorexia of infection as a mechanism of host défense », *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 32, p. 593-596.
- Nielsen, P.P., M.B. Jensen et L. Lidfors (2008a). « Milk allowance and weaning method affect the use of a computer controlled milk feeder and the development of cross-sucking in dairy calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 109, p. 223-237.
- Nielsen, P.P., M.B. Jensen et L. Lidfors (2008b). « The effects of teat bar design and weaning method on behavior, intake, and gain of dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 91, p. 2423-2432.
- Nocek, J.E., D.G. Braun et R.G. Warner (1984). « Influence of neonatal colostrum administration, immunoglobulin and continued feeding of colostrum on calf gain, health and serum protein », *Journal of Dairy Science*, vol. 67, p. 319-333.
- Nussbaum, A., G. Schiessler, H.M. Hammon et J.W. Blum (2002). « Growth performance and metabolic and endocrine traits in calves pair-fed by bucket or by automate starting in the neonatal period », *Journal of Animal Science*, vol. 80, p. 1545-1555.
- O'Driscoll, K., M.A. von Keyserlingk et D.M. Weary (2006). « Effects of mixing on drinking and competitive behavior of dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 89, p. 229-233.
- Osorio, J.S., R.L. Wallace, D.J. Tomlinson, T.J. Earleywine, M.T. Socha et J.K. Drackley (2012). « Effects of source of trace minerals and plane of nutrition on growth and health of transported neonatal dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, p. 5831-5844.
- Pollock, J.M., T.G. Rowan, J.B. Dixon, S.D. Carter et R. Fallon (1992). « Effects of weaning on antibody responses in young calves », *Veterinary Immunology and Immunopathology*, vol. 33, p. 25-36.
- Quigley, J.D. (1996). « Influence of weaning method on growth, intake, and selected blood metabolites in Jersey calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 79, p. 2255-2260.
- Quigley, J.D., T.A. Wolfe et T.H. Elsasser (2006). « Effects of additional milk replacer feeding on calf health, growth, and selected blood metabolites in calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 89, p. 207-216.
- Reinhardt, V. et A. Reinhardt (1981). « Natural sucking performance and age of weaning in zebu cattle (*Bos indicus*) », *The Journal of Agricultural Science*, vol. 96, p. 309-312.
- Roth, B.A., E. Hillmann, M. Stauffacher et N.M. Keil (2008). « Improved weaning reduces cross-sucking and may improve weight gain in dairy calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 111, p. 251-261.

Rushen, J. et A.M. de Passillé (1998). « Behavior, welfare and productivity of dairy cattle », *Canadian Journal of Animal Science*, vol. 78 (supplément), p. 3-21.

Rushen, J. et A.M. de Passillé (1995). « The motivation of non-nutritive sucking in calves, *Bos Taurus* », *Animal Behaviour*, vol. 49, p. 1503-1510.

Rushen, J., A.M. de Passillé, M.A.G. von Keyserlingk et D.M. Weary (2008). *The Welfare of Cattle*, Dordrecht (Pays-Bas), Springer.

Suárez, B.J., C.G. van Reenen, W.J.J. Gerrits, N. Stockhofe, A.M. van Vuuren et J. Dijkstra (2006). « Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: II. Rumen development », *Journal of Dairy Science*, vol. 89, p. 4376-4386.

Sweeney, B.C., J. Rushen, D.M. Weary et A.M. de Passillé (2010). « Duration of weaning, starter intake and weight gain of dairy calves fed large amounts of milk », *Journal of Dairy Science*, vol. 93, p. 148-152.

Terré, M., M. Devant et A. Bach (2007). « Effect of level of milk replacer fed to Holstein calves on performance during the preweaning period and starter digestibility at weaning », *Livestock Science*, vol. 110, p. 82-88.

Uys, J.L., D.C. Lourens et P.N. Thompson (2011). « The effect of unrestricted milk feeding on the growth and health of Jersey calves », *Journal of the South African Veterinary Association*, vol. 82, p. 47-52.

Van den Borne, J.J.G.C., G.E. Lobley, M.W.A. Verstegen, J.M. Muijlaert, S.J.J. Alferink et W.J.J. Gerrits (2007). « Body fat deposition does not originate from carbohydrates in milk-fed calves », *Journal of Nutrition*, vol. 137, p. 2234-2241.

Van den Borne, J.J.G.C., J.M.A.J. Verdonk, J.W. Schrama et W.J.J. Gerrits (2006). « Reviewing the low efficiency of protein utilization in heavy preruminant calves: a reductionist approach », *Reproduction Nutrition Development*, vol. 46, p. 121-137.

Van Weeren-Keverling Buisman, A., J.M. Mouwen, T. Wensing et H.J. Breukink (1990). « Intraruminal administration of milk in the calf as a model for ruminal drinking: morphological and enzymatical changes in the jejunal mucosa », *Veterinary Research Communications*, vol. 14, p. 129-140.

Veissier, I., A.M. de Passillé, G. Després, J. Rushen, I. Charpentier, A.R. Ramirez de la Fe et P. Pradel (2002). « Does nutritive and non-nutritive sucking reduce other oral behaviors and stimulate rest in calves? », *Journal of Animal Science*, vol. 80, p. 2574-2587.

Veissier, I., A.R. Ramirez de la Fe et P. Pradel (1998). « Nonnutritive oral activities and stress responses of veal calves in relation to feeding and housing conditions », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 57, p. 35-49.

Vicari, T., J.J.G.C. van den Borne, W.J.J. Gerrits, Y. Zbinden et J.W. Blum (2008). « Postprandial blood hormone and metabolite concentrations influenced by feeding frequency and feeding level in veal calves », *Domestic Animal Endocrinology*, vol. 34, p. 74-88.

Vitale, A.F., M. Tenucci, M. Papini et S. Lovari (1986). « Social behaviour of the calves of semi-wild Maremma cattle, *Bos primigenius Taurus* », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 16, p. 217-231.

von Keyserlingk, M.A.G., L. Brusius et D.M. Weary (2004). « Competition for teats and feeding behavior by group housed dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 87, p. 4190-4194.

von Keyserlingk, M.A.G., J. Rushen, A.M.B. de Passillé et D.M. Weary (2009). « Invited review: The welfare of dairy cattle – Key concepts and the role of science », *Journal of Dairy Science*, vol. 92, p. 4101-4111.

von Keyserlingk, M.A.G. et D.M. Weary (2007). « Maternal behavior in cattle », *Hormones and Behavior*, vol. 52, p. 106-113.

Weary, D.M., J. Jasper et M.J. Hötzel (2008). « Understanding weaning distress », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 110, p. 24-41.

Webb, L.E., E.A.M. Bokkers, L.F.M. Heutinck, B. Engel et W.G. Buist (2013). « The effect of roughage type, amount and particle size on veal calf behavior and gastrointestinal health », *Journal of Dairy Science*, vol. 96, p. 7765-7776.

Webb, L.E., B. Engel, H. Berends, C.G. van Reenen, W.J.J. Gerrits, I.J.M. de Boer et E.A.M. Bokkers (2014). « What do calves choose to eat and how do preferences affect behaviour? », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 161, p. 7-19.

Wise, G.H., G.W. Anderson et A.C. Linnerud (1984). « Relationship of milk intake by sucking and by drinking to reticular-groove reactions and ingestion behavior in calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 67, p. 1983-1992.

Wise, G.H., G.W. Anderson et P.G. Miller (1942). « Factors affecting the passage of liquids into the rumen of the dairy calf. II. Elevation of the head as milk is consumed », *Journal of Dairy Science*, vol. 25, p. 529-536.

2. Stratégies de gestion optimale pour réduire le risque de problèmes de bien-être associés à l'anémie ferriprive

Conclusions

- 1. La littérature scientifique ne propose aucun rapport sur la prévalence de la déficience en fer chez les veaux canadiens de lait et de grain.**
- 2. Les veaux dont le régime ne contient pas suffisamment de fer risquent de souffrir d'une déficience en fer ou d'une anémie ferriprive.**
- 3. Le risque de déficience en fer est plus grand chez les veaux nourris uniquement de lait de remplacement que chez les veaux recevant des aliments solides accompagnés ou non de lait de remplacement.**
- 4. Les veaux nourris uniquement au lait de remplacement montrent des signes clairs d'anémie ferriprive quand la concentration en fer du lait de remplacement est ≤ 20 mg de fer/kg (matière sèche).**
- 5. La viande des veaux de lait devient sensiblement rouge seulement lorsque la concentration en fer du lait de remplacement est > 40 mg de fer/kg (matière sèche).**
- 6. La mesure de la concentration sanguine d'hémoglobine est une méthode judicieuse pour vérifier si l'alimentation des veaux contient des quantités insuffisantes de fer et s'il existe un risque d'anémie ferriprive. La sensibilité de cette mesure ne suffirait toutefois pas pour la détection des premiers stades de la déficience en fer.**
- 7. Les veaux peuvent souffrir de certains effets d'une déficience en fer avant la diminution de la concentration sanguine d'hémoglobine.**
- 8. Des groupes de veaux ayant une concentration sanguine d'hémoglobine moyenne $\leq 4,8$ mmol/L (7,7 g/dL) montrent des signes d'anémie ferriprive (notamment inappétence, baisse de la croissance, fatigue après l'exercice et troubles de l'immunité) susceptibles de nuire à leur bien-être. Dans tout groupe de veaux, certains individus ont une concentration sanguine d'hémoglobine inférieure à la moyenne du groupe; il faut tenir compte de ce paramètre quand on établit des seuils d'intervention fondés sur des valeurs moyennes. Par exemple, une étude a constaté pour un groupe dont la concentration sanguine d'hémoglobine moyenne était de 5,3 mmol/L (8,5 g/dL), que 13 % des veaux présentaient une concentration sanguine d'hémoglobine $\leq 4,3$ mmol/L (6,9 g/dL).**
- 9. Les stratégies de gestion visant à maintenir la concentration sanguine d'hémoglobine sont notamment (a) la supplémentation du lait de remplacement en sulfate de fer, (b) la distribution d'aliments solides et (c) l'administration de fer dextran par injection intramusculaire.**
- 10. Il faudrait mener des recherches supplémentaires sur les stratégies de gestion optimale des prélèvements sanguins sur les veaux, ainsi que sur les seuils d'intervention à partir desquels il convient d'apporter un supplément en fer à chaque individu.**

2.1 Introduction

Les veaux naissent avec des réserves de fer, mais étant donné que la concentration de fer du lait entier est faible (environ 3 mg de fer/kg de matière sèche) (National Research Council [NRC], 2001), les individus nourris exclusivement au lait entier risquent de souffrir d'anémie ferriprive. Toutefois, si les veaux sont allaités au pâturage ou qu'ils ont accès à du fourrage conservé, comme du foin ou de l'ensilage d'herbe, ils puisent un apport en fer essentiel dès qu'ils commencent à consommer du fourrage et les éléments du sol affèrent et ne sont alors pas atteints d'anémie ferriprive (Egli et Blum, 1998). Bien que le taux de fer recommandé dans le lait de remplacement destiné à l'allaitement des veaux soit de 100 mg fer/kg de matière sèche (NRC, 2001), les systèmes de production traditionnels de veau de lait utilisent un lait de remplacement à faible concentration de fer pour produire une viande blanche. En effet, le lait de remplacement distribué aux veaux de lait contient en temps normal un taux ≤ 50 mg de fer/kg de matière sèche (NRC, 2001) et la teneur en fer peut être considérablement inférieure à ce maximum. Bien que le fer soit présent dans l'eau de boisson et l'air (Gouvernement du Canada, 2009), les veaux nourris au lait n'ont pas accès à des aliments solides contenant du fer et sont par conséquent à risque d'anémie ferriprive s'ils ne reçoivent pas de supplémentation en fer. Les veaux anémiques présentent des signes d'inappétence, de fatigue après l'effort et d'immunité affaiblie contre les infections.

Le fer est important pour plusieurs fonctions essentielles du corps. Chez le veau, la plus grande partie du fer sert à la formation d'hémoglobine dans les globules rouges. L'anémie est le principal résultat de la déficience en fer, mais elle n'est pas le seul. Après l'hémoglobine dans le sang, le fer est principalement utilisé par la myoglobine qui se trouve dans les muscles. Quand le muscle contient une concentration normale de myoglobine, la viande produite est rouge, alors que si la concentration est inférieure, la viande est blanche, comme celle produite à partir de veau de lait. La croissance du veau s'accompagne d'une augmentation du volume sanguin et du nombre de globules rouges nécessitant du fer pour la production d'hémoglobine. En cas d'alimentation pauvre en fer, les réserves de fer présentes à la naissance sont épuisées sans être remplacées et la concentration d'hémoglobine dans le sang et la teneur en myoglobine dans les muscles diminuent. Pour réduire le risque d'anémie chez les veaux de lait (pour lesquels le lait de remplacement est la seule source de fer), il faut que le lait de remplacement soit enrichi en fer, la concentration d'hémoglobine dans le sang surveillée et qu'une injection de fer soit administrée aux veaux à risque. En raison de la teneur en fer plus élevée des aliments solides, comme les céréales et le fourrage grossier (par exemple : maïs 55 mg de fer/kg MS, écart-type = 43, n = 1738; paille 200 mg de fer/kg MS, écart-type = 72, n = 20 [National Research Council, 2000], les veaux nourris au grain et les veaux de lait recevant des aliments solides présentent des risques d'anémie moindres.

On ne connaît pas la prévalence de la déficience en fer et de l'anémie chez les veaux élevés au moyen des méthodes de gestion adoptées actuellement dans les élevages canadiens. Cependant, la littérature suppose que les pratiques de gestion alimentaire restreignant l'apport en fer pour la production de viande blanche augmentent le risque d'anémie ferriprive chez le veau. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour étudier les effets nocifs des déficiences en fer sur le bien-être animal. L'anémie étant seulement une des conséquences de la déficience en fer parmi d'autres, il faut se demander si l'essai en laboratoire utilisé pour détecter l'anémie chez les veaux, à savoir la concentration d'hémoglobine dans le sang, est suffisamment sensible pour déceler d'autres effets de la déficience en fer chez le veau, qui se produiraient avant le développement d'une anémie. L'évaluation des méthodes de dépistage de la déficience en fer chez les veaux et la définition de valeurs seuils appropriées nécessitent de tenir compte de la physiologie du métabolisme du fer. « Il est important de comprendre la régulation homéostatique du fer pour comprendre la pathogénèse de maladies liées au métabolisme du fer et les limites sur différents dosages biologiques du bilan en fer » (Bohn, 2015).

Les données de la littérature scientifique peuvent servir à déterminer des seuils absolus d'apport en fer minimal dans l'alimentation et d'intervention thérapeutique. Tant que la concentration en fer du lait de remplacement est inférieure à 2 g de fer/kg de matière sèche, le risque de toxicité du fer est faible en cas de supplémentation du lait de remplacement en fer jusqu'à la concentration normale utilisée dans l'élevage des veaux, à savoir 100 mg de fer/kg de matière sèche (Jenkins et Hidiroglou, 1987). Par conséquent, si procurer un apport en fer suffisant pour

veiller à la santé et au bien-être des veaux était le seul critère de définition de recommandations et d'exigences en matière d'apport quotidien de fer aux veaux, le lait de remplacement pourrait être enrichi en fer avec une marge de sécurité très large pour éviter tout risque de déficience en fer avec un faible risque de toxicité du fer. L'augmentation de l'apport en fer dans les rations augmente toutefois la teneur en myoglobine et a des effets sur la couleur de la viande de veau (Abdelrahim et coll., 1983; Wensing et coll., 1986). La couleur de la viande étant susceptible d'avoir des répercussions économiques pour les producteurs de veaux de lait, l'apport en fer est limité de façon à produire de la viande blanche. Par conséquent, on dispose d'une marge de sécurité étroite pour parvenir à un équilibre entre, d'une part, un apport en fer suffisant garantissant la santé et le bien-être du veau et, d'autre part, la production d'une viande de veau de lait suffisamment blanche pour correspondre à la demande du marché.

2.2 Anémie ferriprive

L'anémie est un état clinique dans lequel la capacité du sang à transporter de l'oxygène diminue en raison de globules rouges en nombre insuffisant ou d'une concentration d'hémoglobine trop faible. L'anémie est causée par plusieurs facteurs, dont la déficience en fer. Dans sa forme sévère, l'anémie se distingue par certains signes cliniques apparents et caractéristiques, mais dans ses formes subcliniques ou bénignes, elle peut avoir des effets nocifs dus à plusieurs autres causes et un essai en laboratoire est nécessaire pour établir un diagnostic. L'anémie étant un état clinique pouvant varier quantitativement en fonction du degré de perturbation du nombre ou de l'intégrité des globules rouges, il est nécessaire d'interpréter un essai en laboratoire sur plusieurs variables hématologiques (mesures de la morphologie, la structure et la physiologie du sang) avant de parvenir à un diagnostic d'anémie. Certaines modifications hématologiques se produisent uniquement pendant l'anémie, par exemple certaines modifications de la structure et de la forme des globules rouges. Cependant, pour la plupart des valeurs – comme la concentration d'hémoglobine dans le sang (couramment utilisée par l'industrie du veau pour détecter les veaux à risque d'anémie) – qui varient quantitativement de manière continue selon la gravité de l'anémie, il s'agit de fixer des valeurs seuils ou un seuil critique permettant de différencier les veaux sains des veaux anémiques. Parce que la valeur seuil détermine le point à partir duquel une intervention thérapeutique est nécessaire, il est important de fixer cette valeur seuil à un niveau permettant de déceler les problèmes potentiels de santé et de bien-être chez les veaux avant qu'ils n'en souffrent, et d'utiliser un essai en laboratoire détectant les signes précurseurs de l'anémie ferriprive.

L'anémie ferriprive n'est pas courante chez les bovins adultes, mais elle s'observe chez les veaux de lait n'ayant pas accès à une alimentation solide (Andrews, 2004). L'anémie ferriprive se produit quand l'équilibre dans le corps entre l'apport en fer, les réserves de fer et les pertes de fer ne suffit pas à la production optimale de globules rouges normaux contenant suffisamment d'hémoglobine (Miller, 2013). Les globules rouges (érythrocytes) et leurs précurseurs (érythroblastes, puis réticulocytes) nécessitent de grandes quantités de fer (Miltenburg et coll., 1991; Harvey, 2008a). La transferrine plasmatique est la source de fer la plus immédiate pour les érythroblastes (Miller, 2013). L'érythropoïèse (production de globules rouges) se produit dans la moelle osseuse et comprend une série de divisions cellulaires de cellules souches hématopoïétiques durant 4 jours environ, pendant lesquels la synthèse de l'hémoglobine augmente à chaque étape (Harvey, 2008a). La durée de vie d'un globule rouge est de 156 jours, mais chez les veaux anémiques, elle peut ne pas dépasser 144 jours (Valli et coll., 1971) en raison de leur fragilisation (Naigamwalla et coll., 2012). Les veaux anémiques utilisent plus le fer en complément que les veaux dont l'état de santé est normal (Valli et coll., 1971) et le taux d'élimination du fer (clairance) dans le plasma après une injection intraveineuse est plus élevé chez les veaux recevant du lait de remplacement à faible concentration de fer (19 mg de fer/kg) que chez les veaux dont l'alimentation se compose de lait de remplacement complété par du concentré ou du foin (Möllerberg et coll., 1975b).

Normalement, si le sang contient des quantités suffisantes de fer, quand la concentration en hémoglobine d'un globule rouge immature atteint un certain seuil, la division cellulaire cesse et le noyau de la cellule est expulsé et un globule rouge immature normal (réticulocyte) entre en circulation, avant de devenir un globule rouge mature.

Dans les analyses de sang entier en laboratoire, les signes précurseurs de l'anémie ferriprive sont une baisse du nombre de réticulocytes et de la concentration en hémoglobine des réticulocytes (Archer et Brugnara, 2015). Avec la progression de l'anémie, la taille des globules rouges diminue (anémie microcytaire), ce qui se caractérise par un faible volume globulaire moyen (paramètre hématologique rendant compte de la taille des globules rouges). En cas d'anémie ferriprive sévère, certains globules rouges conservent leur noyau. Les globules rouges peuvent être plus clairs que dans leur état normal (hypochromes) en raison de la faible concentration en hémoglobine, mais ce n'est pas toujours le cas chez les veaux anémiques (Bremner et Dalgarno, 1973a). Les globules rouges peuvent présenter des variations de forme (poïkilocytose) et de taille (anisocytose) (Blaxter et coll., 1957). L'indice de distribution des globules rouges (IDR) mesure la variation du volume cellulaire des globules rouges dans le sang. En raison des nombreux facteurs physiologiques et pathologiques influant sur les paramètres hématologiques, comme le nombre de globules rouges et l'hématocrite, la concentration en hémoglobine des globules rouges est quantifiée à l'aide des deux paramètres dérivés suivants. La teneur globulaire moyenne en hémoglobine est la quantité moyenne d'hémoglobine contenue dans une hématie. Elle se calcule en divisant la concentration en hémoglobine du sang par le nombre de globules rouges. La concentration globulaire moyenne en hémoglobine correspond à la concentration moyenne en hémoglobine dans un volume de globules rouges donné. Elle se calcule en divisant la concentration en hémoglobine par l'hématocrite.

Dans l'anémie ferriprive, la réduction de la concentration en hémoglobine du sang conduit à une diminution du pouvoir oxyphorique des hématies (Jonker et Boele van Hensbroek, 2014). Or, leur principale fonction est le transport d'hémoglobine. La liaison de l'hémoglobine et de l'oxygène forme l'oxyhémoglobine pour le transport de l'oxygène dans les tissus, l'hémoglobine évacue le dioxyde de carbone en potentialisant la formation de bicarbonate (qui transporte le dioxyde de carbone) et par liaison avec le dioxyde de carbone pour former l'hémoglobine désoxygénée (Harvey, 2008a).

Les signes cliniques de l'anémie ferriprive chez les veaux sont la pâleur des muqueuses, la diminution des quantités ingérées et le ralentissement de la croissance (Webster et coll., 1975; Reece et Hotchkiss, 1987; Andrews, 2004). Matrone et coll. (1957) ont constaté que des veaux anémiques en raison d'une alimentation pauvre en fer et dont la concentration en hémoglobine du sang est d'environ 4 mmol/L (6,4 g/dL) à 2 mois et de 2,7 mmol/L (4,3 g/dL) à 8,5 mois montrent des signes de fatigue et des difficultés respiratoires lorsqu'ils sont soumis à un examen physique. Sur trois veaux auxquels était distribué du lait entier de vache (environ 0,3 mg de fer/L, équivalant à environ 2 mg de fer/kg de matière sèche), Blaxter et coll. (1957) ont observé les signes d'anémie suivants : inappétence, muqueuses pâles, papilles de la langue lisses et réticence à se déplacer. Entre 16 et 27 semaines, les signes cliniques étaient si graves chez ces veaux qu'ils ont été euthanasiés.

2.2.1 Définition de valeurs anormales indicatives de l'anémie ferriprive

Pour dépister une anémie ferriprive, les seuls signes cliniques ne suffisent pas et des analyses hématologiques sont nécessaires. Quand l'anémie est liée à des modifications hématologiques données et que la ration est pauvre en fer, on peut établir un diagnostic d'anémie ferriprive. La difficulté consiste à déterminer les modifications qualitatives et/ou quantitatives des variables hématologiques constitutives de l'anémie. Pour des paramètres comme la concentration en hémoglobine dans le sang qui existent en tant que variable continue, il est nécessaire de définir l'intervalle de variation chez les veaux normaux en bonne santé et l'intervalle de variation chez les veaux anémiques aux valeurs anormales. Malheureusement, dans de nombreux cas, la distribution des valeurs chez les individus normaux et anormaux se chevauchent. Plusieurs méthodes permettent de classer les valeurs anormales. Les critères modifiés suivants, partiellement fondés sur les critères mis au point pour les bovins adultes, pourraient servir à définir l'anémie chez les veaux (Holman, 1955, 1956).

A. Valeurs inhabituelles

(i) Détermination de valeurs hors de l'intervalle normal en se basant sur la distribution statistique

Si la mesure suit approximativement la loi normale ou de Laplace-Gauss, 95 % des valeurs sont distribuées symétriquement dans un écart-type de 1,95 autour de la moyenne. Les valeurs critiques ou seuils pourraient ensuite être définies arbitrairement par cette distribution, à savoir que les valeurs normales seraient les 95 % de la population qui se trouvent dans les deux écarts-types autour de la moyenne. Par exemple, la concentration en hémoglobine du sang serait définie comme anormalement faible si elle est inférieure à un multiple de l'écart-type sous la concentration moyenne ou sous une certaine distribution en centiles, en l'absence de distribution normale (Farver, 2008). Cette méthode a été appliquée par Lindt et Blum (1994a) qui ont estimé que les veaux alimentés avec du lait de remplacement contenant 53 mg de fer/kg de matière sèche avaient une concentration en hémoglobine moyenne dans le sang « normale » de 6,5 mmol/L (10,5 g/dL) avec un écart-type de 0,87 mmol/L (1,4 g/dL). Dans une enquête ultérieure portant sur 28 élevages de veaux en Suisse, dans lesquels les veaux sont nourris jusqu'à 16 à 30 semaines de lait de remplacement contenant 32 mg de fer/kg de matière sèche, les chercheurs ont constaté que le pourcentage de veaux dont la concentration d'hémoglobine dans le sang était inférieure à la moyenne - [2 × écart-type] (soit ceux ayant une concentration inférieure à 4,8 mmol/L [7,7 g/dL]) était de 18 % (intervalle 13-31 %). De même, pour la valeur d'hématocrite (soit le pourcentage par volume de globules rouges et blancs en circulation par rapport au volume du plasma), ils ont observé une moyenne « normale » de 28 %, un écart-type de 4 et un pourcentage de veaux dont l'hématocrite est inférieur à la moyenne - [2 × écart-type] (soit moins de 20 %) de 23 % (intervalle 5-47 %). Pour le nombre total de globules rouges, la normale observée était de $8 \times 10^{12}/L$, l'écart-type de 1 et le pourcentage de veaux dont le nombre de globules rouges est inférieur à la moyenne - [2 × écart-type] (soit moins de $6 \times 10^{12}/L$) de 3 % (intervalle 0-10 %).

(ii) Classement des valeurs comme anormales en se fondant sur une réduction par rapport à la valeur moyenne exprimée en pourcentage

Holman (1955), par exemple, a considéré que si la concentration sanguine d'hémoglobine diminuait de moitié par rapport à sa valeur normale, cet état pourrait arbitrairement être qualifié d'anémie modérée, les concentrations inférieures seraient considérées comme une anémie sévère et les concentrations « juste au-dessus » de ce taux correspondraient à une anémie légère. De même, si la concentration globulaire moyenne en hémoglobine diminue à 24 %, l'état pourrait être classé comme de l'hypochromie, à 18 % ce serait de l'hypochromie modérée et 14 % de l'hypochromie sévère (Holman, 1955).

B. Valeurs associées aux signes cliniques de la maladie

Si la concentration sanguine d'hémoglobine du sang est si basse que la santé, la productivité, ou les fonctions physiologiques essentielles en sont affectées (Holman, 1955), elle serait classée comme anormalement basse.

C. Valeurs répondant au traitement ou à la supplémentation

Si la concentration sanguine d'hémoglobine chez un veau apparemment sain peut être augmentée par une modification de la ration qui accroît l'apport en fer ou par l'administration de fer (Holman, 1955), cette concentration serait classée comme anormalement basse.

2.2.2 Modifications hématologiques caractéristiques chez les veaux anémiques

À la naissance, la quantité de fer présente dans le foie du veau suffit à soutenir le métabolisme du fer pendant environ 3 semaines; au-delà, tout veau à la croissance rapide doit puiser son apport en fer de sources autres que le lait (Andrews, 2004; Heidarpour Bami et coll., 2008) pour éviter les signes de déficience en fer. Chez les veaux à la croissance rapide qui reçoivent du lait de remplacement dont la concentration en fer est insuffisante

pour soutenir la production accrue d'hémoglobine nécessaire à l'augmentation du volume sanguin, la concentration d'hémoglobine dans le sang baisse. À titre d'exemple, Abdelrahim et coll. (1983) décrivent une concentration de 6,6 mmol/L (10,6 g/dL) à 7 semaines diminuant à 5,1 mmol/L (8,2 g/dL) à 15 semaines, mais qui se stabilise ensuite à 5,5 mmol/L (8,9 g/dL) à 21 semaines. À mesure que les veaux se développent, (a) leur consommation de lait de remplacement et, par conséquent, leur apport en fer quotidien augmentent et (b) la hausse de la masse érythrocytaire devient un élément de plus en plus petit de la prise de poids, le résultat net étant la possibilité de stabilisation du taux de diminution de la concentration sanguine d'hémoglobine (Suttle, 2010).

Bien que l'âge des veaux étudiés ne soit pas toujours identique, le tableau 2.1 montre que chez les veaux présentant des signes cliniques d'anémie, on observe des modifications hématologiques connexes qui ne se retrouvent pas chez les veaux recevant une ration de lait de remplacement enrichie en fer (100 mg de fer/kg de matière sèche) ou chez les veaux sevrés à 1 mois nourris aux céréales et au foin. Par rapport à une situation où les veaux sont sevrés à 1 mois, puis nourris de céréales et de foin (apport en fer plus grand), la distribution de lait de remplacement pendant environ 4 mois a pour effet de faire baisser la concentration sanguine d'hémoglobine (4,5 et 7,0 mmol/L respectivement [7,2 et 11,3 g/dL]), l'hématocrite, le nombre de globules rouges, la teneur globulaire moyenne en hémoglobine et le volume globulaire moyen. Bien que numériquement inférieure, aucun effet significatif n'a été constaté sur la concentration globulaire moyenne en hémoglobine, c'est-à-dire qu'il n'y avait pas d'indication d'hypochromie (Reece et Hotchkiss, 1987). La concentration sanguine d'hémoglobine, le nombre de globules rouges et l'hématocrite diminuaient chez les veaux nourris de lait de remplacement pour passer respectivement de 7,1 mmol/L (11,4 g/dL), $8,4 \times 10^{12}/L$ et 35 % à l'âge d'une semaine, à respectivement 3,8 mmol/L (6,1 g/dL), $5,2 \times 10^{12}/L$ et 22 %, à l'âge de 15 semaines. Chez les veaux nourris au lait de remplacement jusqu'à l'âge d'un mois puis alimentés de céréales et de foin après leur sevrage, la concentration sanguine d'hémoglobine, le nombre de globules rouges et l'hématocrite restaient stables à respectivement environ 7,01 mmol/L (11,3 g/dL), $8,3 \times 10^{12}/L$ et 34 % (Reece et Hotchkiss, 1987).

Tableau 2.1 Effets de l'alimentation sur les paramètres hématologiques

Variable	Unités	Lait de vache entier	Lait de remplacement	Lait de remplacement	Lait de remplacement	Lait de remplacement	Lait de remplacement puis sevrage à 1 mois et passage à une ration de céréales et de foin	Veaux allaités ayant accès à de la paille, du foin et de l'ensilage d'herbe
Teneur en fer du lait de remplacement	mg de fer/kg de matière sèche	2	10	Non mentionné	40	100	Non mentionné	Non mentionné
Concentration sanguine d'hémoglobine	mmol/L	3,4 [†]	4,0 [†]	4,9 [§]	6,6 [†]	6,9 [†]	7,0 [§]	6,5 [†]
	g/dL	5,5	6,4	7,9	10,6	11,1	11,3	10,5
Nombre de globules rouges	no. × 10 ¹² /L	8,1 [†]	5,6 [†]	6,4 [§]	8,0 [†]	7,2 [†]	8,8 [§]	10,2 [†]
Volume globulaire moyen	femtolitre ou μm ³	21 [‡]	36 [†]	38 [§]	41 [†]	42 [†]	39 [§]	29 [†]
Teneur globulaire moyenne en hémoglobine	femtomol/cellule ou mol × 10 ¹⁵ /cellule	0,04 [†]	0,7 [†]	0,8 [§]	0,8 [†]	0,9 [†]	0,8 [§]	0,6 [†]
Concentration globulaire moyenne en hémoglobine	mmol/L	17 [‡]	19 [†]	20 [§]	20 [†]	21 [†]	21 [§]	21 [†]
	g/dL	27,4	30,6	32,2	32,2	33,8	33,8	33,8
Référence		Blaxter et coll. (1957)	Bremner et Dalgarno (1973b)	Reece et Hotchkiss (1987)	Bremner et Dalgarno (1973b)	Bremner et Dalgarno (1973b)	Reece et Hotchkiss (1987)	Egli et Blum (1998)

† Donnée mesurée à 12 semaines.

‡ Donnée mesurée à 18 semaines.

§ Moyenne de 15 échantillons hebdomadaires à partir de l'âge d'une semaine.

2.3 Métabolisme du fer et déficience en fer

2.3.1 Métabolisme du fer

Le métabolisme du fer est complexe et le fer a parfois une forme qui n'est pas totalement utilisable par le veau. La quantité de fer présente dans la circulation est très petite, et cette petite quantité ne provient pas directement des aliments ingérés, mais du fer recyclé issu des hématies détruites à la fin de leur vie. Ainsi, le taux de fer sérique ne donne pas une indication suffisante de la quantité de fer présente dans le corps (Bohn, 2015).

Le fer absorbé des aliments est transporté dans le sang fixé à une protéine, la transferrine. Le fer est en majeure partie transporté vers la moelle osseuse et incorporé à la production d'hémoglobine dans les hématies (Harvey, 2008a). Le fer se trouve aussi dans les muscles sous forme de myoglobine et est un élément constitutif de plusieurs enzymes et d'autres composés. Le fer est stocké, couplé à une protéine, sous forme soluble (ferritine) ou sous forme insoluble (hémosidérine, principalement située dans les macrophages et les hépatocytes). La partie du fer qui n'est pas immédiatement nécessaire à des fonctions physiologiques est stockée dans le foie, mais aussi dans la moelle osseuse et la rate (Jenkins et Hidirolou, 1987; Bremner et Dalgarno, 1973b; Naigamwalla et coll., 2012). La ferritine libérée en petite quantité dans le sang est le reflet de la quantité totale de fer stockée dans le corps. Lorsque cette quantité ne suffit pas aux besoins du corps, les réserves de fer sont épuisées et la concentration en ferritine diminue. Les réserves de fer et la concentration en ferritine augmentent quand la quantité de fer absorbée est supérieure aux besoins et que les quantités excédentaires sont éliminées dans les fèces.

2.3.2 Déficience en fer

La déficience en fer (ou carence martiale) peut passer par plusieurs stades (Halwachs-Baumann, 2012; Archer et Brugnara, 2015).

1^{er} stade. Épuisement des réserves de fer : le fer n'est pas stocké et les réserves sont sous la normale, le taux de ferritine plasmatique diminue, mais les paramètres hématologiques sont inchangés.

2^e stade. Déficience en fer sans anémie : la concentration sanguine d'hémoglobine est normale ou légèrement réduite, mais d'autres paramètres biochimiques et hématologiques indiquent que les besoins en fer disponible pour la production d'hématies par la moelle osseuse ne sont pas entièrement satisfaits.

3^e stade. Anémie ferriprive : restriction de la production d'hémoglobine induisant la déformation d'hématies.

2.3.2.1 Mesures de la déficience en fer

Au moyen d'essais en laboratoire, on peut évaluer si la déficience en fer affecte le métabolisme du fer en raison soit de réserves insuffisantes, soit d'un apport alimentaire inadapté. La quantité de transferrine disponible pour la liaison et le transport du fer se calcule en laboratoire par la mesure de la capacité totale de fixation du fer, de la capacité latente de fixation du fer et du coefficient de saturation de la transferrine.

- La capacité totale de fixation du fer mesure la quantité totale de fer pouvant être fixée par des protéines dans le sang. La transferrine étant la principale protéine de fixation du fer, la capacité totale de fixation du fer est une mesure indirecte pertinente de la transferrine disponible. En cas de déficience en fer, la capacité totale de fixation du fer augmente, car la quantité de fer susceptible d'être fixée à la transferrine est insuffisante.

- La capacité latente de fixation du fer détermine la capacité de réserve de la transferrine, à savoir la portion de transferrine non saturée de fer. Elle augmente en cas de déficience en fer.
- Le coefficient de saturation de la transferrine représente le pourcentage de transferrine saturée en fer (taux de fer sérique/capacité totale de fixation du fer \times 100). Il diminue en cas de déficience en fer.
- Le taux de fer sérique mesure la quantité totale de fer dans le sang, qui est presque totalement fixée à la transferrine. Il diminue en cas de déficience en fer.

Chez l'être humain, un faible taux de ferritine sérique est considéré comme le paramètre le plus sensible et le plus spécifique de dépistage d'une déficience en fer (Peyrin-Biroulet et coll., 2015). Chez les veaux, Miyata et coll. (1984) ont constaté que le taux de ferritine sérique réagissait plus à la supplémentation en fer que les autres paramètres hématologiques et biochimiques du métabolisme du fer. Dans les états de déficience en fer évoluant en anémie, le taux de ferritine sérique est encore plus bas et le coefficient de saturation de la transferrine est bas et indique des quantités de fer insuffisantes ne permettant pas la production normale d'hématies (Camaschella, 2015).

Résumé des modifications hématologiques et biochimiques caractéristiques de l'anémie ferriprive (Archer et Brugnara, 2015) :

Modifications biochimiques du sérum ou du plasma

↓ fer, ferritine, saturation de la transferrine

Modifications hématologiques du sang

↓ concentration sanguine d'hémoglobine, volume globulaire moyen, teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine, concentration en hémoglobine des réticulocytes

↑ indice de distribution des globules rouges

2.4 Teneur en fer du lait de remplacement

L'apport en fer étant inférieur chez les veaux nourris uniquement de lait de remplacement par rapport aux veaux ayant accès à des concentrés ou à une litière de paille (Welchman et coll., 1988), les premiers sont plus à risque d'anémie ferriprive. Par exemple, les veaux alimentés uniquement de lait de remplacement (19 mg de fer/kg) jusqu'à l'âge de 15 à 17 semaines présentent un taux de fer sérique et un coefficient de saturation de la transferrine plus bas, et une capacité totale de fixation du fer et une capacité latente de fixation du fer plus élevées que les veaux recevant des céréales et du foin (Möllerberg et coll., 1975b; Reece et Hotchkiss, 1987).

Le sulfate de fer présent dans une ration de lait de remplacement s'assimile facilement (Miltenburg et coll., 1993) et est utilisé comme supplément du lait de remplacement. La figure 2.1 montre que sans supplémentation en fer suffisante, les veaux nourris au lait présentent des signes de déficience en fer.

2.4.1 Effets sur le taux de fer sérique/plasmatique

La figure 2.1A montre que l'augmentation de la teneur en fer d'une ration de lait de remplacement augmente le taux de fer sérique ou plasmatique.

2.4.2 Effets sur la concentration hépatique en fer

Bien que la teneur en fer de la ration de lait de remplacement puisse affecter la concentration du fer stocké dans le foie, les études présentées dans la figure 2.1B ne montrent pas d'effet évident de la teneur en fer de la ration

du lait de remplacement sur la concentration hépatique en fer. Bremner et Dalgarno (1973b) n'ont observé aucun effet de l'augmentation de la teneur en fer de la ration de lait de remplacement sur la concentration hépatique du fer total, du fer non héminique, du fer lié à la ferritine ou à l'hémosidérine. Alors que la concentration splénique en fer total n'est pas affectée significativement par l'apport en fer, les concentrations de fer non héminique, de fer lié à la ferritine et de fer lié à l'hémosidérine sont en hausse en cas d'apport en fer accru. Chez les veaux âgés de 8 à 25 semaines, la concentration hépatique en fer baisse quand ils reçoivent un lait de remplacement dont la teneur en fer est inférieure à 20 mg de fer/kg DM (Miltenburg et coll., 1992a, b). Les veaux alimentés de lait de remplacement contenant 45 mg de fer/kg pendant 6 semaines, puis un lait de remplacement contenant 8 à 10 mg de fer/kg présentaient, à l'âge de 21 semaines, une concentration hépatique en fer plus faible que les veaux nourris avec du lait de remplacement contenant 15 mg de fer/kg après l'âge de 6 semaines (Wensing et coll., 1986).

2.4.3 Effets sur la capacité totale de fixation du fer

L'augmentation des concentrations de fer dans le lait de remplacement n'a pas d'effet manifeste sur la capacité totale de fixation du fer, mais chez certains veaux nourris avec un lait de remplacement à très faible teneur en fer, une hausse de la capacité totale a été observée, en raison des quantités insuffisantes de fer susceptibles d'être fixés par la transferrine (figure 2.1C).

2.4.4 Effets sur la concentration sanguine d'hémoglobine

Quand la teneur en fer du lait de remplacement distribué aux veaux est inférieure à 30 mg/kg de matière sèche, on constate une diminution nette de la concentration sanguine d'hémoglobine. La figure 2.1D montre que quand la teneur en fer du lait de remplacement est supérieure ou égale à 30 mg de fer/kg de matière sèche, la concentration sanguine d'hémoglobine ne descend pas sous 5 mmol/L (8,1 g/L). En revanche, si la teneur se situe entre 10 et 20 mg de fer/kg de matière sèche, particulièrement chez les veaux âgés de 8 semaines ou plus, la concentration sanguine d'hémoglobine moyenne enregistrée dans la plupart des études varie entre 3,6 et 4,4 mmol/L (5,8 et 7,1 g/dL).

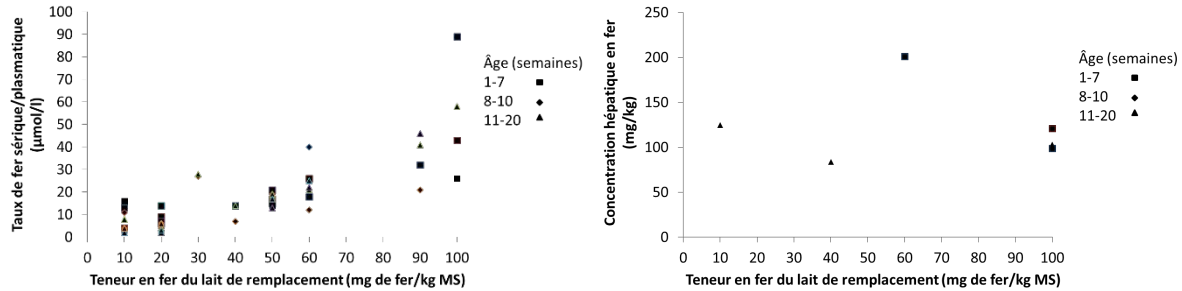
2.4.5 Effets sur le nombre de globules rouges

De même, la figure 2.1E montre que si la teneur en fer du lait de remplacement est supérieure ou égale à 30 mg/kg de matière sèche, le nombre moyen total de globules rouges ne descend pas sous $6 \times 10^{12}/L$. En revanche, si la teneur se situe entre 10 et 20 mg de fer/kg de matière sèche, particulièrement chez les veaux âgés de 8 semaines et plus, certaines études rapportent un nombre d'hématie baissant jusqu'à $4 \times 10^{12}/L$.

2.4.6 Effets sur l'hématocrite

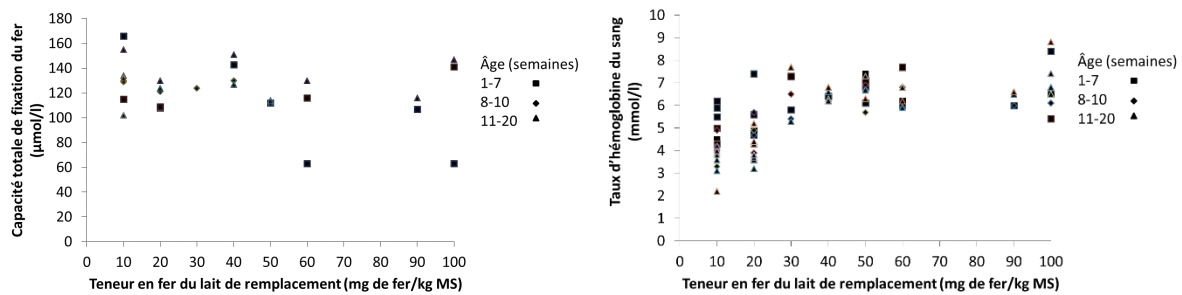
La teneur en fer des rations de lait de remplacement a un effet notable sur l'hématocrite. La figure 2.1F montre que si la teneur en fer du lait de remplacement est supérieure ou égale à 30 mg/kg de matière sèche, l'hématocrite ne descend pas sous 27 %. En revanche, si la teneur se situe entre 10 et 20 mg de fer/kg de matière sèche, particulièrement chez les veaux âgés de 8 semaines et plus, la plupart des études rapportent un hématocrite moyen allant de 19 à 25 %.

Figure 2.1 Effet de la teneur en fer du lait et du lait de remplacement sur les paramètres du métabolisme du fer†



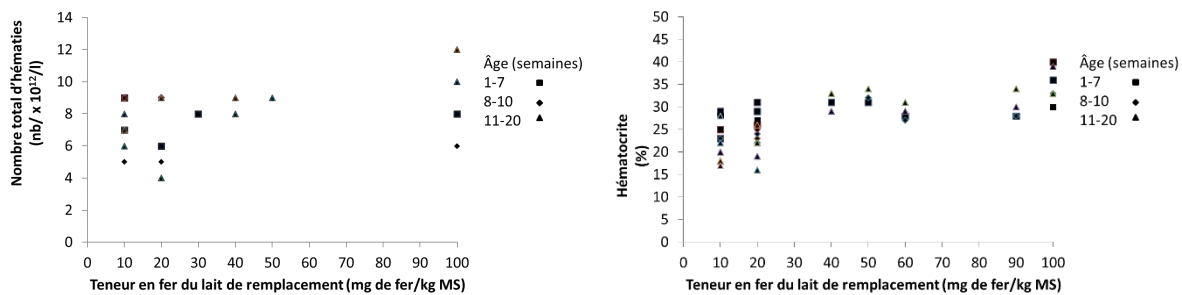
A. Taux de fer sérique/plasmatique

B. Concentration hépatique en fer



C. Capacité totale de fixation du fer

D. Concentration sanguine d'hémoglobine



E. Nombre total de globules rouges

F. Hématocrite

† Valeurs moyennes groupées par âge et catégories de teneur en fer du lait de remplacement calculées à partir des données de plusieurs publications (Bernier et coll., 1984; Blaxter et coll., 1957; Bremner et Dalgarno, 1973a; Gygax et coll., 1993; Hostettler-Allen et coll., 1993; Jenkins et Hidioglou, 1987; Lindt et Blum, 1993, 1994a, b; Matrone et coll., 1957; McFarlane et coll., 1988; Miltenburg et coll., 1992b; Möllerberg et coll., 1975a,b; Moser et coll., 1994; Webster et coll., 1975; Wensing et coll., 1986).

2.4.7 Concentration sanguine d'hémoglobine chez les veaux nourris au lait de remplacement

Comme on l'a vu ci-dessus, la concentration sanguine d'hémoglobine est sensible au niveau de fer contenu dans le lait de remplacement. On n'a trouvé aucune étude récente sur la concentration sanguine d'hémoglobine chez des veaux d'élevages commerciaux dans la littérature scientifique. Dans la présente revue de la littérature, on utilise des valeurs moyennes à des fins de simplicité, toutefois, comme l'indique l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA, 2012), de nombreux veaux ont bien entendu une concentration sanguine d'hémoglobine inférieure à la moyenne et cette réalité doit être prise en compte au moment de fixer des seuils fondés sur des moyennes. Comme le montrent les enquêtes décrites ci-dessous, on observe des variations de la concentration sanguine d'hémoglobine entre veaux élevés dans les mêmes conditions de gestion, et il arrive que la concentration d'hémoglobine baisse chez certains veaux à différents moments de l'enquête.

Dans une enquête réalisée en 1990 et 1991 sur 10 élevages commerciaux de veaux aux États-Unis qui distribuaient aux veaux du lait de remplacement dont la teneur en fer était de 209 mg/kg à leur arrivée, à l'âge d'une semaine, puis diminuait jusqu'à 32 mg/kg à 17 semaines (pour obtenir une viande de veau moins rouge à l'abattage), le pourcentage de veaux dont la concentration sanguine d'hémoglobine était < 4,3 mmol/L (6,9 g/dL) était respectivement de 2, 0,5, 0,8, 0,8, 3 et 10 % à l'âge de 1, 3, 5, 9, 13 et 17 semaines. Le pourcentage de veaux dont la concentration sanguine d'hémoglobine se situait entre 4,3 et 4,9 mmol/L (6,9 à 7,9 g/dL) était respectivement de 6, 2, 4, 6, 17 et 26 % à l'âge de 1, 3, 5, 9, 13 et 17 semaines (Stull et McDonough, 1994).

Dans une étude publiée en 1994 (Lindt et Blum, 1994a), portant sur des veaux âgés de 3 à 15 semaines élevés dans des exploitations commerciales en Suisse, où (a) le lait entier (14 fermes) avait une teneur en fer de 1,6 mg/kg de matière sèche, la concentration sanguine d'hémoglobine était de 6,6 mmol/L (10,6 g/dL), et (b) le lait de remplacement (8 fermes) avait une teneur en fer de 32 mg/kg de matière sèche, la concentration sanguine d'hémoglobine était de 6,8 mmol/L (10,9 g/dL) et (c) le lait entier enrichi (7 fermes) avait une teneur en fer de 32 mg/kg de matière sèche, la concentration sanguine d'hémoglobine était de 5,9 mmol/L (9,5 g/dL). Trois pour cent des veaux avaient une concentration sanguine d'hémoglobine de 3,1 à 3,7 mmol/L (5,0 à 5,9 g/dL), 5 % de 4,3 mmol/L (6,9 g/dL), 12 % de 5,0 mmol/L (8,0 g/dL), 16 % de 5,6 mmol/L (9,0 g/dL), 20 % de 6,2 mmol/L (10,0 g/dL), 17 % de 6,8 mmol/L (10,9 g/dL) et 27 % de 7,4 à 9,3 mmol/L (11,9 à 15,0 g/dL).

Une étude publiée en 1994 (Wilson et coll., 1994), portant sur des élevages commerciaux aux États-Unis, dans lesquels les veaux étaient nourris d'un lait de remplacement contenant entre 21 et 51 mg de fer/kg jusqu'à l'âge de 7 semaines, puis d'un lait de remplacement à la teneur en fer inférieure, entre 5 et 12 mg de fer/kg, mais avec un supplément d'environ 8,5 mg de fer/kg, rapporte que la concentration sanguine d'hémoglobine était respectivement de 6,9, 6,6, 5,7 et 4,8 mmol/L (11,1, 10,6, 9,2 et 7,7 g/dL) à l'âge de 0, 2, 7 et 16 semaines.

Une étude publiée en 1999 (Klont et coll., 1999), portant sur 14 élevages commerciaux aux Pays-Bas, dans lesquels les veaux étaient nourris d'un lait de remplacement contenant 56 mg de fer/kg pendant 8 semaines, puis 8 mg de fer/kg jusqu'à ce qu'ils soient abattus entre 25 et 29 semaines, rapporte que les taux moyens d'hémoglobine du sang des veaux, 2 semaines avant l'abattage, qui étaient destinés à 2 abattoirs, étaient de 4,8 mmol/L (écart-type de 0,7, n = 760) et 6,0 mmol/L (écart-type de 1,2, n = 505), soit respectivement (7,7 g/dL [écart-type de 1,1, n = 760] et 9,7 g/dL [écart-type de 1,9, n = 505]).

Dans une étude publiée en 2000 (Wilson et coll., 2000), portant sur cinq élevages commerciaux aux États-Unis où les veaux recevaient un lait de remplacement contenant 21 à 51 mg de fer/kg jusqu'à l'âge de 7 semaines, puis un lait de remplacement à la teneur en fer inférieure, entre 5 et 12 mg de fer/kg, mais avec un supplément d'environ 8,5 mg de fer/kg en fonction du taux mensuel d'hémoglobine du sang, la concentration en hémoglobine du sang était respectivement de 6,4, 5,9, 5,9 et 5,3 mmol/L (10,3, 9,5, 9,5 et 8,5 g/dL) à l'âge de 0, 4, 12 et 18 semaines. Les pourcentages de veaux dont la concentration sanguine d'hémoglobine était \leq 4,3 mmol/L (6,9 g/dL) étaient respectivement de 5 %, 2 %, 4 % et 13 % à l'âge de 0, 4, 12 et 18 semaines. Les pourcentages de veaux dont la concentration sanguine d'hémoglobine était entre 4,3 et 5,5 mmol/L (6,9 à

8,9 g/dL) étaient respectivement de 23, 34, 31 et 49 % à l'âge de 0, 4, 12 et 18 semaines. L'hématocrite était respectivement de 33, 30, 27 et 26 % à l'âge de 0, 4, 12 et 18 semaines. Les pourcentages de veaux dont l'hématocrite était $\leq 20,9$ étaient respectivement de 2, 0,5, 11 et 6 % à l'âge de 0, 4, 12 et 18 semaines.

2.5 Aliments solides

Les risques de déficience en fer sont moins élevés chez les veaux consommant des aliments solides que chez ceux n'y ayant pas accès. Les céréales contiennent entre 30 et 60 mg de fer/kg de matière sèche, mais la plupart des fourrages contiennent entre 70 et 500 mg de fer/kg de matière sèche. La contamination du sol des fourrages accroît la teneur en fer de l'alimentation et l'eau peut également être source de fer (NRC, 2000). Le fer des fourrages n'est pas totalement assimilable (NRC, 2000). En effet, la quantité de fer que peut absorber l'intestin dépend de la quantité de fer de la ration et de sa biodisponibilité (Smith, 1997). Le fer étant sous forme complexée avec l'aliment, la nature de l'aliment détermine sa biodisponibilité. Par exemple, les phytates, les tanins et les phosphates de la ration peuvent former avec le fer des complexes insolubles, qui inhibent l'absorption du fer (Harvey, 2008b). Dans la plupart des cas, le fer d'une ration doit être dissocié et rendu soluble pour être assimilable (Garcia et Diaz-Castro, 2013). Le fer héminique s'absorbe facilement et indépendamment de la composition de l'alimentation. En revanche, la biodisponibilité du fer non héminique est très faible et son degré d'absorption varie selon les autres ingrédients de la ration (Smith, 1997).

Chez les veaux allaités, qui ont accès à de la paille, du foin et de l'ensilage d'herbe, les veaux commencent à montrer des signes précurseurs d'anémie ferriprive quand ils sont seulement allaités, mais dès qu'ils commencent à consommer des aliments solides, ils présentent des signes de rétablissement. Les variables hématologiques suivantes baissent de la naissance à l'âge de 4 semaines, puis augmentent jusqu'à l'âge de 12 semaines, la concentration sanguine d'hémoglobine est à l'âge de 0, 4 et 12 semaines respectivement de 8,5, 5,2 et 6,5 mmol/L (soit 13,7, 8,4 et 10,5 g/dL), l'hématocrite est respectivement de 42, 26 et 31 % et le nombre de globules rouges est respectivement de 9, 8 et $10 \times 10^{12}/L$. Le taux de fer plasmatique diminue de la naissance (15 $\mu\text{mol}/L$) à l'âge de 4 semaines (6 $\mu\text{mol}/L$), puis augmente jusqu'à l'âge de 12 semaines (22 $\mu\text{mol}/L$) (Egli et Blum, 1998).

Comme le montre le tableau 2.2, la distribution d'aliments solides aux veaux nourris au lait de remplacement peut augmenter l'apport en fer et la concentration sanguine d'hémoglobine par rapport aux veaux nourris uniquement de lait de remplacement.

Tableau 2.2 Effets de l'alimentation solide sur la concentration sanguine d'hémoglobine moyenne et d'autres paramètres du métabolisme du fer

	Teneur en fer de l'aliment (mg de fer/kg de matière sèche)			Concentration sanguine d'hémoglobine (mmol/L) (g/dL)			Autres paramètres			Référence
	1-7	8-10	11-20	1-7	8-10	11-20	1-7	8-10	11-20	
Âge approximatif (semaines)	1-7	8-10	11-20	1-7	8-10	11-20	1-7	8-10	11-20	
Lait de remplacement	20			7,4 11,9 g/dL	5,7 9,2 g/dL	5,3 8,5 g/dL	Hématocrite 31 %	25 %	26 %	Moser et coll. (1994)
Lait de remplacement Paille	20 39			7,6 12,2 g/dL	5,8 9,3 g/dL	5,0 8,1 g/dL	Hématocrite 31 %	25 %	24 %	
Lait de remplacement	Non indiqué									Lapierre et coll. (1990)
Concentré de maïs et d'orge	200	100				7,4 (11,9)			Hématocrite 37 %	
		150				7,4 (11,9)			Hématocrite 37 %	
		200				7,5 (12,1)			Hématocrite 37 %	
Lait de remplacement	28					5,4 (8,7)				Beauchemin et coll. (1990)
Lait de remplacement Concentré d'orge	28	37				6,8 (10,9)				
Lait de remplacement Maïs Tourteau de soja	28	4 640				6,7 (10,8)				
Lait de remplacement	40-50	10				4,0 (6,4)			Hématocrite 22 %	Morisse et coll. (1999)
Lait de remplacement Granulés de paille et céréales	40-50	182				4,5 (7,2)			Hématocrite 24 %	
Lait de remplacement Orge moulue	53	15 50		7,3 (11,8)		5,3 (8,5)			Hématocrite 28 %	Cozzi et coll. (2002b)
Lait de remplacement Paille moulue	53	15 68		8,3 (13,4)		5,5 (8,9)			Hématocrite 29 %	
Lait de remplacement Maïs	6-8	8 20		6,2 (10,0)		4,9 (7,9)			% de veaux ayant reçu une injection de fer 32	Prevedello et coll. (2012)
Lait de remplacement Maïs et paille	6-8	8 36		6,7 (10,8)		5,2 (8,4)			22	
Lait de remplacement Maïs, paille et soja	6-8	8 46		6,6 (10,6)		5,1 (8,2)			28	
Lait de remplacement	55-20	20		6,8 (10,9)		5,1 (8,2)				Cozzi et coll. (2002a)
Lait de remplacement Paille	55-20	20 79		7,1 (11,4)		5,0 (8,1)				
Lait de remplacement Maïs et paille	6-8	8 30		6,7 (10,8)	6,4 (10,3)	5,6 (9,0)				Brcsic et coll. (2014)
Lait de remplacement Maïs, paille et pois extrudés	6-8	8 36		6,4 (10,3)	6,1 (9,8)	5,5 (8,9)				
Lait de remplacement Maïs, paille et urée	6-8	8 36		6,3 (10,2)	6,0 (9,7)	5,1 (8,2)				
Lait de remplacement et maïs		33			5,8 (9,3)	4,7 (7,6)				Prevedello et coll. (2009)
Lait de remplacement, maïs, paille et soja		100			5,9 (9,5)	5,3 (8,5)				
Lait de remplacement	45-10	4				5,2 (8,4)			Fer plasmatique 16 µmol/L	Pommier et coll. (1995)
Lait de remplacement Concentré à base de maïs Grains de maïs, soja et concentré de canola	45 217	77				6,9 (11,1)			Fer plasmatique 31 µmol/L	
Lait de remplacement Concentré à base de maïs Grains de maïs, soja et concentré de canola	45-10 217	4 77				6,8 (10,9)			Fer plasmatique 37 µmol/L	
Lait de remplacement	35	6				6,8 (10,9)				Scheeder et coll. (1999)
Lait de remplacement Ensilage de maïs	35	275				8,0 (12,9)				
Concentrés	675	313								

2.6 Conséquences des déficiences en fer

Les protéines contenant du fer sont essentielles pour le transport et le stockage de l'oxygène, la respiration, la synthèse de l'ADN et plusieurs réactions enzymatiques (Harvey, 2008b). Par conséquent, les effets de la déficience en fer ne sont que partiellement dus à l'altération de l'oxygénation des tissus causée par la réduction du taux d'hémoglobine. De plus, les réserves de fer du corps étant d'abord utilisées pour l'érythropoïèse, une déficience en fer peut avoir des conséquences nocives avant même que le taux d'hémoglobine du sang ne diminue (Naigamwalla et coll., 2012). Chez l'être humain, des effets nocifs de la déficience en fer ont été observés chez certains patients avant tout développement d'anémie clinique ou réduction du taux d'hémoglobine du sang (Murray-Kolb, 2013; Archer et Bruignara, 2015). C'est pourquoi le développement de l'anémie ne peut être le seul critère déterminant pour estimer les conséquences de la déficience en fer.

2.6.1 Enzymes

Le fer entrant dans la composition de plusieurs enzymes – dont les cytochromes – nécessaires à la production d'énergie, il est essentiel à de nombreux processus biochimiques, entre autres les réactions de transfert d'électrons, la régulation de l'expression des gènes, la fixation et le transport de l'oxygène et la régulation de la croissance et de la différenciation cellulaires (Naigamwalla et coll., 2012; Jonker et Boele van Hensbroek, 2014). De nombreuses réactions d'oxydation cellulaire sont catalysées par des enzymes qui contiennent du fer ou nécessitent le fer en tant que cofacteur.

Chez les veaux ayant reçu du lait de remplacement contenant 10, 40 ou 100 mg de fer/kg de matière sèche pendant 14 semaines, le dosage de l'activité de la cytochrome c oxydase dans le cœur augmente en cas de hausse de l'apport en fer (Bremner et Dalgarno, 1973b). Étant donné que cette enzyme nécessite du fer et participe à la production d'énergie, ces résultats laissent supposer que l'apport en fer de 10 mg/kg de matière sèche ne suffit pas au métabolisme normal. À 12 semaines, le taux d'hémoglobine du sang des veaux recevant un lait de remplacement contenant 10, 40 ou 100 mg de fer/kg de matière sèche était respectivement de 4,0, 6,6 et 6,9 mmol/L (6,4, 10,6 et 11,1 g/dL) (Bremner et Dalgarno, 1973b).

Bien que le fer n'ait pas directement de rôle dans l'activité de l'enzyme hépatique aspartate aminotransférase, on a observé que l'activité de l'aspartate aminotransférase était plus importante chez les veaux recevant une supplémentation en fer en comparant des veaux âgés d'environ 9 jours nourris de lait de remplacement contenant 10 mg de fer/kg de matière sèche de l'âge de 1 semaine à l'âge de 14 semaines à des veaux recevant un supplément de sulfate de fer de 30 mg/kg de matière sèche de 1 à 6 semaines, puis de 50 mg/kg de matière sèche de 7 à 14 semaines. Certes, l'augmentation de l'activité de l'aspartate aminotransférase peut être le signe d'une atteinte hépatique, mais l'activité chez les veaux recevant un supplément en fer est comparable à d'autres valeurs publiées pour des veaux à l'état de santé normal et, par conséquent, cette augmentation ne peut probablement pas être associée à une atteinte hépatique causée par la toxicité du fer (Bernier et coll., 1984).

2.6.2 Métabolisme du glucose

On a constaté une augmentation de la sensibilité à l'insuline et de l'utilisation du glucose chez les veaux alimentés de lait de remplacement dont la teneur en fer est de 19 mg/kg par rapport à ceux buvant du lait dont la teneur en fer est de 50 mg/kg. Cette augmentation a été interprétée comme une réduction de la capacité d'oxydation aérobie du glucose, susceptible de causer un accroissement du catabolisme anaérobie ou du stockage du glycogène. Au moment des analyses de la glycémie, le taux d'hémoglobine du sang des groupes nourris avec un lait de remplacement contenant 19 et 50 mg de fer/kg était respectivement de 5,5 à 6,1 mmol/L (8,9 à 9,8 g/dL) et de 6,8 à 7,2 mmol/L (11,0 à 11,6 g/dL), et le taux de fer plasmatique était inférieur chez les

veaux ayant reçu le lait de remplacement à 19 mg de fer/kg de matière sèche que ceux ayant consommé celui contenant 50 mg de fer/kg (Hostettler-Allen et coll., 1993).

2.6.3 *Immunité*

L'anémie ferriprive est rarement une cause directe de mortalité, mais elle peut accroître la vulnérabilité aux maladies infectieuses par un affaiblissement du système immunitaire. La déficience en fer est liée à une altération de l'immunité à médiation cellulaire et de la capacité des granulocytes polynucléaires (principalement des globules blancs neutrophiles) à phagocyter des bactéries. Les neutrophiles ont plusieurs composés contenant du fer (Smith, 1997). Le fer est nécessaire à l'activité bactéricide des macrophages (un type de globule blanc); le fer est un composant essentiel des enzymes cellulaires produisant du peroxyde et de l'oxyde nitreux, et aussi un élément essentiel pour le nombre et la fonction des cellules T (globules blancs dits aussi lymphocytes T participant à l'immunité à médiation cellulaire) (Jonker et Boele van Hensbroek, 2014). De plus, « pendant la phase aiguë d'une infection, les cytokines pro-inflammatoires de la réponse immunitaire causent une diminution de l'absorption du fer par l'intestin et de la libération de fer des réserves de fer de l'organisme » (Jonker et Boele van Hensbroek, 2014).

Chez des veaux alimentés au lait entier pendant 1 semaine, puis au lait de remplacement dont la teneur en fer était soit de 10 mg/kg, soit de 50 mg/kg, la comparaison des deux groupes a montré que les refus de nourriture et les cas de fièvre nécessitant un traitement antibiotique étaient supérieurs, alors que le taux de croissance et la conversion alimentaires étaient inférieurs sur une période de 13 semaines dans le premier groupe (10 mg/kg) par rapport au deuxième groupe (50 mg/kg). La concentration sanguine d'hémoglobine chez le premier groupe (10 mg/kg) a diminué pour atteindre entre 6,8 et 4,0 mmol/L (11,0 à 6,4 g/dL) sur cette période, alors que chez les veaux ayant consommé le lait contenant 50 mg de fer/kg, la concentration d'hémoglobine a seulement varié entre 6,2 et 6,8 mmol/L (10,0 et 11,0 g/dL). L'alimentation n'avait pas d'effet significatif sur la réponse des anticorps ou les tests de prolifération lymphocytaire réalisés à l'âge de 1, 5 et 10 semaines. Toutefois, l'immunité à médiation cellulaire (mesurée par la réaction d'hypersensibilité cutanée de type retardée et à l'âge de 10 semaines, par le nombre de neutrophiles ayant une capacité phagocytaire et l'activité de myéloperoxidase des neutrophiles) était inférieure chez les veaux ayant reçu le lait de remplacement contenant 10 mg de fer/kg par rapport à ceux du second groupe (50 mg/kg) (Gygax et coll., 1993).

Chez des veaux âgés de 9 à 28 jours, la réponse des anticorps à la vaccination était significativement plus faible chez les individus nourris d'un lait de remplacement contenant 15 mg de fer/kg de matière sèche et un concentré à base de maïs contenant 32 mg de fer/kg de matière sèche par rapport aux individus ayant reçu du lait de remplacement contenant 85 mg de fer/kg de matière sèche et un concentré à base de maïs contenant 100 mg de fer/kg de matière sèche. À 28 jours, la concentration sanguine d'hémoglobine était respectivement de 4,9 et 6,4 mmol/L (7,9 et 10,3 g/dL). La croissance entre 14 et 90 jours était significativement inférieure chez les veaux du groupe ayant un apport moindre de fer (Sarkozy et coll., 1985).

Malheureusement, le fer est aussi un nutriment essentiel pour de nombreux agents pathogènes et, par conséquent, l'augmentation du fer disponible peut aussi accroître le risque de maladies infectieuses. Le risque dépend du mode de séquestration du fer par l'agent pathogène, notamment de facteurs comme le caractère intracellulaire ou extracellulaire du pathogène ou sa source privilégiée de fer (Jonker et Boele van Hensbroek, 2014). Certaines études rapportent des effets nocifs des suppléments de fer sur les maladies infectieuses chez des nouveau-nés humains. (Weinberg, 2009). On n'a pas trouvé de littérature similaire sur les veaux. Il existe cependant des données prouvant les effets bénéfiques de la supplémentation en fer sur l'incidence de diarrhée chez les veaux. Le nombre de jours de diarrhée avec fièvre enregistré est ainsi inférieur chez des veaux de lait (3 à 15 semaines) recevant des injections de fer dextran (concentration sanguine d'hémoglobine de 6,9 mmol/L [11.1 g/dL]) par rapport à des veaux ne recevant pas de supplémentation en fer (concentration sanguine d'hémoglobine de 3,4 à 5,6 mmol/L [5,5 à 9,0 g/dL]) (Möllerberg et coll., 1975a).

2.6.4 Croissance

Chez les veaux, une concentration sanguine d'hémoglobine d'environ 3,0 mmol/L (4,83 g/dL) peut se traduire par de l'inappétence (Reece et Hotchkiss, 1987). Les veaux nourris avec un lait de remplacement contenant 10 mg de fer/kg de matière sèche, comparés à des veaux recevant 40 ou 100 mg de fer/kg de matière sèche, présentaient une concentration sanguine d'hémoglobine inférieure à l'âge de 3 mois – respectivement 3,85, 6,33 et 6,52 mmol/L (6,2, 10,2 et 10,5 g/dL) –, montraient des signes d'inappétence et leur taux de croissance pendant ces 3 mois était inférieur (Webster et coll., 1975).

Des veaux recevant, dès l'âge de deux jours, du lait (1 mg de fer/kg de matière sèche) sans supplément de fer (la concentration sanguine d'hémoglobine était d'environ 6,8 mmol/L [11,0 g/dL] au début des essais, de 4 mmol/L [6,4 g/dL] à 8 semaines et de 2,7 mmol/L [4,35 g/dL] à 34 semaines) présentent un taux de croissance inférieur sur la période d'élevage de 9 mois à celui de veaux recevant du lait entier enrichi dont la teneur en fer est de 30 ou 60 mg de fer/jour (la concentration sanguine d'hémoglobine est entre 6,2 et 8,1 mmol/L [10,0 et 13,1 g/dL] pendant la période de 36 à 40 semaines) (Matrone et coll., 1957).

2.6.5 Comportement

Chez l'être humain, la déficience en fer peut causer des changements comportementaux; une réaction similaire pourrait se produire chez le veau. On a prouvé que la déficience en fer, avec ou sans anémie, est liée à un déficit cognitif chez l'être humain (Jáuregui-Lobera, 2014). Ces changements comportementaux et cognitifs causés par la déficience en fer ne seraient pas seulement dus à l'hypoxie induite par l'anémie ferriprive (Murray-Kolb, 2013). En cas de déficience en fer, l'aldéhyde oxydase, une enzyme essentielle à la dégradation de la sérotonine, diminue et la concentration de sérotonine augmente (Smith, 1997). Ces exemples tirés de la recherche sur l'être humain laissent supposer que la déficience en fer affecterait les fonctions cérébrales du veau, ce qui aurait des répercussions sur son bien-être. Ainsi, la modification des fonctions cognitives pourrait nuire à la capacité du veau à apprendre à se servir du matériel d'alimentation (Jensen et Holm, 2003) ou affecter son état émotionnel (Duncan et Petherick, 1991; Désiré et coll., 2002). La sérotonine entre dans la régulation de nombreux processus comportementaux et neuropsychologiques (Berger et coll., 2009).

2.6.6 Fatigue

Chez les veaux recevant du lait de remplacement contenant 5 mg de fer/kg de matière sèche, après la 7^e semaine, la concentration sanguine d'hémoglobine est inférieure (7^e semaine, 4,3 mmol/L [6,9 g/dL] et 16^e semaine, 3,8 mmol/L [6,1 g/dL]) à celui des veaux recevant 105 mg de fer/kg de matière sèche (7^e semaine, 5,4 mmol/L [8,7 g/dL] et 16^e semaine, 8,8 mmol/L [14,2 g/dL]), mais la faible teneur en fer de l'alimentation ne semble pas avoir causé de fatigue extrême, car elle ne semble pas avoir influé sur la durée pendant laquelle les veaux sont en position couchée (McFarlane et coll., 1988).

L'anémie ferriprive peut causer une intolérance à l'effort. Elle réduit la synthèse de l'hémoglobine et l'activité de la plupart des enzymes de la chaîne respiratoire. Cela diminue les quantités d'oxygène captées et fournies par le poumon, et utilisées par les tissus. Il peut y avoir une augmentation de la charge sur les systèmes cardiorespiratoires ainsi qu'une consommation et une utilisation insuffisantes d'oxygène, susceptibles de produire une acidose métabolique en raison de la formation accrue de lactate et de la diminution de l'effet tampon du sang (Piguet et coll., 1993).

Dans une comparaison de veaux, âgés d'environ 4 semaines, qui ont reçu du lait pendant une semaine, puis du lait de remplacement contenant 8, 18, 52 ou 86 mg de fer/kg, puis après 8 semaines, ont fait de l'exercice (en

marchant) sur un tapis roulant (1 m/s, pente de 7,5% pendant 10 minutes) quand leur concentration sanguine d'hémoglobine étaient respectivement de 4,4, 4,4, 6,5 et 7,4 mmol/L (7,1, 7,1, 10,5 et 11,9 g/dL), on a observé :

- un taux de lactate sanguin, une fréquence cardiaque et un coefficient d'extraction fractionnée d'oxygène plus élevés chez les veaux recevant 8 ou 18 mg de fer/kg que chez ceux recevant 52 ou 86 mg de fer/kg ;
- la fréquence respiratoire était plus élevée chez les veaux recevant 8, 18 ou 52 mg de fer/kg par rapport à ceux qui recevaient 86 mg de fer/kg;
- la consommation d'oxygène était plus faible chez les veaux alimentés avec du lait de remplacement contenant 8 ou 18 mg de fer/kg par rapport au groupe recevant 86 mg de fer/kg et elle était également plus basse chez les veaux recevant 8 mg de fer/kg par rapport à ceux recevant 52 mg de fer/kg (Lindt et Blum, 1993).

Dans une comparaison de veaux, âgés de 4 ou 5 semaines, qui avaient reçu du lait pendant 1 semaine, puis du lait de remplacement contenant 24, 32, 40 ou 52 mg de fer/kg, puis qui, après 8 semaines, faisaient de l'exercice (en marchant) sur un tapis roulant (1 m/s, pente de 10 % pendant 15 minutes), et dont la concentration sanguine d'hémoglobine était respectivement de 4,5, 5,2, 6,0 et 6,5 mmol/L (7,3, 8,4, 9,7 et 10,5 g/dL), aucun effet significatif sur le taux de lactate sanguin n'a été constaté (Lindt et Blum, 1994b).

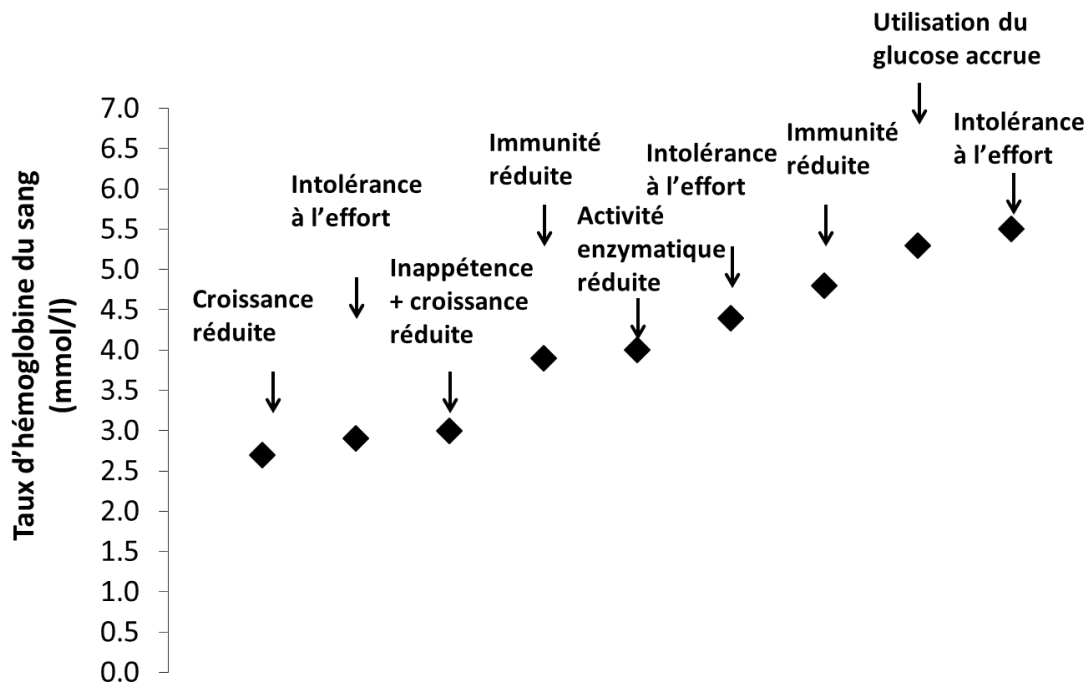
Deux groupes de veaux, à la concentration sanguine d'hémoglobine moyenne de 2,9 et 4,1 mmol/L (4,7 et 6,6 g/dL), qui étaient nourris au lait de remplacement jusqu'à l'âge de 16 semaines et ont ensuite fait de l'exercice, présentaient une fréquence cardiaque plus grande et des diminutions plus importantes de la pression partielle en oxygène dans le sang veineux, de la pression partielle en dioxyde de carbone dans le sang artériel ainsi que du pH du sang artériel, qu'un groupe alimenté de lait de remplacement jusqu'à l'âge de 5 semaines, puis de foin et de céréales jusqu'à 16 semaines (concentration sanguine d'hémoglobine de 6,8 mmol/L [11,0 g/dL]). L'augmentation de la fréquence respiratoire était plus grande chez les veaux dont la concentration sanguine d'hémoglobine était de 2,9 mmol/L (4,7 g/dL) que chez les individus à la concentration sanguine d'hémoglobine de 6,8 mmol/L (11,0 g/dL) (Reece, 1984).

Une étude a observé des veaux (180 kg) qui faisaient de l'exercice pendant 0,25 h par jour sur un tapis roulant après avoir été alimentés pendant 9 à 12 semaines avec un lait de remplacement contenant 21, 37 ou 52 mg de fer/kg et qui présentaient une concentration sanguine d'hémoglobine respectivement de 5,5 mmol/L (écart-type = 0,33), 6,6 mmol/L (écart-type = 0,49) et 6,9 mmol/L (écart-type = 0,66) (8,9 g/dL [écart-type = 0,53], 10,6 g/dL [écart-type = 0,79] et 11,1 g/dL [écart-type = 1,1]). Les veaux ayant reçu 21 mg de fer/kg avaient une concentration numérique de lactate dans le sang après l'exercice de 0,8 à 1,3 m/s plus élevée que les veaux ayant reçu 52 mg de fer/kg, mais la différence n'était pas statistiquement significative. La consommation d'oxygène après l'exercice à 1,1 m/s était significativement plus basse chez les veaux ayant reçu 21 mg de fer/kg que chez les individus ayant reçu 37 ou 52 mg de fer/kg. L'alimentation n'avait pas d'effet significatif ni sur la fréquence cardiaque ni sur la fréquence respiratoire dans les tests d'effort. Le taux de lactate sanguin, le taux de cortisol plasmatique et la fréquence cardiaque après l'effort étaient en corrélation négative avec la concentration sanguine d'hémoglobine (Piguet et coll., 1993).

Tableau 2.3 Résumé des réponses nuisibles des veaux à une faible concentration sanguine d'hémoglobine

Lait de remplacement (mg de fer/kg de matière sèche)	Concentration sanguine d'hémoglobine (mmol/L) (g/dL)	Réponse relative par rapport aux veaux au taux d'hémoglobine dans le sang plus élevé	Référence
1	2,7 (4,3)	↓ croissance	Matrone et coll. (1957)
Non indiqué	2,9 (4,7)	↑ fréquence respiratoire après l'effort	Reece (1984)
Non indiqué	3,0 (4,8)	↑ inappétence	Reece et Hotchkiss (1987)
10	3,9 (6,3)	↑ inappétence ↓ croissance	Webster et coll. (1975)
10	4,0 (6,4)	↓ immunité à médiation cellulaire	Gygax et coll. (1993)
10	4,0 (6,4)	↓ activité de la cytochrome c oxydase	Bremner et Dalgarno (1973b)
8-18	4,4 (7,1)	↑ métabolisme anaérobie en réponse à l'effort	Lindt et Blum (1993)
15	4,8 (7,7)	↓ réponse des anticorps	Sarkozy et coll. (1985)
19	5,3 (8,5)	↑ utilisation du glucose	Hostettler-Allen et coll. (1993)
21	5,5 (8,9)	↓ consommation d'oxygène après l'effort	Piguet et coll. (1993)

Figure 2.2 Concentrations sanguines d'hémoglobine moyennes associées à un mauvais état de santé, une baisse de productivité ou des troubles de fonctions physiologiques essentielles



Voir les références indiquées au tableau 2.3.

2.6.7 Répercussions sur le bien-être animal

Bien que les conclusions sur l'évaluation du bien-être animal dépendent de la méthode adoptée, les effets de l'apport réduit en fer, se traduisant par une diminution de la concentration sanguine d'hémoglobine qui produit des modifications statistiquement significatives des paramètres physiologiques, n'ont pas nécessairement de conséquences importantes sur le bien-être des veaux. Toutefois, quelle que soit la méthode d'évaluation du bien-être animal choisie, certains des effets décrits plus haut (tableau 2.3 et figure 2.2) peuvent être interprétés comme indiquant des répercussions sur le bien-être animal. Les effets suivants sont le signe d'une dégradation du bien-être animal : inappétence accrue (probablement associée à des sentiments négatifs), immunité amoindrie (ce qui peut augmenter le risque de maladies infectieuses, susceptibles d'être liées à de l'inconfort et de la souffrance) et diminution de la tolérance à l'effort (probablement associée à de la fatigue) (Cockram et Hughes, 2011).

2.7 Prévention de la déficience en fer

2.7.1 Supplémentation du lait de remplacement en fer

En général, le lait de remplacement est enrichi avec du sulfate de fer. Le carbonate de fer et le complexe phytate-fer réduisent la disponibilité du fer (Bremner et Dalgarno, 1973a; McGuire et coll., 1985). Bremner et Dalgarno

(1973a) ont comparé les effets d'une distribution de lait de remplacement enrichi en fer avec du sulfate de fer, du citrate de fer, un complexe EDTA-fer ou un complexe phytate-fer (pour obtenir 40 mg de fer/kg de matière sèche) aux effets d'un lait de remplacement non enrichi (10 mg de fer/kg de matière sèche). À 11 semaines, la concentration sanguine d'hémoglobine et l'hématocrite étaient plus élevés chez les veaux ayant reçu du fer sous forme de sulfate de fer, de citrate de fer ou de complexe EDTA-fer, mais ce n'était pas le cas pour ceux ayant consommé du fer sous forme de complexe phytate-fer. Au même âge, aucune différence n'était observée dans le volume globulaire moyen, la concentration globulaire moyenne en hémoglobine et la concentration hépatique en fer entre les groupes nourris au lait de remplacement enrichi en fer (40 mg de fer/kg de matière sèche) et le groupe n'ayant pas reçu de supplémentation (10 mg de fer/kg de matière sèche) (Bremner et Dalgarno, 1973a).

2.7.2 Apport d'aliments solides

L'apport d'aliments solides à des veaux alimentés au lait de remplacement peut augmenter l'apport en fer et améliorer la concentration sanguine d'hémoglobine par rapport à une ration composée uniquement de lait de remplacement (tableau 2.2).

2.7.3 Administration intramusculaire de fer dextran

Le tableau 2.4 montre que l'administration intramusculaire de fer dextran peut augmenter la croissance et qu'un faible apport en fer peut entraîner des effets marqués sur les mesures de l'anémie ferriprive chez le veau. Certains effets sont toutefois de courte durée. Ainsi, Getty et coll. (1968) ont observé chez des veaux nourris au lait entier un pic important du pourcentage de réticulocytes après des injections de fer à l'âge de 1 semaine et 3 semaines, mais le pourcentage de réticulocytes était numériquement plus élevé uniquement par rapport à celui des veaux n'ayant pas reçu de supplément de fer à l'âge de 2 et 5 semaines (Getty et coll., 1968).

Wilson et coll. (2000) rapportent les concentrations sanguines d'hémoglobine mesurées dans des élevages commerciaux de veaux aux États-Unis par des représentants d'un producteur d'aliments d'élevage, qui prélevaient des échantillons sanguins sur 10 à 25 % de veaux sélectionnés aléatoirement, environ une fois par mois, puis se servaient de la concentration sanguine d'hémoglobine mesurée pour déterminer si un supplément de fer était nécessaire, par injection ou par le biais du lait de remplacement. Aucune valeur seuil d'intervention n'est indiquée, mais une concentration sanguine d'hémoglobine $\leq 4,3$ mmol/L (6,9 g/dL) est mentionnée comme indicateur d'anémie. La concentration sanguine d'hémoglobine moyenne des veaux à l'âge de 18 semaines était de 5,3 mmol/L (8,5 g/dL) (écart-type 0,83 mmol/L [1,3 g/dL], $n = 686$), mais 13 % des veaux avaient une concentration sanguine d'hémoglobine $\leq 4,3$ mmol/L (6,9 g/dL) et 45 % avaient une concentration sanguine d'hémoglobine située entre 4,3 et 5,5 mmol/L (6,9 et 8,9 g/dL).

Tableau 2.4 Effets de l'injection de fer dextran sur des paramètres hématologiques et biochimiques

Dose de fer g		0	1	0	1,5	0	0,5	0	0,4	0	0,8-0,9	0	0,8	1,6
Âge à l'administration (semaines)	semaine		<1		1, 2 et 3		1 et 3		<1 et 2		<1, 3 et 6		1 × 3-6	1 × 3-6
Prélèvement sanguin	semaine	4		12		12		13		12		13		
Teneur en fer du lait de remplacement	mg de fer/kg de matière sèche	110		Lait entier		Lait entier		Lait entier		19		100-52		
Alimentation solide		Concentré de maïs, orge, et soja						Concentrés et foin						
Concentration sanguine d'hémoglobine	mmol/L	4,8	7,1	3,0	4,9	5,3	6,4	6,3	6,9	3,1	6,5	5,9	6,6	7,2
	g/dL	7,7	11,4	4,8	7,9	8,5	10,3	10,2	11,1	5,0	10,5	9,5	10,6	11,6
Hématocrite	%	26	37	18	28	34	36	31	33	15	35	31	36	38
Nombre de globules rouges	Nb. × 10 ¹² /L	8	10	5	6			9	9			10	10	11
Taux de fer sérique	µmol/L	17	21			18	35					3	5	5
Capacité totale de fixation du fer	µmol/L	39	28											
Volume globulaire moyen	femtolitre ou µm ³	33	38	35	49	40	42	38	37			31	34	35
Teneur globulaire moyenne en hémoglobine	femtomol /globule	0,7	0,8			0,6	0,7	0,7	0,8			0,6	0,6	0,7
Concentration globulaire moyenne en hémoglobine	mmol/L	20	20	16	19			19	21			19	19	19
	g/dL	32,2	32,2	25,8	30,6			30,6	33,8			30,6	30,6	30,6
Croissance			↑		↑		↑		0		↑			Non signifi. ↑
Référence		Heidarpour Bami et coll. (2008)		Roy et coll. (1964)		Getty et coll. (1968)		Miyata et coll. (1984)		Möllerberg et coll. (1975a)		Geisser et coll. (1991)		

2.8 Apport en fer et couleur de la viande

La myoglobine est le principal pigment des muscles rouges et sa concentration est un facteur important de la couleur de la viande de veau (St-Laurent et Brisson, 1967). La supplémentation du lait de remplacement en fer peut produire une viande trop rouge pour être considérée comme de la chair de « veau de lait » (Wensing et coll., 1986). Lapiere et coll. (1990) ont fait une revue de plusieurs études, non publiée en anglais, qui montrent que les veaux recevant un lait de remplacement dont la teneur en fer est supérieure à entre 25 et 30 mg/kg de matière sèche produisaient une viande trop foncée pour être considérée comme du « veau de lait ». Chez des veaux de 11 à 14 semaines nourris de lait de remplacement contenant 10, 40 ou 100 mg de fer/kg de matière sèche à partir de l'âge de 2 à 3 semaines, les concentrations sanguines d'hémoglobine étaient respectivement de 3,7, 5,4 à 7,0 et 7,1 mmol/L (6,0, 8,7 à 11,3 et 11,4 g/dL). Aucune différence significative n'a été observée entre les groupes recevant 10 et 40 mg de fer/kg de matière sèche, mais la concentration de myoglobine dans les muscles était supérieure et la couleur plus foncée pour le groupe ayant consommé 100 mg de fer/kg de matière sèche que pour les groupes ayant reçu du lait à 10 et 40 mg de fer/kg de matière sèche (MacDougall et coll., 1973). Chez les veaux nourris de lait de remplacement contenant 56 mg de fer/kg pendant 8 semaines, puis 8 mg de fer/kg jusqu'à l'abattage, vers 25 à 29 semaines, le taux moyen d'hémoglobine dans le sang 2 semaines avant l'abattage variait entre 4,1 et 7,4 mmol/L (6,6 et 11,9 g/dL) et était significativement corrélé avec les mesures de la couleur foncée et rouge de la carcasse (Klont et coll., 1999).

Chez des veaux ayant reçu du lait de remplacement contenant 60, 100 ou 150 mg de fer/kg de matière sèche pendant 7 semaines, puis 15 mg de fer/kg de matière sèche jusqu'à l'abattage à 29 semaines, la concentration sanguine d'hémoglobine était respectivement de 5,7, 6,0 et 5,9 mmol/L (9,2, 9,7 et 9,5 g/dL). La couleur rouge et la concentration de fer dans certains muscles augmentaient avec la hausse de la teneur en fer du lait de remplacement, mais aucun effet significatif de l'alimentation n'a été constaté sur le caractère foncé de la couleur du veau (Miltenburg et coll., 1992a). Chez des veaux âgés de 2 mois, auxquels a été distribué du lait de remplacement contenant soit 2 mg de fer/kg soit 50 mg de fer/kg avant l'âge de 1 semaine, la concentration sanguine d'hémoglobine baissait respectivement de 6,5 à 4,3 mmol/L (10,5 à 6,9 g/dL) et de 6,8 à 5,4 mmol/L (11,0 à 8,7 g/dL). Aucun effet n'a été observé sur la concentration de myoglobine dans les muscles, la concentration d'hémoglobine dans les muscles ni la couleur rouge du veau, mais les veaux du groupe ayant reçu de plus grandes quantités de fer avaient une couleur plus sombre (St-Laurent et Brisson, 1967, 1968).

Chez des veaux recevant du lait de remplacement contenant 20 mg de fer/kg de matière sèche, la distribution de paille (39 mg de fer/kg de matière sèche) n'a eu aucun effet sur la concentration de myoglobine dans les muscles ni la couleur et le caractère foncé de la viande après l'abattage, réalisé à l'âge de 13 semaines (Moser et coll., 1994). De même, chez des veaux nourris de lait de remplacement contenant 8 mg de fer/kg de matière sèche et de maïs (20 mg de fer/kg de matière sèche), l'ajout de paille (16 mg de fer/kg de matière sèche) n'a eu aucune incidence sur la couleur rouge et le caractère foncé de la viande (Prevedello et coll., 2012).

La viande produite à partir de veaux de lait (concentration sanguine d'hémoglobine de 5,4 mmol/L [8,7 g/dL] à l'abattage) est moins foncée que celle provenant de veaux de grain (concentration sanguine d'hémoglobine de 6,7 mmol/L [10,8 g/dL] à l'abattage) (Beauchemin et coll., 1990). Chez des veaux nourris de rations composées de maïs et d'orge supplémentées pour obtenir une teneur en fer de 90, 163 ou 219 mg/kg de matière sèche, aucun effet de l'alimentation n'a été observé ni sur la concentration sanguine d'hémoglobine (7,4 à 7,5 mmol/L [11,9 à 12,1 g/dL]) ni sur l'hématocrite (37 %) à l'âge de 14 semaines. Bien qu'en raison de la supplémentation en fer élevée, la viande ait été considérée comme trop foncée pour être décrite comme du « veau de lait », la couleur foncée de la viande n'augmentait pas en fonction de la teneur en fer de l'alimentation (Lapiere et coll., 1990). Chez des veaux sevrés à 8 semaines et nourris de concentrés et d'ensilage de maïs à la teneur en fer plus élevée, la viande était plus foncée et plus rouge que chez des veaux nourris uniquement de lait de remplacement dont la teneur en fer est de 34 mg/kg de matière sèche pendant 8 semaines, puis de 6 mg/kg de matière sèche de l'âge de 9 semaines à 25 semaines (Scheeder et coll., 1999).

2.9 Références

- Abdelrahim, A.I., T. Wensing, P. Franken et A.J. Schotman (1983). « The influence of an extra supply of iron on some blood components and on meat colour at slaughter in fattening veal calves », *Journal of Veterinary Medicine Series A*, vol. 30, p. 325-331.
- Andrews, A.H. (2004). « Other calf problems » dans *Bovine medicine: Diseases and husbandry of cattle*, sous la direction de Andrews, A.H., R.W. Blowey, H. Boyd et G. Eddy, Oxford, Blackwell Publishing, p. 249-264
- Archer, N.M. et C. Brugnara (2015). « Diagnosis of iron-deficient states », *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, vol. 52, p. 256-272.
- Beauchemin, K.A., B. Lachance et G. St-Laurent (1990). « Effects of concentrate diets on performance and carcass characteristics of veal calves », *Journal of Animal Science*, vol. 68, p. 35-44.
- Bernier, J.F., F.J. Fillion et G.J. Brisson (1984). « Dietary fibers and supplementary iron in a milk replacer for veal calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 67, p. 2369-2379.
- Blaxter, K.L., G.A.M. Sharman et A.M. MacDonald (1957). « Iron-deficiency anaemia in calves », *British Journal of Nutrition*, vol. 11, p. 234-246.
- Bohn, A.A. (2015). « Diagnosis of disorders of iron metabolism in dogs and cats », *Clinics in Laboratory Medicine*, vol. 35, p. 579-590.
- Bremner, I. et A.C. Dalgarno (1973a). « Iron metabolism in the veal calf. The availability of different iron compounds », *British Journal of Nutrition*, vol. 29, p. 229-243.
- Bremner, I. et A.C. Dalgarno (1973b). « Iron metabolism in the veal calf. II. Iron requirements and the effect of copper supplementation », *British Journal of Nutrition*, vol. 30, p. 61-76.
- Brcsic, M., P. Prevedello, A.L. Stefani, G. Cozzi et F. Gottardo (2014). « Effects of the provision of solid feeds enriched with protein or nonprotein nitrogen on veal calf growth, welfare, and slaughter performance », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 4649-4657.
- Camaschella, C. (2015). « Iron-deficiency anemia », *New England Journal of Medicine*, vol. 372, p. 1832-1843.
- Cockram, M.S. et B.O. Hughes (2011). « Health and disease » dans *Animal Welfare*, 2^e éd., sous la direction de M. Appleby, B. Hughes, J. Mench et A. Olsson, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, p. 120-137.
- Cozzi, G., F. Gottardo, S. Mattiello, E. Canali, E. Scanziani, M. Verga et I. Andrighetto (2002a). « The provision of solid feeds to veal calves: I. Growth performance, forestomach development, and carcass and meat quality », *Journal of Animal Science*, vol. 80, p. 357-366.
- Cozzi, G., F. Gottardo, F. Mutinelli, B. Contiero, G. Fregolent, S. Segato et I. Andrighetto (2002b). « Growth performance, behaviour, forestomach development and meat quality of veal calves provided with barley grain or ground wheat straw for welfare purpose », *Italian Journal of Animal Science*, vol. 1, p. 113-126.
- Egli, C.P. et J.W. Blum (1998). « Clinical, haematological, metabolic and endocrine traits during the first three months of life of suckling Simmentaler calves held in a cow-calf operation », *Journal of Veterinary Medicine Series A*, vol. 45, p. 99-118.

European Food Safety Authority (2012). « Scientific opinion on the welfare of cattle kept for beef production and the welfare in intensive calf farming systems », *The EFSA Journal*, vol. 10, p. 2669.

Farver, T.B. (2008). « Concepts of normality in clinical biochemistry » dans *Clinical biochemistry of domestic animals*, sous la direction de J.J. Kaneko, J.W. Harvey et M.L. Bruss, Burlington (Massachusetts, Etats-Unis), Elsevier Academic Press, p. 1-25.

Garcia, Y. et J. Diaz-Castro (2013). « Advantages and disadvantages of the animal models v. in vitro studies in iron metabolism: A review », *Animal*, vol. 7, p. 1651-1658.

Geisser, P., H. Hohl, M. Baer, H. Heim et W. Fischer (1991). « Investigation on the dosage/efficacy relationship of iron dextran in veal calves », *Arzneimittel-Forschung/Drug Research*, vol. 41, p. 32-37.

Getty, S.M., C.C. Beck, L.D. Brown, G.H. Connor, D.J. Ellis et E.R. Miller (1968). « Effect of iron on hematology and growth of calves », *Journal of Animal Science*, vol. 27, p. 712-717.

Gygax, M., H. Hirni, R. Zwahlen, S. Lazary et J.W. Blum (1993). « Immune functions of veal calves fed low amounts of iron », *Journal of Veterinary Medicine Series A*, vol. 40, p. 345-358.

Halwachs-Baumann, G. (2012). « Diagnosis of anaemia: Old things rearranged » *Wiener Medizinische Wochenschrift*, vol. 162, p. 478-488.

Harvey, J.W. (2008a). « The erythrocyte: Physiology, metabolism, and biochemical disorders » dans *Clinical biochemistry of domestic animals*, sous la direction de J.J. Kaneko, J.W. Harvey et M.L. Bruss, Burlington (Massachusetts, Etats-Unis), Elsevier Academic Press, p. 173-240.

Harvey, J.W. (2008b). « Iron metabolism and its disorders » dans *Clinical biochemistry of domestic animals*, sous la direction de J.J. Kaneko, J.W. Harvey et M.L. Bruss, Burlington (Massachusetts, Etats-Unis), Elsevier Academic Press, p. 259-285.

Heidarpour Bami, M., M. Mohri, H.A. Seifi et A.A. Alavi Tabatabaee (2008). « Effects of parenteral supply of iron and copper on hematology, weight gain, and health in neonatal dairy calves », *Veterinary Research Communications*, vol. 32, p. 553-561.

Holman, H.H. (1956). « Changes associated with age in the blood picture of calves and heifers », *British Veterinary Journal*, vol. 112, p. 91-104.

Holman, H.H. (1955). « The blood picture of the cow », *British Veterinary Journal*, vol. 111, p. 440-457.

Hostettler-Allen, R., L. Tappy et J.W. Blum (1993). « Enhanced insulin-dependent glucose utilization in iron-deficient veal calves », *Journal of Nutrition*, vol. 123, p. 1656-1667.

Jáuregui-Lobera, I. (2014). « Iron deficiency and cognitive functions », *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, vol. 10, p. 2087-2095.

Jenkins, K.J. et M. Hidiroglou (1987). « Effect of excess iron in milk replacer on calf performance », *Journal of Dairy Science*, vol. 70, p. 2349-2354.

Jonker, F.A.M. et M. Boele van Hensbroek (2014). « Anaemia, iron deficiency and susceptibility to infections », *The Journal of Infection*, vol. 69, p. S23-S27.

- Klont, R.E., V.M.H. Barnier, F.J.M. Smulders, A. Van Dijk, A. Hoving-Bolink et G. Eikelenboom (1999). « Post-mortem variation in pH, temperature, and colour profiles of veal carcasses in relation to breed, blood haemoglobin content, and carcass characteristics », *Meat Science*, vol. 53, p. 195-202.
- Lapierre, H., B. Lachance et J.R. Rolland (1990). « Effects of dietary iron concentration on the performance and meat color of grain-fed calves », *Canadian Journal of Animal Science*, vol. 70, p. 1053-1062.
- Lindt, F. et J.W. Blum (1994a). « Occurrence of iron deficiency in growing cattle », *Journal of Veterinary Medicine Series A*, vol. 41, p. 237-246.
- Lindt, F. et J.W. Blum (1994b). « Growth performance, haematological traits, meat variables, and effects of treadmill and transport stress in veal calves supplied different amounts of iron », *Journal of Veterinary Medicine Series A*, vol. 41, p. 333-342.
- Lindt, F. et J.W. Blum (1993). « Physical performance of veal calves during chronic iron deficiency anaemia and after acute iron overload », *Journal of Veterinary Medicine Series A*, vol. 40, p. 444-455.
- MacDougall, D.B., I. Bremner et A.C. Dalgarno (1973). « Effect of dietary iron on the color and pigment concentration of veal », *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 24, p. 1255-1263.
- Matrone, G., C. Conley, G.H. Wise et R.K. Waugh (1957). « A study of iron and copper requirements of dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 40, p. 1437-1447.
- McFarlane, J.M., G.L. Morris, S.E. Curtis, J. Simon et J.J. McGlone (1988). « Some indicators of welfare of crated veal calves on three dietary iron regimens », *Journal of Animal Science*, vol. 66, p. 317-325.
- McGuire, S.O., W.J. Miller, R.P. Gentry, M.W. Neathery, S.Y. Ho et D.M. Blackmon (1985). « Influence of high dietary iron as ferrous carbonate and ferrous sulfate on iron metabolism in young calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 68, p. 2621-2628.
- Miller, J.L. (2013). « Iron deficiency anemia: A common and curable disease », *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, vol. 3, p. 1-13.
- Miltenburg, G. A., T. Wensing, F.J. Smulders and H.J. Breukink (1992a). « Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal » *Journal of Animal Science*, vol. 70, n° 9, p. 2766-2772.
- Miltenburg, G.A., T. Wensing, J. van de Broek, D.J. Mevius et H.J. Breukink (1992b). « Effects of different iron contents in the milk replacer on the development of iron deficiency anaemia in veal calves » *Veterinary Quarterly*, vol. 14, p. 18-21.
- Miltenburg, G.A.J., T. Wensing, H.J. Breukink et J.J.M. Marx (1991). « A study of iron metabolism in young veal calves by means of ferrokinetics », *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, vol. 65, p. 281-287.
- Miltenburg, G.A.J., T. Wensing, H.J. Breukink et J.J.M. Marx (1993). « Mucosal uptake, mucosal transfer and retention of iron in veal calves », *Veterinary Research Communications*, vol. 17, p. 209-217.
- Miyata, Y., K. Furugouri et K. Shijimaya (1984). « Developmental changes in serum ferritin concentration of dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 67, p. 1256-1263.

- Möllerberg, L., T. Ehlers, S.O. Jacobsson, S. Johnsson et I. Olsson (1975a). « The effect of parenteral iron supply on hematology, health, growth and meat classification in veal calves », *Acta Veterinaria Scandinavica*, vol. 16, p. 197-204.
- Möllerberg, L., L. Ekman et S. Jacobsson (1975b). « Ferro kinetic studies in normal and iron deficiency anemic calves », *Acta Veterinaria Scandinavica*, vol. 16, p. 205-217.
- Morisse, J.P., J.P. Cotte, D. Huonnic et A. Martrenchar (1999). « Influence of dry feed supplements on different parameters of welfare in veal calves », *Animal Welfare*, vol. 8, p. 43-52.
- Moser, M., R.M. Bruckmaier et J.W. Blum (1994). « Iron status, erythropoiesis, meat colour, health status and growth performance of veal calves held on and fed straw », *Journal of Veterinary Medicine Series A*, vol. 41, p. 343-358.
- Murray-Kolb, L.E. (2013). « Iron and brain functions », *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, vol. 16, p. 703-707.
- Naigamwalla, D.Z., J.A. Webb et U. Giger (2012). « Iron deficiency anemia », *Canadian Veterinary Journal*, vol. 53, p. 250-256.
- National Research Council (2000). *Nutrient requirements of beef cattle*, 7^e éd. révisée, Washington, D.C., National Academy Press.
- National Research Council (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*, 7^e éd. révisée, Washington, D.C., National Academy Press.
- Peyrin-Biroulet, L., N. Williet et P. Cacoub (2015). « Guidelines on the diagnosis and treatment of iron deficiency across indications: A systematic review », *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 102, p. 1585-1594.
- Piguet, M., R.M. Bruckmaier et J.W. Blum (1993). « Treadmill exercise of calves with different iron supply, husbandry, and work load », *Journal of Veterinary Medicine Series A*, vol. 40, p. 456-465.
- Pommier, S.A., H. Lapierre, A.M. de Passillé et C. Gariépy (1995). « Control of the bioavailability of iron in heavy veal production by different feeding management systems: Use of ca-EDTA as an iron chelating agent », *Canadian Journal of Animal Science*, vol. 75, p. 37-44.
- Prevedello, P., M. Brscic, E. Schiavon, G. Cozzi et F. Gottardo (2012). « Effects of the provision of large amounts of solid feeds to veal calves on growth and slaughter performance and intravital and postmortem welfare indicators », *Journal of Animal Science*, vol. 90, p. 3538-3546.
- Prevedello, P., L. Moro, M. Brscic, F. Gottardo et A. Stefani (2009). « Trend overtime of total haemoglobin, iron metabolism and trace minerals in veal calves fed high amounts of two different solid feeds », *Italian Journal of Animal Science*, vol. 8, n° S3, p. 184-186.
- Reece, W.O. (1984). « Response of anemic calves to exertion », *American Journal of Veterinary Research*, vol. 45, p. 437-439.
- Reece, W.O. et D.K. Hotchkiss (1987). « Blood studies and performance among calves reared by different methods », *Journal of Dairy Science*, vol. 70, p. 1601-1611.

- Roy, J.H.B., H.J. Gaston, K.W.G. Shillam, S.Y. Thompson et L.J.F. Stobo (1964). « The nutrition of the veal calf. The effect of anaemia and of iron and chlortetracycline supplementation on the performance of calves given large quantities of whole milk », *British Journal of Nutrition*, vol. 18, p. 467-502.
- Sarkozy, P., V. Palfi, E. Schultz, A. Miskey et F. Williams (1985). « Immune response in anemic calves », *Journal of Veterinary Medicine Series B*, vol. 32, p. 317-325.
- Scheeder, M.R.L., B. Becker et M. Kreuzer (1999). « Veal colour and other meat quality characteristics in calves fattened on maize silage and concentrate », *Archiv Tierzucht Dummerstoft*, vol. 6, p. 535-553.
- Smith, J.E. (1997). « Iron metabolism and its disorders » dans *Clinical biochemistry of domestic animals*, sous la direction de J.J. Kaneko, J.W. Harvey et M.L. Bruss, San Diego, Academic Press, p. 223-239.
- St-Laurent, G.J. et G.J. Brisson (1967). « Changes in color and pigment content of skeletal muscles of veal calves due to age, and to iron and desferrioxamine supplementation when measured by biopsy technique », *Journal of Animal Science*, vol. 26, p. 1283-1287.
- St-Laurent, G.J. et G.J. Brisson (1968). « Effect of dietary iron and desferrioxamine on blood hemoglobin and on pigment content and color of muscles in veal calves », *Journal of Animal Science*, vol. 27, p. 1525-1526.
- Stull, C.L. et S.P. McDonough (1994). « Multidisciplinary approach to evaluating welfare of veal calves in commercial facilities », *Journal of Animal Science*, vol. 72, p. 2518-2524.
- Suttle, N.F. (2010). *Mineral nutrition of livestock*, 4^e éd., Wallingford (Royaume-Uni), CABI.
- Valli, V.E.O., B.J. Mc Sherry, T.J. Hulland, G.A. Robinson et J.P.W. Gilman (1971). « The kinetics of hematopoiesis in the calf part 2 an auto radiographical study of erythropoiesis in normal anemic and endo toxin treated calves », *Research in Veterinary Science*, vol. 12, p. 551-564.
- Webster, A.J.F., H. Donnelly, J.M. Brockway et J.S. Smith (1975). « Energy exchanges of veal calves fed a high fat milk replacer diet containing different amounts of iron », *Animal Production*, vol. 20, p. 69-76.
- Welchman, D.D., O.P. Whelehan et A.J. Webster (1988). « Haematology of veal calves reared in different husbandry systems and the assessment of iron deficiency », *Veterinary Record*, vol. 123, p. 505-510.
- Wensing, T., A.I. Abdelrahim et A.J.H. Schotman (1986). « Some aspects of extra iron supply in veal calf fattening », *Veterinary Research Communications*, vol. 10, p. 283-296.
- Wilson, L.L., C.L. Egan et T.R. Drake (1994). « Blood, growth and other characteristics of special-fed veal calves in private cooperator herds », *Journal of Dairy Science*, vol. 77, p. 2477-2485.
- Wilson, L.L., J.L. Smith, D.L. Smith, D.L. Swanson, T.R. Drake, D.R. Wolfgang et E.F. Wheeler (2000). « Characteristics of veal calves upon arrival, at 28 and 84 days, and at end of the production cycle », *Journal of Dairy Science*, vol. 83, p. 843-854.

3. Bienfaits de l'apport de fibres dans le régime des veaux lourds sur leur comportement et leur santé

Conclusions

- 1. Les aliments solides sont nécessaires au développement du rumen et à la rumination. Selon la quantité de lait de remplacement consommée, les veaux peuvent commencer à ingérer des aliments fibreux et les ruminer dès l'âge de 2 semaines. L'apport en aliments fibreux et l'activité de rumination augmentent avec l'âge.**
- 2. Plusieurs facteurs, dont le régime, le logement et la possibilité de téter pendant la distribution du lait de remplacement, déterminent le fait que les veaux adoptent ou non des comportements oraux anormaux. Bien qu'il n'y ait pas de relation simple de cause à effet entre le manque de fibres de l'alimentation et l'existence de comportements oraux anormaux chez les veaux nourris au lait, certains veaux recevant des rations aux quantités insuffisantes de fibres présentent un comportement oral stéréotypé et anormal (principalement des mouvements de langue répétitifs et la manipulation de substrats de l'enclos) qui est le signe d'une gestion de l'élevage sous-optimale.**
- 3. Lorsqu'ils sont distribués en quantités suffisantes, les types d'aliments fibreux stimulant efficacement la mastication et la rumination se montrent également efficaces dans la diminution des comportements oraux stéréotypés et anormaux.**
- 4. Dans les cas où du foin ou de la paille sont distribués à volonté, les mouvements répétitifs de langue (ou jeux de langue) diminuent, et la mastication et la rumination augmentent.**
- 5. La possibilité de consommer du foin à volonté réduit la manipulation orale de substrats de l'enclos (par exemple, des murs, des portes et du matériel de distribution d'aliments).**
- 6. Aucune preuve irréfutable ne permet de définir facilement les besoins quotidiens en fibres du veau à différents âges. L'ingestion de grandes quantités de lait de remplacement réduit l'apport en aliments solides. Toutefois, à partir des conclusions de la littérature sur les augmentations d'ingestion volontaire de fibres selon l'âge et l'efficacité des différents types d'aliments fibreux dans la réduction des mouvements répétitifs de la langue chez le veau à différents âges, on peut établir la meilleure estimation possible suivante : (a) un apport en foin de 50 g, 500 g et ≥ 1 kg de matière sèche par veau à respectivement l'âge de 1, 3 et 6 semaines ou (b) un apport en paille de 25 g, 300 g et entre 0,5 et 1 kg de matière sèche par veau à respectivement l'âge de 1, 3 et 6 mois devraient constituer un apport suffisant en fibres pour satisfaire une ingestion *ad libitum* de fibres, en mesure de réduire l'incidence du comportement de jeux de langue chez le veau de lait.**
- 7. L'efficacité du foin ou de la paille pour la stimulation de la rumination et la diminution des comportements anormaux augmente en fonction de la longueur des fibres; la paille hachée en brins de 1 cm reste toutefois avantageuse. Les fibres fournies sous forme de fourrages longs (comme le foin ou la paille) stimulent plus efficacement la mastication et la rumination que les aliments non fourragers, par exemple les céréales.**
- 8. Quand des quantités suffisantes de paille ou d'autres aliments fibreux, comme de l'ensilage de maïs (fourrage grossier), sont incorporées à une alimentation à base de mélange de céréales, de sorte que le pourcentage d'aliments fibreux (fourrage grossier) dans la ration mixte soit au moins de 50 %, l'incidence de comportements oraux anormaux est réduite, par rapport à des rations à base de céréales contenant seulement 20 % de fourrage grossier.**

- 9. Bien que les céréales stimulent efficacement les papilles du rumen, les aliments fibreux aident au développement de la couche musculaire du rumen et à l'entretien de la muqueuse ruminale en éliminant la kératine excédentaire et évitant ainsi une hyperkératinisation.**
- 10. Les aliments fibreux stimulant la motilité du rumen, la mastication et la production de salive peuvent contribuer à éviter une baisse du pH dans le rumen, susceptible d'entraîner une acidose, voire une météorisation chez les veaux lourds de grain.**
- 11. Malheureusement, l'apport de foin et de paille dans le régime des veaux consommant de grands volumes de lait de remplacement peut causer une augmentation des lésions abomasales.**

3.1. Introduction

Traditionnellement, les veaux élevés pour produire de la viande blanche reçoivent une alimentation très différente des veaux élevés au pâturage et de ceux élevés pour produire du bœuf ou du lait. Leur régime se compose principalement de lait de remplacement et/ou de céréales de façon à satisfaire leurs besoins de croissance et procurer une viande pâle ou rose.

La présente revue de la littérature vise à (a) décrire les effets de la distribution de fibres sur le comportement et la santé des veaux et (b) regrouper les données probantes qui montrent les moyens les plus efficaces de distribuer des fibres en déterminant le type de fibre, les quantités les plus adaptées et l'âge auxquels les fibres doivent être distribuées. La revue de la littérature s'intéresse aux effets des aliments fibreux et non à ceux des aliments solides en général.

On présentera également la relation entre apport en fibres et développement du rumen chez le veau. Étant donné que le motif principal de la distribution de fibres aux veaux de lait proposé par la littérature est la diminution des comportements oraux anormaux observés chez les individus dont l'alimentation compte peu ou pas de fibres, on s'intéressera aux études portant sur le lien entre le comportement oral anormal et l'apport en fibres. Enfin, on examinera les aspects positifs et négatifs de la distribution de fibres sur la santé du veau. Pour une analyse des types de problèmes de santé mentionnés et le bien-être animal, voir Cockram et Hughes (2011).

3.1.1 Fibres

Les fibres alimentaires sont des éléments indigestes ou dont la digestion est lente, qui occupent de l'espace dans le tube digestif (Mertens, 1997). Le plus souvent, le contenu nutritif d'une ration ou d'un ingrédient alimentaire est exprimé en pourcentage de la composition chimique de la teneur en matière sèche (MS) (poids déshydraté des aliments de la ration). La mesure la plus courante des fibres dans l'analyse de l'alimentation est celle des Fibres insolubles dans des détergents neutres ou NDF (de l'anglais *Neutral Detergent Fibre*). Elle permet de mesurer la plupart des composants structurels des cellules végétales (à savoir la lignine, l'hémicellulose et la cellulose). La mesure des NDF ne donne toutefois que les caractéristiques chimiques des aliments, sans donner les caractéristiques physiques, comme la densité ou la taille des particules (Mertens, 1997). La cellulose brute (ou CF pour Crude Fibre) est un autre moyen de mesurer les fibres d'une ration, mais elle sous-estime la teneur en fibre des aliments (Mertens, 2002). L'expression « fourrage grossier » sert souvent à désigner de façon interchangeable des fibres ou des aliments fibreux. Elle dénomme un ingrédient végétal (fourrage/herbage) à teneur en fibres élevée, grossier et de lest (Mertens, 2002). Plusieurs sources de fibres non fourragères sont des sous-produits de végétaux transformés pour la production d'aliments destinés à la consommation humaine. Les

sources de fibres non fourragères sont notamment la pulpe de betterave, les coques de soja, la farine de luzerne, les drêches de distillerie et de brasserie, et les aliments de gluten de maïs.

La teneur en fibre des aliments solides proposés aux veaux varie, comme le montre le pourcentage de matière sèche représenté par la mesure NDF ou CF. En plus de la teneur en fibres, représentée par le pourcentage de NDF ou CF, les effets de l'apport d'aliments fibreux dans l'alimentation du veau dépendent de la quantité et des propriétés physiques des aliments fibreux, c'est-à-dire de la taille et de la structure physique des fibres. De nombreux aliments fibreux sont transformés avant leur utilisation dans l'alimentation des veaux. La transformation (hachage ou broyage par exemple) de certains fourrages pour réduire la taille des particules peut augmenter l'apport (Leibholz et Russell, 1978). La granulation ultérieure des fourrages peut diminuer la poudre (National Research Council [NRC], 2000). La transformation (aplatissage ou broyage) des céréales peut augmenter leur valeur nutritive en libérant de l'amidon (NRC, 2000).

3.1.2 Les fibres dans l'alimentation du veau

Les bovins ont un appareil digestif de ruminants qui a évolué pour permettre la consommation de fourrages et de fourrages grossiers. Une des fonctions principales du rumen est la fermentation anaérobie des fibres alimentaires (Beever, 1993). Cependant, les très jeunes veaux ne peuvent pas ingérer d'aliments solides et se nourrissent uniquement d'aliments liquides qui vont directement dans la caillette en passant par la gouttière œsophagienne. C'est pourquoi le premier régime des veaux se compose de lait de remplacement. Chez le veau élevé sous la mère, le sevrage naturel, à savoir le moment où le veau ne tète plus sa mère et consomme uniquement des aliments solides, se produit entre 7 et 14 mois (Reinhardt et Reinhardt, 1981). Les veaux auxquels des aliments solides sont proposés dès la naissance n'en consomment des quantités notables qu'à partir de l'âge de 3 semaines, au plus tôt (Anderson et coll., 1987). Chez les veaux recevant de grandes quantités de lait de remplacement (par exemple 8 L/jour), les apports appréciables en aliments solides ne sont parfois pas observés avant l'âge de 5 semaines. (Khan et coll., 2011). Les veaux recevant 4 L/jour de lait de remplacement peuvent consommer, entre l'âge de 4 jours et de 3 semaines, 400 g de paille d'orge hachée (2 cm de longueur) ou longue. Pendant les semaines suivantes, l'ingestion augmente jusqu'à pouvoir atteindre environ 3 kg de paille consommée entre l'âge de 0 et 9 semaines (Thomas et Hinks, 1982). Après 3 semaines, l'ingestion accrue d'aliments solides combinée à la présence de la microflore nécessaire à la digestion d'aliments solides dans le rumen ont pour effet la digestion ruminale et l'augmentation de la production d'acides gras volatils (Anderson et coll., 1987).

Au Canada, certains élevages de veaux adoptent une alimentation au lait de remplacement pendant toute la période d'élevage jusqu'à l'abattage qui a lieu à 5 mois, tandis que les veaux de grain sont sevrés à l'âge de 2 mois environ, puis nourris d'une ration d'aliments solides composée de céréales (maïs entier par exemple), de compléments protéiques et parfois de fourrage grossier, comme du foin ou de la paille. Les veaux de grain sont abattus vers 6 ou 7 mois (Ngapo et Gariépy, 2006; Veal Farmers of Ontario, 2015). La teneur optimale de fibres nécessaire dans l'alimentation des veaux de lait et de grain n'est pas définie par la littérature sur la nutrition des veaux. Bien que l'apport d'aliments fibreux aux veaux présente certains avantages, dans une optique strictement nutritionnelle, les fibres ne sont pas nécessaires à la croissance. De plus, les conséquences nuisibles de l'augmentation de la teneur en fibre de l'alimentation sur la croissance ont été soulignées (Hill et coll., 2005). Le lait de remplacement (NRC, 2001) et/ou les céréales suffisent à combler les besoins énergétiques et protéiques du veau. Cependant, l'ajout de paille hachée, d'ensilage de maïs et de concentrés au régime des veaux de lait peut améliorer leur capacité à utiliser les sources d'azote de leur ration (Berends et coll., 2012a).

3.2 Fibres et développement du rumen

3.2.1 Capacité du rumen

À la naissance, le compartiment de l'estomac le plus volumineux est la caillette et non le rumen (plus de la moitié du poids et de la capacité des autres compartiments). Chez les veaux nourris au lait, la capacité du réticulorumen et du feuillet (ou omasum) augmente avec l'âge. En revanche, chez les veaux recevant du foin ou des céréales, la taille de ces compartiments augmente sensiblement proportionnellement à la taille de la caillette (Warner et coll., 1956; Braun et coll., 2013). La digestion d'aliments solides nécessite un rumen physiquement développé et fonctionnel. Or, le rumen néonatal reste sous-développé chez les veaux dont le régime au lait de remplacement n'est pas complété par des aliments solides (Harrison et coll., 1960; Tamate et coll., 1962). Par rapport à des régimes au lait sans aliments solides, les rations contenant à la fois du lait de remplacement et une teneur élevée en fibres, composées d'ensilage de maïs, de paille ou de foin, et de concentrés, augmentent le développement et le poids du rumen vide (Tamate et coll., 1962; Morisse et coll., 1999; Berends et coll., 2012b; 2014; Webb et coll., 2013).

3.2.2 Développement de la muqueuse ruminale

L'apport de fibres dans l'alimentation n'est pas aussi efficace qu'une ration de concentré/céréales pour le développement des papilles du rumen (Stobo et coll., 1966; Bertram et coll., 2009; Khan et coll., 2011). Le développement de la muqueuse du rumen est lié aux produits finaux de la digestion microbienne des aliments (Tamate et coll., 1962). L'ingestion d'aliments solides stimule la prolifération microbienne dans le rumen et la production de produits finaux microbiens, les acides gras volatils, qui déclenchent le développement de l'épithélium ruminal (Pounden et Hibbs, 1949). La présence d'acides gras volatils (principalement butyrate et propionate) dans le rumen stimule le développement des papilles du rumen (Sander et coll., 1959; Tamate et coll., 1962). Leur croissance et leur développement (Steele et coll., 2014) sont nécessaires, car elles fournissent une surface d'absorption qui permet l'absorption et l'utilisation des acides gras volatils produits dans le rumen (Heinrichs, 2005). Les papilles du rumen ne se développent pas chez les veaux ingérant uniquement du lait de remplacement (Brownlee, 1956; McGavin et Morrill, 1976). Une étude portant sur 170 élevages de veaux aux Pays-Bas, en France et en Italie a constaté qu'il était 15 fois plus probable que les papilles du rumen soient sous-développées quand la ration distribuée est ≤ 50 kg de matière sèche/veau par cycle d'engraissement que quand elle est de 151 à 300 kg de matière sèche/veau par cycle d'engraissement (Brscic et coll., 2011). Quand de l'ensilage de maïs ou un mélange grossier/des granulés de concentré sont distribués comme principaux types d'aliments solides, le risque de développement insuffisant des papilles du rumen est 4 fois plus probable que quand les veaux reçoivent des céréales de maïs ou d'orge (Brscic et coll., 2011). La taille des particules de la ration agit sur le développement du rumen. Chez les veaux nourris au lait de remplacement jusqu'à l'âge d'environ 5 semaines et d'aliments solides (NDF 23 %) à partir de l'âge de 1 semaine environ, les individus recevant une ration composée de particules fines présentaient, par rapport à ceux recevant des particules plus grossières, un pH inférieur dans le rumen, un plus grand pourcentage de l'épithélium de la paroi ruminale composé de kératine, et des papilles de la paroi ventrale du sac cranial du rumen plus longues (Greenwood et coll., 1997). Le développement et l'entretien de la muqueuse du rumen optimisent la fonction du rumen, l'efficacité et l'absorption des nutriments, et ils réduisent le risque de troubles ruminiaux.

3.2.3 Développement de la couche musculaire du rumen

Les veaux nourris au lait qui reçoivent des fibres, comme du foin, de la paille ou de l'ensilage de maïs, ont une paroi musculaire ruminale plus épaisse que les veaux consommant des concentrés (McGavin et Morrill, 1976;

Nocek et coll., 1984; Suárez et coll., 2007). Le développement de la couche musculaire du rumen améliore la fonction du rumen, notamment les contractions déclenchant la rumination. Or, la rumination est bénéfique pour le comportement et la santé des veaux (voir les parties 3.3.2, 3.3.4, 3.5.2, 3.5.3, 3.5.4 et 3.5.5).

3.3 Relation entre fibres et comportements oraux anormaux du veau

3.3.1 Comportement oral anormal

Dans le présent chapitre, les comportements oraux se définissent comme suit.

- Comportement oral : tout mouvement des lèvres, de la bouche, de la langue et de la mâchoire.
- Comportement oral anormal : tout mouvement des lèvres, de la bouche, de la langue et de la mâchoire qui, en raison de sa fréquence, sa magnitude, son contexte ou son caractère, semble étrange et n'est pas directement lié aux activités d'alimentation normales (Bergeron et coll., 2006).
- Comportement oral anormal stéréotypé : tout comportement oral anormal répétitif et sans fonction apparente (Mason, 1991).

Les veaux au régime entièrement liquide ne peuvent pas réaliser certains comportements naturels, comme la mastication d'aliments solides et la rumination, car ils n'ont pas accès au substrat permettant ces comportements. On considère que l'incapacité des veaux à accéder à des quantités suffisantes de fibres pour réaliser ces comportements normaux constitue un facteur important de l'apparition de comportements oraux anormaux notamment : jeux de langue/mouvements répétitifs de la langue, pseudo-rumination/mastication à vide et manipulation orale des éléments de l'enclos (Veissier et coll., 1998; Bokkers et coll., 2009). Aucun lien de causalité simple n'a été montré entre l'apport de fibres dans l'alimentation et l'incidence de comportements oraux anormaux chez le veau. D'autres recherches sont nécessaires pour cerner les lacunes dans la connaissance des facteurs motivant ou causant les comportements oraux anormaux chez le veau. Les jeux de langue consistent pour le veau à allonger la langue et la faire aller d'un côté à l'autre, à l'enrouler en partie puis la dérouler à l'intérieur et l'extérieur de la bouche (Bokkers et coll., 2009; Webb et coll., 2015). La pseudo-rumination ou mastication à vide se manifeste par des mouvements de mastication irréguliers et relativement rapides (Bokkers et coll., 2009) qui ne servent ni à ingérer ni à régurgiter des aliments solides. La manipulation orale de l'enclos comprend le fait de constamment mordre, téter, lécher, grignoter des substrats comme des palissades ou des murs, des auges et des seaux (Bokkers et coll., 2009). Chez les veaux nourris au lait ne pouvant accéder à des fibres, les comportements oraux anormaux deviennent manifestes à environ 3 mois (Kooijman et coll., 1991).

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'expliquer la présence ou l'absence de comportements oraux anormaux chez le veau. Les conditions de stabulation – comme le nombre de veaux par enclos et l'espace par animal (Leruste et coll., 2014), ainsi que les possibilités de téter pendant la distribution de lait de remplacement (Webb et coll., 2014a; 2015) – ont un effet sur la production de comportements oraux anormaux, par exemple les mouvements répétitifs de langue. Des données présentées ci-dessous montrent que l'apport de fibres permet aux veaux de mastiquer et ruminer et que l'incorporation de certains types et certaines quantités de fibres dans la ration permet de réduire les comportements oraux anormaux (Kooijman et coll., 1991). Pour lire une présentation de la relation entre ces facteurs de risque et la présence de comportements oraux anormaux chez les veaux de lait, voir le chapitre 1 « Gestion de l'alimentation au lait » et le chapitre 5 « Comparaison des répercussions sur le bien-être des veaux entre les logements en groupe, en stalle et l'élevage au piquet ».

Il faudrait approfondir la recherche pour connaître la prévalence des comportements oraux anormaux dans les systèmes de production de veau adoptés au Canada. Dans une étude observant 157 élevages de veaux européens aux modes de gestion différents, notamment pour ce qui est du type et de la quantité d'aliments solides fournis, le pourcentage moyen de veaux par exploitation (à l'âge de 15 semaines) sur lesquels des mouvements répétitifs de la langue ont été observés était de $2,8 \pm 0,18$ % (écart 0,2–14,8) et le pourcentage moyen de veaux manipulant

des substrats était de $11,0 \pm 0,46$ % (écart 2,2–38,6) (Leruste et coll., 2014). La distribution de fibres à certains veaux réduirait la prévalence totale des jeux de langue et la manipulation de substrats. De plus, la prévalence des mouvements répétitifs de langue est moins élevée chez les veaux âgés de moins de 4 mois (Kooijman et coll., 1991).

Toutes les études de la revue de littérature portant sur la relation entre apport en fibres et comportement oral anormal du veau ont été réalisées en Europe. Ces recherches ont été effectuées sur des veaux recevant du lait de remplacement pendant toute leur période d'engraissement. Dans l'Union européenne, la distribution de fibres dans la ration des veaux est une obligation légale (« À cette fin, l'alimentation doit contenir (...) une ration minimale journalière d'aliments fibreux pour chaque veau âgé de plus de deux semaines, cette quantité devant être augmentée de 50 à 250 g par jour pour les veaux de 8 à 20 semaines ») (Conseil de l'Union européenne, 2009). Une étude portant sur 157 unités d'engraissement de veaux en Europe a constaté que les veaux recevaient, en moyenne, 500 g de MS/veau/jour d'aliments solides pendant la totalité de la période d'engraissement, avec une consommation quotidienne moyenne variant entre 4 et 1360 g de MS/veau/jour. Dans la moitié des exploitations ayant participé à l'étude, la consommation quotidienne moyenne d'aliments solides variait de 390 à 660 g de MS/veau/jour (Leruste et coll., 2014). La recherche sur des cas européens analyse les effets de la distribution de plusieurs sources de fibres fourragères et non fourragères. Elles sont énumérées et décrites dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 Description des aliments solides utilisés en complément du lait de remplacement dans la ration des veaux

Source de fibres	Description
<i>Fourrages</i>	
Foin	Principalement de l'herbe coupée et séchée.
Paille : longue, hachée, en granulés, broyée	Tiges de céréales coupées, desséchées et dépouillées de leur grain et leur balle (enveloppe des graines).
Ensilage de maïs (blé d'Inde) : haché ou broyé	Plants de maïs coupés et ensilés par un processus de « saumurage » naturel, qui se produit par fermentation des bactéries qui transforment les sucres du végétal conservé à l'abri de l'air pour produire de l'acide lactique. (Au Canada, « maïs » et « blé d'Inde » sont synonymes.
Ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde haché, broyé	Contient en général la rafle et les grains, et parfois les spathes et les inflorescences du plant de maïs, mais sans la tige ni la plupart des feuilles.
<i>Non fourragère</i>	
Pulpe de betterave séchée	Sous-produit des betteraves à sucre après l'extraction du sucre.
Orge : en grains, en granulés, broyée	Grains et graines d'orge.
Maïs/blé d'Inde : grains	Graines de maïs.
Concentrés	Les concentrés ont une densité élevée de nutriments, avec une faible teneur en fibres et une grande digestibilité. Ils peuvent contenir différentes matières dans des proportions variables, comme des céréales, des sous-produits de la transformation de cultures, des produits d'oléagineux, et des sources de protéines comme du tourteau de soja et des fourrages transformés. Ils fournissent une source concentrée d'énergie et de protéines, enrichie en vitamines et en minéraux. Les concentrés sont fournis sous forme de granulés, de flocons, de moulée ou de farine.

3.3.2 Effets des fibres sur le comportement oral des veaux de lait

Veissier et coll. (1998) ont constaté que la durée passée par les veaux âgés de 3 mois à jouer avec leur langue pendant la journée était de 4,5 % du temps chez les veaux logés dans des cases individuelles sans alimentation solide, mais seulement de 1,5 % chez ceux élevés en groupe et pouvant accéder à de la paille hachée et des concentrés à partir de l'âge de 1,75 mois. Le tableau 3.2 montre que la distribution de foin à volonté peut réduire la fréquence des mouvements répétitifs de la langue et de la manipulation orale de substrats chez les veaux, et augmenter la durée de mastication et de rumination. La distribution de paille *ad libitum* donne les mêmes résultats pour ce qui est de la durée de rumination et les jeux de langue. La paille est efficace quand elle est fournie sous forme de granulés, ou en quantité de 500 g de MS/veau/jour sous forme hachée (4-5 cm de longueur) ou broyée (1 cm). Distribué en quantités suffisantes, par exemple 1 kg de MS/veau/journée, l'ensilage de maïs peut réduire les mouvements répétitifs de langue. Cependant, quand l'ensilage de maïs est fourni sous forme hachée (4-5 cm) ou broyée (1 cm) en quantité de 250 ou 500 g de MS/veau/jour, il n'est pas efficace. L'ensilage d'épi de maïs n'est pas un moyen efficace de réduire les mouvements répétitifs de langue ni la manipulation orale de substrats.

La réduction des comportements oraux anormaux par l'apport d'aliments fibreux n'est pas simplement due à l'ingestion de quantités suffisantes d'aliments solides. Chez des veaux auxquels est proposé un choix à volonté de différents aliments solides (concentrés en granulés, ensilage de maïs, foin long et paille d'orge longue) accompagné de lait de remplacement, Webb et coll. (2014a) n'ont pas pu montrer de relation linéaire significative entre la consommation totale de matière sèche par les veaux âgés de 3 à 6 mois et la fréquence de comportements oraux anormaux. En outre, plusieurs facteurs peuvent modifier la relation entre apport de fibres et comportement anormal des veaux. Une étude portant sur 157 élevages de veaux de lait en Europe, a déterminé que le logement en logette individuelle (pendant le premier ou les 2 premiers mois), la taille du groupe et l'espace par veau constituaient des facteurs de risque (qui expliquaient 21 % de la variance) influant significativement sur le pourcentage de veaux réalisant des mouvements répétitifs de la langue vers l'âge de 4 mois (Leruste et coll., 2014). En revanche, la quantité d'aliments solides proposée n'était pas un facteur de risque significatif ni pour la manipulation des éléments de l'enclos ni pour les jeux de langue. La quantité d'aliments solides variait de 0,04 à 1,36 kg de MS/veau/jour, mais dans la moitié des exploitations étudiées, cette quantité variait seulement entre 0,39 et 0,66 kg de MS/veau/jour. Les auteurs ont considéré que les variations d'apport d'aliments solides dans leur enquête n'étaient peut-être pas suffisantes pour montrer un éventuel effet. Le type d'aliments solides distribués était en revanche un facteur de risque significatif dans la fréquence de la manipulation d'éléments de l'enclos. En effet, cette fréquence était moins élevée dans les exploitations où le principal aliment solide distribué était de l'ensilage de maïs que dans celles où les veaux recevaient des céréales ou des concentrés sous forme de granulés ou de flocons.

Les études expérimentales synthétisées dans le tableau 3.3 montrent que le type de fibres de la ration influe sur le comportement oral des veaux. La distribution de paille de blé entraîne une plus grande hausse de la mastication et de la rumination qu'un apport de céréales. Quand de la paille de blé hachée est mélangée à des concentrés et à de l'ensilage de maïs ou de céréales, une consommation quotidienne minimale de matière sèche de cette ration est nécessaire pour parvenir à accroître la durée de rumination et à diminuer la manipulation orale de substrats. Webb et coll. (2015) ont constaté chez des veaux âgés de 4 et 6 mois que les comportements anormaux (jeux de langue et manipulation de l'enclos) étaient le moins fréquents quand des groupes de veaux consommaient entre 1 476 et 2 321 g de MS/j d'aliments solides composés à 50 % de fourrage grossier et à 50 % de concentré. Lorsque le ratio concentré-fourrage grossier est de 10:90, la distribution de foin haché (3 à 4 cm de longueur, NDF 58,8 %) à des veaux âgés d'environ 2 mois est plus efficace pour la stimulation de la rumination (5,9 % des observations) et la réduction des comportements oraux non nutritifs (19,7 % des observations) que la distribution de foin broyé (2 mm de longueur, NDF 50,8 %) (rumination 2,8 % des observations et comportement oral anormal 28,3 % des observations) (Montoro et coll., 2013).

La fréquence des jeux de langue et de la manipulation orale des substrats d'enclos (parois, portes et appareils de distribution d'aliments par exemple) est plus réduite si, en teneur de matière sèche, 50 % de la ration mixte de fourrage grossier et de concentrés se composent de paille de blé et d'ensilage de maïs que quand 20 % seulement de la ration mixte se composent de fourrage. Quand en plus de la ration mixte de paille de blé hachée, d'ensilage de maïs et de concentrés, les veaux reçoivent de la paille de blé longue *ad libitum* dans une auge séparée, la fréquence des jeux de langue et de la manipulation orale de substrats peut être réduite et le temps passé à ruminer peut augmenter (Webb et coll., 2015). Terré et coll. (2013) ont aussi montré (sur des veaux âgés de 1 à 2 mois) que la distribution de fourrages (paille d'avoine hachée, NDF 63 %) en complément d'une ration de concentré en granulés (blé, maïs, orge, tourteau de soja et remoulage de blé) réduisait la fréquence des comportements oraux anormaux et augmentait la rumination plus efficacement que le simple fait d'augmenter la teneur en fibres d'une ration de granulés de 18 à 27 % NDF. Le pourcentage d'observations de comportement anormal était respectivement de 2,7 % et 3,5 % pour les rations de granulés à teneur en fibres faible et élevée, mais quand du foin d'avoine était ajouté aux granulés, le pourcentage d'observations de comportement anormal diminuait à respectivement 0,6 % et 1,3 % pour les rations de granulés à teneur en fibres faible et élevée. Le pourcentage d'observations de la rumination était de 4,2 et 1,9 % respectivement pour les rations de granulés à teneur en fibres faible et élevée, mais quand du foin d'avoine était ajouté aux granulés, ce pourcentage d'observations augmentait à 12,7 % et 11,5 % respectivement pour les rations de granulés à teneur en fibres faible et élevée.

L'étude d'élevages de veaux européens menée par Leruste et coll. (2014) ne considère pas l'apport d'aliments solides comme un facteur de risque significatif expliquant la succion entre veaux chez les veaux élevés en groupe. Cependant, Mattiello et coll. (2002) ont constaté chez des veaux élevés en groupe qu'à l'âge de 4,25 mois environ, l'apport de paille (se reporter au tableau 3.2 pour plus de détails) peut réduire la fréquence des contacts sociaux, par rapport aux veaux n'ayant pas accès à de la paille, mais que la succion entre veaux sporadique n'est pas modifiée par la distribution de paille. Webb et coll. (2013) ont observé chez des veaux âgés de 3 mois que l'apport d'aliments fibreux diminuait la manipulation orale entre veaux par rapport aux veaux nourris uniquement au lait de remplacement. En revanche, à l'âge de 5,5 mois, la distribution de paille, d'ensilage de maïs ou de foin (pour plus de détails, voir le tableau 3.2) diminue la succion entre veaux par rapport aux veaux recevant seulement du lait de remplacement.

Tableau 3.2 Effets de l'ajout de fibres sur le comportement oral des veaux par rapport à une alimentation uniquement au lait de remplacement

Age (mois)	Aliments solides				Effets sur le comportement oral par rapport à un régime uniquement au lait de remplacement					Référence	
	Type	Quantité (g MS/veau/j) (sauf indication contraire)	NDF %	CF %	Jeux de langue	Manipulation orale de substrats	Total des comportements oraux anormaux	Mastication	Rumination		
4 à 7	Foin	<i>Ad libitum</i>			↓	↓				Kooijman et coll. (1991)	
	Granulés de paille	200 g/veau/j			0	0					
	Ensilage de maïs/blé d'Inde	1 000 g/veau/j			↓	↓					
3,43	Concentrés et paille (hachée 7,5 cm)	Concentrés 100-150 g/veau/j Paille 450 g/veau/j			↓			↑		Veissier et coll. (1998)	
1 à 5	Paille broyée et granulés de concentré (taille des particules 1 à 2 mm)	50 à 300 g/veau/j	26		0	0			0	Morisse et coll. (1999)	
1 à 5	Orge broyée et granulés de paille	50 à 300 g/veau/j	26						0	Morisse et coll. (2000)	
			43						0		
			52								↑
			78								↑
1,75	Paille de blé	200	86					↑	Mattiello et coll. (2002)		
3,25							↓	↑			
4,25								0			
5,75								0			
1,75	Pulpe de betterave séchée	210	47					↑	Mattiello et coll. (2002)		
3,25							0				
4,25							0				
5,75							0				
3 à 6	50 % de concentrés, 25 % d'ensilage de maïs frais et 25 % de paille de blé hachée (en MS)	243-403			0	0	0	0	Webb et coll. (2012)		
		492-774	-		0	0	0	0			
		743-1 241			0/↓	0	↓/0	0 ^a			
3	Foin	<i>Ad libitum</i>		29	↓	↓		↑	↑	Webb et coll. (2013)	
	Paille hachée (4 à 5 cm) ou broyée (1 cm)	250		42	↓	0		↑	↑		
		500			↓	0		↑	↑		
	Ensilage de maïs/blé d'Inde haché (4 à 5 cm) ou broyé (1 cm)	250		17	0	0		0	0		
		500			0	0		↑	↑		
	Ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde haché (4 à 5 cm) ou broyé (1 cm)	250		10	0	0		0	0		
500				0	0		0	0			
5,5	Foin	<i>Ad libitum</i>		29	↓	↓		↑	↑	Webb et coll. (2013)	
	Paille hachée (4 à 5 cm) ou broyée (1 cm)	250		42	↓	0		↑	↑		
		500			↓	0		↑	↑		
	Ensilage de maïs/blé d'Inde haché (4 à 5 cm) ou broyé (1 cm)	250		17	0	0		0	0		
		500			0	0		0	0		
	Ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde haché (4 à 5 cm) ou broyé (1 cm)	250		10	0	0		0	0		
500				0	0		0	0			

↑ Augmentation significative (p < 0,05) par rapport au lait de remplacement seul ↓ diminution significative (p < 0,05) par rapport au lait de remplacement seul.
 0 pas de différence significative (p > 0,05) par rapport au lait de remplacement seul.

^a L'effet dépend de l'âge et de la méthode d'observation, voir Webb et coll. (2012).

Tableau 3.3 Effets relatifs du type de fibres fourni sur le comportement oral des veaux nourris de lait de remplacement et d'aliments solides

Âge (mois)	Aliments solides			Effets sur le comportement oral par rapport aux autres aliments solides					Référence		
	Type	Quantité (g MS/veau/j)	NDF %	Jeux de langue	Manipulation orale de substrats	Total des comportements oraux anormaux	Mastication	Rumination			
5,25	Paille de blé broyée	196	78	↓ c. grains d'orge	0 c. grains d'orge		↑ c. grains d'orge		Cozzi et coll. (2002b)		
	Grains d'orge	139	47								
1,5 à 2,5	Concentrés (20 % de blé, 15 % de maïs, 11 % d'orge, 12 % de sorgho, 23 % de tourteau de soja, 12 % de remoulage de blé, 5 % de coques de soja, en matière sèche)	129	18						Castells et coll. (2012)		
	Concentrés + foin de luzerne haché	137	40			↓ c. concentrés		↑ c. concentrés			
	Concentrés + foin d'ivraie haché	146	59			↓ c. concentrés		↑ c. concentrés			
	Concentrés + foin d'avoine haché	167	60			0 c. concentrés		0 c. concentrés			
	Concentrés + foin d'orge haché	155	74			0 c. concentrés		0 c. concentrés			
	Concentrés + ensilage de maïs	148	42			0 c. concentrés		0 c. concentrés			
1,3 à 6,7	80 % de grains de maïs et 20 % de paille de blé (5 cm de longueur) (matière non sèche)	864	25				↑ c. grains de maïs	↑ c. grains de maïs	Prevedello et coll. (2012)		
	72 % de grains de maïs, 20 % de paille de blé (5 cm de longueur) et 8 % de soja extrudé	883	28				↑ c. grains de maïs	↑ c. grains de maïs			
	Grains de maïs	864	11								
1,8 à 6,2	85 % de grains de maïs et 15 % de paille hachée de 5 cm (matière non sèche)	45 à 1 330	23			0			Brsic et coll. (2014)		
	72 % de grains de maïs, 15 % de paille hachée de 5 cm et 13 % de pois extrudés		23		0						
	83 % de grains de maïs, 16 % de paille hachée de 5 cm et 1 % d'urée (matière non sèche)		23		0						
3,75 à 6	10 % d'ensilage de maïs/blé d'Inde, 10 % de paille de blé hachée et 80 % de concentrés (36,2 % de maïs, 20,6 % de lupins, 20,3 % d'orge, 12,5 % de farine de caroube, 4,4 % de farine de gluten de maïs et 6 % de prémélange) (en matière sèche)	137-190	Concentré 13 Ensilage de maïs 42 Paille de blé 79						Webb et coll. (2015)		
		577-910			↓ c. 137-190 g MS/veau/j						
		1 077-1 674			↓ c. 137-190 g MS/veau/j						
		1 569-2 409			↓ c. 137-190 g MS/veau/j		↑ c. 137-190 g MS/veau/j				
	25 % d'ensilage de maïs/blé d'Inde, 25 % de paille de blé hachée et 50 % de concentrés (en matière sèche)	132-181			↓ c. un ratio de 20 % de fourrage grossier et 80 % de concentré	↓ c. un ratio de 20 % de fourrage grossier et 80 % de concentré					
		562-880			↓ c. un ratio de 20 % de fourrage grossier et 80 % de concentré	↓ c. un ratio de 20 % de fourrage grossier et 80 % de concentré				↑ c. 132-181 g MS/veau/j	
		916-1 510			↓ c. un ratio de 20 % de fourrage grossier et 80 % de concentré					↑ c. 132-181 g MS/veau/j	
		1 476-2 321			↓ c. un ratio de 20 % de fourrage grossier et 80 % de concentré	↓ c. 132 g MS/veau/j ↓ c. un ratio de 20 % de fourrage grossier et 80 % de concentré				↑ c. 132-1 510 g MS/veau/j	
	Ensilage de maïs/blé d'Inde, paille de blé hachée et concentrés fournis séparément, <i>ad libitum</i>	368-644			↓ c. 137-910 g MS/veau/j	↓ c. 137-910 g MS/veau/j				↑ c. 132-2 321 g MS/veau/j	Webb et coll. (2015)
		134-313 paille de blé 1 146-2 325 concentrés			↓ c. un ratio de 20 % de fourrage grossier et 80 % de concentré	↓ c. un ratio de 20 % de fourrage grossier et 80 % de concentré				↓ c. un ratio de 20 % de fourrage grossier et 80 % de concentré	
3,75 à 6	10 % d'ensilage de maïs/blé d'Inde, 10 % de paille de blé hachée et 80 % de concentrés (en matière sèche)	577-910						Webb et coll. (2015)			
	10 % d'ensilage de maïs/blé d'Inde, 10 % de paille de blé hachée et 80 % de concentrés (en matière sèche) plus paille de blé longue <i>ad libitum</i>	577-910 mélange de fourrage grossier et de concentré plus		↓ c. 577-910 g MS/veau/j	↓ c. 577-910 g MS/veau/j				↑ c. 577-910 g MS/veau/j		

		650 g/j de paille de blé longue							
--	--	---------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Tableau 3.4 Effets de l'âge et de la source de fibres sur le pourcentage de temps (pourcentage d'observations) passé par les veaux à jouer avec leur langue

Type de fibres ^a	Apport d'aliments solides (g MS/veau/j)	Âge en mois							Référence	
		1	2	3	4	5	6	7		
Foin	Apport ^a	-	-	-	-	-	1 410	-	Kooijman et coll. (1991)	
	% d'observations ¹	0	0,2	-	0,5	-	0,4	1,0		
Granulés de paille	Apport ^a	-	-	-	-	-	1 010	-		
	% d'observations ¹	0,5	0,2	-	0,4	0	1,4	1,4		
Ensilage de maïs/blé d'Inde	Apport ^a	-	-	-	-	-	-	-		
	% d'observations ¹	0	0,2	-	0,5	-	1,0	1,0		
Lait de remplacement	Apport ^a	0	0	0	0	0	0	0		
	% d'observations ¹	0,5	1,4	-	3,8	-	7,1	5,2		
Granulés de concentré et paille	Apport ^a	50	100	200	250	300				Morisse et coll. (1999)
	% d'observations ²	3,5	2,8	5,2	8,3	5,2				
	Apport ^a	50	50	100	100	100				
	% d'observations ²	2,0	3,5	6,6	9,7	14,2				
Lait de remplacement	Apport ^a	0	0	0	0	0				
	% d'observations ³	2,0	2,0	4,8	4,6	6,4				
Paille de blé broyée	Apport ^b	141		201		201			Cozzi et coll. (2002b)	
	% d'observations ⁴	3		2		5				
Orge	Apport ^b	110		140		175				
	% d'observations ⁴	3		5		10				
Concentrés, ensilage de maïs/blé d'Inde et paille de blé hachée	Apport ^a			243-743	286-881	347-1 047	403-1 241		Webb et coll. (2012)	
	% d'observations ⁵			1,1	5,6	4,8	6,0			
Foin	Apport ^a			541			1 127		Webb et coll. (2013)	
	% d'observations ⁶			0,5			3,2			
Paille	Apport ^a			281			503			
	% d'observations ⁶			0,9			5,2			
Ensilage de maïs/blé d'Inde	Apport ^a			459			503			
	% d'observations ⁶			3,9			8,9			
Ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde	Apport ^a			281			503			
	% d'observations ⁶			4,0			6,6			
Lait de remplacement	Apport ^a			0			0			
	% d'observations ⁶			4,8			10,2			

^a Pour plus de détails sur l'alimentation solide, voir les tableaux 3.2 et 3.3.

- Observations non effectuées.

¹ Observations toutes les 30 s pendant des périodes de 4 x 0,5 h/24 h.

² Observations toutes les 0,25 h pendant une période de 4 h commençant 0,5 h après la prise de nourriture.

³ Observations toutes les 0,25 h pendant une période de 4 h commençant 1 h après la prise de nourriture.

⁴ 1 observation/2 minutes pendant 14 h à partir de 1 h avant la prise de nourriture du matin et jusqu'à 1 h après la prise de nourriture de l'après-midi.

⁵ Observations toutes les 10 minutes/h pendant des périodes de 4 x 1 h (pendant 1 h avant et 1 h après le repas du matin et de l'après-midi).

⁶ 1 observation/2 minutes pendant des périodes de 3 x 2 h (commençant à 06 h 30, 11 h 00 et 15 h 30).

Tableau 3.5 Effets de l'âge et de la source de fibres sur le pourcentage de temps (pourcentage d'observations) de manipulation orale de substrats par les veaux

Type de fibres ^a	Apport d'aliments solides (g MS/veau/j)	Âge en mois							Type de stabulation	Dispositif de distribution du lait	Référence	
		1	2	3	4	5	6	7				
Foin	Apport ^a	-	-	-	-	-	-	1 410	-	Groupe	Seau	Kooijman et coll. (1991)
	% d'observations ¹	3,4	4,3	-	6,4	-	-	4,2	3,8			
Granulés de paille	Apport ^a	-	-	-	-	-	-	1 010	-			
	% d'observations ¹	4,3	7,3	-	11,1	-	-	8,5	7,7			
Ensilage de maïs/blé d'Inde	Apport ^a	-	-	-	-	-	-	-	-			
	% d'observations ¹	6,0	6,0	-	9,8	-	-	9,4	7,5			
Lait de remplacement	Apport ^a	-	-	-	-	-	-	-	-			
	% d'observations ¹	6,8	12,8	-	19,6	-	-	23,9	19,6			
Granulés de concentré et paille	Apport ^a	50	100	200	250	300				Stalles individuelles	Seau	Morisse et coll. (1999)
	% d'observations ²	3,1	5,5	5,1	6,0	7,6						
	Apport ^a	50	50	100	100	100						
	% d'observations ²	2,0	4,8	8,1	7,2	7,2						
Lait de remplacement	Apport ^a	0	0	0	0	0						
	% d'observations ³	1,6	4,2	3,5	7,2	9,5						
Paille de blé broyée	Apport	141		201		201				Groupe	Seau avec tétine	Cozzi et coll. (2002b)
	% d'observations ⁴	23		20		22						
Orge	Apport	110		140		175						
	% d'observations ⁴	30		20		22						
Concentrés, ensilage de maïs/blé d'Inde et paille de blé broyée	Apport ^a			243-743	286-881	347-1 047	403-1 241			Groupe	Seau	Webb et coll. (2012)
	% d'observations ⁵			14,2	32,3	35,2	34,8					
Foin	Apport ^a			541			1 127			Groupe	Seau	Webb et coll. (2013)
	% d'observations ⁶			6,9			4,5					
Paille	Apport ^a			281			503					
	% d'observations ⁶			9,7			6,8					
Ensilage de maïs/blé d'Inde	Apport ^a			459			503					
	% d'observations ⁶			9,9			7,5					
Ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde	Apport ^a			281			503					
	% d'observations ⁶			9,7			8,4					
Lait de remplacement	Apport ^a			0			0					
	% d'observations ⁶			11,7			7,0					

^a Pour plus de détails, voir les tableaux 3.2 et 3.3

- Observations non effectuées.

¹ Observations toutes les 30 s pendant des périodes de 4 x 0,5 h/24 h.

² Observations toutes les 0,25 h pendant une période de 4 h commençant 0,5 h après la prise de nourriture.

³ Observations toutes les 0,25 h pendant une période de 4 h commençant 1 h après la prise de nourriture.

⁴ 1 observation/2 minutes pendant 14 h à partir de 1 h avant la prise de nourriture du matin et jusqu'à 1 h après la prise de nourriture de l'après-midi.

⁵ Observations toutes les 10 minutes/h pendant des périodes de 4 x 1 h (pendant 1 h avant et 1 h après le repas du matin et de l'après-midi).

⁶ 1 observation/2 minutes pendant des périodes de 3 x 2 h (commençant à 06 h 30, 11 h 00 et 15 h 30).

Les tableaux 3.4 et 3.5 montrent que la durée des comportements oraux anormaux augmente avec l'âge. En effet, à mesure que le veau croît et se développe, l'apport en fibres des aliments solides nécessaire pour réduire les comportements oraux anormaux augmente. Il manque des données scientifiques probantes pour déterminer les besoins quotidiens minimaux en fibres aux différents âges. Pendant les 2 premiers mois de vie, les apports en aliments solides sont moindres si la consommation de lait de remplacement est élevée (Jasper et Weary, 2002; Webb et coll., 2014a). Cependant, en se fondant sur les augmentations d'ingestion volontaire de fibres avec l'âge (montrées dans le tableau 3.4 et la partie 3.4.1 ci-dessous) et des études concernant l'efficacité de différents types d'aliments fibreux sur la réduction des jeux de langue à différents âges chez le veau (tableaux 3.2, 3.3, 3.4 et 3.5), on peut établir les meilleures estimations possibles suivantes à partir de la littérature existante : (a) un apport en foin de 50 g, 500 g et ≥ 1 kg de MS/veau/j à l'âge de respectivement 1, 3 et 6 mois ou (b) un apport en paille de 25 g, 300 g et 0,5 à 1 kg de MS/veau/j à l'âge de respectivement 1, 3 et 6 mois devraient constituer une quantité de fibres suffisantes pour combler les besoins en fibres *ad libitum* nécessaires pour réduire les jeux de langue chez le veau de lait.

S'ils ont le choix, les veaux âgés de 3 et 6 mois préfèrent consommer du lait de remplacement suivi de concentrés, de foin, puis de maïs (blé d'Inde) ou de paille. Il faut toutefois noter que les préférences varient considérablement d'un individu à l'autre (Webb et coll., 2014a). Par conséquent, selon le type de fibres fourni, les jeunes veaux ayant accès à volonté à du lait de remplacement et/ou du concentré à base de céréales sont susceptibles de ne pas consommer suffisamment de fibres pour bénéficier des avantages de l'apport en fibre sur le comportement et la santé décrits ci-dessus. L'étude de Webb et coll. (2014a) montre que chez les veaux pouvant accéder *ad libitum* à du lait de remplacement, des granulés de concentré à base de céréales, de l'ensilage de maïs, du foin long ou de la paille longue avant l'âge de 1 mois et jusqu'à 6 mois environ, l'apport en matière sèche du lait de remplacement se maintient à un niveau relativement constant à partir de l'âge de 1 mois, alors que l'apport des granulés de concentré en MS augmente à partir de 1 mois. À partir de 3 mois environ, l'apport en MS des granulés de concentré est supérieur à l'apport en MS du lait de remplacement. Après l'âge de 1 mois, l'apport en MS du foin commence à augmenter, pour se stabiliser vers 3 mois à un niveau relativement constant, bien inférieur à celui du lait de remplacement et des granulés de concentré. Vers l'âge de 3 mois, l'apport en MS de l'ensilage de maïs (blé d'Inde) commence à augmenter, pour atteindre à 6 mois environ la même valeur que l'apport en foin. L'apport en MS de la paille longue est très faible et reste significativement plus bas que celui des autres aliments. Vers 3 mois, l'apport en MS du lait de remplacement est significativement plus élevé que l'apport en MS de chacun des autres aliments. À 6 mois, l'apport en MS des granulés de concentré est supérieur à celui du lait de remplacement et de chacun des autres aliments, alors que l'apport en MS de foin reste inférieur à celui du lait de remplacement. À 6 mois, l'apport global en MS des aliments fibreux est semblable à celui du lait de remplacement.

3.3.3 Effet des fibres sur le comportement oral de bovins nourris au grain

Il semblerait qu'il n'y ait pas de recherche portant spécifiquement sur les effets des fibres sur le comportement oral des veaux lourds de grain. Cependant, certaines études pertinentes ont été réalisées sur les bovins nourris au grain et les génisses laitières (tableau 3.6). Faleiro et coll. (2011) ont constaté que quand des génisses Holstein (élevées de 143 à 370 kg) ont accès à de la paille d'orge à volonté dans une auge avec une ration de concentré, la durée de rumination augmente (de 14 à 20 % de la durée observée) et les stéréotypies orales anormales diminuent (de 5,2 à 2,4 % de la durée observée) par rapport aux génisses ne recevant pas de paille. Iraira et coll. (2013) ont observé chez des génisses de 9 mois dont la ration de concentré était complétée par soit de la paille d'orge, soit des coques de soja, soit des graines de coton entières, que la durée passée à jouer avec la langue variait de 2,2 à 5,5 minutes/jour, alors qu'elle était de 16,8 minutes/jour quand de la pulpe de betterave était ajoutée à la ration. Le régime n'avait aucune incidence sur la durée passée par les génisses à manipuler des éléments de leur enclos avec la bouche (36 à 47 minutes/jour). Le pourcentage de la journée consacré par les génisses à ruminer était de 17 à 20 % quand la ration était complétée par de la paille d'orge ou des graines de coton entières, mais baissait à 12 % si la ration était accompagnée de coques de soja ou de pulpe de betterave.

Tableau 3.6 Effet des fibres sur le comportement oral de bovins nourris au grain et de génisses laitières

Âge (mois)	Aliments solides				Effets sur le comportement oral par rapport à d'autres aliments solides					Référence
	Type	Quantité (g MS/veau/j)	NDF %	% de particules > 1,9 cm	Jeux de langue	Manipulation orale de substrats	Total des comportements oraux anormaux	Mastication	Rumination	
16	Ensilage et concentrés	310								Redbo et Nordblad (1997)
	Paille longue, ensilage et concentrés	607					↓ c. pas de paille		↑ c. pas de paille	
	Paille d'orge (7 cm de longueur)	<i>Ad libitum</i>	77							Faleiro et coll. (2011)
	31 % orge, 32 % maïs, 16 % pulpe de betterave, 8 % tourteau de soja et 9 % aliment de gluten de maïs (en MS)		20							
	31 % orge, 32 % maïs, 16 % pulpe de betterave, 8 % tourteau de soja et 9 % aliment de gluten de maïs (en MS)		20							
≥ 9	10 % paille d'orge, 34 % maïs broyé, 34 % orge broyée, 11 % tourteau de soja, 3 % tourteau de tournesol (en MS)	740	18	8		0		↑ c. coques de soja et pulpe de betterave	↑ c. coques de soja et pulpe de betterave	Iraira et coll. (2013)
	17 % coques de soja, 34 % maïs broyé, 34 % orge broyée, 7 % tourteau de soja, 2 % tourteau de tournesol (en MS)	740	16	0		0				
	17 % pulpe de betterave, 30 % maïs broyé, 30 % orge broyée, 7 % tourteau de soja, 8 % tourteau de tournesol (en MS)	723	14	1		0				
	16 % graines de coton entières, 36 % maïs broyé, 36 % orge broyée, 2 % tourteau de soja, 5 % tourteau de tournesol (en MS)	791	15	0		↑ c. autres rations maïs p = 0,07	0	↑ c. coques de soja et pulpe de betterave	↑ c. coques de soja et pulpe de betterave	

3.3.4 Explications de la relation entre fibres et comportement oral anormal

Les relations de causalité entre apport en fibres et comportement oral anormal ne sont pas totalement expliquées. Plusieurs hypothèses ont toutefois été proposées. Les jeux de langue ont été classés comme stéréotypie, à savoir comme un comportement répétitif sans fonction apparente (Mason, 1991). Le bien-être d'un veau réalisant un comportement oral anormal est un sujet complexe. Les mécanismes pathologiques, psychologiques et physiologiques de cette forme de stéréotypie sont en effet mal compris. En revanche, un consensus clair se dégage sur le fait que ces stéréotypies orales sont un indicateur de gestion sous-optimale.

Il ne semble pas que la réduction des comportements oraux anormaux par l'apport d'aliments fibreux s'explique par une diminution du stress physiologique. Ainsi, Veissier et coll. (1998) n'ont pas trouvé de données prouvant que l'apport d'aliments solides à des veaux ait un effet sur les paramètres endocriniens mesurés pour évaluer le stress. En effet, cet apport n'avait aucun effet sur les concentrations d'ACTH (hormone adrénocorticotrope) dans le sang pendant les tests au CRH (corticolibérine) ni sur les analyses du cortisol lors de tests à la dexaméthasone/ACTH; l'apport en fibres n'avait pas non plus d'incidence sur le poids des surrénales ni sur l'activité des enzymes synthétisant la catécholamine (Veissier et coll., 1998). Bien que les mouvements répétitifs de langue des bovins puissent être arrêtés par une injection d'antagoniste des récepteurs dopaminergiques (Sato et coll., 1994), le rôle de la dopamine dans la présence de stéréotypies n'est pas clairement établi (Dantzer, 1986).

Les scientifiques semblent convenir du fait que les stéréotypies sont un signe de gestion non adaptée ou sous-optimale pour une partie ou la totalité des animaux. Comme l'indiquent Bergeron et coll. (2006), on observe une relation entre présence de stéréotypies orales et régime pauvre en fibres chez plusieurs espèces d'ongulés. Bien que chez le veau, la manipulation de substrat ne soit généralement pas considérée comme anormale, car elle fait partie du comportement exploratoire normal de l'animal, quand ce comportement est réalisé rapidement, fréquemment et pendant des durées suffisamment longues, particulièrement vers le moment des repas, il paraît anormal (Leruste et coll., 2014). Les jeux de langue et la manipulation orale des substrats de l'enclos par les veaux sont par conséquent considérés comme anormaux, en raison de leur aspect étrange, de leurs caractéristiques temporelles, notamment leur fréquence et leur durée, et de l'absence apparente de fonction évidente (Bergeron et coll., 2006). Ils ressemblent toutefois partiellement aux activités d'alimentation et tendent à avoir une fréquence élevée au moment de la prise de nourriture (Bergeron et coll., 2006). Certains avancent comme explication psychologique des comportements oraux anormaux des veaux qu'ils proviendraient de la frustration causée par la suppression d'autres activités orales, comme le fait de téter (voir le chapitre 1, « Gestion de l'alimentation au lait », d'attraper de l'herbe, de mastiquer et de ruminer. Si la recherche naturelle de nourriture est considérée comme un renforcement, les stéréotypies orales pourraient être vues comme des activités vides ou de substitution procurant au moins certaines des rétroactions normalement apportées par la recherche naturelle de nourriture (Bergeron et coll., 2006). Si elles représentent des motivations contrariées liées à l'expression de comportements propres à l'espèce, les stéréotypies reflètent probablement des sentiments négatifs (Mason, 2006) et indiqueraient une atteinte au bien-être de l'animal.

Les veaux recevant des aliments solides passent du temps à les consommer et les mastiquer, ce qui compense probablement, en partie, la recherche d'aliments solides qui se produirait entre les repas de lait si les veaux étaient élevés dans des conditions plus naturelles. À partir de l'âge de 2 semaines environ, les veaux au pâturage passent près de 2 % de la journée à manipuler de l'herbe, et à 4 mois, ils broutent pendant 38 % de la journée (Nicol et Sharafeldin, 1975). Webster et coll. (1985) rapportent que les veaux allaités au pâturage passent 9, 18, 22 et 27 % de leur temps à brouter respectivement à l'âge de 2, 6, 10 et 14 semaines, alors que les veaux élevés en groupe et nourris à la paille, passent 7, 3, 4 et 4 % de leur temps à manger de la paille respectivement à l'âge de 2, 6, 10 et 14 semaines. Ils ont observé que les veaux allaités au pâturage passent 8, 13, 15 et 14 % du temps à ruminer respectivement à l'âge de 2, 6, 10 et 14 semaines, alors que les veaux élevés en groupe et nourris à la paille passent 5, 9, 6 et 8 % du temps à manger de la paille respectivement à l'âge de 2, 6, 10 et 14 semaines. Les

veaux maintenus dans des stalles individuelles sans accès à de la nourriture solide n'ingèrent aucun aliment solide et sont incapables de ruminer normalement. Ils passent 7 % du temps à ruminer à vide (pseudo-rumination) et 16 % des durées observées à réaliser des activités orales anormales.

En raison des similitudes entre les effets de la teneur en fibres de l'alimentation sur les jeux de langue et la rumination (même si inverses), et des similitudes entre l'âge auquel les veaux expriment le comportement de rumination quand ils ont accès à des aliments fibreux et l'âge auquel apparaît un comportement oral anormal quand ils n'ont pas accès à ce type d'aliments, et celles entre les moments de la journée où ces deux comportements sont réalisés par les veaux selon qu'ils puissent ou non accéder à des aliments fibreux, on peut penser que les mouvements répétitifs de la langue résultent d'une rumination insuffisante (Webb et coll., 2015).

La manipulation orale des éléments de l'enclos serait liée à l'anticipation (mise en éveil) d'un repas imminent ou serait réalisée pour apporter une rétroaction positive et un renforcement si la durée de consommation du repas est trop brève et ne satisfait pas la motivation d'alimentation des veaux (Webb et coll., 2015).

3.4 Fibres et rumination

3.4.1 Rumination chez le jeune veau

La rumination commence une fois que le rumen des veaux est développé et fonctionnel, et qu'ils ont consommé des aliments dont la taille des particules doit être réduite par remastication après contractions ruminales, mélange du contenu du rumen et régurgitation (Welch, 1986). La rumination est bénéfique pour le comportement et la santé des veaux (voir les parties 3.3.2, 3.3.4, 3.5.2, 3.5.3, 3.5.4 et 3.5.5). Quand ils reçoivent des aliments solides (granulés de concentré, foin et paille par exemple), certains veaux (selon la consommation de lait de remplacement) ruminent dès l'âge de 5 ou 7 jours, mais en général, les veaux consommant des aliments solides en quantité suffisante commencent à ruminer à l'âge de 2 semaines (Swanson et Harris, 1958). Le nombre de phases de rumination et la durée de rumination sont toutefois inférieurs à ceux des veaux de plus de 3 semaines. Cette première rumination se produit y compris quand l'apport est faible et que seules de petites quantités d'aliments solides passent dans le rumen (Swanson et Harris, 1958). Chez les veaux ayant accès à volonté à du foin et de l'ensilage d'herbe, à 1 mois, les caractéristiques des contractions réticulaires pendant la rumination sont semblables à celles d'un bovin adulte (Braun et coll., 2012). La durée de mastication et de consommation d'aliments solides augmente avec l'âge du veau (Veissier et coll., 1998) tout comme l'ingestion d'aliments fibreux. Kooijman et coll. (1991), par exemple, ont constaté que la consommation de foin par les veaux augmentait d'environ zéro à 1 semaine à > 2,5 kg/veau/j à environ 7 mois. Chez des veaux recevant du lait et du concentré, Khan et coll. (2011) ont noté des consommations de foin haché (1,2 cm de longueur, NDF 62 %) de 33, 41 et 66 g de MS/veau/j à respectivement l'âge de 2, 3 et 4 semaines; cette consommation passait à 342 g de MS/veau/j à 2 mois. Chez des veaux recevant entre l'âge de 1 et 5 mois des concentrés (NDF 17 %) sous forme granulée ou extrudée, de l'ensilage de maïs (NDF 16 %) ou de l'ensilage de maïs sec (NDF 42 %), la rumination s'observe à partir de 2 mois (Di Giancamillo et coll., 2003).

La motilité du rumen est stimulée par les mêmes facteurs – taille des particules et fibres efficaces – chez les bovins jeunes et adultes. Par exemple, Hodgson (1971) a constaté que les veaux sevrés auxquels du foin haché était proposé (7 cm de longueur, CF 23 %) passaient plus de temps à ruminer que ceux recevant du foin broyé ou en granulés (< 2 cm de longueur, CF de 22 à 27 %). Des veaux de trois mois auxquels du lait de remplacement et des granulés de concentré (71 % de céréales et de sous-produits céréaliers et 25 % de lupins, NDF 24 %) préféraient le foin long (20 à 30 cm de longueur) au foin haché (2 à 3 cm de longueur) et le foin haché (NDF 59 %) à la paille d'orge hachée (NDF 79 %), mais ne montraient aucune préférence entre de la paille hachée et de la paille longue (Webb et coll., 2014b). La distribution d'une ration à teneur élevée en fibres (NDF 27 à 29 %) composée de 20 % de farine de rafle de maïs, 25 % d'avoine concassée, 16 % de pulpe de betterave, 10 % de

drêches de brasserie et 18 % de tourteau de soja, matière non sèche) comparée à la distribution d'une ration à faible teneur en fibres (NDF 17 à 20 %) composée de 34 % de maïs cassé, 35 % d'avoine concassée et 21 % de tourteau de soja, matière non sèche) ne montre aucune différence significative dans la durée de rumination, mais lorsque ces rations sont proposées sous forme de moulée grossière, la durée de rumination est plus grande que quand elles sont sous forme de granulés (Porter et coll., 2007).

3.4.2 *Fibres physiquement efficaces et rumination*

« La rumination vraie consiste en une triple contraction du réseau (ou bonnet), la régurgitation d'un « bol » de digesta, une période de mastication et le retour des digesta dans le rumen » (Balch, 1971). Les recherches sur l'efficacité des différents types de fibres pour la stimulation de la rumination des vaches laitières adultes sont très nombreuses.

Bien qu'on ne puisse directement extrapoler leurs résultats pour les appliquer au veau lourd, on peut supposer que plusieurs principes sous-jacents de l'influence des fibres sur la rumination sont communs aux vaches laitières et aux veaux lourds. Il reste qu'il serait nécessaire de se pencher sur les caractéristiques des fibres physiquement efficaces chez le veau. La durée de mastication des bovins pendant la consommation d'aliments et pendant la rumination est liée à la teneur en fibres de l'alimentation (Balch, 1971; Grant, 1997).

Chez les bovins adultes, l'augmentation de la teneur en fibres de la ration entraîne une hausse de l'activité de rumination (McLeod et Smith, 1989; Beauchemin et Buchannan-Smith, 1990; Dado et Allen, 1995). Par exemple, la durée de rumination est plus longue chez les génisses consommant de la paille longue (CF 43 %) plutôt que du foin long (CF 30 %) (Welch et Smith, 1970).

Dans une étude portant sur des veaux de 3,75 mois qui avaient reçu du lait entier jusqu'à 2 mois, ceux dont la ration se composait de 59 % de concentrés (protéines et céréales en granulés) et 41 % de foin haché en matière sèche (NDF 31 %), et d'une portion séparée de foin haché (NDF 48 %) passaient plus de temps à mastiquer que ceux dont la ration se composait de 72 % de concentrés et de 28 % de foin haché en matière sèche (NDF 26 %), et d'une portion séparée de foin haché (van Ackeren et coll., 2009).

Chez les bovins adultes, « on peut définir les fibres insolubles dans des détergents neutres (NDF) physiquement efficaces comme la fraction des aliments stimulant l'activité de mastication et les exprimer comme le produit de la concentration de NDF et d'un facteur d'efficacité physique déterminé par la réponse totale de mastication » (Grant, 1997).

L'expression fibres insolubles dans des détergents neutres physiquement efficaces (ou peNDF pour l'anglais *physically effective NDF*) d'un aliment a été proposée par Mertens (1997) comme moyen de quantifier les propriétés physiques de la fibre (principalement la taille des particules) stimulant la mastication chez les vaches laitières et établissant une stratification biphasique du contenu du rumen (consistant en un tapis de grosses particules flottant dans un bassin de liquide et de petites particules) (Mertens, 2002).

On détermine la valeur peNDF d'un aliment en multipliant sa concentration de NDF par son facteur d'efficacité physique (pef). Le facteur de l'efficacité physique varie de 0 quand les NDF d'un aliment ne stimulent pas la mastication à 1 quand les NDF favorisent une activité de mastication maximale. Un facteur d'efficacité physique de 1 est attribué au foin d'herbe long, considéré comme valeur de référence (Mertens, 2002). Le système de peNDF mesure l'efficacité des sources de fibres dans la mastication sur des vaches laitières, dont les besoins de peNDF pourraient différer de ceux des veaux lourds de lait et de grain.

Néanmoins, les valeurs de peNDF des ingrédients alimentaires définies pour les vaches laitières devraient fournir des informations relatives sur l'efficacité des différents ingrédients alimentaires dans la stimulation de la

mastication chez d'autres bovins (Mertens, 2002). Des exemples de sources de fibres physiquement efficaces pour la stimulation de la mastication chez les vaches laitières sont donnés dans le tableau 3.7.

« Les sources de fibres, qu'elles soient d'origine fourragère ou non, diffèrent considérablement pour ce qui est de leur efficacité à stimuler l'activité de mastication en raison de la répartition granulométrique et de la rétention des fibres dans le rumen » (Grant, 1997). Chez les bovins adultes, la durée de rumination et de mastication s'allonge quand le ratio fourrages (NDF 51 %) sur concentré (NDF 14 %) de la ration augmente de 12 à 40 % (Woodford et Murphy, 1988).

La durée totale de mastication pendant la consommation d'aliments et pendant la rumination s'allonge quand la proportion des NDF des fourrages de la ration ou la taille des particules augmente (Grant, 1997).

Pour une stimulation efficace de la mastication chez les bovins laitiers, quand le pourcentage de NDF alimentaires provenant de fourrages baisse à < 60 % et 65 %, la taille des particules du reste du fourrage alimentaire doit être suffisante, car la plupart des sources de fibres non fourragères ne stimulent pas la mastication aussi efficacement que les fourrages longs (Grant, 1997).

Malgré la présence de fibres dans les céréales et les concentrés, les fibres céréalières ne sont pas aussi efficaces que les fourrages pour la stimulation de la mastication et de la rumination. Sudweeks et coll. (1975) et Sudweeks (1977) montrent que la durée de mastication et de rumination des bouvillons diminue lorsque la proportion de concentrés (maïs broyé, pulpe d'agrumes ou farine de soja) par rapport aux fourrages (ensilage ou foin) de la ration augmente de 10 à 70 % (matière sèche).

Chez des bouvillons Holstein recevant 100 g de MS/bouvillon/j de paille (NDF 68 %), de foin (NDF 52 %), de grains d'orge (NDF 21 %) ou de grains d'avoine (NDF 56 %), les durées de rumination varient entre 5,3 et 7,1 h/j et celles de consommation d'aliments entre 2,1 et 3,9 h/j. Les durées consacrées à manger par kilogramme d'apport de NDF et à ruminer par kilogramme d'apport de NDF sont inférieures pour les rations d'orge et de maïs par rapport aux durées mesurées pour les rations de paille et de foin (Moon et coll., 2002).

La petite taille des particules de plusieurs sources de fibres non fourragères réduirait leur durée de rétention dans le rumen (Grant, 1997; Welch, 1986). Les fibres fourragères longues forment dans le rumen un tapis flottant de fibres enchevêtrées, car elles sont trop longues pour passer dans le gros intestin. Le tapis ruminal stimule les contractions réticulo-ruminales, la régurgitation et la mastication qui s'ensuit.

Quand la ration des bovins adultes contient du maïs, du foin et de la paille dans différentes proportions pour obtenir un pourcentage de NDF de 26, 32 ou 38 % et une taille de particules de 1,0, 1,5 ou 2,0 cm, la durée de consommation d'aliments augmente avec l'accroissement du pourcentage de NDF et de la taille des particules, alors que la durée de rumination augmente avec le pourcentage de NDF (Moon et coll., 2004).

Les particules retenues dans des tamis aux ouvertures > 3,2 mm sortent lentement du rumen et nécessitent une mastication supplémentaire, alors que celles < 1,18 mm stimulent faiblement la mastication (Mertens, 2002). Chez les bovins adultes, si les aliments fibreux de la ration contiennent des proportions relativement élevées de concentrés (50 à 60 % MS) ou si l'ensilage de maïs est haché finement et mesure entre 4 et 6 mm, la durée de rumination diminue (Zebeli et coll., 2012).

Chez les jeunes veaux dont la ration présente un ratio fourrage grossier sur concentré de 10:90, le broyage du foin à 2 mm de longueur réduit la durée de rumination par rapport à des fourrages hachés à 3 ou 4 cm de longueur (Montoro et coll., 2013).

Tableau 3.7 Fibres physiquement efficaces

Source de fibres	Forme physique	% de NDF ^{bc}	pef ^b	peNDF ^b	Durée de mastication (minutes/kg MS) ^{de}
<i>Fourragère</i>					
Foin	Long	54	1,00	54	62
	Haché	54	0,95	51	44
	Granulés				37
Paille	Longue	73	1,00	73	160
	Hachée	84	1,00	84	56
	Granulés				18
	Broyée	75			18
Ensilage de maïs/blé d'Inde	Haché	68	0,90	61	66
	Broyé	60	0,80	35	
Ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde	Haché				
	Broyé	87	0,40	35	
<i>Non fourragère</i>					
Pulpe de betterave séchée		46	0,40	18	58
Orge	Aplatie	18	0,70	13	11
	Granulés		0,40		
	Broyée		0,40		15
Maïs/blé d'Inde	Aplati		0,60		
	Broyé	10	0,40	4	5
Concentrés	Granulés		0,30		12
Coques de soja		67	0,49	27	8
Graines de coton entières		50	0,90	45	

^a « On peut définir les fibres insolubles dans des détergents neutres (NDF) physiquement efficaces comme la fraction des aliments stimulant l'activité de mastication et les exprimer comme le produit de la concentration de NDF et d'un facteur d'efficacité physique déterminé par la réponse totale de mastication » (Grant, 1997).

^b Adapté de Mertens (1997, 2002)

^c Adapté de National Research Council (2000)

^d Adapté de Sudweeks et coll. (1981)

^e Adapté de Moon et coll. (2002)

3.5 Fibres et santé

3.5.1 Diarrhée

Les données montrant l'effet des fibres, par rapport à l'effet des aliments solides en général, sur le risque de diarrhée ne sont pas probantes. Comparé à une alimentation liquide, pour laquelle le réflexe œsophagien dirige le lait de remplacement dans la caillette, l'ajoute d'aliments fibreux à la ration aide au développement d'un rumen fonctionnel, dont les microorganismes agissent comme barrière contre le passage de certains agents pathogènes oraux dans la caillette et l'intestin grêle. Bien que Roy et coll. (1971) n'aient pas pu démontré d'effets bénéfiques sur la fréquence de la diarrhée de l'apport de foin ou de paille d'orge à des veaux nourris au lait de remplacement à volonté, quand les veaux sont sevrés du lait de remplacement et passent à une alimentation solide, le risque de diarrhée diminue (Webster, 1991).

Les aliments fibreux auraient une influence sur la consistance des fèces. Quand à partir de 1 mois, la ration de lait de remplacement est complétée par 210 g de pulpe de betterave séchée MS/veau/jour (NDF 47 %) ou 200 g de paille de blé MS/veau/jour (NDF 86 %), on observe vers 4 à 6 mois que la consistance des fèces est plus ferme que chez les veaux recevant uniquement du lait de remplacement (Cozzi et coll., 2002a). Webb et coll. (2015) ont constaté que la prévalence de la diarrhée chez les veaux âgés de 3,5 à 6,25 mois diminuait quand l'apport en aliments solides (MS) augmentait, mais qu'elle n'était modifiée ni par un changement du ratio fourrage grossier sur concentré des aliments solides ni par l'apport de paille *ad libitum*.

3.5.2 Acidose

L'ajout de fibres à une ration de céréales peut diminuer le risque d'acidose ruminale. Les fibres ont pour effet de réduire la fréquence et le volume de la consommation de céréales, et d'augmenter la motilité du rumen, la durée de mastication et la production de salive qui joue un rôle de tampon pour le rumen (Owens et coll., 1998; Zebeli et coll., 2012; Gonzalez et coll., 2012). L'acidose ruminale est une maladie nuisant à la santé et au bien-être des bovins de plusieurs manières. La gravité de l'acidose ruminale varie de bénigne à létale et ses conséquences sont notamment : réduction de l'ingestion alimentaire et de la croissance, douleurs et inconfort causés par l'inflammation du rumen (ruminite), diarrhée, météorisation, abcès du foie ou fourbure et effets systémiques causés par des déséquilibres biochimiques, et libération d'endotoxine lipopolysaccharidique (Xu et Ding, 2011) pouvant rendre le bovin malade.

3.5.3 Tympanisme ruminal ou météorisation

La météorisation est une maladie grave dans laquelle l'accumulation de gaz dans le rumen cause une distension excessive des tissus, source de douleur et d'inconfort, et peut entraîner la mort par insuffisance respiratoire. L'ajout de fibres à une ration contenant des grains céréaliers rapidement fermentescibles, comme l'orge ou le blé, peut réduire la fréquence de la météorisation (Cheng et coll., 1998). Les fibres diminuent le risque de météorisation en faisant baisser la vitesse de fermentation dans le rumen et en stimulant à la fois la motilité du rumen et la production de salive, ce qui augmente le pH ruminal et empêche l'acidose ruminale susceptible de supprimer les contractions ruminales (Clarke et Reid, 1974; Cheng et coll., 1998). Bien que chez les veaux de lait, le passage du lait de remplacement dans le rumen puisse être cause de météorisation (Breukink et coll., 1988), la fréquence du passage du lait dans le rumen n'est modifiée ni par la quantité d'aliments solides ni par le ratio fourrage grossier sur concentré de ces aliments (Berends et coll., 2015).

3.5.4 Hyperkératinisation ou parakératose du rumen

L'hyperkératinisation ou parakératose est une maladie se caractérisant par le recouvrement des cellules squameuses épithéliales du rumen par une couche dure de kératine. Dans une étude portant sur des veaux abattus élevés aux Pays-Bas, en France et en Italie, 6 % des rumens (selon les exploitations de 0 à 47 % des rumens) montraient des signes d'hyperkératinisation (Brscic et coll., 2011). L'hyperkératinisation se produit quand les propriétés physiques de la ration – comme la grosseur du grain, le volume et l'abrasivité – ne parviennent pas à supprimer les cellules épithéliales dégénérées, les particules alimentaires et les poils de la paroi ruminale (Suárez et coll., 2007). La couche de kératine crée une barrière physique réduisant la surface d'absorption et l'absorption des acides gras volatils (Hinders et Owen, 1965; Bull et coll., 1965). Si ceci cause un pH ruminal bas, une acidose ruminale est susceptible de se développer (Brscic et coll., 2011). Dans les cas graves de parakératose, la dégénération des papilles et la formation d'une escarre sur l'épithélium ruminal sont possibles. Comme on le décrit ci-dessous, ces modifications de la muqueuse ruminale peuvent augmenter le risque de plusieurs troubles du rumen. L'augmentation de la taille des particules des aliments, particulièrement par l'apport d'aliments à

teneur élevée en fibres comme les fourrages ou des concentrés grossièrement broyés, maintient l'intégrité de l'épithélium et des papilles ainsi que la capacité d'absorption, évitant ainsi la diminution du pH ruminal par la suppression physique de la couche kératinisée (McGavin et Morrill, 1976; Beharka et coll., 1998; Heinrichs et Lesmeister, 2005; Prevedello et coll., 2012). Des veaux recevant, à partir de 1 mois et jusqu'à 5 mois environ, des concentrés (NDF 17 %) sous forme granulée ou extrudée ou de l'ensilage de maïs (NDF 16 %) – contrairement à ceux recevant de l'ensilage de maïs sec (NDF 42 %) – montrent des signes de ruminite catarrhale chronique, associée à la parakératose (Di Giancamillo et coll., 2003).

Dans une enquête portant sur des veaux abattus élevés aux Pays-Bas, en France et en Italie, 31 % des rumens (selon les exploitations de 0 à 100 % des rumens) montraient des signes de plaque (muqueuse ruminale présentant des auréoles focales ou multifocales avec coalescence et adhésion des papilles, couvertes par une masse collante d'aliments, de poils et de débris cellulaires) (Brscic et coll., 2011). La prévalence de la plaque dans le rumen était moindre chez les veaux recevant du lait de remplacement et une ration solide de (a) 500 g MS/veau/jour de 70 % de granulés de concentré (30 % de pulpe de betterave, 16 % de coques de soja, 16 % de gruaux de maïs, 16 % de maïs cassé et 16 % d'orge concassé) (NDF 29 %) et soit 30 % de paille d'orge hachée (NDF 81 %), soit 30 % d'herbe sèche hachée (NDF 43 %), (b) 810 g MS/veau/jour de 70 % de granulés de concentré plus 15 % de paille d'orge hachée et 15 % d'herbe sèche hachée, ou (c) 780 g MS/veau/jour de 70 % de granulés de concentré plus de l'ensilage de maïs (NDF 34 %) que chez les veaux recevant du lait de remplacement accompagné d'environ 500 g MS/veau/jour d'aliments solides consistant en (a) des granulés de concentré ou (b) 70 % de granulés de concentré et 30 % d'ensilage de maïs (Suárez et coll., 2007). À 7 mois, on observe chez les veaux recevant du lait de remplacement et une ration solide composée de 864 g MS/veau/jour de grains de maïs (NDF 11 %) une prévalence accrue de la parakératose ruminale et de plaques dans le rumen, par rapport à des veaux recevant une ration solide de soit 864 g MS/veau/jour, composée à 80 % de grains de maïs et 20 % de paille de blé (5 cm de longueur) (matière non sèche) (NDF 25 %), soit 883 g MS/veau/jour composée à 72 % de grains de maïs, 20 % de paille de blé (5 cm de longueur) et 8 % de soja extrudé (NDF 28 %) (Prevedello et coll., 2012).

Dans une étude réalisée sur 170 élevages de veaux néerlandais, français et italiens, le risque de parakératose ou de plaques dans le rumen diminuait si l'apport d'aliments solides était > 151 kg MS/veau pendant l'engraissement par rapport à un apport ≤ 50 kg MS/veau pendant cette période. Si le type d'aliments solides le plus courant consistait en grains d'orge ou de maïs/blé d'Inde, le risque de parakératose ou de plaques de rumen était plus probable que si le type d'aliments solides dominant était du maïs/blé d'Inde aplati ou floconné. Si le type d'aliment solide dominant était de l'ensilage de maïs, le risque de parakératose ou de plaques dans le rumen était moindre que dans les élevages où le type dominant d'aliments solides consistait en grains d'orge ou de maïs (Brscic et coll., 2011).

3.5.5 Boules de poils ou trichobézoards dans le réticulo-rumen

La plupart du temps, la présence d'une ou plusieurs boules de poils dans le rumen ne pose aucun problème. Dans un petit nombre de cas, elles peuvent obstruer le tractus gastro-intestinal et nuire gravement au bien-être du veau. En effet, les trichobézoards peuvent obstruer le passage de l'œsophage au rumen et être ainsi source de météorisation (Herd et Cook, 1989; Schweizer et coll., 2005) et aussi obstruer l'intestin grêle, causant douleur, anorexie et déshydratation (Abutarbusch et Radostitis, 2004). Les boules de poil sont plus fréquentes chez les veaux nourris uniquement au lait de remplacement que chez ceux recevant du lait de remplacement complété par une ration d'aliments solides (Morrise et coll., 1999; Cozzi et coll., 2002a; Webb et coll., 2013).

La distribution de granulés de paille broyée et de céréales (taille des particules ≤ 1 à 2 mm, NDF 26 %) et de lait de remplacement, dans une quantité de 50 g/veau/jour à partir de 1 mois, puis de soit 100 soit 200 à 300 g/veau/jour de l'âge de 3 à 5 mois a entraîné un nombre moindre de veaux ayant des trichobézoards dans le réticulo-rumen (Morrise et coll., 1999). Quand à partir de 1 mois, 210 g MS/veau/jour de pulpe de betterave

séchée (NDF 47 %) ou 200 g MS/veau/jour de paille de blé (NDF 86 %) sont ajoutés à une alimentation au lait de remplacement, à 6 mois, le nombre de veaux présentant des boules de poils dans le rumen est inférieur à celui des veaux nourris uniquement au lait de remplacement (Cozzi et coll., 2002a).

À 7 mois, la prévalence des boules de poils était de 0 % chez les veaux nourris au lait de remplacement, qui recevaient à partir de 1 mois une alimentation solide consistant en foin à volonté (CF 29 %). Si les aliments solides étaient distribués dans des quantités de 250 ou 500 g MS/veau/jour sous forme hachée (4 à 5 cm de longueur) ou broyée (1 cm de longueur), cette prévalence était de 0 % pour ceux recevant de la paille (CF 42 %), de 14 % pour ceux recevant de l'ensilage de maïs/blé d'Inde (CF 17 %) et de 30 % pour ceux recevant de l'ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde (CF 10 %). La prévalence des boules de poils dans le rumen (85 %) était considérablement plus élevée chez les veaux ne consommant pas d'aliments solides par rapport à ceux auxquels des rations solides sont proposées dès l'âge de 1 mois (Webb et coll., 2013).

Cozzi et coll. (2002a) ont considéré qu'en plus d'éliminer l'excès de kératine, les aliments fibreux augmentent la motilité ruminale et facilitent ainsi l'élimination des particules alimentaires et des poils susceptibles de s'accumuler dans les papilles de la muqueuse hyperkératosique et de pénétrer dans la *lamina propia*. Les lésions à la muqueuse ruminale causées par les particules alimentaires et les poils peuvent causer une ruminite, ce qui est susceptible d'augmenter la présence de bactéries dans la muqueuse, qui risquent de provoquer la formation d'abcès si elles atteignent le foie en passant par le sang (Jensen et coll., 1954; Nagaraja et Chengappa, 1998; Tadepalli et coll., 2009).

S'ils sont de grande taille ou qu'ils distendent le foie ou la cavité abdominale, les abcès hépatiques sont potentiellement douloureux (Heneghan et coll., 2011). Ils peuvent causer une infection bactérienne dans d'autres parties du corps et libérer des produits chimiques pyrogènes et endotoxiques (Warner et coll., 1975; Nagaraja et coll., 2005), susceptibles de rendre malade le bovin affecté. Bien que la plupart des bovins souffrant d'abcès au foie ne présentent pas de signes cliniques patents ni de perturbation de la croissance (Nagaraja et Lechtenberg, 2007), on constate parfois une diminution de l'ingestion d'aliments et de la croissance chez les individus atteints d'abcès du foie grave (Brink et coll., 1990).

3.5.6 Lésions de la caillette

La présence d'aliments fibreux grossiers pourrait accroître les lésions abomasales, qui seraient dues à un trop grand remplissage de la caillette par des repas de lait abondants et causeraient une ischémie locale (diminution de l'apport sanguin) dans la paroi de la caillette (voir le chapitre 4 « Facteurs de risque de lésions de la caillette »). Le tableau 3.8 montre que le foin, la paille, la pulpe de betterave séchée, l'ensilage de maïs et l'ensilage d'épi de maïs peuvent causer des lésions de la caillette. Par exemple, la prévalence des ulcères de la caillette peut croître de 9 % chez les veaux nourris uniquement au lait de remplacement à 24 % chez ceux recevant de la paille de blé (Mattiolo et coll., 2002). Même quand la paille est distribuée hachée ou broyée, la prévalence des ulcères de la caillette peut être considérablement plus élevée (73 %) que chez les veaux nourris seulement au lait de remplacement (25 %) (Webb et coll., 2013).

Tableau 3.8 Effets du type de fibres sur le risque de lésions de la caillette du veau

Âge (mois)	Aliments solides			Type de lésion de la caillette						Totalité des lésions de la caillette		Réfères
	Type	Quantité (g MS/veau/j)	NDF %	Ulcère		Érosion		Cicatrice		Prévalence	Gravité	
				Prévalence	Size	Prévalence	Size	Prévalence	Size			
1 à 5	Paille broyée et granulés de concentré (taille des particules 1 à 2 mm)	50 à 300 g/veau/j	26			0 avec apport en MS						Morisse coll. (19)
5,25	Paille de blé broyée	196	78	0 c. grains d'orge		0 c. grains d'orge			0 c. grains d'orge	↓ c. grains d'orge		Cozzi et (2002b)
	Grains d'orge	139	47									
5,75	Paille de blé	200	86	↑ c. lait de remplacement seulement		↑ c. lait de remplacement seulement						Mattiell coll. (20)
	Pulpe de betterave séchée	210	47	↑ c. lait de remplacement seulement		0 c. lait de remplacement seulement						
7	80 % grains de maïs et 20 % paille de blé (5 cm de longueur) (matière non sèche)	864	25							0 c. grains de maïs	0 c. grains de maïs	Prevede coll. (20)
	72 % grains de maïs, 20 % paille de blé (5 cm de longueur) et 8 % soja extrudé	883	28							0 c. grains de maïs	0 c. grains de maïs	
	Grains de maïs	864	11									
	25 % paille + 50 % concentré (matière sèche)		76 25									
6	Foin	<i>Ad libitum</i>		0 c. lait de remplacement seulement	0 c. lait de remplacement seulement	0 c. lait de remplacement seulement	0 c. lait de remplacement seulement	↑ c. lait de remplacement seulement	↑ c. lait de remplacement seulement			Webb e (2013)
	Paille hachée (4 à 5 cm) ou broyée (1 cm)	250 et 500		↑ c. lait de remplacement seulement	0 c. lait de remplacement seulement	↑ c. lait de remplacement seulement	↑ c. lait de remplacement seulement	↑ c. lait de remplacement seulement	↑ c. lait de remplacement seulement			
	Ensilage de maïs/blé d'Inde haché (4 à 5 cm) ou broyé (1 cm)	250 et 500		↑ c. lait de remplacement seulement	0 c. lait de remplacement seulement	↑ c. lait de remplacement seulement	0 c. lait de remplacement seulement	0 c. lait de remplacement seulement	↑ c. lait de remplacement seulement			
	Ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde haché (4 à 5 cm) ou broyé (1 cm)	250 et 500		↑ c. lait de remplacement seulement	0 c. lait de remplacement seulement	0 c. lait de remplacement seulement	0 c. lait de remplacement seulement	0 c. lait de remplacement seulement	0 c. lait de remplacement seulement			
7	10 % d'ensilage de maïs + 10 % paille de blé hachée + 80 % concentré (MS)	20 à 248	42									Beren coll. (2)
			80								↑ avec apport en MS	
			13									
	25 % ensilage de maïs + 25 % paille de blé hachée + 50 % concentré (MS)		42									0 avec apport en MS
			80 13									
7	85 % grains de maïs + 15 % paille hachée à 5 cm (matière non sèche)	45 à 1330	23							0	0	Brscoe (201)
	72 % grains de maïs + 15 % paille hachée à 5 cm + 13 % pois extrudés (matière non sèche)		23							0	0	
	83 % grains de maïs + 16 % paille hachée 5 cm + 1 % urée (matière non sèche)		23								0	

Ulcère : caractérisé par une perte focale ou une nécrose de la couche épithéliale jusqu'au niveau de la couche sous-muqueuse ou musculaire de la paroi stomacale.

Érosion : caractérisée par une inflammation avec une perte partielle ou superficielle de l'épithélium sans perturbation claire de la couche épithéliale.
Cicatrice : caractérisée par des contractions fibreuses focales, longitudinales ou circulaires de la muqueuse (Webb et coll., 2013)

3.6 Références

- Abutarbush, S.M. et O.M. Radostits (2004). « Obstruction of the small intestine caused by a hairball in 2 young beef calves », *The Canadian Veterinary Journal*, vol. 45, p. 324-325.
- Anderson, K.L., T.G. Nagaraja, J.L. Morrill, T.B. Avery, S.J. Galitzer et J.E. Boyer (1987). « Ruminant microbial development in conventionally or early-weaned calves », *Journal of Animal Science*, vol. 64, p. 1215-1226.
- Balch, C.C. (1971). « Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristic of roughages », *British Journal of Nutrition*, vol. 26, p. 383-392.
- Beauchemin, K.A. et J.G. Buchanan-Smith (1990). « Effects of fiber source and method of feeding on chewing activities, digestive function, and productivity of dairy cows », *Journal of Dairy Science*, vol. 73, p. 749-62.
- Beever, D.E. (1993). « Rumen function » dans *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*, sous la direction de J.M. Forbes et J. France, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, p. 187-215.
- Beharka, A.A., T.G. Nagaraja, J.L. Morrill, G.A. Kennedy et R.D. Klemm (1998). « Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 81, p. 1946-1955.
- Berends, H., J.J.G.C. van den Borne, H. Mollenhorst, C.G. van Reenen, E.A.M. Bokkers et W.J.J. Gerrits (2014). « Utilization of roughages and concentrates relative to that of milk replacer increases strongly with age in veal calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 6475-6484.
- Berends, H., J.J.G.C. van den Borne, N. Stockhofe-Zurwieden, M.S. Gilbert, T. Zandstra, W.F. Pellikaan, C.G. van Reenen, E.A. Bokkers et W.J. Gerrits (2015). « Effects of solid feed level and roughage-to-concentrate ratio on ruminal drinking and passage kinetics of milk replacer, concentrates, and roughage in veal calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 98, p. 5621-5629.
- Berends, H., C.G. van Reenen, N. Stockhofe-Zurwieden et W.J.J. Gerrits (2012). « Effects of early rumen development and solid feed composition on growth performance and abomasal health in veal calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, p. 3190-3199.
- Bergeron, R., A.J. Badnell-Waters, S. Lambton et G. Mason (2006). « Stereotypic oral behaviour in captive ungulates: Foraging, diet and gastrointestinal function » dans *Stereotypic Animal Behaviour: Fundamentals and Applications to Welfare*, sous la direction G. Mason et J. Rushen, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, p. 19-57.
- Bertram, H.C., N.B. Kristensen, M. Vestergaard, S.K. Jensen, J. Sehested, N.C. Nielsen et A. Malmendal (2009). « Metabolic characterization of rumen epithelial tissue from dairy calves fed different starter diets using H-1 NMR spectroscopy », *Livestock Science*, vol. 120, p. 127-134.
- Bokkers, E.A.M., H. Leruste, L.F.M. Heutinck, M. Wolthuis-Fillerup, J.T.N. van der Werf, B.J. Lensink et C.G. van Reenen (2009). « Inter-observer and test-retest reliability of on-farm behavioural observations in veal calves », *Animal Welfare*, vol. 18, p. 381-390.
- Braun, U., A. Gautschi, A. Tschuor et M. Haessig (2012). « Ultrasonography of the reticulum, rumen, omasum and abomasum before, during and after ingestion of hay and grass silage in 10 calves », *Research in Veterinary Science*, vol. 93, p. 1407-1412.
- Braun, U., S. Krueger et M. Haessig (2013). « Ultrasonographic examination of the reticulum, rumen, omasum and abomasum during the first 100 days of life in calves », *Research in Veterinary Science*, vol. 95, p. 326-333.
- Breukink, H.J., T. Wensing, A. van Weeren-Keverling Buisman, E.G. van Bruinessen-Kapsenberg et N.A. de Visser (1988). « Consequences of failure of the reticular groove reflex in veal calves fed milk replacer », *Veterinary Quarterly*, vol. 10, p. 126-135.
- Brink, D.R., S.R. Lowry, R.A. Stock et J.C. Parrott (1990). « Severity of liver abscesses and efficiency of feed utilization of feedlot cattle », *Journal of Animal Science*, vol. 68, p. 1201-1207.

- Brownlee, A. (1956). « The development of rumen papillae in cattle fed on different diets », *British Veterinary Journal*, vol. 112, p. 369-375.
- Brscic, M., L.F.M. Heutinck, M. Wolthuis-Fillerup, N. Stockhofe, B. Engel, E.K. Visser, F. Gottardo, E.A. Bokkers, B.J. Lensink, G. Cozzi et C.G. van Reenen (2011). « Prevalence of gastrointestinal disorders recorded at postmortem inspection in white veal calves and associated risk factors », *Journal of Dairy Science*, vol. 94, p. 853-863.
- Brscic, M., P. Prevedello, A.L. Stefani, G. Cozzi et F. Gottardo (2014). « Effects of the provision of solid feeds enriched with protein or nonprotein nitrogen on veal calf growth, welfare, and slaughter performance », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 4649-4657.
- Bull, L.S., L.J. Bush, J.D. Friend, B. Harris Jr. et E.W. Jones (1965). « Incidence of ruminal parakeratosis in calves fed different rations and its relation to volatile fatty acid absorption », *Journal of Dairy Science*, vol. 48, p. 1459-1466.
- Castells, L., A. Bach, G. Araujo, C. Montoro et M. Terré (2012). « Effect of different forage sources on performance and feeding behavior of holstein calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, p. 286-293.
- Cheng, K.J., T.A. McAllister, J.D. Popp, A.N. Hristov, Z. Mir et H.T. Shin (1998). « A review of bloat in feedlot cattle », *Journal of Animal Science*, vol. 76, p. 299-308.
- Clarke, R.T.J. et C.S.W. Reid (1974). « Foamy bloat of cattle. A review », *Journal of Dairy Science*, vol. 57, p. 753-785.
- Cockram, M.S. et B.O. Hughes (2011). « Health and disease » dans *Animal Welfare*, 2^e éd., sous la direction de M. Appleby, B. Hughes, J. Mench et A. Olsson, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, p. 120-137.
- Council of the European Union (2009). « COUNCIL DIRECTIVE 2008/119/EC of 18 december 2008 laying down minimum standards for the protection of calves », *Official Journal of the European Union*, L 10, 15 janvier 2009, 7-13.
- Cozzi G., F. Gottardo, S. Mattiello, E. Canali, E. Scanziani, M. Verga et I. Andrighetto (2002a). « The provision of solid feeds to veal calves: I. growth performance, forestomach development, and carcass and meat quality », *Journal of Animal Science*, vol. 80, p. 357-366.
- Cozzi G., F. Gottardo, F. Mutinelli, B. Contiero, G. Fregolent, S. Segato et I. Andrighetto (2002b). « Growth performance, behaviour, forestomach development and meat quality of veal calves provided with barley grain or ground wheat straw for welfare purpose », *Italian Journal of Animal Science*, vol. 1, p. 113-126.
- Dado, R.G. et M.S. Allen (1995). « Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk », *Journal of Dairy Science*, vol. 78, p. 118-133.
- Dantzer, R. (1986). « Behavioral, physiological and functional aspects of stereotyped behavior: A review and a re-interpretation », *Journal of Animal Science*, vol. 62, p. 1776-1786.
- Di Giancamillo, A., G. Bosi, S. Arrighi, G. Savoini et C. Domeneghini (2003). « The influence of different fibrous supplements in the diet on ruminal histology and histometry in veal calves », *Histology and Histopathology*, vol. 18, p. 727-733.
- Faleiro, A.G., L.A. Gonzalez, M. Blanch, S. Cavini, L. Castells, J.L. Ruiz de la Torre, X. Manteca, S. Calsamiglia et A. Ferreta (2011). « Performance, ruminal changes, behaviour and welfare of growing heifers fed a concentrate diet with or without barley straw », *Animal*, vol. 5, p. 294-303.
- Gonzalez, L.A., X. Manteca, S. Calsamiglia, K.S. Schwartzkopf-Genswein et A. Ferret (2012). « Ruminal acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review) », *Animal Feed Science and Technology*, vol. 172, p. 66-79.
- Grant, R.J. (1997). « Interactions among forages and nonforage fiber sources », *Journal of Dairy Science*, vol. 80, p. 1438-1446.

- Greenwood, R.H., J.L. Morrill, E.C. Titgemeyer et G.A. Kennedy (1997). « A new method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach », *Journal of Dairy Science*, vol. 80, p. 2534-2541.
- Harrison, H.N., R.G. Warner et E.G. Sander (1960). « Changes in the tissue and volume of the stomachs of calves following the removal of dry feed or consumption of inert bulk », *Journal of Dairy Science*, vol. 43, p. 1301-1312.
- Heinrichs, J. (2005). « Rumen development in the dairy calf », *Advances in Dairy Technology*, vol. 17, p. 179-187.
- Heinrichs, A.J. et K.E. Lesmeister (2005). « Rumen development in the dairy calf » dans *Calf and heifer rearing*, sous la direction de P. C. Garnsworth, Nottingham (Royaume-Uni), Nottingham University Press, p. 53-65.
- Heneghan, H., N. Healy, S. Martin, R. Ryan, N. Nolan, O. Traynor et R. Waldron (2011). « Modern management of pyogenic hepatic abscess: A case series and review of the literature », *BMC Research Notes*, vol. 4, p. 80.
- Herd, R. et L. Cook (1989). « Hairballs in feedlot-raised calves », *Australian Veterinary Journal*, vol. 66, p. 372-373.
- Hill, S.R., B.A. Hopkins, S. Davidson, S.M. Bolt, D.E. Diaz, C. Brownie, T. Brown, G.B. Huntington et L.W. Whitlow (2005). « Technical note: Technique for dissection and analysis of the rumen in young calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 88, p. 324-326.
- Hinders, R.G. et F.G. Owen (1965). « Relation of ruminal parakeratosis development to volatile fatty acid absorption », *Journal of Dairy Science*, vol. 48, p. 1069-1073.
- Hodgson, J. (1971). « The development of solid food intake in calves. 1. The effect of previous experience of solid food, and the physical form of the diet, on the development of food intake after weaning », *Animal Production*, vol. 13, p. 15-24.
- Iraira, S.P., J.L. Ruiz de la Torre, M. Rodríguez-Prado, S. Calsamiglia, X. Manteca et A. Ferret (2013). « Feed intake, ruminal fermentation, and animal behavior of beef heifers fed forage free diets containing nonforage fiber sources », *Journal of Animal Science*, vol. 91, p. 3827-3835.
- Jensen, R., H.M. Deane, L.J. Cooper, V.A. Miller et W.R. Graham (1954). « The rumenitis-liver abscess complex in beef cattle », *American Journal of Veterinary Research*, vol. 15, p. 202-216.
- Khan, M.A., D.M. Weary et M.A.G. von Keyserlingk (2011). « Hay intake improves performance and rumen development of calves fed higher quantities of milk », *Journal of Dairy Science*, vol. 94, p. 3547-3553.
- Kooijman, J., H.K. Wierenga et P.R. Wiekema (1991). « Development of abnormal oral behavior in group-housed veal calves effects of roughage supply » dans *New Trends in Veal Calf Production*, sous la direction de J.H.M. Metz et C.M. Groenestein, Wageningen (Pays-Bas), Pudoc, p. 54-58.
- Leibholz, J. et C.L. Russell (1978). « Chaffed or ground straw and lucerne in the diet of the early weaned calf » *Animal Production*, vol. 27, p. 171-180.
- Leruste, H., M. Brscic, G. Cozzi, B. Kemp, M. Wolthuis-Fillerup, B.J. Lensink, E.A.M. Bokkers et C.G. van Reenen (2014). « Prevalence and potential influencing factors of non-nutritive oral behaviors of veal calves on commercial farms », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 7021-7030.
- Mason, G.J. (1991). « Stereotypies a critical review », *Animal Behaviour*, vol. 41, p. 1015-1038.
- Mason, G.J. (2006). « Stereotypic behavior in captive animals: fundamentals and implications for welfare and beyond » dans *Stereotypic Animal Behaviour: Fundamentals and Applications to Welfare*, sous la direction de G.J. Mason et J. Rushen, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, p. 325-356.

- Mattiello, S., E. Canali, V. Ferrante, M. Caniatti, F. Gottardo, G. Cozzi, I. Andrighetto et M. Verga (2002). « The provision of solid feeds to veal calves: II. Behavior, physiology, and abomasal damage », *Journal of Animal Science*, vol. 80, p. 367-375.
- McGavin, M.D. et J.L. Morrill (1976). « Scanning electron microscopy of ruminal papillae in calves fed various amounts and forms of roughage », *American Journal of Veterinary Research*, vol. 37, p. 497-508.
- McLeod, M.N. et B.R. Smith (1989). « Eating and ruminating behavior in cattle given forages differing in fiber content », *Animal Production*, vol. 48, p. 503-512.
- Mertens, D.R. (1997). « Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows », *Journal of Dairy Science*, vol. 80, p. 1463-1481.
- Mertens, D.R. (2002). « Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets » dans *Proceedings of the Plains Nutritional Council*, Texas A&M Publication AREC 02-20, p. 40-66.
- Montoro, C., E. Miller-Cushon, T.J. De Vries et A. Bach (2013). « Effect of physical form of forage on performance, feeding behavior, and digestibility of holstein calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 96, p. 1117-1124.
- Moon, Y.H., S.C. Lee et S.S. Lee (2002). « Chewing activities of selected roughages and concentrates by dairy steers », *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 15, p. 968-973.
- Moon, Y.H., S.C. Lee et S.S. Lee (2004). « Effects of neutral detergent fiber concentration and particle size of the diet on chewing activities of dairy cows », *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 17, p. 1535-1540.
- Morisse, J.P., J.P. Cotte, D. Huonnic et A. Martrenchar (1999). « Influence of dry feed supplements on different parameters of welfare in veal calves », *Animal Welfare*, vol. 8, p. 43-52.
- Morisse, J.P., D. Huonnic, J.P. Cotte et A. Martrenchar (2000). « The effect of four fibrous feed supplementations on different welfare traits in veal calves », *Animal Feed Science and Technology*, vol. 84, p. 129-136.
- Nagaraja, T.G. et M.M. Chengappa (1998). « Liver abscesses in feedlot cattle: A review », *Journal of Animal Science*, vol. 76, p. 287-298.
- Nagaraja, T.G. et K.F. Lechtenberg (2007). « Liver abscesses in feedlot cattle », *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice; Topics in Nutritional Management of Feedlot Cattle* vol. 23, p. 351-369.
- Nagaraja, T.G., S.K. Narayanan, G.C. Stewart et M.M. Chengappa (2005). « *Fusobacterium necrophorum* infections in animals: Pathogenesis and pathogenic mechanisms », *Anaerobe*, vol. 11, p. 239-246.
- National Research Council (2000). *Nutrient requirements of beef cattle*, 7^e éd. révisée, mise à jour 2000, Washington, D.C., National Academy Press.
- National Research Council (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*, 7^e éd. révisée, Washington, D.C., National Academy Press.
- Ngapo, T.M. et C. Gariépy (2006). « Factors affecting the meat quality of veal », *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 86, p. 1412-1431.
- Nicol, A.M. et M.A. Sharafeldin (1975). « Observations on the behaviour of single-suckled calves from birth to 120 days », *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, vol. 35, p. 221-230.
- Nocek, J.E., C.W. Heald et C.E. Polan (1984). « Influence of ration physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growing bull calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 67, p. 334-343.
- Owens, F.N., D.S. Secrist, W.J. Hill et D.R. Gill (1998). « Acidosis in cattle: A review », *Journal of Animal Science*, vol. 76, p. 275-286.

- Porter, J.C., R.G. Warner et A.F. Kertz (2007). « Effect of fiber level and physical form of starter on growth and development of dairy calves fed no forage », *The Professional Animal Scientist*, vol. 23, p. 395-400.
- Pounden, W.D. et J.W. Hibbs (1949). « Rumen inoculations in young calves », *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 114, p. 33-35.
- Prevedello, P., M. Brscic, E. Schiavon, G. Cozzi et F. Gottardo (2012). « Effects of the provision of large amounts of solid feeds to veal calves on growth and slaughter performance and intravital and postmortem welfare indicators », *Journal of Animal Science*, vol. 90, p. 3538-3546.
- Redbo, I. et A. Nordblad (1997). « Stereotypies in heifers are affected by feeding regime », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 53, p. 193-202.
- Reinhardt, V. et A. Reinhardt (1981). « Natural sucking performance and age of weaning in zebu cattle (*Bos indicus*) », *The Journal of Agricultural Science*, vol. 96, p. 309-312.
- Roy, J.H., I.J. Stobo, H.J. Gaston, P. Ganderton, S.M. Shotton et S.Y. Thompson (1971). « The nutrition of the veal calf: 4. The effect of offering roughage on health and performance », *British Journal of Nutrition*, vol. 26, p. 353-362.
- Sander, E.G., R.G. Warner, H.N. Harrison et J.K. Loosli (1959). « The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf », *Journal of Dairy Science*, vol. 42, p. 1600-1605.
- Sato, S., N. Ueno, T. Seo et K. Tokumoto (1994). « Haloperidol injections entirely suppress tongue-playing in cattle », *Journal of Ethology*, vol. 12, p. 77-80.
- Schweizer, G., M. Flückiger, L. Metzger et U. Braun (2005). « Ruminal tympany due to a trichobezoar in a heifer », *Veterinary Radiology & Ultrasound*, vol. 46, p. 500-501.
- Steele, M.A., F. Garcia, M. Lowerison, K. Gordon, J.A. Metcalf et M. Hurtig (2014). « Three-dimensional imaging of rumen tissue for morphometric analysis using micro-computed tomography », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 7691-7696.
- Stobo, I.J.F., J.H.B. Roy et H.J. Gaston (1966). « Rumen development in the calf: The effect of diets containing different proportions of concentrates to hay on rumen development », *British Journal of Nutrition*, vol. 20, p. 171-188.
- Suárez, B.J., C.G. van Reenen, N. Stockhofe, J. Dijkstra et W.J.J. Gerrits (2007). « Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 90, p. 2390-2403.
- Sudweeks, E.M. (1977). « Chewing time rumen fermentation and their relationship in steers as affected by diet composition », *Journal of Animal Science*, vol. 44, p. 694-701.
- Sudweeks, E.M., L.O. Ely, D.R. Mertens et L.R. Sisk (1981). « Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: Roughage value index system », *Journal of Animal Science*, vol. 53, p. 1406-1411.
- Sudweeks, E.M., M.E. McCullough, L.R. Sisk et S.E. Law (1975). « Effects of concentrate type and level and forage type on chewing time of steers », *Journal of Animal Science*, vol. 41, p. 219-224.
- Swanson, E.W. et J.D. Harris Jr. (1958). « Development of rumination in the young calf », *Journal of Dairy Science*, vol. 41, p. 1768-1776.
- Tadepalli, S., S.K. Narayanan, G.C. Stewart, M.M. Chengappa et T.G. Nagaraja (2009). « *Fusobacterium necrophorum*: A ruminal bacterium that invades liver to cause abscesses in cattle », *Anaerobe*, vol. 15, p. 36-43.
- Tamate, H., A.D. McGilliard, N.L. Jacobson et R. Getty (1962). « Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf », *Journal of Dairy Science*, vol. 45, p. 408-420.

- Terré, M., E. Pedrals, A. Dalmau et A. Bach (2013). « What do preweaned and weaned calves need in the diet: A high fiber content or a forage source? », *Journal of Dairy Science*, vol. 96, p. 5217-5225.
- Thomas, D.B. et C.E. Hinks (1982). « The effect of changing the physical form of roughage on the performance of the early weaned calf », *Animal Production*, vol. 35, p. 375-384.
- van Ackeren, C., H. Steingäß, K. Hartung, R. Funk et W. Drochner (2009). « Effect of roughage level in a total mixed ration on feed intake, ruminal fermentation patterns and chewing activity of early-weaned calves with ad libitum access to grass hay », *Animal Feed Science and Technology*, vol. 153, p. 48-59.
- Veal Farmers of Ontario (2015). Repéré à <http://ontarioveal.on.ca>, mai 2015.
- Veissier, I., A.R. Ramirez de la Fe et P. Pradel (1998). « Nonnutritive oral activities and stress responses of veal calves in relation to feeding and housing conditions », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 57, p. 35-49.
- Warner, J.F., W.H. Fales, R.C. Sutherland et G.W. Teresa (1975). « Endotoxin from *Fusobacterium necrophorum* of bovine hepatic abscess origin », *American Journal of Veterinary Research*, vol. 36, p. 1015-1020.
- Warner, R.G., W.P. Flatt et J.K. Loosli (1956). « Dietary factors influencing the development of the ruminant stomach », *Agricultural and Food Chemistry*, vol. 4, p. 788-792.
- Webb, L.E., E.A.M. Bokkers, B. Engel, W.J.J. Gerrits, H. Berends et C.G. van Reenen (2012). « Behaviour and welfare of veal calves fed different amounts of solid feed supplemented to a milk replacer ration adjusted for similar growth », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 136, p. 108-116.
- Webb, L.E., E.A.M. Bokkers, L.F.M. Heutinck, B. Engel, W.G. Buist, T.B. Rodenburg, N. Stockhofe-Zurwieden et C.G. van Reenen (2013). « Effects of roughage source, amount, and particle size on behavior and gastrointestinal health of veal calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 96, p. 7765-7776.
- Webb, L.E., B. Engel, H. Berends, C. G. van Reenen, W.J.J. Gerrits, I.J.M. de Boer et E.A.M. Bokkers (2014a). « What do calves choose to eat and how do preferences affect behaviour? », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 161, p. 7-19.
- Webb, L.E., M.B. Jensen, B. Engel, C.G. van Reenen, W.J.J. Gerrits, I.J.M. de Boer et E.A.M. Bokkers (2014b). « Chopped or long roughage: What do calves prefer? Using cross point analysis of double demand functions », *PLoS One*, vol. 9, p. e88778.
- Webb, L.E., C.G. van Reenen, H. Berends, B. Engel, I.J.M. de Boer, W.J.J. Gerrits et E.A.M. Bokkers (2015). « The role of solid feed amount and composition and of milk replacer supply in veal calf welfare », *Journal of Dairy Science*, vol. 98, p. 5467-5481.
- Webster, A.J.F. (1991). « Control of infectious disease in housed veal calves » dans *New Trends in Veal Calf Production*, sous la direction de J.H.M. Metz et C.M. Groenestein, Wageningen (Pays-Bas), Pudoc, p. 103-112.
- Webster, A.J.F., C. Saville, B.M. Church, A. Gnanasakthy et R. Moss (1985). « The effect of different rearing systems on the development of calf behaviour », *British Veterinary Journal*, vol. 141, p. 249-264.
- Welch, J.G. (1986). « Physical parameters of fiber affecting passage from the rumen », *Journal of Dairy Science*, vol. 69, p. 2750-2754.
- Welch, J.G. et A.M. Smith (1970). « Forage quality and rumination time in cattle », *Journal of Dairy Science*, vol. 53, p. 797-800.
- Woodford, S.T. et M.R. Murphy (1988). « Effect of forage physical form on chewing activity dry matter intake and rumen function of dairy cows in early lactation », *Journal of Dairy Science*, vol. 71, p. 674-686.
- Xu, Y. et Z. Ding (2011). « Physiological, biochemical and histopathological effects of fermentative acidosis in ruminant production: A minimal review », *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 9, p. 414-422.

Zebeli, Q., J.R. Aschenbach, M. Tafaj, J. Boguhn, B.N. Ametaj et W. Drochner (2012). « Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, p. 1041-1056.

4. Facteurs de risque de lésions de la caillette

Conclusions

1. La prévalence des lésions de la caillette est élevée chez le veau de lait.
2. On ne connaît pas exactement l'importance des lésions de la caillette ne se transformant pas en ulcère sur le bien-être du veau. Rien ne montre toutefois que les érosions abomasales et les ulcères ne sont pas associés à de la douleur et de l'inconfort; et certains rapports cliniques laissent penser que des signes de douleur peuvent être associés à l'ulcération de la caillette.
3. Il existe plusieurs facteurs de risque de lésion de la caillette. Des recherches plus approfondies sont nécessaires pour comprendre le mode d'interaction des différents facteurs de risque causant une prévalence élevée des lésions de la caillette chez les veaux nourris au lait (que leur ration comporte ou non des aliments solides).
4. Bien qu'il ait été impossible de trouver des preuves concluantes sur la ou les causes des lésions de la caillette du veau, l'analyse critique de la littérature complétée par l'examen de la pathophysiologie des lésions abomasales permet de tirer des conclusions sur les facteurs de risque les plus probables des lésions de la caillette.
5. Chez le veau de lait, la plupart des lésions abomasales sont observées dans la région pylorique de la caillette, près de l'intestin grêle, plus particulièrement dans la zone du torus pylorique. La pathologie associée à ces lésions abomasales correspond à une ischémie locale (diminution de l'apport sanguin) suivie d'une nécrose focale. Il est probable que la distension de la caillette due à de grands volumes de lait de remplacement puisse réduire l'apport sanguin à la muqueuse pylorique et ainsi conduire à une ischémie et à l'hypoxie de la muqueuse. Ceci causerait des modifications pathologiques provoquant l'érosion et l'ulcération de la muqueuse de la caillette.
6. Une fois que la paroi de la couche muqueuse est atteinte, les tissus sous-jacents sont ensuite exposés à des facteurs secondaires potentiellement nocifs, notamment des acides. Des données montrent que de longues périodes de jeûne causent de longues périodes d'hyperacidité dans la caillette des veaux de lait et qu'une plus grande fréquence des repas de lait augmente le pH moyen de la caillette.
7. Des données probantes montrent que l'ajout d'aliments fibreux (particulièrement au grain grossier) à la ration des veaux de lait augmente le risque de lésions de la caillette. On ne sait en revanche pas si ce risque est lié au développement insuffisant du rumen.
8. Rien ne démontre de façon concluante que les agents infectieux constituent un facteur de risque important des érosions et des ulcères de la région pylorique de la caillette chez le veau de lait.
9. Bien que certaines données prouvent que différentes pratiques d'élevage peuvent influencer sur le risque de lésions de la caillette, peu de données concluantes indiquent que le stress joue un rôle majeur dans le développement des ulcères abomasaux.
10. Certaines données montrent que la distribution de céréales aux veaux de lait augmenterait le risque de lésions de la caillette. Des recherches plus approfondies sur les veaux de grain sont toutefois nécessaires pour déterminer la prévalence et les facteurs de risque des lésions de la caillette.

4.1 Introduction

Les lésions de la caillette sont courantes chez le veau de lait. Ainsi, sur des veaux de lait examinés à l'abattage, le pourcentage de caillettes présentant un ou plusieurs ulcères varierait entre 40 % et 74 % (Van Putten, 1982; Welchman et Baust, 1987; Brscic et coll., 2011; Berends et coll. 2012). La fréquence de l'ulcération abomasale chez le veau de lait est plus importante que chez les veaux de boucherie (6 %), les vaches laitières (2,6 %) et les vaches de boucherie (1,8 %) (Marshall, 2009).

La sévérité des lésions de la caillette progresse de bénin à sévère en passant par les stades suivants :

1. abomasite ou inflammation de la membrane muqueuse (*lamina propria*) tapissant la cavité abomasale;
2. érosion, caractérisée par des zones discrètes d'érosion superficielle de la membrane muqueuse qui ne pénètre pas la *muscularis mucosae*;
3. ulcère, caractérisé par des zones discrètes de lésions plus profondes qui pénètrent toute l'épaisseur de la muqueuse et atteignent la sous-muqueuse ou les couches plus profondes de la paroi abomasale.

L'ulcération comprend la nécrose et la formation d'escarres sur les tissus nécrotiques. Un ulcère peut guérir et cicatriser ou progresser en profondeur dans la paroi abomasale et causer hémorragie, perforation ou péritonite (Gottardo et coll., 2002; Mattiello et coll., 2002; Marshall, 2009).

Marshall (2009) décrit les types d'ulcère suivants.

1. « Ulcère non perforant : ulcère ne perforant pas la paroi de la caillette et causant une hémorragie intraluminaire minime.
2. Ulcère non perforant avec pertes sanguines sévères : ulcère ne perforant pas la paroi de la caillette, mais érodant un vaisseau principal de la sous-muqueuse, causant une hémorragie intraluminaire sévère.
3. Ulcère perforant avec péritonite locale : ulcère perforant la paroi de la caillette caractérisé par le passage du contenu de la caillette dans la cavité péritonéale ou la bourse omentale. La péritonite est localisée par le dépôt de fibrine et la caillette adhère au péritoine, à l'omentum ou aux viscères environnants.
4. Ulcère perforant avec péritonite diffuse : ulcère perforant la paroi de la caillette, caractérisé par le passage rapide et la diffusion du contenu de la caillette dans la cavité péritonéale, cause une péritonite diffuse. »

Chez le veau, la plupart des ulcères de la caillette n'évoluent pas en perforation de la paroi ni ne causent d'hémorragie sévère. L'hémorragie et/ou la péritonite associées à l'ulcération de la caillette sont cependant parfois sources de morbidité et de mortalité. Bähler et coll. (2012) ont constaté que 22 % des veaux ayant fait l'objet d'un examen post-mortem présentaient un ulcère perforant de la caillette. Dans une enquête sur des veaux laitiers nourris au lait en Belgique, Pardon et coll. (2012) ont conclu que le risque de mortalité causée par une hémorragie de la caillette était de 0,0 % (écart 0 - 0,1 %) et qu'il était de 0,35 % (écart 0 - 0,6 %) en cas de perforation par un ulcère de la caillette. Le risque de mortalité total pour toutes les causes était de 4,9 %.

Chez les veaux de lait, les lésions de la caillette se trouvent principalement dans la région pylorique de la caillette (Dämmrich, 1983; Welchman et Baust, 1987; Bähler et coll., 2010; Brscic et coll., 2011), alors que chez les vaches laitières, on les trouve majoritairement dans la partie fundique de la caillette (Breukink et coll., 1991). Dans une enquête réalisée par Brscic et coll. (2011) dans un abattoir dont les veaux provenaient de 170 élevages des Pays-Bas, de France et d'Italie, 74 % des individus présentaient des lésions abomasales uniquement dans le pylore, 8 % uniquement dans la zone fundique et 8 % à la fois dans la zone fundique et le pylore.

Une étude de Jensen et coll. (1992) a constaté des érosions de la caillette (principalement dans la partie fundique) sur 25 % des bovins de boucherie nourris au grain d'un parc d'engraissement au moment de l'abattage. Ceci laisse supposer que les veaux de grain sevrés seraient vulnérables aux lésions de la caillette. On n'a toutefois pas trouvé de recherche étudiant la prévalence des lésions de la caillette chez les veaux de grain sevrés. Les recherches présentées ci-dessous sur les facteurs de risque de lésions de la caillette concernent les veaux de lait et les veaux de grain avant sevrage.

4.2 Implications des lésions de la caillette pour le bien-être animal

Morisse et coll. (2000) indiquent que malgré la fréquence très élevée de lésions de la caillette observées chez les veaux, leur croissance et les autres aspects de leur santé restent normaux. Toutefois, aucune étude ne compare les paramètres de production ou l'état de santé général entre veaux souffrant de lésions abomasales et veaux sans lésion abomasale. En effet, les lésions de la caillette sont constatées par autopsie et il ne semble pas que des enquêtes aient comparé les veaux souffrant de lésions et sans lésion. Or, elles apporteraient des renseignements précieux. Il est difficile de diagnostiquer un ulcère de la caillette ante mortem, car ils sont subcliniques chez le veau (absence de signes) (Marshall, 2009). Néanmoins, les manuels et les traités vétérinaires mentionnent des signes de douleur. Les signes cliniques varient selon que l'ulcère est (a) non pénétrant, (b) non pénétrant mais associé à une hémorragie intraluminaire ou (c) pénétrant et associé à une péritonite et/ou une hémorragie. Chez les bovins laitiers et les veaux de boucherie, les ulcères hémorragiques seraient associés à une douleur abdominale, généralement localisée dans le quadrant ventral droit (Fecteau et Whitlock, 2008). Chez le veau, les douleurs abdominales se caractérisent généralement par une douleur à la palpation abdominale, des coups de pied vers l'abdomen, des mouvements de pédalage, des couchages et levages intempestifs et du bruxisme (grincement de dents) (Naylor et Bailey, 1987). Selon le *Merck Veterinary Manual* (2015), les bovins adultes souffrant d'ulcères hémorragiques de la caillette peuvent ne présenter aucun autre symptôme qu'un obscurcissement intermittent des fèces (sang occulte ou méléna), ce qui rend difficile leur détection par le producteur, ou ils peuvent mourir d'une hémorragie aiguë massive. Les signes cliniques courants sont : douleur abdominale légère, bruxisme, perte soudaine d'appétit, accélération de la fréquence cardiaque et méléna parfois intermittent. La douleur est également indiquée par l'auto-toilettage et d'autres comportements consistant notamment à regarder, frapper des pieds, frotter ou mordre la zone affectée (Karas et coll., 2008). Des signes de pertes sanguines sont visibles en cas d'hémorragie majeure, il peut s'agir de tachycardie, de membranes muqueuses pâles, d'un pouls faible, de fraîcheur des extrémités, d'une respiration superficielle, de tachypnée et de méléna. Les signes plus sévères sont : stase ruminale, douleur abdominale généralisée avec une réticence à se déplacer et un grognement ou grondement audible à chaque respiration, faiblesse et déshydratation. En cas de détérioration rapide de la santé du veau, la présence de méléna (sang dans les fèces) n'est pas nécessaire, car il faut au moins 8 h pour que le sang de la caillette soit détectable dans les selles. À mesure que l'état se dégrade, la température du corps baisse et l'animal se met en décubitus et meurt en 6 à 8 heures (*Merck Veterinary Manual*, 2015).

Wiepkema et coll. (1987) n'ont trouvé aucune relation significative entre la gravité des lésions abomasales (constatées à l'abattage) et la fréquence de la manipulation orale des substrats d'enclos (parois, portes et appareils de distribution d'aliments, par exemple) par les veaux pendant leur élevage. En revanche, une corrélation négative a été établie entre la fréquence des jeux de langue et la gravité des lésions abomasales. Les veaux qui jouaient avec leur langue n'avaient pas d'ulcère (ni de cicatrice) alors que tous les veaux qui n'adoptaient pas ce comportement (jeux de langue) présentaient des ulcères ou des cicatrices.

4.3 Facteurs de risque des lésions de la caillette

Plusieurs causes ont été avancées pour expliquer les lésions de la caillette, mais aucune relation de causalité

unique n'a été démontrée de manière fiable. C'est pourquoi elles sont considérées comme un syndrome multifactoriel.

Les facteurs de risque suivants ont été proposés concernant l'ulcération de la caillette chez le veau (Marshall, 2009; Ahmed et coll., 2002; Breukink et coll., 1991) :

- abrasion mécanique de la muqueuse par des aliments de fourrage grossier ou des trichobézoards (boules de poils);
- distension de la caillette;
- stress;
- hyperacidité;
- infection bactérienne;
- déficience en oligo-éléments;
- déficience en vitamine E.

Le tableau 4.1 énumère certains des facteurs considérés comme des facteurs de risque de lésion de la caillette.

Tableau 4.1 Facteurs de risque de lésion de la caillette

Facteur	État	Mécanisme	Remarque	Référence
Lait et lait de remplacement	Grands volumes de lait de remplacement associés à une faible fréquence des repas de lait	Distension de la caillette associée à une ischémie locale causant une nécrose focale.	Supposition. Aucune étude n'induisant/ne mesurant l'ischémie.	Welchman et Baust (1987); Breukink et coll. (1991)
		Jeûne entraînant des périodes prolongées de pH bas et d'hyperacidité de la caillette.	Supposition. Aucune étude sur la relation entre hyperacidité abomasale et ulcération.	Ahmed et coll. (2002); Constable et coll. (2006)
	Laits de remplacement avec protéines végétales	Les protéines ne provenant pas du lait peuvent déclencher une réaction allergique dans l'intestin des veaux.	Aucune étude sur la relation entre type de protéines du lait de remplacement et ulcération.	EFSA (2006)
		Laits de remplacement ne coagulant pas dans la caillette.	Aucune étude sur la relation entre laits de remplacement non coagulants et ulcération.	Constable et coll. (2005)
	Distribution du lait	L'alimentation à l'auge augmente le risque de lésions par rapport à l'alimentation au seau; toutes deux augmentent le risque par rapport à la distribution de lait de remplacement par un distributeur automatique de lait, qui permet au veau de boire en plusieurs fois au moyen d'une tétine.	Une analyse par régression logistique multivariée a montré que l'alimentation au seau avec une tétine augmentait le risque de lésions abomasales <u>fundiques</u> par rapport à un dispositif d'alimentation automatique.	Bähler et coll. (2010)
Aliments solides	Abrasivité sur les parois de la caillette	Les particules des fourrages grossiers exercent un effet abrasif mécanique sur une muqueuse abomasale fragilisée et retardent la guérison des lésions présentes.	Preuves expérimentales claires de l'augmentation du risque de lésions abomasales quand la ration contient des aliments fibreux, mais pas de preuve directe des mécanismes par lesquels les aliments fibreux augmentent les lésions de la caillette.	Brcsic et coll. (2011); Cozzi et coll. (2002b); Mattiello et coll. (2002)
	Charge mécanique sur la caillette	Aliments solides consommés dans l'heure suivant la distribution de lait.	Démonstration par des observations du comportement, mais absence de données pathophysiologiques expliquant la façon dont les aliments solides augmentent la charge mécanique pour causer des lésions à la caillette.	Brcsic et coll. (2011)
Déficiences en minéraux	Déficience en cuivre	Le cuivre est un cofacteur de la synthèse des prostaglandines, qui a un effet cytoprotecteur sur la muqueuse gastrique, par l'accroissement de la microcirculation et de la sécrétion de mucus gastrique ainsi que par la diminution de la sécrétion d'acide chlorhydrique.	Démonstration sur des animaux de laboratoire et l'être humain, mais aucune preuve fiable pour ce qui est des veaux.	Mills et coll., (1990); Lilley et coll. (1985); Fecteau et Whitlock (2008)
Eau d'abreuvement	Eau <i>ad libitum</i> contre absence d'eau	Augmentation du risque de lésions abomasales dans le pylore quand l'eau est fournie à volonté.	Association démontrée par une analyse par régression logistique univariée; absente quand tous les facteurs étaient pris en compte dans un modèle de régression multivariée.	Brcsic et coll. (2011)
		Augmentation du risque de lésions dans la zone fundique en l'absence de distribution d'eau.	Aucun effet de la distribution d'eau sur l'incidence des lésions de la caillette. Association non significative définie au moyen d'une analyse par régression logistique univariée, mais absente quand tous les facteurs sont pris en compte dans un modèle de régression multivariée.	Gottardo et coll. (2002); Bähler et coll. (2010)
Développement insuffisant du rumen	Développement insuffisant du rumen causant l'introduction d'aliments grossiers insuffisamment digérés dans la caillette	La distribution d'aliments solides développe la couche musculaire du rumen et les papilles, mais augmente le risque et la gravité des lésions de la caillette.	Données expérimentales montrant clairement que l'apport d'aliments solides dans la ration de veaux de lait conduit au développement du rumen. Preuves moins claires du fait que l'apport d'aliments fibreux augmente le risque de lésions de la caillette; les mécanismes par lesquels les aliments fibreux augmenteraient les lésions de la caillette – par exemple par le passage de grosses particules d'un rumen sous-développé à la	Berends et coll. (2012); Webb et coll. (2013); Brcsic et coll. (2011)

			caillette – n’ont pas été démontrés.	
Pathogènes	Des facteurs de gestion, l’âge (néonate) et le stress causent la prolifération anormale de microorganismes pathogènes	Des toxines produites par des microorganismes causent des lésions aux cellules de la muqueuse abomasale.	Démonstration du rôle d’une toxine produite par <i>Clostridium</i> dans les lésions.	Songer et Miskimins (2005); Hund et coll. (2015); Jelinski et coll. (1995)
	Inoculation intraruminale de <i>C. perfringens</i> à des veaux néonates	Inflammation de la caillette (abomasite) associée à une dépression, de la diarrhée et des ulcérations abomasales chez 8 des 8 animaux inoculés.	Démonstration par inoculation sur un petit nombre d’animaux.	Roeder et coll. (1988)
	Inoculation intra-abomasale et intra-jéjunale de <i>C. perfringens</i> à des vaches adultes	Aucun signe de maladie ni d’ulcère abomasal constaté chez les animaux inoculés.	Le dosage et les facteurs concomitants n’ont pas été étudiés.	Ewoldt et Anderson (2005)

Bien qu'il soit impossible de donner des preuves concluantes sur la ou les causes des lésions de la caillette du veau, l'analyse critique de la littérature complétée par l'examen de la pathophysiologie des lésions abomasales permet de tirer des conclusions sur les facteurs de risque les plus probables des lésions de la caillette.

4.3.1 Pathophysiologie des ulcères de la caillette

L'ulcère gastrique se retrouve chez l'homme (Holle, 2010) et est courant chez le cheval et le porc (Argenzio, 1999). Sa pathophysiologie et ses facteurs de risque ont été examinés par Yeomans (2011), Murray (1999) et Robertson et coll. (2002).

La couche muqueuse tapissant la caillette est normalement protégée par le mucus, la sécrétion de bicarbonate de la muqueuse, un débit sanguin efficace et le renouvellement continu des cellules épithéliales superficielles (Kawano et Tsuji, 2000; Monnig et Prittie, 2011; Yandrapu et Sarosiek, 2015). L'ulcération peut se produire en cas de perturbation de cette barrière protectrice. Pearson et coll. (1987) ont observé sur des veaux que les quantités de mucus étaient réduites ou nulles sur les sites d'érosion ou d'ulcération de la région pylorique de la caillette. Une fois que la couche muqueuse de la paroi est lésée, les tissus sous-jacents sont exposés à des facteurs secondaires susceptibles d'être nocifs, comme des acides ou des aliments fibreux à grain grossier.

4.3.2 Perturbation physiologique

Selon certaines hypothèses, un pH abomasal faible augmenterait le risque d'ulcération, par exemple après une diminution de la fréquence de l'alimentation et/ou la diminution du volume absorbé (Constable *et al.* 2005). Pendant un jeûne de 24 h, le pH abomasal peut rester inférieur à 2. Après ingestion de lait de remplacement, le pH abomasal s'élève et est supérieur au pH préprandial pendant 5 à 7 heures, selon le type de lait de remplacement et la fréquence de consommation. L'augmentation de la fréquence d'ingestion de lait de remplacement à plus de deux fois par jour augmente le pH abomasal moyen sur 24 heures, par rapport à l'ingestion de deux repas par jour (Ahmed et coll., 2002; Constable et coll., 2005). Il est nécessaire de mener d'autres recherches pour connaître le rôle du pH abomasal faible dans le développement d'ulcères. Après l'altération de la muqueuse et la formation d'une lésion abomasale, il est probable qu'un milieu acide accentue les lésions et retarde la guérison.

Bien que le reflux duodéno-gastrique ait été considéré comme un facteur possible du développement d'ulcères gastriques chez l'homme, le reflux duodéno-abomasal n'est pas considéré comme un facteur susceptible de causer des lésions de l'abomasum des veaux. Ceci s'explique par des différences anatomiques et physiologiques ; en effet, le canal cholédoque et le canal pancréatique entrent dans le duodénum à une plus grande distance du pylore que chez l'être humain. Malgré une certaine motilité duodénale rétrograde passant dans la caillette, elle est minime (Ooms et Oyaert 1978) et on considère que le torus pylorique de la caillette forme une valve empêchant efficacement les reflux (Marshall 2009).

4.3.3 Stress

Bien que le rôle du stress dans le développement des ulcères gastriques chez l'homme soit moins souligné dans la littérature qu'il ne l'a été, certains considèrent qu'il prédispose à l'ulcération et qu'il nuit au rétablissement (Overmier et Murison, 2013). Le stress peut affecter « la sécrétion gastrique, la motilité de l'intestin, la perméabilité et la fonction de barrière des muqueuses, la sensibilité viscérale et le débit sanguin » (Konturek et coll., 2011). De plus, le stress peut modifier la composition des microorganismes, des neurotransmetteurs et de la fonction immunitaire du tractus gastro-intestinal (Konturek et coll., 2011). Ces modifications sont susceptibles

d'augmenter le risque d'ulcère gastrique (Konturek et coll., 2011) en réduisant la protection des muqueuses gastriques (Monnig et Prittie, 2011). Breukink et coll. (1989) n'ont observé aucun effet bénéfique de l'ajout de clenbuterol (bêta-agoniste) dans le lait des veaux sur le pourcentage de veaux de 6 mois présentant un ulcère de la caillette. En revanche, chez les veaux consommant des granulés de fourrage grossier autour de l'âge de 2 mois, il semblerait que cet ajout réduise le pourcentage de veaux souffrant d'ulcère. Lensink et coll. (2000) n'ont observé aucune différence significative entre les hormones de stress de veaux élevés avec douceur, qui étaient caressés et autorisés à sucer les doigts des ouvriers agricoles, et celles de veaux ayant fait l'objet de contacts minimaux, mais ils ont constaté l'absence d'ulcères abomasaux chez les veaux élevés avec douceur alors qu'un tiers des veaux du groupe témoin avaient un ulcère ou une cicatrice autour du pylore. Malgré les premières hypothèses mettant l'accent sur le rôle du stress, on ne sait pas exactement comment le stress agit sur le développement des lésions de la caillette. Selon certaines études, certains facteurs de gestion parfois associés au stress influeraient sur la prévalence des lésions abomasales chez le veau (Marshall, 2009).

4.3.4 Déplacement de la caillette

Quelques observations cliniques font état de veaux présentant un ulcère perforé dans la région pylorique avec adhésions et déplacement de la caillette (Hawkins et coll., 1986; Mueller et coll., 1999). Le déplacement de la caillette n'est toutefois pas courant chez les veaux souffrant de lésions abomasales.

4.3.5 Déficience en minéraux

Une déficience nutritionnelle en cuivre a été proposée comme cause possible de l'ulcération de caillette chez des veaux allaités dans l'ouest des États-Unis (Lilley et coll., 1985; Mills et coll., 1990), mais cette hypothèse reposait essentiellement sur des conjectures, car les études n'avaient pas de groupe témoin adéquat. D'autres recherches n'ont pas réussi à établir le lien entre ulcération de la caillette et déficience en cuivre chez les veaux allaités (Roeder et coll., 1987, 1988).

4.3.6 Infections bactériennes

Plusieurs bactéries, dont *Salmonella* et *Clostridium perfringens* de type A, peuvent causer une abomasite grave (Roeder et coll., 1988; Jelinski et coll., 1995; Manteca et coll., 2001; Carlson et coll., 2002). Cependant, les ulcères de la caillette se développant à la suite d'une inoculation bactérienne se développent généralement de manière diffuse dans l'ensemble de la caillette. Jelinski et coll. (1995) supposent que ceci indique « que les bactéries n'ont pas colonisé ni pénétré le tissu, mais que des toxines préformées contenues dans le bouillon pourraient avoir causé des lésions cellulaires non spécifiques étendues ». De plus, il est probable que plusieurs bactéries (par exemple *Clostridium perfringens* et *Campylobacter jejuni*) récupérées dans des ulcères abomasaux (Roeder et coll., 1987; Mills et coll., 1990) soient des envahisseurs post-mortem provenant du tractus gastro-intestinal ou des agents infectieux secondaires qui ont envahi la caillette après la lésion de la muqueuse abomasale (Ahmed et coll., 2002).

Bien qu'*Helicobacter pylori* puisse causer des ulcères chez l'homme (Yeomans, 2011), Valgaeren et coll. (2013) n'ont pu récupérer aucune espèce d'*Helicobacter* dans les ulcères de la zone fundique sur des veaux après abattage. De plus, aucune différence significative n'a été mesurée entre les pourcentages de caillettes contenant *Clostridium perfringens* chez les veaux sains et ceux présentant une ulcération fundique. Jelinski et coll. (1995) ont réalisé des autopsies sur des veaux de boucherie de lait non sevrés qui avaient un ulcère perforant ou hémorragique ou des veaux du même âge qui étaient morts en raison d'une maladie non liée à la caillette. La bactérie *Helicobacter pylori* était absente de tous les échantillons de tissu abomasal. La bactérie *Clostridium*

perfringens de type A se trouvait dans 79 % des veaux présentant un ulcère de la caillette et 75 % de ceux du groupe témoin. Des bactéries *Campylobacter spp.* ont été détectées sur trois des veaux souffrant d'ulcère abomasal et trois individus du groupe témoin.

Hund et coll. (2015) ont étudié les bactéries présentes dans des ulcères abomasaux sur des veaux (ainsi que des taureaux et des vaches) à l'abattage. Ils ont constaté des différences entre les types de bactéries retrouvés sur la muqueuse des veaux et celle des autres bovins. Il existait quelques différences statistiquement significatives entre les muqueuses abomasaux saines et ulcérées pour ce qui est du nombre et des types de bactéries détectées. Les auteurs en ont conclu que leurs résultats « laissent penser que les bactéries auraient seulement un rôle limité dans l'étiologie des ulcères de la caillette. D'autres recherches sont toutefois nécessaires pour vérifier la contribution des bactéries à la formation de l'ulcère abomasal, car la présence ou l'absence de bactéries ne corrèle pas nécessairement avec l'étiologie d'une maladie ».

4.3.7 Boules de poils ou trichobézoards

La présence fréquente de boules de poils et d'ulcères dans la caillette des veaux ont fait suggérer à certains que les boules de poils pourraient être une cause d'ulcère. Il se peut toutefois que l'indication de la présence de trichobézoards dans les rapports post mortem soit un artéfact, dû à l'enregistrement d'une observation intéressante et potentiellement pertinente quand ils coexistent avec un ulcère de la caillette, alors que leur présence serait considérée comme non pertinente et ne serait pas notée lorsqu'elle est observée sur des veaux présentant des lésions dans d'autres parties du corps (Jelinski et coll., 1996). Jelinski et coll. (1996) ont autopsié des veaux de boucherie non sevrés morts d'ulcère abomasal perforé ou d'une autre cause non liée. Chez des veaux âgés de moins de 1 mois, le pourcentage de caillettes contenant une boule de poils était plus grand chez les individus présentant un ulcère. Toutefois, quand l'âge en semaines était pris en compte dans l'analyse, il n'y avait pas de différence significative entre les veaux présentant un ulcère et les autres. Chez les veaux âgés de 1 à 2 mois, le pourcentage de caillettes contenant une boule de poils ne différait pas selon que les veaux aient un ulcère ou pas.

4.3.8 Système d'élevage

Dans une étude portant sur 18 élevages de veaux, Bokkers et Koene (2001) n'ont constaté aucune différence significative dans le nombre d'ulcères de la caillette à l'abattage (autour de 6,5 mois) entre des veaux nourris au lait (certains avaient accès à des céréales) logés dans des stalles individuelles ou en groupe (à partir de 2 mois environ). Chez des veaux nourris de lait au seau, Veissier et coll. (1997) ont constaté que le fait d'équiper les stalles individuelles des veaux de cloisons ouvertes ou pleines, ou encore d'un pneu ou d'une chaîne ne produisait pas d'effets significatifs sur la prévalence des ulcères ou des cicatrices de la caillette. Veissier et coll. (1998) ont observé un plus grand nombre d'ulcères chez les veaux élevés dans des enclos que ceux logés dans des stalles individuelles. Cette étude était toutefois limitée, car elle ne portait que sur 16 veaux et que les différences semblaient dépendre de l'alimentation. Ainsi, chez les veaux nourris uniquement au lait de remplacement, on observait un plus grand nombre d'érosions chez ceux logés en groupe, alors que chez les veaux recevant des aliments solides et du lait de remplacement, les érosions étaient plus nombreuses chez les veaux logés individuellement.

Welchman et Baust (1987) indiquent que le système d'élevage joue un rôle à la fois dans la prévalence des lésions abomasaux et dans les zones de la caillette les plus fréquemment lésées. Ils ont observé que le nombre de veaux présentant un ulcère abomasal est plus élevé quand ils sont logés en groupe avec litières de paille (n = 110) ou de copeaux de bois (n = 96) et nourris de lait à volonté (98 et 96 %, respectivement) que quand ils sont élevés dans des stalles individuelles sans litière et nourris au seau avec une ration limitée de lait de remplacement (n = 98) (66 %). Entre 20 et 50 % des caillettes présentent des ulcères dans le *torus pyloricus*, et le

nombre de caillottes affectées par un ulcère dans le fundus est moins élevé (2 à 12 %). Le nombre d'ulcères de la caillotte touchant la région pylorique est plus grand chez les veaux élevés en groupe avec litières de paille ou de copeaux de bois et nourris de lait de remplacement *ad libitum* que chez ceux nourris au seau dans des stalles individuelles. Ces différences peuvent toutefois être dues à la litière, au type de stabulation ou à l'alimentation. Les érosions sont plus graves chez les veaux recevant du lait de remplacement *ad libitum* dont la litière est en copeaux de bois. Les ulcères sont plus graves chez les veaux consommant du lait à volonté et dont la litière est en paille que chez ceux logés dans des stalles individuelles sans paille et buvant du lait au seau. Welchman (1987) a observé moins de caillottes présentant des ulcères dans le *torus pyloricus* chez les veaux (4 %) logés en groupe, sur des litières en paille ayant un accès limité à du lait de remplacement au moyen de tétines et recevant des aliments solides (granulés) (n = 27) que chez (a) ceux logés en groupe, sur des litières de paille et se nourrissant soit de lait de remplacement à volonté au moyen de tétines (51 %) (n = 37), soit de quantités limitées de lait de remplacement distribuées par seau (44 %) (n = 18) ou chez (b) ceux logés dans des cases individuelles recevant des quantités limitées de lait de remplacement dans des seaux accompagnées d'aliments solides (granulés) (58 %) (n = 38) ou sans aliment solide (36 %) (n = 11).

Une étude portant sur 125 veaux abattus en Suisse montre que 74 % des caillottes présentent des lésions uniquement dans le pylore, 8 % uniquement dans le fundus et 8 % avaient des lésions dans le fundus et le pylore (Bähler et coll., 2010). Une analyse par régression logistique multivariée a permis de déterminer que l'alimentation au seau avec une tétine (deux fois par jour) multiplie le risque de lésions abomasales fundiques par 12 (intervalle de confiance [CI] 2 à 97) par rapport à un dispositif de distribution automatique. L'analyse multivariée n'a pas trouvé de facteurs de risque significatifs pour ce qui est des lésions pyloriques. Bien que la méthode de ventilation soit apparue comme un facteur significatif, il est probable que ce résultat soit un artefact causé par un facteur déterminé corrélé à la ventilation.

4.3.9 Eau d'abreuvement

Aucun effet de l'apport d'eau d'abreuvement n'a été observé sur la fréquence des lésions de la caillotte (inflammation, érosions et ulcères) chez les veaux recevant de l'eau d'abreuvement en plus du lait de remplacement, du lait de remplacement avec de la paille de blé ou du lait de remplacement avec de la pulpe de betterave (Gottardo et coll., 2002).

4.3.10 Ischémie associée à une distension prolongée de la caillotte après l'ingestion de lait

La prévalence élevée des lésions pyloriques de la caillotte des veaux de lait consommant de grands volumes de lait de remplacement pourrait être due au remplissage excessif de la caillotte, qui provoquerait une ischémie locale suivie par une nécrose focale, conséquence des fortes contractions de la paroi du pylore. L'ischémie se produit en cas d'apport sanguin insuffisant à un organe. Elle est causée par une interruption du débit sanguin dans un vaisseau sanguin, causée par un embolie (caillot sanguin migrant pouvant former un blocage), un thrombus (caillot fixe adhérent à la paroi vasculaire et pouvant obstruer le flux sanguin) ou une constriction vasculaire.

Dämmrich (1983) décrit la pathologie ci-dessous associée aux lésions abomasales, qui correspondrait à l'ischémie de la caillotte :

- nombre réduit de cellules caliciformes, causant une diminution de la sécrétion de mucus;
- troubles circulatoires fréquents;
- premiers signes : hyperémie locale et dilatation des capillaires;

- ultérieurement : stagnation du débit sanguin, causant des thrombus hyalins (agglutination de globules rouges oblitérant un capillaire);
- œdème et hémorragie.

À la lumière des modifications pathologiques observées, Dämmrich (1983) suppose que les réponses pathophysiologiques suivantes pourraient expliquer la formation d'ulcères dans la région du pylore (zone de la caillette présentant le plus de lésions chez le veau). La distension de la caillette par de grands volumes de lait de remplacement peut causer de fortes contractions péristaltiques dans la région du pylore, avec fermeture du sphincter pylorique. Le sphincter pylorique ferme le canal pylorique jusqu'à la fin de la digestion (pendant 13 à 17 heures). Le sphincter comprime la muqueuse pylorique dans la région du torus pylorique, causant l'ischémie et l'hypoxie des villosités. Quand la digestion est terminée, le sphincter pylorique se relâche, le sang retourne dans la région pylorique, mais le trouble circulatoire dû aux microthrombus hyalins reste. Les parois capillaires deviennent perméables, ce qui provoque une hémorragie et un œdème. L'autodigestion fait évoluer la nécrose focale des villosités en érosions, puis en ulcères. Cette théorie est étayée par des études expérimentales sur des animaux, autres que des veaux, qui ont montré que la réduction locale du débit sanguin gastrique peut entraîner une ulcération gastrique dans des régions déterminées de l'estomac (Kawano et Tsuji, 2000).

4.3.11 Développement insuffisant du rumen

Si le rumen est peu développé, des particules alimentaires grossières insuffisamment digérées peuvent passer du rumen à la caillette, aggravant toute lésion existante des muqueuses (Webb et coll., 2013). Bien que Webb et coll. (2013) aient constaté que l'incorporation de fibres à l'alimentation du veau nourri au lait de remplacement augmente le poids du rumen des veaux et stimule la mastication et la rumination (signes du développement du rumen, mais le développement des papilles du rumen n'a pas été directement mesuré), le développement apparent du rumen n'a aucun effet bénéfique évident sur la prévalence des lésions de la caillette. Les effets du développement précoce du rumen sur la prévalence des lésions abomasales ont été étudiés par Berends et coll. (2012) dans un dispositif expérimental complexe comprenant plusieurs pratiques d'alimentation pendant deux périodes de 3 mois. Les auteurs rapportent que la distribution de rations stimulant le développement précoce du rumen ne modifie pas le pourcentage de veaux présentant des érosions ou des ulcères abomasaux à l'abattage, effectué autour de 6 mois. Ils notent toutefois que le développement précoce du rumen fait considérablement baisser la prévalence de cicatrices larges dans la caillette. Il se peut, par conséquent, que des lésions abomasales aient été présentes au début de la période d'élevage, mais que le développement du rumen, stimulé par l'apport d'aliments solides (ensilage de maïs, paille d'orge et concentré [25:25:50 en MS]) pendant les 3 premiers mois d'élevage, ait eu un effet bénéfique en favorisant la guérison des érosions ou des ulcères et la formation des cicatrices, visibles à l'abattage effectué vers l'âge de 6 mois.

4.3.12 Apport de fibres dans la ration

La distribution de fourrage grossier exercerait un effet mécanique abrasif sur la muqueuse de la caillette, retarderait la guérison des lésions présentes; ou elle obstruerait en partie la sortie du pylore et retarderait ainsi le moment où la caillette se vide (Mattiello et coll., 2002) (ce qui est susceptible d'exacerber une ischémie causée par la distension abomasale). Voir la partie 3.5.6 « Lésions de la caillette » du chapitre 3. Dans le même chapitre, le tableau 3.8 montre les résultats d'études montrant que l'apport de foin, de paille, de pulpe de betterave séchée, d'ensilage de maïs et d'ensilage d'épi de maïs peut causer des lésions de la caillette. Malgré des preuves manifestes de l'effet des aliments grossiers sur la fréquence des lésions abomasales, certaines études sur l'influence du type d'aliment solide du régime des veaux sur le risque de lésions de la caillette ne démontrent pas que certains types d'aliments solides aient un effet sur ce risque (tableau 3.8).

Dans une enquête effectuée à l'abattoir sur des lots de veaux provenant de 170 élevages des Pays-Bas, de France et d'Italie, Brscic et coll. (2011) ont constaté que 74 % (écart 32 à 100 %) des caillettes présentaient au moins une lésion (de cicatrice à ulcère) dans la région pylorique et que 77 % (écart 25 à 100 %) des caillettes présentaient une lésion dans le torus pylorique. Un modèle de régression multivariée appliqué aux lésions abomasales de la région pylorique a montré que le type d'aliment solide dominant et la saison étaient les facteurs les plus pertinents pour expliquer environ 41 % de la variance totale. Des comparaisons par paire entre classes d'aliments solides ont montré que le risque de lésions de la région pylorique était plus important chez les veaux recevant des grains céréaliers (orge ou maïs/blé d'Inde) par rapport à ceux consommant de l'ensilage de maïs (x 1,6 IC 1,2 à 2,1) ou du maïs aplati/floconné (x 1,8 IC 1,2 à 2,8).

Van Putten (1982) rapporte que la distribution de paille (ou de granulés de paille) aux veaux n'a pas d'effet sur la prévalence des érosions ou des ulcères de la caillette. Pourtant, Wensing et coll. (1986) ont observé des ulcères chez 8 % des veaux de 5,75 mois nourris uniquement au lait de remplacement, alors que les veaux qui avaient aussi reçu des granulés (orge hachée, foin ou ensilage de maïs) à partir de l'âge de 1,75 mois présentaient un plus grand pourcentage d'ulcères (significativement supérieur chez les veaux recevant de la paille [prévalence 42 %] ou de l'ensilage de maïs [prévalence 29 %]).

Chez des veaux âgés d'environ 7 mois, auxquels était distribuée une ration composée de 50 % de fourrage grossier (50 % d'ensilage de maïs et 50 % de paille de blé hachée) et de 50 % de concentrés, l'étendue des lésions abomasales n'augmentait pas significativement en cas d'apport accru d'aliments solides en MS (20 à 260 kg de MS pendant 17 semaines), alors que quand la ration se composait de 20 % de fourrage grossier et 80 % de concentrés, l'étendue des lésions abomasales augmentait significativement en cas d'apport accru d'aliments solides en MS (Berends et coll., 2014).

Cozzi et coll. (2002b) n'ont observé aucun effet de la distribution de paille de blé broyée à des veaux de lait par rapport à des grains d'orge, pour ce qui est du nombre de veaux présentant des érosions, des ulcères ou des cicatrices dans l'abomasum à l'abattage (autour de 5,25 mois). Toutefois, les lésions abomasales étaient plus graves chez les veaux ayant consommé des grains d'orge que chez ceux ayant reçu de la paille de blé broyée.

Mattiello et coll. (2002) ont observé que le pourcentage d'ulcères abomasaux sur des veaux à l'abattage (autour de 5,75 mois) était plus élevé quand ils avaient reçu une ration de lait de remplacement et de 250 g/jour de paille de blé (NDF 86 %) ou de pulpe de betterave séchée (NDF 47 %) (Cozzi et coll., 2002a) que quand ils avaient été nourris uniquement au lait de remplacement. Le pourcentage de veaux présentant une érosion de la caillette était plus élevé chez les veaux ayant consommé de la paille de blé que chez ceux dont le régime comprenait de la pulpe de betterave séchée ou uniquement du lait de remplacement. L'alimentation n'avait pas d'effet sur le pourcentage de veaux souffrant d'une inflammation de la muqueuse abomasale. Les auteurs supposent que l'effet moindre de la pulpe de betterave séchée par rapport à la paille de blé serait dû à la structure moins dense des fibres de la pulpe de betterave, qui altérerait moins la muqueuse.

Chez les veaux nourris recevant du lait deux fois par jour dans un seau et logés dans des stalles, aucun effet de leur régime sur la prévalence des lésions abomasales à l'abattage (autour de 5 mois) n'a été constaté dans deux études différentes. Dans l'étude 1, les veaux avaient reçu des granulés de paille et d'orge broyée (NDF 26 % et taille des particules de 1 à 2 mm), les granulés étaient distribués dans des quantités soit de 50 g/jour à l'âge de 3 semaines jusqu'à 100 g/jour à 17 semaines, soit de 50 g/jour à l'âge de 3 semaines jusqu'à 300 g/jour à 17 semaines (Morisse et coll., 1999). Dans l'étude 2, ils avaient reçu des granulés (taille des particules 2 à 5 mm) de différentes compositions dont la valeur NDF variait de 26 à 78 % et la teneur en amidon variait de 2 à 48 % (50 g/jour à l'âge de 3 semaines jusqu'à 300 g/jour à 17 semaines) (Morisse et coll., 2000). L'absence d'effet de la ration pourrait s'expliquer par la petite taille des particules de l'orge et de la paille contenues dans les granulés.

Prevedello et coll. (2012) ont observé une ou plusieurs lésions abomasales dans la région du torus pylorique sur plus de 80 % des veaux abattus à 7 mois environ, quand ils avaient été logés en groupe et avaient reçu du lait de

remplacement deux fois par jour au moyen d'un seau avec tétine (la quantité augmentait de 350 à 3 060 g de poudre de lait de remplacement/veau/jour et la concentration passait de 6 à 17 %) et à partir de la 3^e semaine après leur arrivée, une des rations solides suivantes :

- 80 % de grains de maïs et 20 % de paille de blé (5 cm de longueur) (matière non sèche) (NDF 25 %)
- 72 % de grains de maïs, 20 % de paille de blé (5 cm de longueur) et 8 % de soja extrudé (NDF 28 %)
- grains de maïs (NDF 11 %).

Le régime (consommation d'aliments solides de 864-883 g MS/jour) n'avait d'effet ni sur le pourcentage de veaux présentant une lésion abomasale (respectivement 92, 92 et 85 %) ni sur la gravité des lésions de la caillette.

Brscic et coll. (2014) n'ont constaté aucun effet ni sur la prévalence ni sur la gravité des lésions abomasales à l'abattage (autour de 6,75 mois), en observant des veaux qui avaient reçu du lait de remplacement et une ration solide (NDF 23 %) composée à 85 % de grains de maïs et 15 % de paille hachée de 5 cm de longueur (matière non sèche), puis à partir de l'âge de 1,3 mois du lait de remplacement accompagné des aliments solides suivants (NDF 23 %) : (a) 85 % de grains de maïs et 15 % de paille hachée de 5 cm de longueur, (b) 72 % de grains de maïs, 15 % de paille hachée de 5 cm de longueur et 13 % de pois extrudés, ou (c) 83 % de grains de maïs, 16 % de paille hachée de 5 cm de longueur et 1 % d'urée (matière non sèche). La prévalence des lésions abomasales variait de 92 à 97 %.

Webb et coll. (2013) ont étudié les effets du type, de la quantité et de la taille des particules des fibres (proposées à partir de la semaine 2) sur les lésions abomasales à l'abattage (autour de 6 mois) chez des veaux qui avaient été nourris au lait de remplacement (en commençant par 3 L/jour et jusqu'à 17 L/jour) au seau, deux fois par jour, et élevés dans des stalles individuelles jusqu'à l'âge de 6 semaines, puis en groupes. Malgré l'absence d'effet significatif du régime sur les lésions abomasales, les comparaisons individuelles montrent que (a) la paille augmente la prévalence des érosions, des ulcères et des cicatrices par rapport à une alimentation uniquement au lait de remplacement, (b) l'ensilage de maïs/blé d'Inde et l'ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde augmente la prévalence des ulcères par rapport à une alimentation uniquement au lait de remplacement, (c) il n'y a pas de différence significative entre la prévalence des érosions et des ulcères chez les veaux ayant consommé du foin par rapport à ceux ayant uniquement bu du lait de remplacement et (d) les veaux ayant uniquement consommé du lait de remplacement ne présentent pas de cicatrice (voir le tableau 4.2).

Tableau 4.2 Effet du type de fibres sur la prévalence des lésions de la caillette[†]

	Probabilité de l'effet de la ration	Lait de remplacement	Foin	Paille [‡]	Ensilage de maïs/blé d'Inde [‡]	Ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde [‡]
Prévalence (%)						
Érosion	0,06	15 ^a	30 ^{ab}	39 ^b	25 ^a	20 ^a
Ulcère	> 0,1	25 ^a	40 ^a	73 ^b	65 ^b	78 ^b
Cicatrice	> 0,1	0 ^a	30 ^b	23 ^b	18 ^{ab}	16 ^{ab}

[†] Adapté de Webb et coll. (2013).

[‡] Distribuée sous forme hachée (4 à 5 cm) ou broyée (1 cm), mais la taille des particules n'était pas significative ($p > 0,05$).

^{a,b} Les différents exposants d'une ligne différent ($p < 0,05$), mais l'effet global du traitement n'était pas significatif dans la prévalence des lésions de la caillette.

Malgré l'absence d'effet de la taille des particules, certaines interactions ont été observées entre le type de fibres et la quantité de fibres.

- Si la quantité est de 250 g MS/j, les veaux recevant de l'ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde présentaient moins d'érosions que les veaux recevant de la paille ou de l'ensilage de maïs/blé d'Inde. Pour une quantité de 500 g MS/j, les veaux recevant de l'ensilage de maïs/blé d'Inde avaient moins d'érosions que les veaux consommant de la paille ou de l'ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde.
- Si la quantité est de 250 g MS/j, les veaux recevant de l'ensilage de maïs/blé d'Inde présentaient moins d'ulcères que les veaux recevant de la paille ou de l'ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde. Les veaux consommant de l'ensilage de maïs avaient plus d'ulcères si la quantité distribuée était de 500 g MS/j par rapport à 250 g MS/j.
- Les veaux consommant de la paille présentaient des érosions plus étendues que les veaux auxquels était distribué de l'ensilage de maïs/blé d'Inde ou de l'ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde, et leurs cicatrices étaient plus larges que celles présentes chez les veaux recevant de l'ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde.
- La taille des ulcères était inférieure chez les veaux recevant de la paille, de l'ensilage de maïs/blé d'Inde ou de l'ensilage d'épi de maïs/blé d'Inde dans une quantité de 250 g MS/j ($1,3 \pm 0,2 \text{ cm}^2$) par rapport à ceux recevant 500 g MS/j ($2,0 \pm 0,2 \text{ cm}^2$).

Ces résultats montrent que les veaux consommant de grands volumes de lait de remplacement présentent des lésions de la caillette. L'absence de cicatrices à 6 mois, mais la présence d'érosions et d'ulcères signifierait que la plupart des lésions se produisent dans la dernière période d'élevage, quand les veaux consomment les plus grands volumes de lait de remplacement (en effet, il semblerait que le temps ait manqué pour que la lésion commence à guérir et forme un tissu cicatriciel). L'ajout de fibres à une ration de lait de remplacement a pour effet d'augmenter la prévalence des lésions abomasales et, sauf pour le foin, cet effet est accru par un apport de fibres plus élevé. Les lésions sont plus nombreuses quand le type de fibres est supposé plus grossier. Ainsi, la paille cause plus de lésions que le foin. Les effets du type et de la quantité de fibres ne diminuent pas quand les fibres sont hachées très fin et que la taille des particules est réduite de 4 ou 5 cm à 1 cm.

Webb et coll. (2013) concluent que « les lésions abomasales, ulcères ou érosions, s'expliqueraient par une combinaison de facteurs, notamment :

1. la surcharge de l'abomasum, causant une ischémie locale et les lésions subséquentes;
2. l'exacerbation de lésions préexistantes en raison du passage de particules alimentaires insuffisamment digérées d'un rumen mal développé à une caillette fragilisée;
3. et l'exacerbation de lésions préexistantes par des aliments grossiers en raison de leur plus grande abrasivité ».

4.4 Références

- Ahmed, A.F., P.D. Constable et N.A. Misk (2002). « Effect of feeding and route of administration on abomasal luminal pH in dairy calves fed milk replacer », *Journal of Dairy Science*, vol. 85, p. 1502-1508.
- Argenzio, R.A. (1999). « Comparative pathophysiology of nonglandular ulcer disease: A review of experimental studies », *Equine Veterinary Journal*, vol. 31, p. 19-23.
- Bähler, C., G. Regula, M.H. Stoffel, A. Steiner et A. von Rotz (2010). « Effects of the two production programs 'Naturafarm' and 'conventional' on the prevalence of non-perforating abomasal lesions in Swiss veal calves at slaughter », *Research in Veterinary Science*, vol. 88, p. 352-360.
- Bähler, C., A. Steiner, A. Luginbuehl, A. Ewy, H. Posthaus, D. Strabel, T. Kaufmann et G. Regula (2012). « Risk factors for death and unwanted early slaughter in swiss veal calves kept at a specific animal welfare standard », *Research in Veterinary Science*, vol. 92, p. 162-168.

- Berends, H., J.J.G.C. van den Borne, H. Mollenhorst, C.G. van Reenen, E.A.M. Bokkers et W.J.J. Gerrits (2014). « Utilization of roughages and concentrates relative to that of milk replacer increases strongly with age in veal calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 6475-6484.
- Berends, H., C.G. van Reenen, N. Stockhofe-Zurwieden et W.J.J. Gerrits (2012). « Effects of early rumen development and solid feed composition on growth performance and abomasal health in veal calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, p. 3190-3199.
- Bokkers, E.A.M., et P. Koene (2001). « Activity, oral behaviour and slaughter data as welfare indicators in veal calves: a comparison of three housing systems », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 75, p. 1-75.
- Breukink, H.J., T. Wensing et J.M.V.M. Mouwen (1991). « Abomasal ulcers in veal calves: Pathogenesis and prevention » dans *New Trends in Veal Calf Production*, sous la direction de J.H.M. Metz et C.M. Groenestein, European Federation of Animal Science (EAAP), Wageningen (Pays-Bas), Pudoc, p. 118-122.
- Breukink, H.J., T. Wensing, S. van Dijk et D. Mevius (1989). « Effect of clenbuterol on the incidence of abomasal ulcers in veal calves », *The Veterinary Record*, vol. 125, p. 109-111.
- Brcsic, M., L.F.M. Heutinck, M. Wolthuis-Fillerup, N. Stockhofe, B. Engel, E.K. Visser, F. Gottardo, E.A.M. Bokkers, B.J. Lensink, G. Cozzi et C.G. van Reenen (2011). « Prevalence of gastrointestinal disorders recorded at postmortem inspection in white veal calves and associated risk factors », *Journal of Dairy Science*, vol. 94, p. 853-863.
- Brcsic, M., P. Prevedello, A.L. Stefani, G. Cozzi et F. Gottardo (2014). « Effects of the provision of solid feeds enriched with protein or nonprotein nitrogen on veal calf growth, welfare, and slaughter performance », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 4649-4657.
- Carlson, S.A., W.C. Stoffregen et S.R. Bolin (2002). « Abomasitis associated with multiple antibiotic resistant salmonella enterica serotype typhimurium phagetype DT104 », *Veterinary Microbiology*, vol. 85, p. 233-240.
- Constable, P.D., A.F. Ahmed et N.A. Misk (2005). « Effect of suckling cow's milk or milk replacer on abomasal luminal pH in dairy calves », *Journal of Veterinary Internal Medicine*, vol. 19, p. 97-102.
- Constable, P.D., T. Wittek, A.F. Ahmed, T.S. Marshall, I. Sen et M. Nouri. (2006) « Abomasal pH and emptying rate in the calf and dairy cow and the effect of commonly administered therapeutic agents » dans *Proceedings of the 24th World Buiatrics Conference*, Nice, France, World Association for Buiatrics, p. 54-68.
- Cozzi, G., F. Gottardo, S. Mattiello, E. Canali, E. Scanziani, M. Verga et I. Andrighetto (2002a). « The provision of solid feeds to veal calves: I. growth performance, forestomach development, and carcass and meat quality », *Journal of Animal Science*, vol. 80, p. 357-366.
- Cozzi, G., F. Gottardo, F. Mutinelli, B. Contiero, G. Fregolent, S. Segato et I. Andrighetto (2002b). « Growth performance, behaviour, forestomach development and meat quality of veal calves provided with barley grain or ground wheat straw for welfare purpose », *Italian Journal of Animal Science*, vol. 1, p. 113-126.
- Dämmrich, K. (1983). « Pathological approaches to evaluate calf boxes under animal welfare aspects » dans *Indicators relevant to farm animal welfare*, sous la direction de D. Smidt, Hingham (Massachusetts, Etats-Unis), Martinus Nijhoff, p. 143-153.
- European Food Safety Authority (2006). « The risks of poor welfare in intensive calf farming systems. An update of the Scientific Veterinary Committee Report on the Welfare of Calves, » *The EFSA Journal*, vol. 366, p. 1-36.

- Ewoldt, J.M. et D.E. Anderson (2005). « Determination of the effect of single abomasal or jejunal inoculation of *Clostridium perfringens* Type A in dairy cows », *Canadian Veterinary Journal*, vol. 46, p. 821-824.
- Fecteau, M. et R.H. Whitlock (2008). « Abomasal ulcers (Chapter 10) » dans *Current Veterinary Therapy: food animal practice*, sous la direction de D.E. Anderson et M. Rings, Philadelphia, W.B. Saunders.
- Gottardo, F., S. Mattiello, G. Cozzi, E. Canali, E. Scanziani, L. Ravarotto, V. Ferrante, M. Verga et I. Andrighetto (2002). « The provision of drinking water to veal calves for welfare purpose », *Journal of Animal Science*, vol. 80, p. 2362-2372.
- Hawkins, C.D., D.M. Fraser, J.R. Bolton, R.S. Wyburn, C.A. McGill et B.H. Pearse (1986). « Left abomasal displacement and ulceration in an eight-week-old calf », *Australian Veterinary Journal*, vol. 63, p. 53-55.
- Holle, G.E. (2010). « Pathophysiology and modern treatment of ulcer disease (review) », *International Journal of Molecular Medicine*, vol. 25, p. 483-491.
- Hund, A., M. Dzieciol, S. Schmitz-Esser et T. Wittek (2015). « Characterization of mucosa-associated bacterial communities in abomasal ulcers by pyrosequencing », *Veterinary Microbiology*, vol. 177, p. 132-141.
- Jelinski, M.D., C.S. Ribble, J.R. Campbell et E.D. Janzen (1996). « Descriptive epidemiology of fatal abomasal ulcers in Canadian beef calves », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 26, p. 9-15.
- Jelinski, M.D., C.S. Ribble, M. Chirino-Trejo, E.G. Clark et E.D. Janzen (1995). « The relationship between the presence of *Helicobacter pylori*, *Clostridium perfringens* type A, *Campylobacter spp*, or fungi and fatal abomasal ulcers in unweaned beef calves », *Canadian Veterinary Journal*, vol. 36, p. 379-382.
- Jensen, R., T.R. Spraker, R.D. Glock, R.L. Jones, J.K. Collins, D.E. Flack, R. Kerschen et R.L. Hoff (1992). « Abomasal erosions in feedlot cattle », *American Journal of Veterinary Research*, vol. 53, p. 110-115.
- Karas, A.Z., P.J. Danneman et J.M. Cadillac (2008). « Strategies for assessing and minimizing pain. Chapter VIII » dans *Anesthesia and Analgesia in Laboratory Animals*. 2^e éd., sous la direction de R. Fish, P.J. Danneman, M. Brown et A. Karas. Waltham (Massachusetts, Etats-Unis), American College of Laboratory Animal Medicine Academic Press, Elsevier.
- Kawano, S. et S. Tsuji (2000). « Role of mucosal blood flow: A conceptual review in gastric mucosal injury and protection », *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, vol. 15 (supplément), p. D1-D6.
- Konturek, P.C., T. Brzozowski et S.J. Konturek (2011). « Stress and the gut: Pathophysiology, clinical consequences, diagnostic approach and treatment options », *Journal of Physiology and Pharmacology*, vol. 62, p. 591-599.
- Lensink, B.J., X. Fernandez, X. Boivin, P. Pradel, P. Le Neindre et I. Veissier (2000). « The impact of gentle contacts on ease of handling, welfare, and growth of calves and on quality of veal meat », *Journal of Animal Science*, vol. 78, p. 1219-1226.
- Lilley, C.W., D.W. Hamar, M. Gerlach et J.L. Johnson (1985). « Linking sources and manufacturers copper and bacteria with abomasal ulcers in beef calves », *Veterinary Medicine*, vol. 80, p. 85-88.
- Manteca, C., T. Jauniaux, G. Daube, G. Czaplicki et J.G. Mainil (2001). « Isolation of clostridium perfringens from three neonatal calves with haemorrhagic abomasitis », *Revue De Medecine Veterinaire*, vol. 152, p. 637-639.

- Marshall, T. (2009). « Abomasal ulceration and tympany of calves », *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, vol. 25, p. 209-220.
- Mattiello, S., E. Canali, V. Ferrante, M. Caniatti, F. Gottardo, G. Cozzi, I. Andrighetto et M. Verga (2002). « The provision of solid feeds to veal calves: II. Behavior, physiology, and abomasal damage », *Journal of Animal Science*, vol. 80, p. 367-375.
- Merck Veterinary Manual online. « Abomasal ulcers », repéré à http://www.merckvetmanual.com/mvm/digestive_system/diseases_of_the_abomasum/abomasal_ulcers.html?qt=ulcers%20bovine&alt=sh 17 juillet 2015.
- Mills, K.W., J.L. Johnson, R.L. Jensen, L.F. Woodard et A.R. Doster (1990). « Laboratory findings associated with abomasal ulcers/tympany in range calves », *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, vol. 2, p. 208-212.
- Monnig, A.A. et J.E. Prittie (2011). « A review of stress-related mucosal disease. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care* », vol. 21, p. 484-495.
- Morisse, J.P., J.P. Cotte, D. Huonnic et A. Martrenchar (1999). « Influence of dry feed supplements on different parameters of welfare in veal calves », *Animal Welfare*, vol. 8, p. 43-52.
- Morisse, J.P., D. Huonnic, J.P. Cotte et A. Martrenchar (2000). « The effect of four fibrous feed supplementations on different welfare traits in veal calves », *Animal Feed Science and Technology*, vol. 84, p. 129-136.
- Mueller, K., M. Merrall et N.D. Sargison (1999). « Left abomasal displacement and ulceration with perforation of abdominal musculature in two calves », *Veterinary Journal*, vol. 157, p. 95-97.
- Murray, M.J. (1999). « Pathophysiology of peptic disorders in foals and horses: A review », *Equine Veterinary Journal*, vol. 31, p. 14-18.
- Naylor, J.M. et J.V. Bailey (1987). « A retrospective study of 51 cases of abdominal problems in the calf: etiology, diagnosis and prognosis », *Canadian Veterinary Journal*, vol. 28, p. 657-662.
- Ooms, L. et W. Oyaert (1978). « Electromyographic study of the abomasal antrum and proximal duodenum in cattle », *Zentralblatt Fuer Veterinaermedizin Reihe A*, vol. 25, p. 464-473.
- Overmier, J.B. et R. Murison (2013). « Restoring psychology's role in peptic ulcer », *Applied Psychology: Health and Well-being*, vol. 5, p. 5-27.
- Pardon, B., K. de Bleecker, M. Hostens, J. Callens, J. Dewulf et P. Deprez (2012). « Longitudinal study on morbidity and mortality in white veal calves in Belgium », *BMC Veterinary Research*, vol. 8, p. 26.
- Pearson, G.R., D.B. Welchman et M. Wells (1987). « Mucosal changes associated with abomasal ulceration in veal calves », *Veterinary Record*, vol. 121, p. 557-559.
- Prevedello, P., M. Brscic, E. Schiavon, G. Cozzi et F. Gottardo (2012). « Effects of the provision of large amounts of solid feeds to veal calves on growth and slaughter performance and intravital and postmortem welfare indicators », *Journal of Animal Science*, vol. 90, p. 3538-3546.
- Robertson, I.D., J.M. Accioly, K.M. Moore, S.J. Driesen, D.W. Pethick et D.J. Hampson (2002). « Risk factors for gastric ulcers in australian pigs at slaughter », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 53, p. 293-303.

- Roeder, B.L., M.M. Chengappa, T.G. Nagaraja, T.B. Avery et G.A. Kennedy (1988). « Experimental induction of abdominal tympany, abomasitis, and abomasal ulceration by intraruminal inoculation of *Clostridium perfringens* type A in neonatal calves », *American Journal of Veterinary Research*, vol. 49, p. 201-207.
- Roeder, B.L., M.M. Chengappa, T.G. Nagaraja, T.B. Avery et G.A. Kennedy (1987). « Isolation of clostridium perfringens from neonatal calves with ruminal and abomasal tympany, abomasitis, and abomasal ulcération », *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 190, p. 1550-1555.
- Songer, J.G. et D.W. Miskimins (2005). « Clostridial abomasitis in calves: Case report and review of the literature », *Anaerobe*, vol. 11, p. 290-294.
- Valgaeren, B.R., B. Pardon, B. Flahou, S. Verherstraeten, E. Goossens, L. Timbermont, F. Haesebrouck, R. Ducatelle, F. Van Immerseel et P.R. Deprez (2013). « Prevalence and bacterial colonisation of fundic ulcerations in veal calves », *Veterinary Record*, vol. 172, p. 269.
- Van Putten, G. (1982). « Welfare in veal calf units », *Veterinary Record*, vol. 111, p. 437-440.
- Veissier, I., P. Chazal, P. Pradel et P. Le Neindre (1997). « Providing social contacts and objects for nibbling moderates reactivity and oral behaviors in veal calves », *Journal of Animal Science*, vol. 75, p. 356-365.
- Veissier, I., A.R. Ramirez de la Fe et P. Pradel (1998). « Nonnutritive oral activities and stress responses of veal calves in relation to feeding and housing conditions », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 57, p. 35-49.
- Webb, L.E., E.A.M. Bokkers, L.F.M. Heutinck, B. Engel et W.G. Buist (2013). « The effect of roughage type, amount and particle size on veal calf behavior and gastrointestinal health », *Journal of Dairy Science*, vol. 96, p. 7765-7776.
- Welchman, D.D.B. (1987). « Physiological aspects of welfare research in veal calves with special reference to abomasal ulcers » dans *Welfare Aspects of Housing Systems for Veal Calves and Fattening Bulls*, sous la direction de M.C. Schlichting et D. Smidt. Luxembourg, Commission of the European Communities, p. 89-970.
- Welchman, D.D.B. et G.N. Baust (1987). « A survey of abomasal ulceration in veal calves », *Veterinary Record*, vol. 121, p. 586-590.
- Wensing, T., H.J. Breukink et S. van Dijk (1986). « The effect of feeding pellets of different types of roughage on the incidence of lesions in the abomasum of veal calves », *Veterinary Research Communications*, vol. 10, p. 195-202.
- Wiepkema, P.R., K.K. van Hellemond, P. Roessingh et H. Romberg (1987). « Behaviour and abomasal damage in individual veal calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 18, p. 257-268.
- Yandrapu, H. et J. Sarosiek (2015). « Protective factors of the gastric and duodenal mucosa: An overview », *Current Gastroenterology Reports*, vol. 17, p. 24.
- Yeomans, N.D. (2011). « The ulcer sleuths: The search for the cause of peptic ulcers », *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, vol. 26, p. 35-41.

5. Comparaison des répercussions sur le bien-être des veaux entre les logements en groupe, en stalle et l'élevage au piquet

Conclusions

1. La plupart des études indiquent que les veaux sont plus actifs lorsqu'ils sont logés collectivement qu'en cases individuelles, principalement en raison de l'espace supplémentaire dont ils disposent pour plusieurs activités. Le rôle de l'effet social sur l'expression de la locomotion est moins connu.
2. Les veaux sont motivés pour rechercher des contacts sociaux.
3. Les veaux élevés en paire ont une croissance pondérale supérieure à celle des veaux logés individuellement.
4. Des études indiquent que les veaux en logement individuel se reposent moins avec les pattes étendues, et plus avec les pattes repliées que ceux logés en groupe. Ceci s'expliquerait par l'espace minimal supérieur prévu généralement dans les logements en groupe.
5. Rien ne montre que le logement en groupe accroît le risque de diarrhée.
6. Certaines données montrent que si la prévalence des maladies respiratoires est élevée, elle serait plus grande dans les logements collectifs que dans les logements individuels.
7. Des études indiquent que le risque d'anémie est moindre chez les veaux disposant de plus d'espace que chez ceux logés dans des espaces confinés.
8. Des études comparant les taux de mortalité du logement en groupe et individuel ont constaté une mortalité plus forte dans les grands groupes (> 10 veaux) par rapport au logement individuel, mais n'ont pas trouvé de différence entre logement en petits groupes (< 7 à 10 veaux) et logement individuel.
9. Peu d'études comparent les veaux au piquet à d'autres veaux logés dans des cases similaires. C'est pourquoi il est difficile de tirer des conclusions sur les effets du piquet. Dans les deux études comparant des veaux au piquet à des veaux logés en groupe, les veaux au piquet ont une croissance pondérale moindre dans les dernières phases de production, une concentration sanguine d'hémoglobine et un hématoците inférieurs, et passent moins de temps en sommeil paradoxal. On ne sait pas si les effets décrits sont causés par le piquet ou l'espace disponible.

5.1 Introduction

Depuis quelques années, la question du logement individuel de la plupart des espèces d'élevage connaît un intérêt croissant de l'opinion publique, et le secteur de la production de veau a été fortement critiqué en raison de l'élevage en stalle des veaux. Une stalle est un enclos trop étroit pour que l'animal puisse se retourner, alors que les enclos sont plus spacieux et donnent la possibilité à l'animal de se déplacer et de se retourner. De nombreuses recherches ont examiné la conception de bonnes pratiques pour l'élevage des veaux laitiers de relève, mais peu étudient l'élevage en groupe des veaux. La présente revue de littérature s'intéressera aux travaux sur les veaux logés individuellement, en paire ou en groupe. On réunira les recherches sur les veaux nourris uniquement au lait

et sur les veaux recevant lait et céréales; les résultats relatifs à la santé, au comportement, à la physiologie et au rendement des animaux seront examinés.

Deux avantages du logement en groupe émergent de la littérature. Premièrement, les veaux sont en mesure de nouer des contacts sociaux et deuxièmement, les enclos collectifs accordent aux veaux un espace plus grand. De fait, y compris quand l'espace minimal par veau est identique dans des cases individuelles et en stabulation en groupe, la superficie totale disponible est plus élevée dans les enclos de groupe, ce qui permet aux veaux d'exprimer une gamme plus variée de comportements, notamment de courir, sauter et jouer.

Des preuves scientifiques montrent la forte motivation des jeunes veaux pour ce qui est de la recherche de contact social avec leurs congénères. Holm et coll. (2002) ont ainsi étudié la quantité d'efforts que des veaux logés par paire (8 semaines) étaient prêts à faire pour accéder à leur compagnon après qu'ils en ont été isolés pendant une période maximale de 6 semaines (soit la durée de l'expérimentation). Ils ont examiné les efforts déployés par les veaux pour interagir avec leur compagnon qui se trouvait dans un enclos permettant seulement un contact avec la tête de l'autre veau, par rapport à la période où ils avaient accès à l'ensemble du corps de leur compagnon. Ils ont constaté que les veaux cherchaient plus à entrer en contact avec leur compagnon quand ils avaient accès à tout son corps, plutôt qu'à la seule tête. Ces résultats laissent supposer que, pour les veaux, le contact social complet a plus de valeur qu'un contact uniquement de la tête.

La fréquence de la succion entre veaux et le risque de transmission accrue de maladies sont des sujets de préoccupation pour ce qui est du bien-être en cas de stabulation en groupe. Les recherches montrent toutefois que la succion entre veaux s'explique par les quantités et les modalités d'alimentation et que le phénomène peut être atténué par des méthodes d'alimentation adéquates (voir le chapitre 1 « Gestion de l'alimentation au lait »). Les effets du logement en groupe sur la santé des animaux sont traités ci-dessous.

Plusieurs études comparent directement les veaux logés en groupe et individuellement. Le tableau 5.1 résume leurs résultats. Il s'agit de vastes études épidémiologiques de troupeaux de l'élevage commercial et d'études expérimentales à plus petite échelle. Certaines concernent des veaux lourds, mais la majorité porte sur des veaux laitiers.

Tableau 5.1 Résumé des résultats d'études examinant les différences entre logement collectif et logement individuel des veaux

Référence	Type d'animal	Logement individuel	Taille du groupe et superficie /veau	Âge entré dans groupe	Durée dans groupe	Groupe > Individuel	Individuel > Groupe	Individuel = Groupe
VEAU								
Andrighetto et coll. (1999)	34 veaux de lait mâles Holstein	Piquet 0,6 x 1,4 m	3 1,5m ² /veau	40 jours	142 jours	Gain quotidien 71 à 142 jours (1 387 c. 1 317 g/j) Efficacité alimentaire 71 à 142 jours (gain de 1,83 c. 1,94 g en MS/g) Hémoglobine (10,9 c. 7,7 g/100 ml) Hématocrite (32,9 c. 23,6 %) Pseudo-rumination (1,9 c. 5,1 %)	Jeux de langue (5,1 c. 2,6 %) Auto-toilettage (6,5 c. 2,9 %)	Gain quotidien 0 à 70 jours (1 076 c. 1 055 g/j) Gain quotidien 0 à 142 jours (1 198 c. 1 223 g/j) Apport en MS 0 à 142 jours (2 066 c. 2 060 g/j) Efficacité alimentaire 0 à 142 jours (gain de 1,73 c. 1,69 g MS/g) Poids vif à 142 jours (238,4 c. 240,7 kg) Traitement de maladies gastro-intestinales et respiratoires
Bokkers et Koene (2001)	12 élevages Veaux mâles Holstein	1,4 m ²	5 à 7 1,8 m ²	8 semaines	26 semaines	Station debout semaine 12 Poids en carcasse (147,8 c. 139,4 kg)	Boules de poils (86 c. 33 %)	Station debout semaine 3, 6, 24 Comportement oral Auto-toilettage Hémoglobine Ulcères de la caillette Lésions de la langue Poids des surrénales
Stull et McDonough (1994)	550 Mâles Holstein Veaux de lait	Largeur 0,48 – 0,55	30 1,66 m ²	1 semaine	16 semaines	Cortisol plasmatique semaines 8-16	Poids corporel semaine 16 (161 c. 153 kg) Ratio	Poids corporel semaine 8 (96 c. 94 kg) Ratio

							neutrophiles/lymphocytes semaine 8	neutrophiles/lymphocytes semaines 12 -16
--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------------	---

Tableau 5.1 Résumé des résultats d'études examinant les différences entre logement collectif et logement individuel des veaux (suite)

Référence	Type d'animal	Logement individuel	Taille du groupe et superficie/veau	Âge entrée dans groupe	Durée dans groupe	Groupe > Individuel	Individuel > Groupe	Individuel = Groupe
VEAU								
Xiccato et coll. (2002)	80 veaux mâles Holstein	0,65 × 1,8 m piquet	4 7,04 m ²	60 jours	16 semaines	Poids corporel (254,7 c. 249,2 kg) Croissance pondérale (1,42 c. 1,38 kg/j) Efficacité alimentaire (0,62 c. 0,61 gain/aliments) Hématocrite (j 71, j 113)		Apport de lait Apport d'aliments solides
Veissier et coll. 1998	32 Mâles Holstein et Montbéliards Veaux de lait	0,9 × 2,0 m 1,8 m ² /v eau	4 3,6 × 2,0 1,8 m ² /veau	Non indiqué	19 semaines	Temps de mouvement (1,5 % c. 0 %) Cortisol basal Cortisol après corticolibérine Ulcères de la caillette	Léchage d'objets (2,8 % c. 1,2 %) Reniflement (6 % c. 4 %) Jeux de langue (15/16 c. 6/16)	Mordillement d'objets Cortisol après ACTH ACTH basal Poids des surrénales Hématocrite (38 et 66 jours) Durée des traitements médicaux Croissance pondérale
LAITIER								
Bernal-Rigoli et coll. (2012)	50 mâles laitiers Holstein	1,22 × 2,44 m	3 ou 4 2,98 m ² /veau	3 jours	66 jours	Indices de consistance des fèces (plus aqueuse) pour les veaux nourris au seau (2,1 c. 1,3) Gain quotidien moyen j 41-48 (0,81 c. 0,66 kg/j; p = 0,07) Poids corporel à 66 j (72,6 c.		Note état de santé Indices de consistance des fèces pour les veaux nourris au biberon Gain quotidien moyen total Efficacité alimentaire

						69,9 kg)		
						Moyenne totale de l'apport en matière sèche (1,25 kg/j c. 1,15 kg/j)		

Tableau 5.1 Résumé des résultats d'études examinant les différences entre logement collectif et logement individuel des veaux (suite)

Référence	Type d'animal	Logement individuel	Taille du groupe et superficie/v eau	Âge entrée dans groupe	Durée dans groupe	Groupe > Individuel	Individuel > Groupe	Individuel = Groupe
LAITIER								
Chua et coll. (2002)	30 Holstein veaux laitiers	1,2 × 1,7 m 2,04 m ²	2 2,04 m ²	2 j	8 semaines	Croissance pondérale semaine 6 Station debout (4,77 c. 3,33) Mouvements (1,43 c. 0,64)	Tête hors de l'enclos (12,63 c. 9,59)	Croissance pondérale semaines 1-5 et semaines 7-8 Durée des diarrhées (3,7 j c. 3,1 j) Auto-toilettage (3,53 c. 3,07) Succion tétine (3,43 c. 3,77)
Cobb et coll. (2014a)	90 femelles laitières Holstein	1,83 × 1,87 m 2,5 m ² * mauvaise ventilation et bâtiment sale	2 ou 3 2,5 m ² * mauvaise ventilation et bâtiment sale	(2 ± 1 j)	90 jours	Apport de céréales semaine 8, 9, 11 Fréquence des maladies respiratoires (10 c. 23 c. 34 % p = 0,09)		Apport de céréales semaines 1-7 Croissance pondérale totale Fréquence des diarrhées (66 c. 44 c. 57 % pour 1, 2 et 3) Fréquence de maladies graves du veau dans les 2 premières semaines (30 c. 37 c. 13 %) Mortalité des veaux (7 c. 23 c. 17 % pour 1, 2 et 3) Mesures d'immunisation
Cobb et coll. (2014b)	49 Vaches laitières Holstein	1,09 × 2,13 4,8 m ² * niche à l'extérieur	3 7,0 m ² * niche à l'extérieur	2 ± 1 j	90 j	Apport d'aliment de démarrage après sevrage Croissance pondérale pendant le sevrage (j 54 –j 68) Indices fèces (après j 9 p= 0,097) Amélioration réponse neutrophiles	Exploration d'un nouvel environnement	Apport d'aliment de démarrage avant sevrage Efficacité alimentaire Fréquence des diarrhées Concentrations d'haptoglobuline

Costa et coll. (2015)	40 Mâles laitiers Holstein	1,2 × 2 m	2 2,4 m ² /veau	6 ± 3 j (paire dès les premiers temps, PP) 43 ± 3 j (paire tardive, PT)	64 j PP 27 j PT	Ingestion d'aliment de démarrage par le veau (PP > PT et Indiv.) Total apport MS (PP > PT et Indiv.) Croissance pondérale totale (PP 0,89 > Indiv. 0,76 et PT 0,73). Croissance pondérale après sevrage gain (PP > PT et Indiv.)	Apport de RTM (ration totale mélangée) Croissance pondérale avant sevrage jusqu'à 6 semaines
-----------------------	----------------------------	-----------	-------------------------------	--	------------------------	---	---

Tableau 5.1 Résumé des résultats d'études examinant les différences entre logement collectif et logement individuel des veaux (suite)

Référence	Type d'animal	Logement individuel	Taille du groupe et superficie/veau	Âge entrée dans groupe	Durée dans groupe	Groupe > Individuel	Individuel > Groupe	Individuel = Groupe
LAITIER								
De Paula Vieira et coll. (2012)	18 veaux laitiers Holstein	1,2 × 2,0 m	2 2,4 m ² /veau	1 semaine	10 semaines	Exploration dans essai avec veau non connu (358,2 c. 262,1 s)	Taux de défécation en réponse à la nouveauté (1,3 c. 0,6) « Se retire » (4,7 c. 1,6). Latence avant de commencer une interaction sociale avec un veau inconnu (111,1 c. 20,4 s)	
De Paula Vieira et coll. (2010)	27 veaux laitiers Holstein	1,2 × 2,0 m	2 2,4 m ² /veau	4 j	52 j (Le jour 56 individus et paires étaient déplacés vers des groupes de 6 veaux)	Apport d'aliment de démarrage pendant la période d'allaitement jusqu'au jour 36 (93 c. 59 g/j) Visites au nourrisseur après mise en groupe à 56 j (41,6 c. 26,4 visites/jour) Temps passé au nourrisseur après mise en groupe (87. c. 65,3 min/j) Croissance pondérales 2 à 3 j après mise en groupe (0,5 c. -2,4 kg/j; et 0,8 c. -0,9 kg/j)	Manifestations vocales du j. 42 au j. 48 (7,6 c. 2,1 appels/2 h) Manifestations vocales au sevrage (194 c. 84 appels/2 h) Manifestations vocales du j. 49 au j. 55 (75,7 c. 29,4 appels/veau; p < 0,001) Latence avant de commencer à s'alimenter après mise en groupe (49,5 ± 4,1 c. 9,1 ± 2,6 h/veau)	Apport de lait (9,6 kg/j) Croissance pondérale avant sevrage (61,0 ± 4,7 kg/veau)

Duve et Jensen (2012)	54 Femelles et mâles laitiers Holstein	1,5 × 1,5 m	2 2,25m ² /veau	< 60 h (PP) 3 semaines (PT)	6 semaines 3 semaines			Croissance pondérale Temps passé en position couchée Succion entre veaux rare
Gaillard et coll. (2014)	18 veaux laitiers Holstein	1,2 × 2,0 m 2,25 m ²	2 2,4m ² /veau	4-5 j	4 à 7 semaines	Amélioration de l'apprentissage inversé (p = 0,018).		Taux d'apprentissage par discrimination initial Temps passé à explorer un nouvel objet

Tableau 5.1 Résumé des résultats d'études examinant les différences entre logement collectif et logement individuel des veaux (suite)

Référence	Type d'animal	Logement individuel	Taille du groupe et superficie/v eau	Âge entrée dans groupe	Durée dans groupe	Groupe > Individuel	Individuel > Groupe	Individuel = Groupe
LAITIER								
Hänninen et coll. (2005)	36 Holstein mâles	1,05 × 1,8 m	2 1,89 m ² /veau	1 semaine	20 semaines	Temps passé couché sur le côté		Gain quotidien moyen Durée totale en position couchée
Hänninen et coll. (2003)	32 veaux laitiers mâles Ayrshire/ Friesian	1,0 × 1,2 m	4 3 m ² /veau	8 j	12 semaines	Repos avec tête au sol (1,5 ± 0,4 c. 5,7 ± 1,2 %) Repos sur le côté (1,4 c. 2,46 %) Locomotion (3,5 c. 5,4 %)	Fréquence de la diarrhée (6,3 c. 1,2 %)	Gain quotidien moyen (756 c. 888 g/j) Durée des diarrhées
Jensen et coll. 2015	48 mâles et femelles Holstein	3,0 × 4,5 m	2 6,75 m ²	3	40 j	Apport de concentré si nourris de 9 L/j de lait (840 c. 530 g/j) Croissance pondérale si nourris de 9 L/j de lait (990 c. 850 g/j)	Jeux locomoteurs	Apport de concentré si nourris de 5 L/j de lait Gain quotidien si nourris de 5 L/j de lait Total jeux (sociaux + locomoteurs)
Losinger and Heinrichs 1997	47 057 femelles laitières Holstein	Non indiqué	2 à 6 (petit) + de 7 (grand)	Non indiqué	Non indiqué	Risque de forte mortalité Grand > Individuel (1,0 c. 0,61)		Risque de forte mortalité Petit = Individuel (0,67 c. 0,48)
Miller-Cushon et De Vries 2016	20 mâles laitiers	1,8 × 2,4 m 4,32 m ²	2 4,32 m ²	Naissance	52 j.	Apport alimentaire MS pendant sevrage (0,46 c. 0,20 kg/j)		Apport de lait de remplacement avant sevrage

	Holstein					<p>Croissance pondérale pendant sevrage (0,67 c. 0,41 kg/j)</p> <p>Apport d'aliments solides semaine 6 (0,17 c. 0,062 kg MS/j)</p> <p>Fréquence des repas solides semaine 6</p> <p>Préfèrent s'alimenter près d'un autre veau</p>		<p>Apport d'aliments en MS avant sevrage</p> <p>Croissance pondérale avant sevrage</p> <p>Apport de lait de remplacement semaine 6</p> <p>Apport d'aliments après sevrage</p> <p>Croissance pondérale après sevrage</p>
--	----------	--	--	--	--	---	--	---

Tableau 5.1 Résumé des résultats d'études examinant les différences entre logement collectif et logement individuel des veaux (suite)

Référence	Type d'animal	Logement individuel	Taille du groupe et superficie/v eau	Âge entrée dans groupe	Durée dans groupe	Groupe > Individuel	Individuel > Groupe	Individuel = Groupe
LAITIER								
Pempek et coll. 2016	40 femelles laitières Jersey	1,22 × 1,17 1,43 m ² niche	2 1,46 m ²	Naissance	9 semaines	<p>Croissance pondérale (0,63 c. 0,59 kg/j; p = 0,09)</p> <p>Poids corporel final (64,9 c. 61,7 kg)</p> <p>Apport de céréales semaine 9 (2,36 c. 2,1 kg/j)</p>	<p>Succion non nutritive (21,5 c. 8,15 %)</p> <p>Auto-toilettage (1,94 c. 0,67 %)</p> <p>Jeu avec des objets (1,36 c. 0,21 %)</p>	<p>Indice fécal</p> <p>Température corporelle</p> <p>Apport de céréales</p> <p>Position debout c. couchée</p> <p>Jeux locomoteurs</p>
Pereira et coll. 2014	658 femelles laitières Holstein	Non indiqué	15 à 20	3 j	65 j	Résistance <i>E. coli</i> à 2 antibiotiques	<p>Résistance <i>E. coli</i> à 5 antibiotiques</p> <p>Présence de <i>Salmonella</i> (83 % c. 33 %)</p>	Résistance <i>E. coli</i> totale aux antibiotiques
Richard et coll. 1988	12 veaux laitiers Holstein	1,17 × 1,96 m	3 2,05 m ² /veau	1 j	6 semaines	<p>Poids corporel moyen avant sevrage (semaines 1-5) (62,9 c. 58,2 kg)</p> <p>Apport de lait de remplacement (1,48 c. 1,20 kg/j)</p>	Hématocrite (37,2 c. 29,6 %; P<0,10)	<p>Poids corporel semaine 6</p> <p>Gain quotidien moyen</p> <p>Ingestion d'aliment de démarrage par le veau</p>

						Concentration de glucose dans le plasma semaines 2-4		
Svensson et coll. 2003	3 081 femelles Holstein Red + pie noire laitières	Non indiqué	3 à 8 petit 6 à 30 grand	1-2 semaine	5 à 9 semaines	Incidence des maladies respiratoires Grand > Individuel (7,4 c. 3,5)		Fréquence des diarrhées Incidence des maladies respiratoires (Individuel = petit) (3,1 c. 3,5 %)

Tableau 5.1 Résumé des résultats d'études examinant les différences entre logement collectif et logement individuel des veaux (suite)

Référence	Type d'animal	Logement individuel	Taille du groupe et superficie/veau	Âge entrée dans groupe	Durée dans groupe	Groupe > Individuel	Individuel > Groupe	Individuel = Groupe
LAITIER								
Tapki 2007	24 Holstein laitiers	1,0 x 1,5 m 1,5 m ²	3 3 m ² /veau	34 j	30 j	<p>Marche (19,14 c. 3,81 %; p < 0,01)</p> <p>Jeu (12,80 c. 2,86 %; p < 0,01)</p> <p>Toilettage (8,06 c. 4,60 %; p < 0,01)</p> <p>Ingestion d'aliment de démarrage par le veau (37,35 c. 23,39 kg/30 j; p < 0,01)</p> <p>Apport de foin de luzerne (8,76 c. 7,14 kg/30 j; p = 0,045)</p> <p>Ingestion d'aliments (46,11 c. 30,53 kg/30 j; p < 0,01)</p> <p>Poids corporel 63 j (69,87 c. 67,71)</p> <p>Croissance 34 à 63 j (20,94 c. 18,58 kg); croissance 4 à 63 j (33,87 c. 30,69 kg)</p>	<p>Léchage d'objets (2,94 c. 1,03 %; p < 0,01)</p> <p>Station debout (36,29 c. 20,73 %; p < 0,01)</p> <p>Position couchée (39,53 c. 30,19; p < 0,01)</p> <p>Agitation (3,47 c. 1,69; p < 0,01)</p>	<p>Jeux de langue (6,50 c. 6,36 %; p < 0,01)</p>
Valníčková et coll. 2015	40 Femelles Holstein et tchèques laitières	2,9 m ² *niche à l'extérieur 50 %	4 2,9 m ² *niche à l'extérieur 50 % avec leur mère	11 j	8 semaines	<p>Jeux locomoteurs dans enclos d'origine semaines 2 et 5</p> <p>Poids corporel semaines 4 - 9</p>	<p>Jeux locomoteurs dans grand enclos d'essai</p>	

		avec leur mère mais sans interaction	mais sans interaction					
Waltner-Toews et coll. 1986	682 femelles laitières Holstein	Non indiqué	Non indiqué	Non indiqué	Non indiqué	Risques de mortalité estivale (X 3,91) (p > 0,15)		

Tableau 5.1 Résumé des résultats d'études examinant les différences entre logement collectif et logement individuel des veaux (suite)

Référence	Type d'animal	Logement individuel	Taille du groupe et superficie/v eau	Âge entrée dans groupe	Durée dans groupe	Groupe > Individuel	Individuel > Groupe	Individuel = Groupe
LAITIER								
Warnick et coll. 1977	36 mâles et femelles laitiers Holstein	1,2 × 2,4 m (niche à l'extérieur)	6 10,16 m ²	? (à la naissance)	124 j	Croissance pondérale j. 74-124 (45,6 c. 40,9 kg)		Croissance pondérale j. 0-j 74 Apport d'aliments solides
BEEF								
Hanekamp et coll. 1994	1 040 Rouge et blanche Boucherie Bœufs	0,65 × 1,65 m	5 1,2 m ²	1-2 semaine	3 mois	Troubles respiratoires (60 c. 38,5 %)	Croissance pondérale (677 c. 650 g/j) Apport d'aliments (750 c. 730)	Mortalité (2,1 c. 3,5 %) Efficacité alimentaire

5.2 Comportement

5.2.1 Activité

L'exercice est important pour préserver la santé et le bien-être des animaux pendant leur croissance. Les recherches sur l'homme et d'autres animaux sont très intéressantes pour l'industrie du veau, notamment les résultats montrant que l'exercice augmenterait la concentration sanguine d'hémoglobine et la proportion d'hématies (hématocrite), ce qui accroît la capacité de transport de l'oxygène et réduit le risque d'anémie (par exemple, Hu et Lin, 2012). Cet effet a été montré sur des veaux logés par groupes de 3, qui avaient la possibilité de faire de l'exercice, comparés à des veaux élevés au piquet (Andrighetto et coll., 1999). L'exercice peut aussi augmenter la croissance musculaire et osseuse (Iwamoto et coll., 2004). Chez les jeunes veaux, les comportements d'exercice sont la marche, la course, le saut et les ruades (souvent désignés par l'expression « jeux locomoteurs »).

Les jeux locomoteurs seraient un signe de bien-être chez les animaux en pleine croissance (Held et Spinka, 2011). Plusieurs études ont montré que de nombreux facteurs nuisant au bien-être des veaux –comme la faim due à une ration insuffisante, le sevrage (Krachun et coll., 2010) ou l'absence de prise en charge de la douleur pendant l'écornage – diminuent la pratique de jeux locomoteurs (Mintline et coll. 2012a; Rushen et de Passillé, 2012). Les veaux pratiquant plus de jeux locomoteurs présentent des taux de croissance supérieurs avant et après le sevrage (Miguel-Pacheco et coll., 2015).

La plupart des études indiquent que les veaux sont plus actifs dans les enclos en groupe que dans les cases individuelles (non des stalles), mais ceci pourrait s'expliquer par l'espace supplémentaire disponible dans les enclos collectifs et non par l'effet social en lui-même. Six études ont comparé le temps passé par des veaux en station debout et en position couchée (tableau 5.1). Trois études constatent que la station debout est plus fréquente dans les enclos de groupe : deux d'entre elles portaient sur des veaux logés en grand groupe (Bokkers et Koene, 2001 : 9 m²; Tapki, 2007 : 9 m²); l'étude concernant des enclos plus petits rapporte ce même effet (les veaux ne sont pas logés dans des stalles) (Chua et coll., 2002 : 4,08 m²). Dans les 3 autres études, s'intéressant à des enclos de groupes plus petits, aucune différence n'est observée (Pempek et coll., 2016 : 2,92 m²; Hänninen et coll., 2005 : 3,5 m²; Duve et Jensen, 2012 : 4,5 m²). Quatre études indiquent des mesures de la « locomotion », du « déplacement » ou de la « marche », et toutes concluent que l'activité est plus importante dans les enclos collectifs (Veissier et coll., 1998; Tapki, 2007; Hänninen et coll., 2003; Chua et coll., 2002). Sur les quatre études ayant mesuré les activités demandant beaucoup d'énergie, comme la course, le saut et les ruades (couramment désignées par l'expression « jeux locomoteurs »), deux ont considéré que le logement en groupe y était plus favorable (Tapki, 2007; Valníčková et coll., 2015), une a constaté que le logement individuel y était plus favorable (Jensen et coll., 2015; dans les deux cas, les enclos étaient spacieux), tandis qu'une étude n'a observé aucune différence entre les deux systèmes (Pempek et coll., 2016). Il reste que les avantages du logement en groupe sont probablement liés à l'espace total disponible. Ainsi, LeNeindre (1993) montre que les veaux logés en groupe sont plus actifs que les veaux logés individuellement disposant d'un espace plus réduit, mais qu'il n'y a pas de différence si l'espace minimal par veau est équivalent dans les deux types de stabulation.

Dans les deux études rapportant que les veaux logés en groupe pratiquaient plus de jeux locomoteurs, les enclos avaient une superficie totale nettement supérieure à la superficie totale des enclos individuels (Tapki et coll., 2007 : 9 m² c. 1,5 m²; Valníčková et coll., 2015 : 11,6 m² c. 2,9 m²). L'étude ne rapportant aucune différence entre les deux systèmes portait sur des enclos moins vastes (Pempek et coll., 2016 : 2,92 m² c. 1,43 m²). Jensen et coll. (2015) ont observé davantage de jeux locomoteurs dans les cases individuelles, mais elles étaient au total aussi larges que les enclos collectifs, avec un espace minimal par animal plus grand (13,5 m² c. 6,75 m²). Ce résultat est étayé par d'autres travaux qui ont démontré que les espaces vastes favorisaient les jeux locomoteurs (Mintline et coll., 2012b).

Les veaux élevés au piquet sont plus actifs quand ils sont libérés dans un espace ouvert que lorsqu'ils sont gardés dans un logement collectif (Dantzer et coll., 1983). Les veaux logés dans des cases individuelles étroites sont également plus actifs lorsqu'ils sont libérés dans un espace ouvert par rapport à ceux dont la case est spacieuse (travaux les plus récents de Rushen et de Passillé, 2014). Ce résultat a été interprété comme un « rebond » compensatoire de la motivation pour l'activité, en raison du faible niveau d'activité montré dans l'enclos de taille réduite (Dellmeier et coll., 1985). Jensen et coll. (1997) ont observé que, par rapport à des veaux logés en groupe, les veaux en logement individuel sont plus immobiles lorsqu'ils sont placés dans un espace ouvert non familier (ou essai en « plein champ »), ce qu'ils ont interprété comme un signe de peur.

On connaît mal l'effet du contact social en soi (indépendamment de l'espace par veau) sur les jeux locomoteurs. Logés collectivement, les veaux se livrent à des jeux avec leurs compagnons, essentiellement des jeux de bagarre (Jensen et Kyhn, 2000). Jensen et coll. (2015) ont mesuré que la durée totale des jeux sociaux et locomoteurs des veaux logés en groupe était égale à la durée des jeux locomoteurs chez les veaux logés individuellement, ce qui laisse supposer que la durée plus longue des jeux locomoteurs est un substitut à l'absence de jeux sociaux.

5.2.2 Positions de repos

Plusieurs travaux montrent que les veaux en stabulation collective sont plus en mesure d'adopter des positions de repos décontractées en tendant les pattes (Andrighetto et coll., 1999) ou en se couchant complètement sur le côté ou avec la tête posée au sol (Hänninen et coll., 2005). Ces positions, que ce soit couché complètement sur le côté ou la tête posée au sol, sont importantes, car elles sont le plus associées au sommeil paradoxal des veaux (Hänninen et coll., 2008). Cet effet du logement collectif est probablement dû au plus grand espace disponible dans les grands enclos de groupe. Dans une revue de la littérature sur le bien-être du veau, LeNeindre (1993) rapporte des données (provenant d'un rapport non évalué par un comité de lecture) révélant que les veaux dont les cases individuelles sont plus spacieuses adoptent plus de positions pattes tendues et moins de positions pattes repliées que les veaux logés dans des cases individuelles plus étroites, mais aussi que les veaux logés en groupe. De plus, les résultats d'une étude épidémiologique indiquent qu'un espace inférieur à 1,8 m²/veau est associé à une prévalence plus élevée de la bursite; les auteurs supposent que l'espace plus grand permet aux veaux de tendre les pattes, réduisant peut-être ainsi la tuméfaction des bourses carpiennes (Brscic et coll., 2011).

Jensen (1995) a comparé des génisses de 12 semaines au piquet et logées en groupe de 3 (puis élevées au piquet à partir de 23 semaines). À 20 semaines, les génisses au piquet passaient plus de temps en position couchée (62 % c. 56 %), couchée avec la tête levée (52,2 % c. 45,6 %) que les génisses logées en groupe. Les veaux élevés au piquet tardivement ont plus de difficulté à changer de position au début dans la stalle en stabulation entravée et souffrent d'une réduction de la durée pendant laquelle ils restent couchés par rapport aux veaux élevés au piquet à partir d'un plus jeune âge. Une autre étude (Andrighetto et coll., 1999) a montré que les veaux au piquet passaient plus de temps couchés avec les quatre pattes repliées que les animaux logés en groupe (41,8 c. 26,6 %). Les animaux au piquet n'ont jamais tendu les quatre pattes pendant toute la période d'observation, probablement en raison des dimensions étroites de la stalle.

L'élevage au piquet diminue aussi la fréquence à laquelle les veaux sont couchés la tête tournée vers l'arrière (phase de sommeil paradoxal) par rapport aux veaux non entravés en enclos (de Wilt, 1985). Dans des stalles équipées d'une chaîne coulissante, la fréquence de la posture était moindre que chez des veaux logés dans des stalles de largeur identique, mais équipées d'une chaîne fixe.

5.2.3 Comportement anormal

Cinq études rapportent une fréquence plus élevée des comportements anormaux chez les veaux en logement individuel par rapport à ceux logés collectivement, notamment des jeux de langue (LeNeindre, 1993; Andrighetto et coll., 1999), de la succion non nutritive (Pempek et coll., 2016) ou du léchage d'objets (Veissier et coll., 1998; Tapki et coll., 2007). À l'opposé, par exemple, dans une revue de recherches non évaluées par des pairs, LeNeindre (1993) rapporte plus de phénomènes de léchage d'objets (conjuguée au grattage) chez des veaux en stabulation collective. Cependant, certaines données montrent que la taille plus grande de l'espace du logement de groupe expliquerait les différences. LeNeindre (1993) montre que les veaux en groupe expriment moins de mouvements répétitifs de la langue que les veaux logés seuls et disposant de moins d'espace, alors qu'aucune différence n'est observable quand l'espace du logement individuel équivaut à l'espace par veau du logement collectif. Cette conclusion est étayée par l'étude épidémiologique de Leruste et coll. (2014) qui montre que l'augmentation de l'espace par veau dans les logements collectifs au-delà du minimum requis par l'Union européenne, soit 1,8 m²/veau, réduit l'incidence des jeux de langue.

De plus, les veaux logés en enclos collectifs, pratiquent parfois la succion d'autres veaux, ce qui est impossible dans la plupart des logements individuels. Bokkers et Koene (2001) ont mesuré la durée totale des comportements oraux et n'ont trouvé aucune différence entre les veaux en stabulation collective et en logement individuel. Comme on l'explique au chapitre 1 du présent rapport, la présence de ces comportements serait plus le reflet des pratiques alimentaires que des méthodes de logement.

5.3 Croissance pondérale

Vingt-deux études (5 élevages de veaux, 16 de production laitière et 1 de production de bœuf) ont comparé la croissance pondérale de la stabulation en groupe ou en logement individuel. Sur ces études, 15 (3 sur la production de veau, 12 sur la production laitière) observent des avantages du logement collectif à un moment donné, 2 (1 sur la production de veau et 1 sur la production de bœuf) rapportent un avantage pour le logement individuel, et 5 (1 sur la production de veau et 4 sur la production laitière) ne constatent aucune différence pour aucune mesure en aucun temps. Il ne semble pas que les résultats différents de ces études s'expliquent par l'âge d'introduction des veaux dans les groupes : en effet, cet âge variait de peu après la naissance à 60 jours dans les études rapportant une croissance plus élevée en logement de groupe, alors que dans les deux études où le logement individuel était plus avantageux, les veaux étaient introduits dans des groupes à l'âge de 1 ou 2 semaines (Hanekamp et coll., 1994) ou à un âge moyen de 7 jours (Stull et McDonough, 1994). Certes, Costa et coll. (2015) mesurent une croissance pondérale plus élevée chez les veaux placés dans des groupes à l'âge de 6 jours, mais non chez les veaux placés en groupe à 43 jours, ce qui laisse supposer que l'introduction des veaux à un jeune âge ne nuit pas à leur taux de croissance.

L'espace disponible par veau en logement individuel n'est pas non plus une cause évidente de la différence de croissance pondérale. L'espace par veau dans les logements individuels étudiés où la croissance était supérieure aux logements en groupe était souvent identique à l'espace disponible pour chaque veau dans les enclos collectifs (Chua et coll., 2002, groupes de 2; Costa et coll., 2015, groupes de 2; De Paula Vieira et coll., 2010, groupes de 2; Bernal-Rigoli et coll., 2012, groupes de 3 ou 4; Miller-Cushon et De Vries, 2016, groupes de 2) ou, dans un cas, supérieur à celui accordé à chaque veau logé en groupe (Jensen et coll., 2015, groupes de 2).

Le gain quotidien moyen des veaux élevés au piquet (1 317 c. 1 387 g/jour) est inférieur à ceux élevés en groupe pendant les 72 derniers jours de l'essai (Andrighetto et coll., 1999).

Le nombre de veaux par groupe importerait : la majorité des études ont établi la supériorité des logements collectifs comprenant 2 à 4 animaux. Deux études ont comparé des groupes de 5 à 7 animaux à des veaux logés

individuellement : l'une rapporte des poids de carcasse supérieurs chez les veaux logés en groupe (Bokkers et Koene, 2001) et l'autre des croissances pondérales équivalentes (Warnick et coll., 1977). Cependant, les deux études comportent des problèmes méthodologiques – comme l'examen des différences de ration entre les veaux en enclos collectif et en enclos individuel (Bokkers et Koene, 2001) et le fait de garder les veaux logés seuls à l'extérieur et les veaux en groupe à l'intérieur (Warnick et coll., 1977) – qui ne permettent pas de tirer des conclusions formelles sur l'effet du logement en groupe sur la croissance pondérale. Les études établissant la supériorité de la croissance pondérale chez les individus logés seuls les comparaient à des veaux élevés dans des groupes de 30 animaux (Stull et McDonough, 1994) ou 5 animaux (Hanekamp et coll., 1994). Le corpus examiné révèle qu'il est possible d'obtenir une croissance pondérale supérieure dans les systèmes de logement collectif par rapport au logement individuel.

5.4 Apport alimentaire et efficacité alimentaire

La croissance pondérale supérieure mesurée dans les logements en groupe s'expliquerait par l'ingestion plus élevée d'aliments solides. Quatre études ont comparé l'ingestion de lait ou de lait de remplacement en stabulation collective et individuelle : l'une a établi que le logement en groupe était avantageux (Richard et coll., 1998, groupes de 3) alors que les 3 autres n'ont constaté aucune différence (Xiccato et coll., 2002, groupes de 4; De Paula Vieira et coll., 2010, groupes de 2; Miller-Cushon et De Vries, 2016, groupes de 2). Douze études ont examiné l'ingestion d'aliments solides : 9 études ont établi que le logement en groupe était avantageux (Tapki, 2007; Costa et coll., 2015; De Paula Vieira, et coll., 2010; Bernal-Rigoli et coll., 2012; Jensen et coll., 2015; Pempek et coll., 2016; Cobb et coll., 2014a et b; Miller-Cushon et De Vries, 2016), 3 études n'ont constaté aucune différence (Xiccato et coll., 2002; Richard et coll., 1988; Warnick et coll., 1977) tandis qu'une étude a établi que le logement individuel favorisait davantage la croissance (Hanekamp et coll., 1994). Cinq recherches se sont intéressées à l'efficacité alimentaire : 2 ont établi que le logement en groupe était plus avantageux que l'élevage au piquet (Andrighetto et coll., 1999, groupes de 3; Xiccato et coll., 2002, groupes de 4) et 3 n'ont constaté aucune différence entre les veaux logés en groupe et individuellement (Bernal-Rigoli et coll., 2012, groupes de 3 ou 4; Cobb et coll., 2014b, groupes de 3; Hanekamp et coll., 1994, groupes de 5). En général, le logement par groupes de 2 à 5 veaux accroît l'ingestion d'aliments solides et parfois l'efficacité alimentaire; on ne rapporte aucun effet délétère sur l'ingestion de lait.

5.5 Santé

La transmission de pathogènes gastro-intestinaux se fait directement par voie oro-fécale, des excréments de veaux infectés aux bouches de veaux réceptifs. Elle a également lieu par contact de museau à museau ou par inhalation d'aérosols produits par la toux, la miction ou la défécation. Le logement individuel empêche les comportements de tétée et de succion ainsi que la contamination croisée fécale plus efficacement que les systèmes de logement collectif (Barrington et coll., 2002). La transmission de pathogènes respiratoires se fait par contact de museau à museau, l'exposition à l'environnement ou à des vecteurs passifs et par inhalation d'aérosols. Les pathogènes respiratoires viraux communs se transmettent à plus de 4 mètres. Par conséquent, l'élevage des veaux dans des cases individuelles adjacentes dans un volume d'air commun ne réduirait pas significativement le risque de transmission entre veaux par inhalation d'aérosols. Les contacts accrus entre veaux excréteurs de pathogènes respiratoires et veaux réceptifs augmentent la propagation des maladies. Plus le groupe est grand, plus le risque de présence d'au moins un veau excréteur de pathogènes respiratoires est élevé. Ce veau peut exposer le reste du groupe à la maladie par contact rapproché, transmission d'aérosols ou transmission environnementale par le matériel commun de distribution d'aliments, etc. De plus, l'augmentation de la taille du groupe augmenterait le risque de maladies respiratoires en réduisant l'espace au sol par veau, le volume d'air par veau et la qualité de l'air (en accroissant la contamination aéroportée) (Callan et Garry, 2002).

Dix-sept études donnent les résultats d'une comparaison entre logement collectif et logement individuel pour ce qui est de paramètres de santé : l'une établit la supériorité du logement en groupe, 11 études considèrent le logement individuel comme plus favorable à la santé et 5 ne relèvent aucune différence (tableau 5.2). Il faut toutefois noter que les raisons des différences ne sont pas formellement établies et que les mesures des indicateurs de santé manquaient souvent d'uniformité.

Bernal-Rigoli et coll. (2012) ont mesuré des indices fécaux plus élevés (fèces plus liquides) chez les veaux élevés en groupe, mais seulement s'ils étaient nourris au seau (mais pas s'ils étaient nourris au biberon). De même, Cobb et coll. (2014b) ont enregistré des indices fécaux plus élevés chez les veaux logés en groupe, mais l'incidence de la diarrhée était identique. En revanche, Hänninen et coll. (2003) indiquent une incidence inférieure de la diarrhée chez les veaux logés en groupe, alors que Svensson et coll. (2003), Andrighetto et coll. (1999), Chua et coll. (2002), Pempek et coll. (2016), et Cobb et coll., (2014a) ne constatent aucune différence ni pour l'incidence ni pour la durée des diarrhées. Pereira et coll. (2014) ont isolé *Salmonella* (une cause possible de diarrhée) chez un plus grand nombre de veaux logés individuellement que de veaux en logement collectif, tandis que l'incidence de la résistance aux antibiotiques d'*E. coli* était égale dans les deux systèmes de stabulation.

Tableau 5.2 Taux de mortalité, taux de réforme, morbidité et date et causes de mortalité des veaux lourds et laitiers

Référence	Mortalité annuelle totale [écart groupes ^e ; écart exploitations]	Réforme annuelle totale [écart groupes; écart exploitations]	Pic des pertes par décès [cause déterminée par nécropsie comme pourcentage de la mortalité totale]	Nb semaines au pic de pertes (mort et réforme)	Cause unique de mortalité [pourcentage de la mortalité totale]	Morbidité
Sargeant et coll. (1994a) - 4 863 veaux lourds blancs - 6 exploitations de l'Ontario (300 à 6 000 veaux par exploitation) - logement en stalles (40 à 107 stalles/salle) - tous traités par antibiotiques pendant semaine 1	3,7 % [0-17,5 %; 1,4-7,9 %]	5,1 % [†] [0-20,6 %; 2,6-10,6 %]	Semaines 2 et 3, semaines 7 et 8	5 et 8	Pneumonie (surtout entre les semaines 4 à 10)*	Au total 59 % des veaux ont reçu au moins 1 traitement individuel, pour la majorité entre les semaines 3 et 6
Sargeant et coll. (1994b) - 2 251 veaux lourds (viande rose) - 7 exploitations de l'Ontario élevant 46 à 1 135 veaux/an - logement collectif, avec groupes allant de 5 à 55 animaux	5,4 % [1,0-21,7 %]	0,8 % ^a [0-2,9 %]		5 et 17-20 ^b		17,5-84,9 % des veaux ont reçu au moins 1 traitement individuel
Windyeyer et coll. (2014) - 2 874 génisses laitières de relève sur 19 fermes laitières du Minnesota et de l'Ontario - suivies pendant 3 mois	3,5 %; médiane 3,2 % ^c [--; 0-10 %] ^c		11 jours ^c	--		23 % des veaux traités pour diarrhée Écart du niveau de traitement de la diarrhée selon l'exploitation (0-44 %) 22 % des veaux traités pour complexe respiratoire bovin (écart entre exploitations 0-56 %)
Pardon et coll. (2012) - veaux laitiers, de boucherie et de race croisée, examinés par une étude belge sur le veau de lait - le régime et d'autres facteurs différent selon la race, mais peu de différences significatives dans l'ensemble pour la mortalité et la morbidité entre les différents systèmes - 5 853 veaux étudiés - stalle individuelle pendant 6 semaines, puis logement collectif sur caillebotis - abattage autour de 6 à 8 mois	5,3 % (4,9 % chez les races laitières) ^{d,f} [--; 1,8-10,9 %]	0,3 %	Premier pic à la semaine 2 [pneumonie 27,3 %; entérites 22,7 %] Second pic à la semaine 9 [principalement péritonite, surtout chez les races laitières, écart 0,4-2 %] Troisième pic dans le dernier stade [presqu'exclusivement dû à des troubles du rumen] Pic de la mortalité due à la pneumonie dans les semaines 2-6, mais se poursuit à un	--	Appareil digestif [41,9 %]** <i>Autres détails :</i> Appareil respiratoire [27,7 %] Péritonite idiopathique [14,6 %] Musculosquelettique [3,6 % - problème se posant surtout chez les races de boucherie] <i>Plus précisément :</i> Pneumonie [27 %] Troubles du rumen [18,6 %] Entérites [9,6 %]	Risque de morbidité totale de la cohorte 25 % [complexe respiratoire bovin 56,1 %; diarrhée 18,5 %; otite 5,7 % et arthrite 5,5 % des veaux avec morbidité] Pic de morbidité pendant les 3 premières semaines, puis déclin graduel avec très peu de traitements à la fin de la production Diarrhées particulièrement fréquentes pendant les 3 premières semaines Complexes respiratoires bovins fréquents immédiatement à l'arrivée et pic à la semaine 3

			niveau moindre tout au long de la période			
--	--	--	---	--	--	--

Tableau 5.2 Taux de mortalité, taux de réforme, morbidité et date et causes de mortalité des veaux lourds et laitiers (suite)

Référence	Mortalité annuelle totale [écart groupes ^e ; écart exploitations]	Réforme annuelle totale [écart groupes; écart exploitations]	Pic des pertes par décès [cause déterminée par nécropsie comme pourcentage de la mortalité totale]	Nb semaines au pic de pertes (mort et réforme)	Cause unique de mortalité [pourcentage de la mortalité totale]	Morbidité
Pardon et coll. (2013) - 3 519 veaux lourds blancs dans 10 élevages commerciaux belges - stalle individuelle pendant 6 semaines, puis logement en groupe sur caillebotis - âge moyen à l'arrivée 18 jours - ration entièrement liquide complétée d'aliments solides	5,7 %				Pneumonie [27,1 %] Trouble ruminal aigu [11 %] Entérites [7,5 %] Entérotox. [10 %] Péritonite idiopathique [7 %] DOA [5 %] Arthrite [3,5 %]	En plus d'un traitement métaphylactique, 22,7 % des veaux ont été traités individuellement pour 1 ou plusieurs maladies, dont 14,8 % pour complexe respiratoire bovin, 5,3 % pour diarrhée, 1,5 % pour arthrite Incidence totale du complexe respiratoire bovin au niveau de la cohorte 7,2 % (8,2-33,9 %)

^f Réforme pour cause de maladie ou de rendement insuffisant.

* Les catégories des causes diverses et non diagnostiquées de mort représentent plus du tiers de la mortalité; dans la catégorie divers « sans maladie » correspondant à 4 morts.

^a Les auteurs supposent que le taux de réforme plus bas s'explique par l'absence de marché pour les veaux réformés du secteur de la viande rouge.

^b La durée moyenne de production était de 16,7 semaines dans l'étude. L'augmentation des pertes semblait se produire principalement pendant les semaines 17 à 20.

^c L'étude a suivi des veaux pendant 3 mois seulement.

^d La mortalité était plus élevée chez les races de boucherie, peut-être en raison du cycle de production plus long, de 28 semaines.

^e Un groupe se compose de veaux élevés ensemble dans une même salle.

^f Mortalité calculée pour un cycle de production de 6 à 8 mois.

**Comprend des troubles abdominaux, des entérites, des troubles liés à des torsions ou de la caillette, etc.

Certaines données (Cobb et coll., 2014a) montrent qu'en cas de maladie respiratoire, l'incidence serait plus élevée en logement collectif, mais le nombre d'études sur ce sujet sont peu nombreuses. Cobb et coll. (2014a) rapportent une incidence plus élevée (mais statistiquement non significative) de maladies respiratoires (avec une augmentation probable de la mortalité) chez des veaux laitiers logés collectivement dans une étable mal ventilée. Le fait que cette situation ne soit caractéristique ni de la production de veau ni de la production laitière apparaît dans la mortalité inhabituellement élevée (17 à 23 %) mesurée par l'étude, par rapport à la moyenne de l'industrie du veau qui est inférieure à 5 % (Stull et McDonough, 1994).

Hanekamp et coll. (1994) indiquent une incidence plus élevée des maladies respiratoires chez les groupes logés en groupe, et une mortalité plus élevée dans les enclos collectifs. Encore une fois, l'incidence des maladies respiratoires était élevée (60 %). À l'opposé, Andrighetto et coll. (1999) ne rapportent aucun traitement pour cause de maladie respiratoire ni en logement collectif ni en logement individuel.

Une vaste étude épidémiologique a constaté une incidence des maladies respiratoires plus élevée dans les grands groupes (> 6-8) que dans les petits groupes, ce qui laisse supposer que la taille du groupe serait un facteur important. Svensson et coll. (2003) et Brscic et coll. (2012) ont constaté que le risque de problèmes respiratoires était plus élevé dans les groupes > 15 veaux par enclos que dans les groupes comptant ≤ 6 par enclos. La conclusion la plus prudente est que le logement collectif n'accroît pas nécessairement l'incidence des maladies respiratoires, mais qu'il exacerberait des situations où les conditions environnementales causent une incidence élevée de maladies respiratoires.

Deux études se sont intéressées aux ulcères de la caillette. L'une (Bokkers et Koene, 2001) ne constate aucune différence alors que l'autre (Veissier et coll., 1998) observe un plus grand nombre d'ulcères abomasaux chez les veaux élevés en groupe.

Deux vastes études épidémiologiques ont établi que les taux ou les risques de mortalité étaient plus élevés chez les veaux logés en groupe, par rapport au logement individuel. Waltner-Toews et coll. (1986) notent toutefois que la différence n'existe plus quand d'autres facteurs de gestion sont pris en compte, ce qui laisse supposer que les effets ne sont pas dus au logement collectif en lui-même. D'après des producteurs et certains auteurs, une des pratiques de gestion la plus difficile en logement collectif serait la détection des veaux malades dans un groupe (Svensson et coll., 2003; Brscic et coll., 2012). Plusieurs instruments automatiques prometteurs, aidant à surveiller la santé des veaux dans de grands groupes, sont en cours de mise au point (Rushen et coll., 2012). Il semblerait qu'en revanche, dans les élevages en petits groupes, les producteurs ne rencontrent pas de difficulté à détecter les veaux malades, comme le montrent les données de mortalité et les indicateurs de santé similaires mesurés dans les petits groupes et en logement individuel.

Losinger et Heinrichs (1997) révèlent une plus grande mortalité dans les groupes comprenant plus de 7 animaux, alors que les taux de mortalité des groupes de 7 animaux ou moins étaient identiques à ceux de la stabulation individuelle.

Si la taille importante du groupe semble être un facteur de risque d'augmentation des problèmes de santé, rien ne prouve qu'une introduction dès les premiers temps dans les groupes explique les effets du logement collectif sur la santé. Les quatre recherches rapportant des problèmes de santé dans la stabulation collective étudient des groupes de 2 à 5 veaux, placés en groupe entre l'âge de 2 jours et de 1 à 2 semaines, soit des valeurs comparables à celles des études ne constatant aucune différence ni avantage du logement collectif.

Les différences entre logement en groupe ou individuel pour ce qui est de l'incidence des maladies infectieuses sont souvent interprétées comme la conséquence de différences dans la probabilité de transmission. Or, il se peut que le type de stabulation influe sur la capacité de l'animal à résister aux infections en augmentant la réponse immunitaire.

Van Reenen et coll. (2000) rapportent que des veaux isolés socialement montrent une réponse clinique et fébrile diminuée, ainsi qu'une excrétion virale retardée après primo-infection par l'herpès virus bovin. Les données disponibles ne sont toutefois pas suffisantes pour tirer des conclusions concernant les effets de la stabulation sur la réponse immunitaire.

5.6 Paramètres physiologiques

Quatre études ont mesuré les concentrations sanguines d'hémoglobine ou l'hématocrite pour examiner le métabolisme du fer. Deux études ont observé des concentrations sanguines d'hémoglobine ou un hématocrite plus élevés chez les veaux logés en groupe que chez ceux en logement individuel (hémoglobine et hématocrite : Andrighetto et coll. 1999; hématocrite : Xiccato et coll., 2002) et deux n'ont constaté aucune différence (hématocrite : Veissier et coll. 1998; hématocrite : Richard et coll. 1988) (tableau 5.1).

Trois études ont mesuré des paramètres relatifs au stress. Dantzer et coll. (1983) n'ont constaté aucune différence entre les concentrations de cortisol basal des veaux logés en groupe ou individuellement, mais ont trouvé que la sécrétion de cortisol en réaction aux injections d'ACTH était plus élevée chez les veaux logés seuls, ce qui indiquerait une réaction au stress plus grande.

En revanche, Stull et McDonough (1994) ont trouvé des concentrations de cortisol dans le plasma plus élevées chez les animaux logés en groupe, et un ratio neutrophiles/lymphocytes (comme signe possible de stress) plus grand chez les veaux en enclos collectif à un âge de l'essai, mais plus petit à un autre âge de l'essai. Les auteurs admettent que les différences de réaction au stress pourraient s'expliquer par la plus grande difficulté rencontrée pour attraper les animaux logés en groupe pour les prélèvements sanguins, ce qui en soit est une cause possible de stress.

Les veaux élevés au piquet présentent des concentrations sanguines d'hémoglobine et un hématocrite inférieurs à ceux de veaux logés en groupe (4,8 c. 6,8 mmol/l Hb, et 23,6 c. 32,9 % hématocrite). Veissier et coll. (1998) ont observé un cortisol basal plus élevé et une sécrétion de cortisol plus élevée en réponse à la corticolibérine chez les veaux élevés en groupe, mais aucune différence pour ce qui est de l'ACTH basale, la sécrétion de cortisol en réponse à l'ACTH et le poids des surrénales.

Les résultats contradictoires de ces travaux limités ne permettent pas de tirer de conclusions formelles sur l'effet que le logement individuel et la stabulation en groupe ont sur les signes physiologiques du stress.

5.7 Références

Andrighetto, I., F. Gottardo, D. Andreoli et G. Cozzi (1999). « Effect of type of housing on veal calf growth performance, behaviour and meat quality », *Livestock Production Science*, vol. 57, p. 137-145.

Barrington, G.M., J.M. Gay et J.F. Evermann (2002). « Biosecurity for neonatal gastrointestinal diseases », *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, vol. 18, p. 7-34.

Bernal-Rigoli, J.C., J.D. Allen, J.A. Marchello, S.P. Cuneo, S.R. Garcia, G. Xie, L.W. Hall, C.D. Burrows et G.C. Duff (2012). « Effects of housing and feeding systems on performance of neonatal Holstein bull calves », *Journal of Animal Science*, vol. 90, p. 2818-2825.

Bokkers, E.A.M. et P. Koene (2001). « Activity, oral behaviour and slaughter data as welfare indicators in veal calves: A comparison of three housing systems », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 75, p. 1-15.

- Brscic, M., F. Gottardo, H. Leruste, J. Lensink, K.C.G. van Reenen et G. Cozzi (2011). « Prevalence of locomotory system disorders in veal calves and risk factors for occurrence of Bursitis », *Agriculturae Conspectus Scientificus*, vol. 76, p. 291-295.
- Brscic, M., H. Leruste, L.F.M. Heutinck, E.A.M. Bokkers, M. Wolthuis-Fillerup, N. Stockhofe, F. Gottardo, B.J. Lensink, G. Cozzi et C.G. van Reenen (2012). « Prevalence of respiratory disorders in veal calves and potential risk factors », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, p. 2753-2764.
- Callan, R.J. et Garry F.B. (2002). « Biosecurity and bovine respiratory disease », *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, vol. 18, p. 57-77.
- Chua, B., E. Coenen, J. van Denle et D.M. Weary (2002). « Effects of pair versus individual housing on the behavior and performance of dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 85, p. 360-364.
- Cobb, C.J., B.S. Obeidat, M.D. Sellers, A.R. Pepper-Yowell et M.A. Ballou (2014a). « Group housing of Holstein calves in a poor indoor environment increases respiratory disease but does not influence performance or leukocyte responses », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 3099-3109.
- Cobb, C.J., B.S. Obeidat, M.D. Sellers, A.R. Pepper-Yowell, D.L. Hanson et M.A. Ballou (2014b). « Improved performance and heightened neutrophil responses during the neonatal and weaning periods among outdoor group-housed Holstein calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 930-939.
- Costa, J.H.C., R.K. Meagher, M.A.G. von Keyserlingk et D.M. Weary (2015). « Early pair housing increases solid feed intake and weight gains in dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 98, p. 6381-6386.
- Dantzer, R., P. Mormede et R.M. Bluthé (1983). « The effect of different housing conditions on behavioural and adrenocortical reactions in veal calves », *Reproduction Nutrition Development*, vol. 23, p. 501-508.
- Dellmeier, G.R., T.H. Friend et E.E. Gbur (1985). « Comparison of four methods of calf confinement. II. Behavior », *Journal of Animal Science*, vol. 60, p. 1102-1109.
- De Paula Vieira, A., A.M. de Passillé et D.M. Weary (2012). « Effects of the early social environment on behavioral responses of dairy calves to novel events », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, p. 5149-5155.
- De Paula Vieira, A., M.A.G. von Keyserlingk et D.M. Weary (2010). « Effects of pair versus single housing on performance and behavior of dairy calves before and after weaning from milk », *Journal of Dairy Science*, vol. 93, p. 3079-3085.
- de Wilt, J.G. (1985). « Behaviour and welfare of veal calves in relation to husbandry systems », thèse. Institute of Agricultural Engineering, Wageningen (Pays-Bas), 138 p.
- Duve, L.R. et M.B. Jensen (2012). « Social behavior of young dairy calves housed with limited or full social contact with a peer », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, p. 1-10.
- Gaillard, C., R.K. Meagher, M.A.G. von Keyserlingk et D.M. Weary (2014). « Social Housing Improves Dairy Calves' Performance in Two Cognitive Tests », *PLoS ONE*, vol. 9, n° 2, p. e90205
- Hanekamp, W.J.A., A.C. Smits et H.K. Wierenga (1994). « Open versus closed barn and individual versus group housing for bull calves destined for beef production », *Livestock Production Science*, vol. 37, p. 261-270.

- Hänninen, L., A.M. de Passillé et J. Rushen (2005). « The effect of flooring type and social grouping on the rest and growth of dairy calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 91, p. 193-204.
- Hänninen, L., H. Hepola, J. Rushen, A.M. de Passillé, P. Pursiainen, L. V.-m Tuure, L. Syrjälä-qvist, M. Pyykkönen et H. Saloniemi (2003). « Resting behaviour, growth and diarrhoea incidence rate of young dairy calves housed individually or in groups in warm or cold buildings », *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, vol. 53, p. 21-28.
- Hänninen, L., J.P. Mäkelä, J. Rushen, A.M. de Passillé et H. Saloniemi (2008). « Assessing sleep state in calves through electrophysiological and behavioural recordings: A preliminary study », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 111, p. 235-250.
- Held, S.D.E. et M. Špinko (2011). « Animal play and animal welfare », *Animal Behaviour*, vol. 81, p. 891-899.
- Holm, L., M.B. Jensen et L.L. Jeppesen (2002). « Calves' motivation for access to two different types of social contact measured by operant conditioning », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 79, p. 175-194.
- Hu, M. et W. Lin (2012). « Exercise training, red blood cell production and anemia », *Acta Haematologica*, vol. 127, p. 156-164.
- Iwamoto, J., C. Shimamura, T. Takeda, H. Abe, S. Ichimura, Y. Sato et Y. Toyama (2004). « Effects of treadmill exercise on bone mass, bone metabolism, and calciotropic hormones in young growing rats », *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, vol. 22, p. 26-31.
- Jensen, M.B., L.R. Duve et D.M. Weary (2015). « Pair housing and enhanced milk allowance increase play behavior and improve performance in dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 98, p. 2568-2575.
- Jensen, M.B. (1995). « The effect of age at tethering on behaviour of heifer calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 43, p. 227-238.
- Jensen, M.B. et R. Kyhn (2000). « Play behaviour in group-housed dairy calves, the effect of space allowance », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 67, p. 35-46.
- Jensen, M.B., K.S. Vestergaard, C.C. Krohn et L. Munksgaard (1997). « Effect of single versus group housing and space allowance on responses of calves during open-field tests », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 54, p. 109-121.
- Krachun, C., J. Rushen et A.M. de Passillé (2010). « Play behaviour in dairy calves is reduced by weaning and by a low energy intake », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 122, p. 71-76.
- Le Neindre, P. (1993). « Evaluating housing systems for veal calves », *Journal of Animal Science*, vol. 71, p. 1345-1354.
- Leruste, H., M. Brscic, G. Cozzi, B. Kemp, M. Wolthuis-Fillerup, B.J. Lensink, E.A.M. Bokkers et C.G. van Reenen (2014). « Prevalence and potential influencing factors of non-nutritive oral behaviors of veal calves on commercial farms », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 7021-7030.
- Losinger, W.C. et A.J. Heinrichs (1997). « Management practices associated with high mortality among preweaned dairy heifers », *Journal of Dairy Research*, vol. 64, p. 1-11.

- Miguel-Pacheco, G.G., A. Vaughan, A.M. de Passillé et J. Rushen (2015). « Relationship between locomotor play of dairy calves and their weight gains and energy intakes around weaning », *Animal*, vol. 9, p. 1038-1044.
- Miller-Cushon, E.K. et T.J. De Vries (2016). « Effect of social housing on the development of feeding behavior and social feeding preferences of dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 99, p. 1406-1417.
- Mintline, E.M., M. Stewart, A.R. Rogers, N.R. Cox, G.A. Verkerk, J.M. Stookey, J.R. Webster et C.B. Tucker (2012a). « Play behavior as an indicator of animal welfare: Disbudding in dairy calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 144, p. 22-30.
- Mintline, E.M., S.L. Wood, A.M.B. de Passillé, J.P. Rushen et C.B. Tucker (2012b). « Assessing calf play behavior in an arena test », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 141, p. 101-107.
- Pardon, B., K. de Bleecker, M. Hostens, J. Callens, J. Dewulf et P. Deprez (2012). « Longitudinal study on morbidity and mortality in white veal calves in Belgium », *BMC Veterinary Research*, vol. 8, p. 26.
- Pardon, B., M. Hostens, L. Duchateau, J. Dewulf, K. de Bleecker et P. Deprez (2013). « Impact of respiratory disease, diarrhea, otitis and arthritis on mortality and carcass traits in white veal calves », *BMC Veterinary Research*, vol. 9, p. 79.
- Pempek, J.A., M.L. Eastridge, S.S. Swartzwelder, K.M. Daniels et T.T. Yohe (2016). « Housing system may affect behavior and growth performance of Jersey heifer calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 99, p. 569-578.
- Pereira, R.V., J.D. Siler, J.C. Ng, M.A. Davis et L.D. Warnick (2014). « Effect of preweaned dairy calf housing system on antimicrobial resistance in commensal *Escherichia coli* », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 7633-7643.
- Richard, A.L., A.J. Heinrichs et L.D. Muller (1988). « Feeding acidified milk replacer ad libitum to calves housed in group versus individual pens », *Journal of Dairy Science*, vol. 71, p. 2203-2209.
- Rushen, J. et A.M. de Passillé (2012). « Automated measurement of acceleration can detect effects of age, dehorning and weaning on locomotor play of calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 139, p. 169-174.
- Rushen, J. et A.M.B. de Passillé (2014). « Locomotor play of veal calves in an arena: Are effects of feed level and spatial restriction mediated by responses to novelty? », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 155, p. 34-41.
- Sargeant, J.M., T.E. Blackwell, S.W. Martin et R.R.M. Tremblay (1994a). « Production practices, calf health and mortality on six white veal farms in Ontario », *Canadian Journal of Veterinary Research*, vol. 58, p. 189-195.
- Sargeant, J.M., T.E. Blackwell, S.W. Martin et R.R.M. Tremblay (1994b). « Production indices, calf health and mortality on seven red veal farms in Ontario », *Canadian Journal of Veterinary Research*, vol. 58, p. 196-201.
- Stull, C.L. et S.P. McDonough (1994). « Multidisciplinary approach to evaluating welfare of veal calves in commercial facilities », *Journal of Animal Science*, vol. 72, p. 2518-2524.
- Svensson, C., K. Lundborg, U. Emanuelson et S.O. Olsson (2003). « Morbidity in Swedish dairy calves from birth to 90 days of age and individual calf-level risk factors for infectious diseases », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 58, p. 179-197.

- Tapki, I. (2007). « Effects of individual or combined housing systems on behavioural and growth responses of dairy calves », *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, vol. 57, p. 55-60.
- Valníčková, B., I. Stěhulová, R. Šárová et M. Špinka (2015). « The effect of age at separation from the dam and presence of social companions on play behavior and weight gain in dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 98, p. 5545-5556.
- van Reenen, C.G., M.H. Mars, I.E. Leushuis, F.A.M. Rijsewijk, J.T. van Oirschot et H.J. Blokhuis (2000). « Social isolation may influence responsiveness to infection with bovine herpesvirus 1 in veal calves », *Veterinary Microbiology*, vol. 75, p. 135-143.
- Veissier, I., A.R. Ramirez de la Fe et P. Pradel (1998). « Nonnutritive oral activities and stress responses of veal calves in relation to feeding and housing conditions », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 57, p. 35-49.
- Waltner-Toews, D., S.W. Martin et A.H. Meek (1986). « Dairy calf management, morbidity and mortality in Ontario Holstein herds. IV. Association of management with mortality », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 4, p. 159-171.
- Warnick, V.D., C.W. Arave et C.H. Mickelsen (1977). « Effects of group, individual, and isolated rearing of calves on weight gain and behavior », *Journal of Dairy Science*, vol. 60, p. 947-953.
- Windeyer, M.C., K.E. Leslie, S.M. Godden, D.C. Hodgins, K.D. Lissemore et S.J. LeBlanc (2014). « Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 113, p. 231-240.
- Xiccato, G., A. Trocino, P.I. Queaque, A. Sartoria et A. Carazzolo (2002). « Rearing veal calves with respect to animal welfare: effects of group housing and solid feed supplementation on growth performance and meat quality », *Livestock Production Science*, vol. 75, p. 269-280.

6. Plancher et litière

Conclusions

1. La plupart des publications à comité de lecture sur les effets du plancher et de la litière sur les bovins portent sur des taureaux d'engraissement (en Europe) et des bovins laitiers adultes (travaux internationaux). Ces recherches démontrent que la souplesse du plancher et de la litière est essentielle au confort de l'animal. Peu d'études comparent les différents types de plancher spécifiquement pour ce qui concerne les veaux lourds. Ces derniers étant nettement plus légers, leurs réactions aux différentes surfaces de plancher différeraient de celles d'animaux plus lourds comme le taureau ou la vache.
2. Contrairement à ce qui a été établi pour les bovins laitiers, le type de plancher ne semble pas avoir d'effet significatif sur la durée totale pendant laquelle les jeunes veaux sont couchés, mais on constate une diminution de la fréquence des périodes en position couchée et une augmentation des mouvements atypiques pendant la transition de la position couchée à la station debout sur des planchers durs, particulièrement chez les animaux lourds. Ceci laisse supposer que les planchers durs (dalle pleine en béton, lattes de béton et lattes de bois franc) sont moins confortables que les planchers plus souples (lattes de béton recouvertes de bandes de caoutchouc, plancher métallique enduit de vinyle, sciure de bois et paille).
3. Des recherches doivent être menées sur les effets de certaines caractéristiques des matériaux de plancher (traction, frottement, dureté, humidité, largeur des lattes et des espaces, etc.) sur les jeunes veaux. Ces études gagneraient à adopter un matériau de référence patent normalisé et commun pour évaluer le confort (litière de paille en couche profonde par exemple), ainsi qu'à examiner des facteurs comme le poids de l'animal, la durée passée sur le matériau, la température ambiante, etc.
4. En général, les veaux seraient plus sujets à la bursite et à des enflures de l'articulation carpienne lorsqu'ils sont logés sur des planchers durs (lattes de béton, béton perforé) que sur des planchers souples (caillebotis de caoutchouc, lattes recouvertes de caoutchouc ou tapis en caoutchouc). Une étude épidémiologique sur les veaux lourds constate, 2 semaines avant l'abattage, un risque plus élevé de bursite chez les veaux logés sur des lattes de bois (1,5 × supérieur) et sur du béton (4 × supérieur) que chez ceux logés sur de la paille ou du caoutchouc.
5. Les bovins, y compris les jeunes veaux, évitent de façon constante les litières humides. Quand la litière souillée est régulièrement retirée de l'enclos, l'apport de nouvelle litière propre augmente les durées passées en position couchée. Une litière sèche en couche profonde permet aux veaux de *nidifier* et d'ainsi créer un microenvironnement assurant la thermorégulation.
6. Les litières humides et souillées augmentent les émissions d'ammoniac, les infestations de mouches et la croissance de bactéries pathogènes, accroissant le risque de diarrhée.
7. Selon certaines études, la croissance pondérale, l'ingestion de matières sèches, l'efficacité alimentaire ainsi que la qualité et le poids de carcasse chez de jeunes veaux et des veaux plus âgés sont identiques sur plancher dur (béton, lattes de bois franc) et sur plancher souple (tapis de caoutchouc, métal déployé enduit de vinyle et litière en couche profonde), alors que d'autres recherches constatent que le rendement, certaines caractéristiques de la carcasse et la qualité de la

viande sont meilleurs chez les veaux élevés sur des planchers plus souples (tapis de caoutchouc perforé, lattes de caoutchouc et tapis de caoutchouc).

- 8. Des études s'intéressant à la propreté rapportent que les bovins élevés sur des planchers à lattes sont souvent moins sales. Les dalles pleines et les litières en couche pleine sont associées aux animaux les plus sales; il est toutefois difficile d'isoler les effets du matériau de plancher des effets possibles de la gestion de la litière.**

6.1 Introduction

Les surfaces sur lesquelles les animaux se mettent debout, marchent et se couchent influent fortement sur leur bien-être, car elles agissent sur leur confort, leurs mouvements, leur thermorégulation et jusqu'à leur santé. Les surfaces de plancher souples et compressibles ou les surfaces de plancher pleines avec certaines particularités techniques peuvent offrir à l'animal une traction convenant à la locomotion et au passage de la position couchée à la station debout. De plus, par leur conception ou par l'ajout d'une quantité ou d'une qualité adaptée de litière, elles peuvent soutenir les saillies osseuses, particulièrement les articulations des pattes, quand l'animal est couché. Il est essentiel de trouver des méthodes efficaces de gestion des surfaces de plancher et des litières pour permettre de garder l'animal au sec et assurer son confort et sa thermorégulation.

Un consensus se dégage de la littérature sur le confort des vaches laitières qui prouve solidement que les surfaces plus souples apportent plus de confort aux bovins laitiers adultes en position couchée. Ceci est étayé par les durées quotidiennes plus longues passées en position couchée, des périodes plus courtes et plus fréquentes passées par le veau en position couchée, une prévalence inférieure de blessures aux pattes et de boiterie. Des périodes plus courtes et plus fréquentes en position debout sont généralement considérées comme un signe de confort supérieur, indiquant que les vaches sont en mesure de facilement passer de la position couchée à la station debout et vice versa. Les meilleures surfaces pour la marche sont celles absorbant la pression des onglons pendant la marche et permettant une meilleure traction que le plancher en béton.

Les résultats des recherches sur les surfaces de plancher et les litières sont particulièrement intéressantes pour les producteurs de veaux, car les veaux lourds de lait et de grain sont généralement élevés à l'intérieur et non sur des surfaces naturelles (par exemple sol/terre ou prairie). Parce que les éleveurs jouent un rôle crucial dans la détermination du degré de confort apporté aux veaux, en partie par les surfaces de plancher sur lesquels ils sont élevés, il est essentiel de connaître les effets qu'ont les différents types et matériaux de plancher sur les veaux lourds pendant leur croissance.

Alors que dans certains pays, comme la Suisse, la plupart des veaux sont élevés sur litière de paille (en groupes, Bähler et coll., 2012), au Canada les données du secteur indiquent que les veaux de lait, qu'ils soient logés en groupe ou dans des stalles individuelles, sont le plus souvent élevés sur lattes de bois (le plus souvent en chêne ou en azobé), alors que les veaux de grain sont élevés sur une plus grande variété de types de planchers, avec ou sans litière (Kendra Keels, *Veal Farmers of Ontario*, Guelph [Ontario], communication personnelle).

Des planchers à lattes (figure 6.1) ou à claire-voie (aussi désignés par le terme « caillebotis ») (figure 6.2), similaires à ceux couramment employés pour la finition des bœufs en parc d'engraissement intérieur, peuvent aussi être utilisés pendant le stade de finition de la production de veau de grain au Canada (Kendra Keels, *Veal Farmers of Ontario*, Guelph [Ontario], communication personnelle). Dans une tentative d'atténuation de la dureté des planchers en béton, qu'ils soient en dalle pleine, à lattes ou à claire-voie, ils sont parfois recouverts de tapis de caoutchouc (voir par exemple la figure 6.3). D'autres types de planchers uniques ont été testés, comme des lattes en caoutchouc synthétique sur des cadres en aluminium (Graunke et coll., 2011) et un plancher métallique enduit de vinyle (Wilson et coll., 1998; figure 6.4).

La présente revue de la littérature se heurte à plusieurs limites, notamment le fait qu'aucune étude ne compare les mêmes traitements de plancher. Si plusieurs d'entre elles comparent les planchers durs et souples, elles le font toujours en termes relatifs, sans comparaison à un point de référence commun. De plus, l'absence de tout matériau de plancher de référence commun entre les différentes études complique l'interprétation des résultats globaux. Dans plusieurs cas, les articles manquent de détails, ce qui empêche le lecteur de connaître des informations importantes sur les surfaces de plancher étudiées précisément (par exemple, quand les largeurs des lattes et des claire-voies du plancher à lattes ou caillebotis ne sont pas rapportées de façon cohérente). Par ailleurs, l'expression « matelas de caoutchouc » est loin de désigner une surface universellement uniforme; or les auteurs n'ont pas constamment fait l'effort d'indiquer les caractéristiques pertinentes des surfaces de plancher, ce qui simplifierait la méta-analyse des données (traction, frottement, dureté/compressibilité [par exemple, unités Shore, humidité]). Seul un petit nombre d'articles ont isolé et comparé les effets de différents types de surfaces de plancher sur les bovins. Dans la plupart des cas, elles sont examinées dans le cadre d'une comparaison entre différents systèmes de logement, qui rend les résultats confus. En effet, on ne sait pas avec certitude si les différences observées sont causées par le plancher en soi ou par d'autres différences entre systèmes de stabulation. Ainsi, l'effet du plancher peut être confondu avec celui du mode de logement, individuel contre collectif.



Figure 6.1 Photo de plancher de béton à lattes

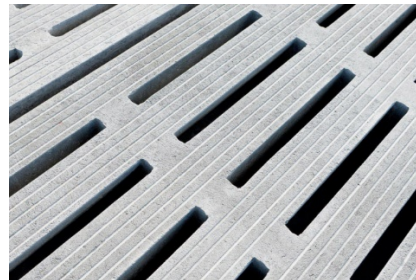


Figure 6.2 Photo de plancher de béton à claire-voie (ou caillebotis)



Figure 6.3 Photo de plancher de béton à lattes recouvert de caoutchouc



Figure 6.4 Photo d'un exemple de plancher métallique enduit de vinyle utilisé dans l'étude de Wilson et coll. (1998)

Peu d'études comparent les effets du plancher à lattes en bois aux autres types de plancher pour ce qui est du confort et des blessures. On peut le déplorer, car la production de veau de lait au Canada utilise couramment ce type de planchers (Kendra Keels, *Veal Farmers of Ontario*, Guelph [Ontario] communication personnelle). De plus, les recherches sur les effets des surfaces de plancher et des litières sur les veaux lourds sont insuffisantes. On manque aussi de travaux étudiant systématiquement les propriétés de frottement des surfaces de plancher du bétail et la variation de ces propriétés sous l'effet de l'humidité causée par une contamination par les aliments,

l'eau, l'urine ou les fèces. Les faiblesses méthodologiques des études réalisées sur le plancher empêchent de tirer des conclusions probantes en la matière. Plus nombreuses sont les recherches sur les bovins de boucherie et les vaches laitières que sur les jeunes veaux. En raison de leurs poids finals cibles différents, notamment entre veaux lourds et bovins de boucherie, il existe également des différences anatomiques ou morphologiques (par exemple de muscularité, stature, poids) entre les bovins de boucherie et les veaux, qui sont souvent des bovins laitiers (Alberti et coll., 2008). C'est pourquoi toute extrapolation de données au cas du veau lourd doit tenir compte de ces différences.

6.2 Comportement de couchage

Le tableau 6.1 énumère et résume les études examinant les effets des différents types de plancher sur le comportement de couchage et l'activité générale des bovins.

Sur les 15 articles étudiant les réponses du comportement de couchage des veaux aux différents planchers, 4 portaient sur des veaux jeunes, alors que les autres s'intéressaient à des veaux pesant plus de 220 kg (tableau 6.1).

Deux articles indiquent que les jeunes veaux restent plus longtemps couchés sur les surfaces dures (béton) que sur les surfaces souples (caoutchouc), l'un ne constate aucune différence et les autres rapportent qu'ils restent allongés plus longtemps sur les surfaces souples (métal enduit de vinyle). Deux articles indiquent que les périodes de couchage sont plus fréquentes sur les surfaces dures (béton et bois franc) que souples (métal enduit de vinyle et caoutchouc).

Parmi les études enquêtant sur les veaux lourds et les taureaux, c'est-à-dire de plus de 220 kg, 5 n'ont mesuré aucune différence de durée de couchage entre les surfaces dures (lattes de béton) et souples (litière en couche profonde et caoutchouc), 4 ont constaté des durées de couchage plus longues sur les surfaces souples (caoutchouc, sciure de bois ou paille) que sur les surfaces dures (béton) et une étude aboutit au résultat opposé (béton c. caoutchouc). Une étude indique des périodes de couchage plus nombreuses sur surface souple (litière en couche profonde) que dure (béton) et une autre ne trouve aucune différence (béton c. caoutchouc). Les périodes de couchage étaient plus longues dans 2 études et une étude rapporte un plus grand nombre de périodes de station debout sur les surfaces souples (caoutchouc) que dures (béton). Les 4 études observant les mouvements de lever et de coucher constatent toutes plus de problèmes sur surface dure (béton) que souple (caoutchouc ou litière en couche profonde).

Yanar et coll. (2010) comparent les effets du logement de veaux Holstein-Friesian (poids vif initial de 25 à 43 kg) pendant 4 mois sur des lattes de bois, des tapis de caoutchouc et des enclos en béton, les 3 planchers étant recouverts quotidiennement d'une litière de 2 kg de paille de blé longue. Sur les 3 revêtements, 25 veaux logés individuellement ont été étudiés au total. Les dimensions des cases ne sont pas indiquées. Les veaux étaient sevrés à 7 semaines. Les veaux logés sur le plancher à lattes passaient considérablement plus de temps couchés et moins en station debout que les veaux sur plancher en caoutchouc et en béton, probablement parce qu'ils étaient plus au sec sur le plancher à lattes. De fait, plusieurs études montrent que les bovins évitent de se coucher sur une litière humide (Camiloti et coll., 2012; Fregonesi et coll., 2007; Reich et coll., 2010).

Les génisses laitières (17 mois, poids corporel de 400 à 500 kg) expriment une motivation à rester couchées autour de 12 h/jour (Jensen et coll., 2004) et on a observé que les veaux laitiers plus jeunes peuvent rester couchés jusqu'à 18 h/jour (Wilson et coll., 1999, âgés de 9 à 18 semaines; Chua et coll., 2002, âgés de 1 à 8 semaines; Panivivat et coll., 2004, âgés de 1 à 6 semaines). Les modifications par rapport aux valeurs du comportement de couchage normal de référence, comme un accroissement de la durée ou une réduction de la fréquence des périodes de couchage, et les difficultés à se coucher et se lever sont utilisées comme indicateurs de diminution du confort (Elmore et coll., 2015).

Plusieurs facteurs influent sur le comportement de couchage comme l'âge (Hänninen et coll., 2003) et le poids de l'animal (Graunke et coll., 2011) : les aspects relatifs à la conception de l'aire de couchage (Tucker et coll., 2004; Fregonesi et coll., 2009a, b) comme le type de surface de couchage (Tucker et coll., 2003; Wagner-Storch et coll., 2003) ainsi que la quantité et la qualité de la litière sont particulièrement importants pour le bovins adultes.

Certaines données semblent indiquer que les durées de couchage inférieures à la moyenne sont associées à des taux de croissance moins élevés chez les jeunes animaux. Hänninen et coll. (2005) rapportent ainsi que les veaux dont la durée quotidienne de couchage est supérieure sont aussi ceux ayant le plus haut gain moyen quotidien (GMQ) calculé pendant les 20 semaines de l'expérience ($r = 0,32$, $p = 0,05$). Mogensen et coll. (1997) constatent que les veaux présentant le plus grand nombre de périodes de couchage tendaient à avoir le GMQ le plus élevé ($r = 0,60$, $p = 0,06$) dans une étude portant sur 42 génisses laitières logées sur un plancher à lattes.

Hänninen et coll. (2005) ont étudié les effets de deux surfaces différentes de plancher sur le comportement de couchage de veaux mâles Holstein en case individuelle ($1,05 \times 1,80$ m), de l'âge de 1 à 21 semaines. Leur hypothèse était qu'un tapis en caoutchouc massif avec plots sur la face inférieure qui assurent l'amortissement (figure 6.5) serait plus confortable pour les veaux et qu'ainsi leur comportement de couchage serait meilleur que les veaux élevés sur des dalles pleines de béton. Ils n'ont toutefois constaté aucune différence dans la durée totale du couchage, la fréquence des périodes de couchage ni la durée passée par les veaux en position couchée latérale (à plat sur le côté). Les auteurs en ont conclu qu'à cet âge, les veaux étaient si légers que l'effet d'amortissement de l'aire de couchage quand le temps était chaud n'améliorait pas leur confort.

Kartal et Yanar (2011) ont comparé le comportement de coucher et de lever de veaux Brown Swiss sur plancher de béton, tapis en caoutchouc et lattes de bois. Les veaux sur tapis de caoutchouc passaient moins de temps couchés et restaient plus en station debout que les veaux sur plancher de béton. La durée passée en position couchée ou en station debout des veaux sur lattes de bois ne différait pas de ceux des veaux sur les autres revêtements.

Wilson et coll. (1998) ont constaté que les veaux Holstein sur lattes de bois passaient plus de temps debout et moins couchés que ceux logés sur un plancher métallique enduit de vinyle.



Figure 6.5 Photo de variété de « tapis en caoutchouc » avec plots sur la face inférieure, qui servent à l'amortissement du poids de l'animal

Gygax et coll. (2007) ont étudié le comportement de couchage de 18 groupes différents de taureaux de boucherie de races croisées (Simmental, Brown Swiss, Limousin, Angus) dans 12 exploitations suisses; le poids vif des animaux était d'environ 450 kg. Ils ont constaté que la durée totale de couchage ne différait pas entre veaux logés sur des lattes en béton, des lattes en béton recouvertes d'un tapis de caoutchouc perforé (comme à la figure 6.3) et de la litière en paille. Toutefois, le nombre de périodes de couchage et le nombre de périodes courtes en station debout diminuaient quand la dureté du plancher augmentait

(litière de paille < lattes de béton recouvertes de tapis en caoutchouc < béton). De plus, les taureaux montraient des mouvements de coucher et lever plus interrompus sur les lattes de béton et les lattes de béton couvertes de

caoutchouc que sur la litière de paille de blé. Ils ont noté que les mouvements atypiques de coucher et lever, les glissades et les chutes étaient inférieurs sur les lattes couvertes de caoutchouc et la litière de paille par rapport aux lattes de béton nu. Ces résultats indiquent que les veaux sont plus à l'aise allongés sur des surfaces plus souples et ont de la difficulté à se déplacer sur du béton, car il leur offre une mauvaise adhérence.

Des résultats similaires sont rapportés par Absmanner et coll. (2009), qui ont examiné des taureaux de boucherie au stade de finition dans 7 exploitations autrichiennes en les observant quand leur poids atteignait 450 kg, puis 600 kg. La durée totale de couchage était similaire chez les animaux élevés dans des enclos au plancher à lattes de béton, des enclos au plancher à lattes de béton recouvertes de caoutchouc, ou une combinaison de lattes de béton et d'aire paillée. Ils ont constaté que la fréquence des périodes de couchage était significativement inférieure chez les taureaux logés sur des lattes de béton par rapport à ceux élevés sur de la litière en paille et des lattes de béton recouvertes de tapis de caoutchouc. De même, Tessitore et coll. (2009) n'ont mesuré aucune différence dans la durée totale de couchage entre plancher à lattes et litière en couche profonde, mais les périodes de couchage étaient plus longues sur le plancher à lattes, ce qui conforte l'hypothèse de plus grand confort apporté par les planchers plus souples aux bovins pesant entre 450 et 600 kg.

Dans une synthèse d'études menées en Allemagne, Ladewig (1987) indique un temps de latence plus élevé pour le coucher, des interruptions de séquence de couchage plus fréquentes, une séquence atypique de mouvements pour se coucher (position assise en chien) et des périodes de couchage moins fréquentes chez les taureaux d'engraissement élevés sur plancher à lattes par rapport à ceux sur litière de paille. La conclusion était que les surfaces de couchage souples augmentent le confort de l'animal.

Graunke et coll. (2011) ont comparé l'effet de lattes de béton (LB), de lattes de caoutchouc synthétique sur cadre en aluminium (LC) et de tapis de caoutchouc à claire-voie sur lattes de béton (TC) sur le comportement et la croissance de taureaux de race laitière (poids vif moyen = 225 à 650 kg). À 250 kg, les périodes de couchage étaient moins fréquentes (LB ~ 5 c. LC ~ 6,5 c. TC ~ 7,5 périodes toutes les 12 h) et plus longues (LB ~ 78 c. LC ~ 58 c. TC ~ 50 min/période) sur LB que sur LC et TC, respectivement. Aucune différence significative n'est observée dans la fréquence ni la durée de couchage des animaux quand leur poids est de 450 et 650 kg. Par ailleurs, à 250 kg, les tentatives interrompues de se coucher (animaux interrompant ou cessant leur tentative de coucher au lieu de se coucher en un mouvement unique, fluide et continu) étaient deux fois plus nombreuses sur LB que sur les planchers en caoutchouc. Au total, chez les taureaux sur LB le nombre de tentatives de coucher interrompues était de 2,4 par mouvement terminé de coucher, alors qu'il était de 1,0 pour ceux sur LC et de 0,7 sur TC. Un comportement anormal de coucher et de lever a été observé à 29 occasions pendant la durée de l'enquête, dont 21 pendant lesquelles les taureaux s'asseyaient comme un chien pendant le mouvement. Sur ces 21 occasions, toutes sauf une ont été observées sur LB. De même, 14 animaux (soit 17,5 % des taureaux de l'expérience) pratiquaient des jeux de langue. Neuf des taureaux montrant des mouvements répétitifs de la langue se trouvaient dans des enclos avec LB, 3 dans des enclos avec LC et 2 dans des enclos avec TC.

Elmore et coll. (2015) indiquent que des bouvillons logés dans un enclos dont le plancher est composé à 60 % de tapis en caoutchouc et à 40 % de lattes en béton préfèrent se reposer sur l'aire couverte de tapis en caoutchouc (48,83 % ± 2,10 %) plutôt que sur la surface en béton (18,06 % ± 2,10 %; $p = 0,001$). Les auteurs ajoutent que les bouvillons sur un plancher totalement recouvert de lattes en caoutchouc changent de position plus souvent que ceux sur un plancher totalement recouvert de lattes en caoutchouc ou de lattes en béton. La fréquence de changement de position ne diffère pas entre les deux derniers revêtements. Platz et coll. (2007) non plus ne constatent aucune différence dans la durée totale de couchage entre des taureaux logés dans un enclos au sol entièrement recouvert de lattes en béton, dans un enclos au plancher à lattes de béton avec lattes de tapis en caoutchouc emboîtées, ou dans un enclos permettant de choisir entre ces deux types de plancher. Cependant, comme dans les études mentionnées plus haut, la durée de chaque période de couchage était plus longue dans l'enclos à plancher en béton que dans un enclos avec tapis de caoutchouc ou permettant un choix entre les deux types de sols

Quand les animaux ont le choix entre un plancher dur et souple (par exemple béton contre caoutchouc ou paille), ils montrent une préférence marquée pour les planchers souples à la fois en station debout et en position couchée (Lowe et coll., 2001a; Platz et coll., 2007). Schütz et Cox (2014) ont constaté que les vaches passant 6 h/jour au pâturage et enfermées le reste de la journée (18 h) passaient plus de temps couchées sur des copeaux (10,8 h) et des tapis en caoutchouc de différentes épaisseurs (7,3 h sur un tapis en caoutchouc de 24 mm d'épaisseur et 6,0 h un tapis en caoutchouc de 12 mm) que sur du béton (2,8 h). Ils ont également observé que les vaches logées sur du béton avaient une note plus élevée selon l'échelle de classification de la démarche, et des foulées plus courtes après une période d'essai de 4 jours, à raison de 18 h/jour, par rapport aux vaches sur d'autres types de surface, ce qui laisse supposer une détérioration du schéma de marche causée par une sensation d'inconfort due au plancher.

Ainsi, les études sur les taureaux d'engraissement démontrent qu'un plancher de lattes recouvertes de caoutchouc augmente la traction quand les animaux passent de la position couchée à debout (et vice-versa) et que la litière de paille offre une meilleure traction que les autres planchers. Les données disponibles ne permettent pas de conclure si l'avantage provient du frottement (surface résistant à la glissade) ou du revêtement en caoutchouc lui-même qui serait plus avantageux par sa compressibilité. Si la dernière hypothèse se vérifiait, il faudrait s'intéresser plus précisément au poids auquel les bovins trouvent plus d'avantages avec ce matériau.

Les vaches laitières passent plus de temps couchées quand leurs stalles contiennent plus de litière (Tucker et Weary, 2004; Tucker et coll., 2009). Une exception à ce résultat se trouve dans l'étude de Norring et coll. (2010) qui indique que les vaches préfèrent les stalles avec tapis en caoutchouc aux stalles avec plancher en béton, mais n'ont pas de préférence entre, d'un côté, des stalles avec sable et, de l'autre, des stalles avec plancher en béton ou tapis en caoutchouc. Worth et coll. (2015) ont mesuré la préférence des vaches laitières (pour ce qui est de la durée de couchage) entre différents types de substrat; ils en ont conclu que l'ordre de préférence pour les surfaces d'élevage était sciure de bois > caoutchouc > sable > galets de rivière. Les jeunes veaux (Camiloti et coll., 2012) et les bovins adultes (Haley et coll., 2001; Wagner-Storch et coll., 2003) répugnent à se coucher sur du béton nu, y compris s'il est recouvert de litière en paille. Les durées de couchage sont également inférieures quand les stalles à litière de sable ne sont pas nivelées; toute diminution de 1 cm de la litière entraîne une réduction de 11 min de la durée de couchage par période de 24 heures (Drissler et coll., 2005). Une litière de sable de 6 cm augmente la durée de couchage de 69 min/24 h par rapport à l'absence de litière de sable (Drissler et coll., 2005). Panivivat et coll. (2004) ne constatent aucun effet du type de litière (entre 5 matériaux différents posés sur un plancher en béton) sur le comportement de couchage de veaux laitiers âgés de moins de 7 semaines.

Fregonesi et coll. (2007) constatent que les durées de couchage des vaches laitières sont moins élevées en cas de litière de sable humide par rapport à une litière sèche ($8,8 \pm 0,8$ c. $13,8 \pm 0,8$ h/jour). Quand les vaches peuvent choisir entre des stalles avec litière sèche ou humide, elles passent plus de temps couchées dans les stalles à litière sèche ($12,5 \pm 0,3$ h/jour) qu'à litière humide ($0,9 \pm 0,3$ h/jour). Reich et coll. (2010) obtiennent des résultats similaires et montrent la relation directe existant entre teneur en matière sèche et durée de couchage des vaches laitières. Camiloti et coll. (2012) montrent que la durée de couchage des vaches laitières diminue sur une litière de plus en plus humide, passant de $5,3 \pm 1,1$ h/jour à 74 % de MS à autour de zéro à 29 % de MS. Les durées de couchage sur le côté de l'enclos avec litière sèche variaient de $12,2 \pm 1,2$ h/jour (quand la litière humide est à 74 % de MS) à $16,8 \pm 1,2$ h/jour (à 29 % de MS). Stefanowska et coll. (2002) comparent les planchers à lattes en bois franc ou en plastique recyclé utilisés pour les vaches laitières. Bien que les lattes de plastique soient plus souples, les veaux passent plus de temps couchés sur les lattes en bois franc, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que les lattes de bois franc absorbent l'humidité, contrairement aux lattes en plastique.

Fisher et coll. (1997) constatent que pour les génisses plus âgées (poids initial de 468 kg), les durées de couchage sont moins longues si l'espace est de $1,5 \text{ m}^2$ /animal par rapport à 2,0, 2,5 et $3,0 \text{ m}^2$ (durée de couchage = 10,3, 11,8, 12,0 et 11,7 h/jour respectivement).

Les veaux lourds glissent souvent sur les lattes en bois, les veaux plus jeunes (38 jours) glissant plus fréquemment que les veaux plus âgés (70 jours). La fréquence de glissade est plus élevée sur les lattes de plastique caoutchouté que sur les lattes en bois (Stefanowska et coll., 2002).

Tableau 6.1 Étude examinant les effets des planchers et litières sur le comportement de couchage et l'activité générale des bovins

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Comportement	Résultats
TYPE DE PLANCHER (15 articles)	Wilson et coll., 1998	1. N = 48 2. Type : taurillons Holstein (au piquet) 3. Âge : 3 à 7 jours 4. PC initial : 48,6 kg 5. Durée de l'étude : 19 à 21 semaines	1. Plancher métal déployé en losanges enduit vinyle 2. Vinyle rectangulaire 3. Lattes bois de chêne	Durée station debout Durée couchage Excitabilité dans stalle Excitabilité pendant circulation de stalle à zone de chargement	Lattes bois > Enduit vinyle (les deux) Lattes bois < Enduit vinyle (les deux) = =
	Hänninen et coll., 2005	1. N = 48 2. Type : veaux Holstein mâles 3. Âge : 1 semaine 4. PC initial : 48 ± 1,0 kg 5. Durée de l'étude : 140 jours	1. Plancher massif béton par paires (n=16) 2. Plancher massif béton individuel (n=16) 3. Tapis caoutchouc individuel (n=16)	Durée totale repos Durée décubitus sternal Durée et fréquence des périodes de repos avec couchage sur le côté	= = Béton paires > Béton individuel
	Kartal et Yanar, 2011	1. N = 30 2. Type : Brown Swiss 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 37,3 ± 1,0 kg 5. Durée de l'étude : 6 mois	1. Béton 2. Tapis caoutchouc 3. Lattes bois	Durée couchage Durée station debout	Tapis caoutchouc < Béton Lattes bois = les deux Tapis caoutchouc > Béton Lattes bois = les deux
	Stefanowska et coll., 2012	1. N = 8 2. Type : veaux Holstein-Friesian 3. Âge : 69,59 ± 9,1 jours (plus âgés); 37,59 ± 10,9 j (plus jeunes) 4. PC initial : 88,79 ± 12,3 kg (plus âgés); 63,79 ± 5,3 kg (plus jeunes) 5. Durée de l'étude : 60 j	1. Lattes bois franc 2. Lattes synthétiques	Durée totale passée sur le type de plancher Durée totale de couchage Fréquence des périodes de couchage	Bois franc > Synthétique Bois franc > Synthétique Bois franc > Synthétique
	Graunke et coll., 2011	1. N = 80 2. Type : taurillons Holstein 3. Âge : 14 semaines après sevrage 4. PC initial : 225 ± 33 kg 5. Durée de l'étude :	1. Lattes béton (n=30) 2. Lattes caoutchouc (n=25) 3. Tapis caoutchouc à claire-voie (n=25)	Périodes et durée de couchage quand poids corporel (PC) = 250 kg Périodes et durée de couchage quand PC = 450 et 650 kg Tentatives de couchage interrompues quand PC = 250 kg Comportement de coucher et de	Lattes béton > Lattes caoutchouc = Tapis caoutchouc à claire-voie = Lattes béton > Lattes caoutchouc = Tapis caoutchouc à claire-voie

		~150 j		lever anormal Jeux de langue	Lattes béton > Lattes caoutchouc = Tapis caoutchouc à claire-voie Lattes béton > Lattes caoutchouc = Tapis caoutchouc à claire-voie
--	--	--------	--	---------------------------------	--

Tableau 6.1 Étude examinant les effets des planchers et litières sur le comportement de couchage et l'activité générale des bovins (suite)

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Comportement	Résultats
TYPE DE PLANCHER (suite)	Gottardo et coll., 2003	1. N = 48 2. Type : Simmental 3. Âge : Non indiqué (jeunes taureaux) 4. PC initial = 321,2 ± 34,1 kg 5. Durée de l'étude : 250 j	1. Lattes béton (n=24) 2. Litière paille (n=24)	Fréquence couchage (j 240) Fréquence repas (j 240) Fréquence à laquelle 3 ou 5-6 animaux mangent simultanément Fréquence reniflement-léchage Fréquence toilettage Fréquence agressions Fréquence monte	Litière paille > Lattes béton Litière paille > Lattes béton Litière paille > Lattes béton = = = =
	Mogensen et coll., 1997	1. N = 80 (Expérience A); 70 (Expérience B) 2. Type : génisses Friesian 3. Âge : > 10 mois 4. PC initial : 311 à 335 kg (Expérience A); 309 à 313 kg (Expérience B) 5. Durée de l'étude : 150 j	Exp. A 1,5 c. 3,0 m ² /animal sur plancher à lattes (n=24 et n=18 respectivement); Exp. B Aire paillée couche profonde : 1,8, 2,7 et 3,6 m ² par génisse (n=30, n=20 et n=20 respectivement)	Fréquence périodes couchage Durée périodes couchage	Litière couche profonde > Lattes Litière couche profonde < Lattes
	Tessitore et coll., 2009	1. N = 20 exploitations 2. Type : bovins de boucherie 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : < 350 kg (catégorie 1) et > 350 kg (catégorie 2) 5. Durée de l'étude : 2 h/exploitation	1. Lattes (matériau non décrit) 2. Litière couche profonde (matériau non décrit)	Pourcentage d'animaux couchés Pourcentage d'animaux debout Pourcentage d'animaux s'alimentant Pourcentage d'animaux buvant Durée séquence de couchage Déplacement Poursuites Cornage Distance d'évitement	= = = = Lattes > Litière couche profonde = = = =
	Elmore et coll., 2015	1. N = 48 2. Type : bouvillons	1= Lattes béton (n=16)	Pourcentage de couchage Pourcentage de toilettage	Tapis caoutchouc massif > Lattes béton Tapis caoutchouc massif > Lattes béton

		croisés Angus 3. Âge : 9 mois 4. PC initial : 374,1 ± 27,5 kg 5. Durée de l'étude : 84 j	2. Tapis caoutchouc à lattes (n=16) 3= Tapis caoutchouc massif (n=16)	Pourcentage de station debout Fréquence des changements de position	= Tapis caoutchouc à lattes > Tapis caoutchouc massif = Lattes béton
--	--	---	---	---	--

Tableau 6.1 Étude examinant les effets des planchers et litières sur le comportement de couchage et l'activité générale des bovins (suite)

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Comportement	Résultats
TYPE DE PLANCHER (suite)	Platz et coll., 2007	1. N = 18 2. Type : bovins de boucherie croisés (Holstein Friesian × Fleckvieh) 3. Âge : 267 à 339 j 4. PC initial : Non indiqué 5. Durée de l'étude : 1 an	1. Lattes béton 2. Lattes caoutchouc 3. Choix entre lattes de caoutchouc et lattes de béton	Durée totale passée sur le type de plancher Durée nécessaire au lever Durée totale de couchage par jour (âge < 15 mois) Durée totale de couchage par jour (âge >15 mois) Fréquence de lever	Lattes caoutchouc > Lattes béton Lattes béton > Lattes caoutchouc = Lattes béton > Lattes caoutchouc = choix Lattes caoutchouc > Lattes béton
	Brsic et coll., 2015a	1. N = Variable 2. Type : bœuf Charolais et taureaux croisés 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : ~ 400 kg 5. Durée de l'étude : 120 j	1. Lattes béton 2. Litière couche profonde paille - sciure de bois	Pourcentage d'animaux debout Pourcentage d'animaux en train de ruminer	= =
	Brsic et coll., 2015b	1. N = 326 2. Type : taureaux de boucherie au stade de finition Charolais et Limousins 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 414,6 ± 52,0 kg 5. Durée de l'étude : 7 à 9 mois	1. Plancher à lattes béton 2. Plancher à lattes béton couvert de tapis caoutchouc synthétique de 30 mm	Pourcentage d'animaux debout Pourcentage d'animaux couchés Pourcentage d'animaux en décubitus latéral Interactions sociales (monte, poursuites, déplacement/coup de tête) Glissades Coucher anormal Tentatives de coucher non réussies Temps nécessaire pour se coucher	= = = = = Béton > Caoutchouc Béton > Caoutchouc Béton > Caoutchouc
	Cozzi et coll., 2013	1. N = 48 2. Type : bœufs croisés mâles (Charolais ×	1. Plancher à lattes de béton 2. Panneaux de	Durée station debout Durée repas Durée décubitus sternal	Caoutchouc perforé > Lattes béton = Béton perforé Caoutchouc perforé > Lattes béton = Béton perforé =

		Aubrac) 3. Âge : ~ 12 mois 4. PC initial : 425,9 ± 48,8 5. Durée de l'étude : 4 mois	béton perforés (70 ouvertures de 6,5 cm de diamètre /m ²) 3. Béton perforé recouvert de matelas caoutchouc perforé	Tentatives de coucher Nombre de transitions Temps nécessaire pour se coucher Durée de la séquence de lever Durée de la rumination Glissades Monte Bagarres Toilettage d'autres animaux	Lattes béton > Caoutchouc perforé Caoutchouc perforé > Lattes béton = Béton perforé Lattes béton > Caoutchouc perforé = les deux bétons perforés = = Lattes béton > Béton et Caoutchouc perforé Caoutchouc perforé > Béton = =
--	--	---	---	--	---

Tableau 6.1 Étude examinant les effets des planchers et litières sur le comportement de couchage et l'activité générale des bovins (suite)

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Comportement	Résultats
TYPE DE PLANCHER (suite)	Earley et coll., 2015	1. N = 144 2. Type : bouvillons croisés races continentales et Holstein–Friesian 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 503 ± 51,8 kg 5. Durée de l'étude : 148 j	1. Lattes béton (n=36) 2. Tapis caoutchouc 1 (n=36) 3. Tapis caoutchouc 2 (n=36) 4. Litière couche profonde (n=36)	Pourcentage d'animaux couchés Pourcentage d'animaux s'alimentant Périodes et durée de l'abreuvement Pourcentage d'animaux se donnant des coups de tête Pourcentage d'animaux s'accouplant Pourcentage de toiletteage	Tapis caoutchouc 1 et 2 > Béton = Litière couche profonde Litière couche profonde > Béton = Tapis caoutchouc 1 et 2 = Tapis caoutchouc 1 = Litière couche profonde > Béton Tapis caoutchouc 2 = à tous Tapis caoutchouc 2 > Litière couche profonde = Tapis caoutchouc 1 Béton > Tapis caoutchouc 1 Tapis caoutchouc 2 > Tapis caoutchouc 1 = Litière couche profonde
	Lowe et coll., 2001b	1. N = 112 2. Type : bouvillons croisés races continentales 3. Âge : 22 ± 0,34 mois 4. PC initial : 536 ± 5,1 kg 5. Durée de l'étude : 3 semaines	Choix entre : 1. lattes béton c. tapis caoutchouc 2. lattes béton c. paille 3. lattes béton c. sciure de bois 4. tapis caoutchouc c. paille 5. paille c. sciure de bois 6. tapis caoutchouc c. sciure de bois	Durée totale sur type de plancher Durée couchage Durée d'alimentation en station debout Durée d'expression d'autres comportements en station debout Durée passée à pousser du museau le sol	Paille > Sciure de bois > Tapis caoutchouc > Lattes béton Paille > Sciure de bois = Tapis caoutchouc > Lattes béton Tapis caoutchouc = Paille > Lattes béton Tapis caoutchouc = Paille > Lattes béton Tapis caoutchouc = Paille = Sciure de bois > Lattes béton
ESPACE DISPONIBLE (1 article)	Mogensen et coll., 1997	1. N = 80 (Expérience A); 70 (Expérience B) 2. Type : génisses Friesian 3. Âge : ≥10 mois 4. PC initial : 311 à 335 kg (Expérience A); 309 à 313 kg (Expérience B) 5. Durée de l'étude : 150 j	Exp. A 1. 1,5 m ² /animal 2. 3,0 m ² /animal Exp. B Superficie litière couche profonde : 1. 1,8 m ² /animal 2. 2,7 m ² /animal 3. 3,6 m ² /animal	Durée de couchage Fréquence des périodes de couchage Durée de couchage Fréquence des périodes de couchage Durée des périodes de couchage	3,0 m ² > 1,5 m ² 3,0 m ² > 1,5 m ² = = =

TENEUR EN MATIÈRE SÈCHE DE LA LITIÈRE (1 article)	Camiloti et coll., 2012	<ol style="list-style-type: none"> 1. N = 5 2. Type : veaux Holstein 3. Âge : $13,4 \pm 1,8$ j 4. PC initial : $51,2 \pm 4,3$ kg 5. Durée de l'étude : 2 j 	<p>Enclos double avec moitié sèche aléatoire (sciure de bois $90 \pm 0,2$ % MS) et l'autre moitié avec</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. sciure de bois $74 \pm 0,3$ % MS 2. sciure de bois $59 \pm 0,4$ % MS 3. sciure de bois $41 \pm 0,25$ % MS 4. sciure de bois $29 \pm 0,5$ % MS 5. Béton nu 	<p>Durée de couchage</p> <p>Durée en station debout</p>	<p>Sec > humide > béton nu</p> <p>Sec > humide</p>
---	-------------------------	---	--	---	---

6.3 Problèmes locomoteurs

Le tableau 6.2 synthétise les études portant sur les effets du plancher sur les blessures aux pattes et la locomotion. Des 6 études enquêtant sur l'incidence de la bursite et l'enflure de l'articulation carpienne sur différents matériaux de plancher, seule une était consacrée aux jeunes veaux. Les 5 autres s'intéressaient à des veaux plus âgés et plus lourds; elles concluent toutes que les veaux lourds sont plus sujets aux blessures sur des planchers durs. Le plancher n'a pas d'effet en la matière sur les jeunes veaux.

Parmi les 4 études examinant la démarche sur différents planchers, l'étude portant sur de jeunes veaux ne constate aucune différence entre plancher dur et souple, alors que les 3 études sur des veaux plus âgés indiquent que les boiteries sont plus nombreuses sur les planchers durs, le risque le plus élevé ayant été mesuré sur des planchers à lattes de béton.

Trois études examinent les blessures aux onglons chez les veaux lourds : 2 d'entre elles constatent des lésions plus nombreuses sur les planchers souples, et la troisième arrive au résultat opposé. Ces blessures sont plus probablement liées à l'humidité du plancher, les lattes de caoutchouc et les litières en couche profonde étant plus humides que les lattes de béton.

Des 5 études constatant des blessures aux pattes, 3 ne constatent aucun effet du plancher, 2 rapportent un plus grand nombre de blessures sur plancher dur et la dernière en observe plus sur plancher souple.

Plusieurs études sur des indicateurs de santé ont comparé le type de plancher utilisé pour des bovins laitiers et de boucherie. La majorité d'entre elles s'intéressent à des bovins de boucherie, qui atteignent un poids vif plus élevé que les veaux lourds à leur stade de finition. Certains types de plancher ont été associés à une locomotion anormale, liée au faible rendement du veau. Murphy et coll. (1987) constatent que des bovins Friesian et Hereford âgés de 2 ans présentent une incidence de maladies plus élevée quand ils sont élevés sur un plancher à lattes (9,73 %) que dans une aire paillée (5,42 %), la boiterie étant l'affection la plus fréquente (respectivement 4,75 et 2,43 %). Toutefois, par rapport à des taureaux élevés sur plancher à lattes, les animaux sur aire paillée présentent une incidence plus haute de lésions nécrotiques (45,3 c. 9,8 %) et de pododermatite aseptique diffuse (13,3 c. 5,5 %). La comparaison des deux races montre que, globalement, l'incidence des maladies est plus haute chez les Friesians (13,73 %) que les Herefords (8,36 %), et que les onglons des Friesians s'usent plus sur planchers à lattes.

Les surfaces de plancher dures sont considérées comme un facteur prédisposant à la bursite, source d'irritations pendant le décubitus sternal (Fathy et Radad, 2006). Brscic et coll. (2011) indiquent que les veaux élevés sur du béton et des planchers à lattes de bois présentent un risque plus élevé (respectivement 4x et 1,5x) de contracter une bursite par rapport à des veaux élevés sur du caoutchouc ou de la paille. Le risque plus élevé présenté par le béton pour les veaux était constaté après 13 semaines d'engraissement.

Le risque de bursite augmente aussi quand les veaux sont logés sur de nouveaux planchers par rapport à des planchers de plus de 8 ans. Les sols nouveaux (utilisés depuis moins de 8 ans) étaient plus durs et plus glissants que les sols plus vieux (utilisés depuis plus de 8 ans), plus susceptibles d'être usés par leur longue utilisation et de plus absorber l'eau (Brscic et coll., 2011).

Dans une vaste enquête sur des bovins de boucherie en Italie, Cerchiaro et coll. (2005) constatent que l'utilisation de litières réduisait le risque de réforme de 33 % par rapport aux planchers à lattes. Tessitore et coll. (2009) observent que les planchers à lattes augmentent l'incidence de zones alopeciques et de boiterie par rapport aux planchers à litière en couche profonde. Sundrum et Rubelowski (2001) ont comparé la santé des onglons de taureaux d'engraissement dans une étude réalisée sur 50 exploitations allemandes dont les systèmes de logement étaient équipés d'un plancher soit complètement à lattes, soit de litière en couche profonde ou de

deux aires paillées. Le pourcentage d'onglons négligés et de décollements de la sole était plus haut sur litière (respectivement 74,3 et 64,9 %) que sur lattes (14,0 et 10,5 %). Par ailleurs, les inclusions étaient plus fréquentes sur plancher à lattes (75,4 %) que sur litière en couche profonde (62,8 %). Le pourcentage le plus bas d'inclusions a été observé dans le système à plancher de béton couvert de litière (22,8 % pour les deux aires paillées). Néanmoins, les veaux élevés sur plancher de béton présentaient le pourcentage le plus élevé d'hémorragies aux soles (17,1 %) par rapport aux planchers à lattes (14,0 %) et aux litières à couche profonde (8,9 %). Cependant, les corrélations entre l'incidence des premières pertes et soit l'espace disponible, soit la qualité du sol étaient faibles (respectivement - 0,31 et - 0,27). Le fait que ces résultats ne soient pas issus d'une expérience comparant les types de plancher dans une même exploitation et que les exploitations avec aires paillées étaient relativement peu nombreuses ($n = 6$) par rapport à celles avec litière en couche profonde ($n = 14$) et plancher à lattes ($n = 30$) signifie que d'autres aspects du système de logement, et non pas le seul plancher, sont également susceptibles d'avoir eu des effets importants.

Graunke et coll. (2011) constatent que les blessures graves de la sole et les hémorragies de la ligne blanche des onglons (prévalence de 20 et 24 % respectivement) apparaissent seulement chez les animaux élevés sur des lattes de béton, et que la prévalence des formes plus bénignes de ces affections est également plus élevée chez les animaux sur lattes de béton que sur ceux sur tapis de caoutchouc à claire-voie. L'enflure des pattes était plus souvent constatée sur lattes de béton; en effet 100 % des animaux sur ce type de plancher souffrent d'enflures, dont 68 % d'enflures sévères (clairement visibles). L'indice de sévérité de l'érosion de la corne du talon était moins élevé sur lattes de béton en raison de l'usure plus avancée de l'onglon par rapport à un élevage sur tapis de caoutchouc à claire-voie ou lattes d'aluminium couvertes de caoutchouc. Le type de plancher n'a pas d'effet sur les dermatites, les dépilations des pattes ni les lésions cutanées. La croissance et l'usure de la corne des onglons sont plus élevées sur lattes de béton que sur lattes d'aluminium couvertes de caoutchouc et tapis de caoutchouc à claire-voie. Par ailleurs, Wilson et coll. (1998) indiquent que les onglons des veaux s'usent plus sur des lattes en bois que sur des planchers enduits de vinyle. Platz et coll. (2007) constatent que la croissance nette des onglons, mesurée par la muraille dorsale et la longueur diagonale, est plus élevée chez les veaux logés sur des tapis de caoutchouc à lattes que sur des lattes en béton ou un enclos dont la moitié est recouverte de lattes en béton et l'autre de tapis en caoutchouc à lattes.

Elmore et coll. (2015) constatent que la prévalence des lésions est plus élevée chez les bouvillons sur tapis de caoutchouc ($0,80 \pm 0,08$) que chez ceux sur lattes de caoutchouc ($0,38 \pm 0,08$) et lattes de béton ($0,37 \pm 0,08$), qui présentent des résultats similaires. Les bouvillons sur lattes de caoutchouc ont une note de démarche plus faible (donc plus normale) ($1,69 \pm 0,04$; sur une échelle de 1 à 5, où 1 représente une absence de boiterie et 5 correspond à un animal boitant gravement ou entravé) que ceux sur tapis en caoutchouc ($1,95 \pm 0,04$) et lattes de béton ($1,98 \pm 0,04$), dont la note ne différait pas. Les bouvillons sur plancher à lattes de caoutchouc ont moins d'enflures (aux genoux et aux jarrets) que ceux sur tapis en caoutchouc et lattes de béton, dont les résultats sont identiques. Wilson et coll. (1998) constatent seulement une faible diminution des enflures du genou en comparant des planchers à lattes de vinyles à des planchers métalliques enduits de vinyles, et aucune différence dans la marche selon le plancher. Schulze Westerath et coll. (2007) révèlent que les taureaux élevés sur de la paille présentaient des notes de lésions des articulations moins élevées que celles des taureaux sur lattes de béton couvertes de caoutchouc, tapis souples et lattes de béton. Les animaux sur lattes de béton avaient la note la plus élevée pour ce qui est des lésions des articulations carpiennes et tarsiennes ainsi que des enflures.

Earley et coll. (2015) constatent que le nombre total de lésions des onglons et le degré d'érosion des onglons sont plus élevés sur deux types de tapis et copeaux de bois par rapport aux lattes de béton. Le degré d'érosion est également plus élevé chez les animaux logés sur tapis par rapport à ceux sur lattes et copeaux de bois. De plus, la quantité d'excroissances et le degré d'ouverture de la ligne blanche étaient plus grands sur tapis et copeaux de bois par rapports aux planchers à lattes.

Hinterhofer et coll. (2006) ont mesuré le stress mécanique d'un onglon de bovin sur des planchers pleins et à lattes; ils en ont conclu que la distribution du stress dans un onglon modèle sur le sol plein était plus uniforme et

que les valeurs maximales de stress (100 %) étaient plus petites que sur les planchers à lattes, ce qui expliquerait dans une certaine mesure les lésions plus nombreuses observées par d'autres études chez les animaux élevés sur planchers à lattes. Une étude récente menée dans des fermes laitières canadiennes (Zaffino Heyerhoff et coll., 2014) a constaté que la probabilité de blessures au jarret était plus faible sur des bases de stalle en sable (rapport des cotes = 0,07) et en béton (rapport des cotes = 0,44) que sur des matelas, alors que la probabilité de blessure au genou était plus élevée sur des bases de stalle en béton (rapport des cotes = 3,19) que sur matelas.

Madsen et Nielsen (1985) constatent que seuls les producteurs logeant les taureaux sur des planchers à lattes signalent des inflammations de l'extrémité de la queue de l'animal, aucun cas n'étant rapporté par les producteurs élevant les taureaux sur de la paille. Schrader et coll. (2001) révèlent également une fréquence plus élevée de lésions de l'extrémité de la queue dans les exploitations à plancher à lattes par rapport à celles utilisant des litières de paille. De plus, la fréquence de ces lésions augmente avec le poids des taureaux dans les exploitations à plancher à lattes, alors que ce n'est pas le cas pour ceux élevés sur des litières de paille.

Les litières en couche profonde et les litières de sable seraient aussi des facteurs associés à un nombre inférieur de cas cliniques et sévères de boiterie dans les fermes laitières (Chapinal et coll., 2013). Les résultats d'une étude récente réalisée au Canada indiquent que la probabilité de boiterie est plus grande chez les vaches logées dans des stalles dont la profondeur de litière est ≤ 2 cm, par rapport à une profondeur de litière > 2 cm (Solano et coll., 2015). À l'opposé des résultats trouvés pour les vaches laitières, aucune lésion des onglons ni des articulations n'est observée chez les veaux par Brscic et coll. (2011) tandis que la boiterie concernait ≤ 1 % des animaux examinés. Gottardo et coll. (2003) rapportent un état de santé satisfaisant et des valeurs similaires pour ce qui est de plusieurs indicateurs sanguins de stress chronique chez des taureaux logés sur des planchers à lattes et des animaux élevés sur litière de paille, disposant de la même superficie ($3 \text{ m}^2/\text{animal}$).

Tableau 6.2 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur la locomotion et les blessures des bovins

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Locomotion et blessures	Résultats
TYPE DE PLANCHER (13 articles)	Brsic et coll., 2011	Étude de terrain transversale 1. N = 174 exploitations 2. Type : veaux lourds 3. Âge : 3 semaines après arrivée; 13 semaines d'élevage; 2 semaines avant abattage 4. PC initial : Non indiqué 5. Durée de l'étude : 3 visites par exploitation	1. Plancher lattes bois (80 % des exploitations) 2. Plancher béton (lattes, caillebotis, plein; 14 % des exploitations) 3. Caoutchouc ou paille (6 % des exploitations)	Risque de bursite	Béton = Lattes bois > Caoutchouc ou paille Plancher nouveau > plancher ancien
	Wilson et coll., 1998	1. N = 48 2. Type : taurillons Holstein (au piquet) 3. Âge : 3 à 7 j 4. PC initial : 48,6 kg 5. Durée de l'étude : 19 à 21 semaines	1. Plancher métallique en losanges vinyle 2. Plancher métallique rectangulaire vinyle 3. Lattes bois de chêne	Indicateurs de santé (évaluation du nombril, aspect du museau et des yeux, note d'état corporel et état de déshydratation) Note marche Usure de l'onglon Enflure du genou Nombre et taille des boules de poils	= = Lattes bois > Enduit vinyle (les deux) = =
	Stefanowska et coll., 2002	Huit veaux Holstein–Friesian divisés en deux groupes de quatre selon l'âge. Le groupe 1 contenait les veaux les « plus vieux » âgés de 69,59 ± 9,1 jours (moyenne ± ET) (deux femelles et deux mâles). Le groupe 2 regroupait de « jeunes » veaux âgés de 37,59 ± 10,9 jours (une femelle et trois mâles).	Une moitié du plancher était en 1. lattes synthétiques « ekogrip » (déchets plastiques) avec un recouvrement en caoutchouc de 3 mm d'épaisseur (dureté shore 90,9 ± 0,7 dans l'enclos 1 et 91,8 ± 0,4 dans l'enclos 2) et l'autre moitié en 2. lattes bois franc (dureté shore 97,1 ± 1,6 dans l'enclos 1 et 98,0 ± 0,6 dans l'enclos 2) [Plancher béton dureté : 100 shores]	Glissades	=

Tableau 6.2 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur la locomotion et les blessures des bovins (suite)

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Locomotion et blessures	Résultats
TYPE DE PLANCHER (suite)	Graunke et coll., 2011	1. N = 80 2. Type : taurillons Holstein 3. Âge : 14 semaines après sevrage 4. PC initial : 225 ± 33 kg 5. Durée de l'étude : ~ 150 j	n = 5 par enclos Enclos à plancher à lattes avec trois types de planchers dans le couloir d'alimentation 1. Lattes béton (LB) (six enclos) 2. Lattes caoutchouc (LC) (cinq enclos) 3. Tapis caoutchouc à claire-voie (TC) (cinq enclos).	Lésions sévères et modérées de la sole et hémorragies de la ligne blanche Enflures des articulations Érosion sévère de la corne du talon Prévalence dermatite, dépilation aux pattes et lésions cutanées. Croissance et usure de la corne de l'onglon	Lattes béton > Lattes caoutchouc = Tapis caoutchouc Lattes béton > Lattes caoutchouc = Tapis caoutchouc Lattes béton < Lattes caoutchouc = Tapis caoutchouc = Lattes béton > Lattes caoutchouc = Tapis caoutchouc
	Gottardo et coll., 2003	1. N = 48 2. Type : Simmental 3. Âge : Non indiqué (jeunes taureaux) 4. PC initial : 321,2 ± 34,1 kg 5. Durée de l'étude : 250 j	n = 6 (8 groupes de 6 animaux; 4 groupes par revêtement) 1. Plancher lattes 2. Litière paille	Indicateurs sanguins stress chronique (nombre de globules blancs, neutrophiles, lymphocytes, ratio N:L ratio, hémocrite et protéines totales).	=
	Tessitore et coll., 2009	1. N = 20 exploitations 2. Type : bovins de boucherie 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : < 350 kg (catégorie 1) et > 350 kg (catégorie 2) 5. Durée de l'étude : 2 h/exploitation	Vingt exploitations d'élevage intensif de bovins de boucherie sélectionnées selon le poids des animaux (< 350 kg c. > 350 kg) et le type de plancher (lattes c. litière en couche profonde)	Toux et décharge nasale Risque de lésions cutanées, de dommages aux poils et de boiteries	= Lattes > Litière couche profonde
	Elmore et coll., 2015	1. N = 48 2. Type : bouvillons croisés Angus 3. Âge : 9 mois 4. PC initial : 374,1 ± 27,5 kg 5. Durée de l'étude : 84 j	n = 4 (12 groupes de 4 animaux; 4 groupes par revêtement) 1. Lattes béton (BÉT) 2. Tapis en lattes de caoutchouc (LATTES) 3. Tapis en caoutchouc plein couvrant 60 % de la surface au sol de l'enclos (PLEIN)	Lésions aux pattes Note de démarche Enflures aux articulations (genoux et jarrets)	Tapis caoutchouc plein > Lattes caoutchouc = Lattes béton Tapis caoutchouc plein = Lattes béton > Lattes caoutchouc Tapis caoutchouc plein = Lattes béton > Lattes caoutchouc

Tableau 6.2 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur la locomotion et les blessures des bovins (suite)

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Locomotion et blessures	Résultats
TYPE DE PLANCHER (suite)	Platz et coll., 2007	1. N = 18 2. Type : bovins de boucherie croisés (Holstein Friesian × Fleckvieh) 3. Âge : 267 à 339 j. 4. PC initial : Non indiqué 5. Durée de l'étude : 1 an	n = 6 par revêtement 1. Enclos à plancher lattes béton (ENCLOS BÉTON) 2. Enclos à plancher béton équipé de tapis en lattes caoutchouc emboîtées (ENCLOS CAOUTCHOUC) 3. Choix entre les deux types de plancher (ENCLOS CHOIX)	Note de lésions cutanées Croissance nette onglon	Béton > Caoutchouc = Choix Caoutchouc > Choix = Béton
	Brsic et coll., 2015a	1. N = Variable 2. Type : bœuf Charolais et taureaux croisés 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : ~ 400 kg 5. Durée de l'étude : 120 j	1. Lattes béton 2. Litière en couche profonde paille - sciure de bois	Risque de zones de dépilation Risque de bursite et de modifications du tégument Risque de rhinorrhée (1 mois après l'arrivée) Taux de mortalité Réforme précoce	Lattes béton > Paille Lattes béton > Paille Paille > Lattes béton = Lattes béton > Paille
	Brsic et coll., 2015b	1. N = 326 2. Type : taureaux de boucherie Charolais et Limousins au stade de finition 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 414,6 ± 52,0 kg 5. Durée de l'étude : 7 à 9 mois	1. Plancher lattes béton 2. Plancher lattes béton couvert de lattes caoutchouc synthétique de 30 mm	Pourcentage d'animaux traités pour troubles locomoteurs Pourcentage d'animaux traités pour troubles respiratoires Pourcentage de réforme précoce Incidence de la bursite Prévalence lésions/blessures Hyperplasie de l'onglon	Béton > Caoutchouc = Béton > Caoutchouc (p = 0,08) Béton > Caoutchouc = Caoutchouc > Béton
	Cozzi et coll., 2013	1. N = 48 2. Type : bœufs mâles croisés (Charolais × Aubrac) 3. Âge : ~12 mois 4. PC initial : 425,9 ± 48,8 5. Durée de l'étude : 4 mois	n = 16 par revêtement 1. Plancher lattes béton 2. Panneaux de béton perforé (70 ouvertures de 6,5 cm de diamètre/m ²) 3. Béton perforé couvert d'un matelas en caoutchouc perforé	Signes de boiterie Prévalence hyperplasie onglon Risque hyperplasie onglon Lésions cutanées	Lattes béton > Béton perforé ou caoutchouc Caoutchouc perforé > Lattes béton = Béton perforé Caoutchouc perforé > Lattes béton =

Tableau 6.2 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur la locomotion et les blessures des bovins (suite)

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Locomotion et blessures	Résultats
TYPE DE PLANCHER (suite)	Keane et coll., 2015	1. N = 72 2. Type : taureaux de boucherie croisés charolais et limousins 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 441 ± 45,1 kg 5. Durée de l'étude : 6 mois	n = 18 par revêtement 1. Lattes béton anciennes 2. Lattes béton nouvelles 3. Lattes béton anciennes recouvertes de tapis en caoutchouc 22 mm 4. Lattes béton nouvelles recouvertes de tapis en caoutchouc 22 mm	Lésions de l'onglon Paramètres sanguins (leucocytes totaux, neutrophiles, lymphocytes, pourcentage éosinophiles et monocytes, nombre de globules rouges, hémoglobine, concentration globulaire moyenne en hémoglobine, volume globulaire moyen, hématocrite et nombre de plaquettes)	Tapis caoutchouc > Lattes béton =
	Earley et coll., 2015	1. N =144 2. Type : bouillons races croisées continentales et Holstein–Friesian 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 503 ± 51,8 kg 5- Durée de l'étude : 148 j	1. Lattes béton 2. Tapis caoutchouc 1 3. Tapis caoutchouc 2 4. Litière en couche profonde	Paramètres sanguins au jour 23, 45, 86, 107, 128 et 148 (concentrations d'albumine plasmatique, de globuline, de protéine, de créatine-kinase, de glucose, de β-hydroxybutyrate, de fibrinogène et d'haptoglobuline, nombre de globules blancs et production IFN-γ) Nombre total de lésions des onglons Érosion de l'onglon Hyperplasie de l'onglon Maladie ligne blanche	= Tapis caoutchouc 1 = Tapis caoutchouc 2 = Copeaux de bois > Lattes béton Tapis caoutchouc 1 et 2 > Lattes béton et copeaux de bois Tapis caoutchouc 1 = Tapis caoutchouc 2 = Copeaux de bois > Lattes béton Tapis caoutchouc 1 = Tapis caoutchouc 2 > Copeaux de bois > Lattes béton
LITIÈRE (1 article)	Panivivat et coll., 2004	1. N = 60 2. Type : vaches laitières femelles 3. Âge : nouveau-né 4. PC initial : 32 à 35 kg 5. Durée de l'étude : 90 j	n = 12 par revêtement Types de litière : 1. Sable de rivière 2. Matériaux fins de granit 3. Balles de riz 4. Paille de blé longue 5. Copeaux de bois	Jours d'entérites (1 ^{re} semaine) Jours d'entérites (2 ^e semaine) Indicateurs sanguins (cortisol sérique, ration N:L, alpha-1-glycoprotéine acide)	Matériaux fins granit > paille Matériaux fins granit = sable > balles de riz = copeaux de bois = paille =

Tableau 6.2 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur la locomotion et les blessures des bovins (suite)

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Locomotion et blessures	Résultats
ESPACE DISPONIBLE (2 articles)	Andersen et coll., 1997	1. N = 120 2. Type : taurillons danois Friesian 3. Âge : 70 j 4. PC initial : ~ 100 kg 5. Durée de l'étude : ~ 140 j	Période I PC 100 kg à 300 kg Superficie au sol/animal 1. FAIBLE =1,4 m ² 2. MOYENNE =1,7 m ² 3. GRANDE =2,5 m ² Période II PC 300 kg à 460 kg Superficie au sol/animal 1. FAIBLE = 1,8 m ² 2. MOYENNE =2,2 m ² 3. GRANDE = 3,1 m ²	Lésions sur l'extrémité de la queue sévères et modérées	Faible > Grande
	Brcsic et coll., 2011	Étude de terrain transversale 1. N = 174 exploitations 2. Type : veaux lourds 3. Âge : 3 semaines après arrivée; 13 semaines d'élevage; 2 semaines avant abattage 4. PC initial : Non indiqué 5. Durée de l'étude : 3 visites par exploitation	1. Plancher lattes bois (80 % des exploitations) 2. Plancher béton (lattes, caillebotis, entier; 14 % des exploitations) 3. Caoutchouc ou paille (6 % des exploitations)	Risque de bursite	Moins de 1,8 m ² /veau > Espace plus grand

6.4 Gestion de la litière

Les matériaux de litière sont, entre autres, la paille, la sciure de bois, les balles de riz, le sable, le gravier. La litière sert à garder les veaux au sec et à leur procurer chaleur et confort pour le couchage et la locomotion (Ninomiya et Sato, 2009). Or, la gestion de la litière, activité à forte intensité de main-d'œuvre, a également des répercussions importantes sur le degré de confort et de chaleur qu'elle apporte aux animaux. Pour qu'une litière soit sèche sur un plancher en béton, la pente doit permettre un écoulement adéquat, l'abreuvoir doit être placé de façon à ce qu'il ne mouille pas la litière et cette dernière doit être régulièrement changée. Habituellement, la litière souillée d'urine et de fèces n'est ni changée ni retirée dans la production de veau lourd; on en ajoute plutôt de la nouvelle pendant l'engraissement. Dans une étude sur des exploitations suisses utilisant principalement de la litière en paille, Bähler et coll. (2012) constatent des pertes de veaux plus grandes dans les exploitations où les étables sont nettoyées et la litière remplacée seulement une fois par cycle de production (rapport des cotes = 2,2) par rapport aux exploitations où ces opérations sont réalisées deux fois par cycle de production.

Une gestion insuffisante des litières entraîne de fortes concentrations d'ammoniac (NH_3) dans les enclos et les niches à veaux, qui créent un milieu riche en nutriments favorisant la croissance de microorganismes et la reproduction des mouches (Calvo et coll., 2010). Les différences d'émissions d'ammoniac sont positivement corrélées à la capacité d'absorption et négativement corrélées à la densité des types de litière (Misselbrook et Powell, 2005).

Panivivat et coll. (2004) ont observé, après 42 jours d'élevage de veaux laitiers, des différences significatives de concentration d'ammoniac 10 cm au-dessus des différents types de litière. La concentration d'ammoniac la plus basse était mesurée en cas de litière de paille de blé longue, suivie du sable, des balles de riz, des copeaux de bois et des matériaux fins de granit.

Godden et coll. (2008) ont comparé la croissance d'inoculants bactériens sur des matériaux de litière (sable propre, sable recyclé, fumier digéré et copeaux de bois) prélevés dans des fermes laitières. La croissance de *K. pneumoniae* était la plus forte sur les litières en fumier digéré, suivies du sable recyclé, puis des copeaux de bois; le sable propre était le moins favorable à la bactérie.

Les veaux élevés sur une litière profonde de 11 à 15 cm présentent un risque de cryptosporidiose plus faible que ceux logés avec une litière à la profondeur variant entre 0 et 5 cm (Brook et coll., 2008).

Dans une comparaison de 5 types de litière (matériaux fins de granit, sable, balles de riz, paille de blé et copeaux de bois) utilisés pour les veaux laitiers (âgés de 1 à 42 jours), Panivivat et coll. (2004) ne constatent aucune différence pour ce qui est de la concentration sérique en immunoglobuline (IgG), des indices de stress (cortisol et ratio neutrophiles/lymphocytes) et de l'acide alpha-1-glycoprotéine (AGP), une protéine de la phase aiguë. Toutefois, le nombre de jours de traitement des veaux aux antibiotiques en raison de diarrhées différait ($p < 0,05$) selon le matériau de la litière pendant les 2 premières semaines de vie, le nombre le plus élevé de jours de traitement étant enregistré chez les veaux sur des litières de sable ou de matériaux fins de granit. Ceci serait lié à des questions de thermorégulation, le sable et les matériaux fins de granit étant plus froids que les autres types de litière.

Les mouches peuvent poser problème dans les enclos à veaux quand la litière se mêle à l'urine, aux fèces, au lait et aux grains renversés, à l'eau. Chez des veaux logés en niche, les densités de larves sont plus basses pour ceux logés sur des litières en sable et en gravier, par rapport aux litières de pailles (Schmidtman, 1991). Le nombre d'asticots de mouche des étables est moindre sur la sciure de bois que sur la paille (Schmidtman, 1991), et l'acidification de la litière par le bisulfate de sodium réduit la densité de larves de mouches domestiques (Calvo et coll., 2010).

6.5 Thermorégulation

Un ratio surface corporelle sur masse corporelle relativement élevé, une peau fine, une faible quantité de graisse sous-cutanée et un contrôle insuffisant du réseau vasculaire cutané sont des facteurs détériorant la thermorégulation chez les veaux par rapport aux bovins plus âgés (Olson et coll., 1980; Carstens, 1994). Une litière suffisamment sèche procure au veau une barrière isolante qui l'aide à conserver la chaleur animale. Il est important que la litière soit sèche pour garder le veau au sec et éviter l'augmentation des pertes de chaleur causée par le poil mouillé.

Une litière sèche réduit les pertes de chaleur par conduction, en aidant les animaux à faire face aux milieux froids; pour les jeunes veaux, la température critique minimale est de 18 °C lorsqu'ils sont couchés sur du béton, mais de 6 °C sur une litière profonde de paille sèche (Wathes et coll., 1983; Webster, 1984). Dans une enquête sur des étables à veaux ventilées naturellement en hiver au Wisconsin, Lago et coll. (2006) ont observé que les litières humides réduisaient la capacité des veaux à nidifier dans leur litière (mesurée sur une échelle de nidification où 1 = la plupart des veaux se couchent sur la litière les pattes exposées; 2 = les veaux nidifient légèrement dans la litière, mais une partie des pattes sont visibles au-dessus de la litière; et 3 = le veau nidifie en profondeur dans la litière et les pattes ne sont pas visibles). Ninomiya et Sato (2009) constatent que les veaux âgés de 21 et 51 jours passent plus du double de leur temps à se reposer, couchés dans des positions associées au sommeil lent profond quand ils reçoivent une litière de quantité double.

Les veaux bénéficieraient d'une litière en couche profonde, car elle leur permettrait de nidifier à l'intérieur de la litière et peut-être de réduire ainsi la perte de chaleur par rayonnement et convection. Une litière profonde et sèche serait une méthode plus efficace de gestion du stress causé par les courants d'air et le froid que l'équipement de l'enclos avec des cloisons latérales pleines (Lago et coll., 2006). Le temps passé par les veaux non sevrés couchés sur le côté, en décubitus latéral, est plus court dans les abris extérieurs non chauffés que dans les abris intérieurs chauffés (Hänninen et coll., 2003).

Panivivat et coll. (2004) constatent un effet significatif du type de litière sur la température de la surface de la litière pendant les 42 jours d'utilisation par des veaux laitiers. La température la plus élevée était assurée par la paille de blé, et elle était significativement plus chaude que la litière en copeaux de bois ou balles de riz; les températures les plus basses étaient enregistrées pour le sable et les matériaux fins de granit.

Une étude épidémiologique sur des veaux laitiers rapporte qu'une litière humide est un facteur de risque de diarrhée chez les jeunes veaux (Curtis et coll., 1993; Hill et coll., 2007). La litière de sable, comparée à celle de paille, est plus humide et les fèces des veaux y sont plus molles (Hill et coll., 2007).

Plusieurs études ont montré que les veaux élevés sur litière en couche profonde présentaient un risque accru de diarrhée (Svensson et coll., 2003) et d'infections par des entéropathogènes (Mohammed et coll., 1999; Jäger et coll., 2005). Ces conclusions ne concordent pas avec les résultats de Gulliksen et coll. (2009) qui, dans une étude épidémiologique menées sur 135 troupeaux laitiers en Norvège, constatent qu'un des facteurs associés à l'augmentation du risque d'excrétion de *Cryptosporidium* et de diarrhée (prévalence = 4,7 %) est l'utilisation de plancher à lattes de béton dans des enclos collectifs (n = 69) contre l'utilisation de litière en couche profonde dans l'aire de repos d'enclos collectifs (n = 10), et l'utilisation de paille dans des cases individuelles (n = 64) [force de morbidité = 8,9 sur béton c. groupe sur litière en couche profonde et logement individuel sur paille].

Jäger et coll. (2005) ont trouvé des prévalences plus fortes de *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Eimeria* et de nématodes strongles dans des enclos à litière en couche profonde, par rapport à des enclos à plancher de lattes.

Mohammed et coll. (1999) constatent que l'élimination de la litière quotidiennement, deux fois par semaine ou hebdomadairement est significativement associée à une diminution du risque d'infection par *Cryptosporidium parvum* par rapport à des situations où la litière n'est pas changée (rapport des cotes = 0,40, 0,02 respectivement). Le nettoyage quotidien de la litière, soit en ne retirant que la matière souillée, soit en éliminant toute la litière, est associé à une

diminution significative du risque d'infection par *C. parvum* par rapport à des situations où le logement des veaux n'est pas nettoyé pendant toute leur période d'élevage.

Anderson et coll. (2006) constatent que l'ingestion de matière sèche est plus faible ($p < 0,06$) chez les veaux ayant une litière par rapport à des bouvillons sans litière en hiver. Le fait que la croissance pondérale était aussi moins grande chez les bouvillons sans litière s'explique par leurs besoins d'entretien plus élevés que leurs congénères avec litière. Birkelo et Lounsbury (1992) observent un gain quotidien plus élevé (1,41 kg/jour c. 1,30 kg/jour) et une meilleure efficacité alimentaire chez les veaux avec litière (5,93 kg d'aliments/kg de gain de PC pour la paille et 5,88 kg d'aliments/kg de gain de PC pour papier journal déchiqueté) par rapport aux veaux sans litière (6,33 kg d'aliments/kg de gain de PC) dans deux systèmes de logement différents en hiver.

Hill et coll. (2007) constatent que des veaux laitiers sur litière de paille de blé ont une croissance pondérale de 5 à 12 % plus rapide du jour 0 au jour 56 que des veaux logés sur des copeaux de bois par températures froides. L'ajout de litière dans les enclos accroît plus le rendement des veaux qu'une augmentation de la ration de lait de remplacement.

6.6 Saleté

Une litière sèche améliore la propreté des bovins. En raison de la haute intensité de main-d'œuvre nécessaire à la gestion des litières, les planchers à lattes ont été proposés comme moyen de réduire l'entretien des litières tout en gardant les animaux propres et au sec. Le tableau 6.3 synthétise les études de la revue de littérature qui s'intéressent aux effets du plancher sur la saleté. Onze études donnent des mesures de la saleté des animaux. Deux portent sur de jeunes veaux et 9 sur des animaux plus lourds. Dans une étude sur 20 élevages intensifs de bovins de boucherie, Tessitore et coll. (2009) observent qu'il est plus probable (rapport des cotes = 4,39) que la propreté des taureaux soit réduite sur un plancher avec litière que sur un plancher à lattes. Brscic et coll. (2015a) constatent qu'une litière en couche profonde nuit à la propreté des taureaux 1 mois après leur arrivée et 1 semaine avant l'abattage. La prévalence de taureaux classés comme sales était respectivement de 95,3 et 94,4 % pour la litière en couche profonde et, dans le même ordre, de 45,0 et 5,7 % pour le plancher à lattes. Gottardo et coll. (2003) révèlent que les taureaux logés sur une litière de paille sont toujours plus sales que ceux sur plancher à lattes.

Graunke et coll. (2011) ont mesuré la saleté des animaux (somme de 4 parties du corps sur une échelle ordinaire à 5 points, de 0 = propre à 4 = tout ou presque toute la surface couverte de fumier) sur différents types de planchers. Ils ont constaté que les taureaux logés sur des lattes en béton et en caoutchouc étaient plus propres que ceux logés sur des tapis en caoutchouc. Schütz et coll. (2015) ont par ailleurs observé que des les vaches sur tapis en caoutchouc étaient presque 3 fois plus sales que celles élevées sur du béton ou des copeaux de bois. De même, Elmore et coll. (2015) ont trouvé les bouvillons élevés sur tapis en caoutchouc plus sales que ceux sur lattes de caoutchouc ou de béton. Kartal et Yanar (2011) n'ont constaté aucune différence entre béton, tapis en caoutchouc et lattes de bois pour ce qui est de la note de propreté du matériau de literie (sur une échelle de 1 à 5, avec 1 = propre et sec, 2 = 20 % à 40 % de la surface sale ou humide, 3 = 40 % à 60 % de la surface sale ou humide, 4 = 60 % à 80 % de la surface sale ou humide) pendant la période précédant le sevrage (âge : 1 à 7 semaines), mais de 4 à 6 mois, la litière des veaux sur lattes de bois était plus propre ($3,1 \pm 0,1/5$ points) que celle des veaux sur tapis en caoutchouc ($3,7 \pm 0,1/5$ points).

Quant à Earley et coll. (2015), ils estiment que les animaux logés sur litière de copeaux de bois en couche profonde ont des notes de saleté plus élevées que ceux sur lattes et deux types de tapis. Les animaux élevés sur copeaux de bois obtiennent des notes de saleté plus élevées ($p < 0,05$) au jour 45, 65, 86, 107, 128 et 148 que ceux sur d'autres revêtements; les animaux sur le tapis de type 2 étaient plus propres ($p < 0,05$) que les taureaux logés sur les autres revêtements. Schulze Westerath et coll. (2007) ne trouvent aucune différence de saleté entre des taureaux d'engraissement logés sur de la paille, des lattes de béton couvertes de caoutchouc, des tapis souples ou des lattes de béton. Les veaux élevés sur lattes et tapis étaient significativement plus sales que ceux sur plancher plein recouvert de litière de paille (Lowe et coll., 2001a), mais une deuxième expérience d'une année a constaté que les bovins élevés dans des enclos complètement couverts de lattes n'étaient pas plus propres que les bovins logés sur tous les autres

types de plancher de l'expérience (lattes avec bandes de caoutchouc, lattes avec tapis perforés ou plancher plein avec paille).

Dans une comparaison de 5 types différents de litière (sable de rivière, matériaux fins de granit, balles de riz, paille de blé longue et copeaux de bois souples), Panivivat et coll. (2004) constatent que les veaux sur matériaux fins de granit sont plus sales que ceux sur les autres types de litière. Seule la paille de blé longue après occupation de l'enclos par les veaux dépassait les matériaux fins de granit en nombre d'organismes coliformes et de bactéries à gram négatif.

Tableau 6.3 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur la saleté des bovins

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Saleté	Résultats
TYPE DE PLANCHER (11 articles)	Wilson et coll., 1998	1. N = 48 2. Type : taurillons Holstein (au piquet) 3. Âge : 3 à 7 j 4. PC initial : 48,6 kg 5. Durée de l'étude : 19 à 21 semaines	1. Plancher métal déployé en losanges enduit vinyle 2. Plancher métal déployé rectangulaire enduit vinyle 3. Plancher à lattes de chêne	Note de propreté des quartiers arrière Note de propreté de toutes les catégories	Métal rectangulaire plus sale que métal en losanges Plancher lattes bois plus sale qu'Enduit vinyle (les deux)
	Kartal et Yanar, 2011	1. N = 30 2. Type : Brown Swiss 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 37,3 ± 1,0 kg 5. Durée de l'étude : 6 mois	1. Béton 2. Tapis caoutchouc 3. Lattes bois	Note du matériau de litière (avant sevrage 1 à 7 semaines) Note du matériau de litière (4 à 6 mois)	= Tapis caoutchouc plus sale que Lattes bois
	Graunke et coll., 2011	1. N = 80 2. Type : taurillons Holstein 3. Âge : 14 semaines après sevrage 4. PC initial : 225 ± 33 kg 5. Durée de l'étude : ~150 j	1. Lattes béton (n = 30) 2. Lattes caoutchouc (n = 25) 3. Tapis caoutchouc à claire-voie (n = 25).	Note de saleté	Tapis caoutchouc plus sale que Lattes caoutchouc = Lattes béton
	Gottardo et coll., 2003	1. N = 48 2. Type : Simmental 3. Âge : Non indiqué (jeunes taureaux) 4. PC initial : 321,2 ± 34,1 kg 5. Durée de l'étude : 250 j	1. Lattes béton (n = 24) 2. Litière paille (n = 24)	Note de saleté	Paille plus sale que Lattes béton
	Tessitore et coll., 2009	1. N = 20 exploitations 2. Type : bovins de boucherie 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : < 350 kg (catégorie 1) et > 350 kg (catégorie 2) 5. Durée de l'étude : 2 h/exploitation	1. Lattes (matériau non décrit) 2. Litière en couche profonde (matériau non décrit)	Note de saleté	Litière couche profonde plus sale que Lattes
	Elmore et coll., 2015	1. N = 48 2. Type : bouvillons croisés Angus 3. Âge : 9 mois 4. PC initial : 374,1 ± 27,5 kg 5. Durée de l'étude : 84 j	1. Lattes béton (n = 16) 2. Tapis caoutchouc à lattes (n = 16) 3. Tapis caoutchouc plein (n = 16)	Note de saleté Propreté de l'enclos	Tapis caoutchouc plein plus sale que Tapis caoutchouc à lattes = Lattes béton Tapis caoutchouc plein plus sale que Tapis caoutchouc à lattes, et tous deux plus sales que Lattes béton
	Brcsic et coll., 2015a	1. N = Variable 2. Type : bœuf charolais et croisés 3. Âge : Non indiqué (taureaux) 4. PC initial : ~400 kg 5. Durée de l'étude : 120 j	1. Lattes béton 2. Litière en couche profonde paille - sciure de bois	Prévalence de taureaux considérés comme sales	Litière couche profonde plus sale que Lattes béton

Tableau 6.3 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur la saleté des bovins (suite)

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Saleté	Résultats
TYPE DE PLANCHER (suite)	Brscic et coll., 2015b	1. N = 326 2. Type : taureaux de boucherie Charolais et Limousins au stade de finition 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 414,6 ± 52,0 kg 5. Durée de l'étude : 7 à 9 mois	1. Plancher lattes béton 2. Plancher lattes béton couvert de lattes caoutchouc synthétique de 30 mm	Pourcentage de taureaux notés comme sales	Lattes caoutchouc > Lattes béton
	Keane et coll., 2015	1. N = 72 2. Type : taureaux de boucherie croisés Charolais et Limousins 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 441 ± 45,1 kg 5. Durée de l'étude : 6 mois	1. Lattes béton anciennes 2. Lattes béton nouvelles 3. Lattes béton anciennes recouvertes de tapis en caoutchouc 22 mm 4. Lattes béton nouvelles recouvertes de tapis en caoutchouc 22 mm	Note de saleté 42 à 105 j Note de saleté 105 à 126 j Note de saleté 126 à 148 j Note de saleté 148 à 180 j	Lattes béton plus sales que Tapis caoutchouc = Lattes béton plus sales que Tapis caoutchouc =
	Lowe et coll., 2001a	1. N = 60 (An 1); 80 (An 2) 2. Type : bouvillons croisés races continentales 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 450 ± 2,5 kg (An 1); 423 ± 2,8 kg (An 2). 5. Durée de l'étude : 140 j (An 1); 142 j (An 2)	1. Lattes béton (n = 20) 2. Lattes béton couvertes de tapis caoutchouc perforés (n = 20) 3. Plancher plein avec litière paille (n = 20) L'an 2, ajout d'un plancher 4. Bandes caoutchouc fixées sur lattes (n = 20)	Note de saleté (An 1) Note de saleté (An 2)	Lattes béton = Tapis caoutchouc plus sale que Paille Tapis caoutchouc plus sale que Lattes béton = Bandes caoutchouc = Paille
	Earley et coll., 2015	1. N = 144 2. Type : bouvillons croisés races continentales et Holstein-Friesian 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 503 ± 51,8 kg 5- Durée de l'étude : 148 j	1. Lattes béton (n = 36) 2. Tapis caoutchouc 1 (n = 36) 3. Tapis caoutchouc 2 (n = 36) 4. Litière couche profonde (n = 36)	Note de saleté	Litière couche profonde plus sale que Béton = Tapis caoutchouc 1 plus sale que Tapis caoutchouc 2
LITIÈRE (1 article)	Panivivat et coll., 2004	1. N = 60 2. Type : veaux laitiers femelles 3. Âge : nouveau-nés 4. PC initial : 32 à 35 kg 5. Durée de l'étude : 90 j	n = 12 par revêtement Types de litière : 1. Sable de rivière 2. Matériaux fins de granit 3. Balles de riz 4. Paille de blé longue 5. Copeaux de bois souples	Note de propreté Nombre de coliformes le jour 42 (fin)	Matériaux fins de granit plus sales que les autres matériaux Paille de blé longue < tous les autres

6.7 État glissant des sols

Les bovins laitiers exposés à des sols très glissants ont 2 fois plus de chances de boiter que les vaches non exposées à des sols glissants (Solano et coll., 2015). Les vaches circulent plus lentement et de manière plus raide (angles plus aigus des pattes) lorsque le sol est couvert de gadoue d'excréments par rapport à un sol sec (Phillips et Morris, 2000). Les sols glissants augmentent l'allure des vaches (Phillips et Morris, 2001) et le risque de blessures aux pattes (Webb et Nilsson, 1983). Wierenga (1987) cite une étude qui a enregistré les glissades de taureaux pendant l'auto-toilettage (léchage ou grattage) sur plancher à lattes, plancher perforé ou litière en couche profonde. Les glissades s'observaient dans 22,7 % des occasions sur plancher à lattes, 8,1 % sur plancher perforé et autour de 0 % sur litière de paille en couche profonde. Des résultats similaires sont obtenus pour les glissades pendant les interactions sexuelles et sociales.

6.8 Paramètres de la production animale

Le tableau 6.4 synthétise les études s'intéressant aux effets du plancher et de la litière sur les paramètres de la production animale. Quinze études présentent les résultats de production de veaux logés sur différents types de plancher. Quatre d'entre elles portent sur des veaux jeunes légers; les 11 autres concernent des veaux pesant plus de 225 kg. Les veaux jeunes obtiennent les mêmes résultats sur plancher dur et souple selon 3 études, la quatrième juge que leurs résultats sont meilleurs sur plancher dur.

Le rendement des veaux plus âgés est similaire sur plancher dur ou souple selon les résultats de 7 études, il était meilleur sur plancher souple dans 4 études et une étude constate un moins bon rendement sur plancher souple que dur.

Une première étude a comparé l'élevage de taurillons en Israël (en groupes) sur plancher à lattes de béton à un élevage sur litière posée sur la terre. À partir de cette étude, Levy et coll. (1970) ont rapporté que sur planchers à lattes, les animaux nécessitaient moins d'aliments par unité de poids vif, étaient plus gras, avaient un pourcentage plus élevé de viande commercialisable et une efficacité alimentaire plus grande.

Wilson et coll. (1998) ont comparé les caractéristiques de production de veaux élevés au piquet sur des lattes en bois ou un plancher métallique enduit de vinyle de deux formes différentes (rectangulaire ou en losanges). Pendant les 20 semaines d'engraissement, aucune différence n'a été constatée entre les planchers pour ce qui est du poids final, du gain moyen quotidien (GMQ), du poids de la carcasse, du rendement de la carcasse, de l'état des organes (foie, rate et poumons) ou de la couleur des muscles de la carcasse (flanc et poitrine).

Hänninen et coll. (2005) trouvent un GMQ similaire chez de jeunes veaux laitiers logés sur plancher en béton (en case individuelle ou par paires) ou sur plancher en béton recouvert d'un tapis en caoutchouc.

Kartal et Yanar (2011) comparent des veaux Brown Swiss élevés sur du béton, des tapis en caoutchouc et des lattes en bois. Aucune différence n'est enregistrée entre revêtements pour ce qui est de l'efficacité alimentaire et de la croissance pondérale totale jusqu'à l'âge de 4 mois. En revanche, de 4 à 6 mois, les veaux sur tapis en caoutchouc prenaient moins de poids que les veaux sur béton et lattes de bois.

Lowe et coll. (2001a) comparent trois types de plancher pendant l'année 1 (planchers à lattes, planchers à lattes couverts de tapis en caoutchouc perforés ou planchers pleins couverts de litière en paille) et ajoutent un quatrième type (lattes en béton couvertes de bandes de caoutchouc fixées) l'année 2. Le type de plancher n'avait aucun effet significatif sur l'ingestion, le taux de croissance, la composition de la carcasse et la qualité de la viande des bovins de boucherie au stade de finition ni l'une ni l'autre des années. Il faut cependant noter que, pendant les deux années, les animaux sur planchers à lattes disposaient d'un espace par animal d'environ 3,0 m² (enclos de 4,35 × 3,45 m pour 5 animaux) et les animaux sur plancher plein de 5,3 m² par animal (enclos de 7,45 × 3,55 m pour 5 animaux). Pour Lowe et coll. (2001a), ces différences de conception se justifient, car l'étude compare des systèmes de types de plancher et non les types de planchers en eux-mêmes, afin que les conclusions soient directement applicables au

secteur de la production du bœuf. C'est pourquoi ces résultats doivent être interprétés avec prudence dans le contexte de la production de veau.

Dans une autre étude, Lowe et coll. (2001b) ne constatent pas de différence d'ingestion de matière sèche (MS) entre bouvillons logés dans des enclos permettant de choisir entre deux types de plancher (combinaisons de lattes en béton, de tapis en caoutchouc, de paille ou de sciure de bois).

Graunke et coll. (2011) ne trouvent pas de différence dans l'ingestion quotidienne de MS et l'énergie métabolisable (EM) de veaux logés sur différents types de plancher (lattes de béton, tapis de caoutchouc en caillebotis, ou lattes d'aluminium couvertes de caoutchouc). En revanche, les GMQ des animaux sur lattes de béton est inférieur à celui des animaux sur lattes couvertes de caoutchouc ([moyenne \pm ETM] $1,43 \pm 0,03$ c. $1,56 \pm 0,03$ kg/jour). Les animaux sur tapis de caoutchouc en caillebotis ont un GMQ identique ($1,51 \pm 0,03$ kg/jour) à ceux sur lattes de béton ou de caoutchouc. Aucun effet du type de plancher sur les caractéristiques de la carcasse n'est observé. L'âge de l'abattage tendait à être plus grand et la note de conformation de la carcasse plus basse sur lattes de béton que sur caoutchouc.

Elmore et coll. (2015) ne constatent pas de différence dans la croissance pondérale totale ni le GMQ de bovins de boucherie (âgés de 36 à 48 semaines) sur lattes de béton, tapis de caoutchouc à lattes ou tapis plein en caoutchouc.

Brscic et coll. (2015a) ne trouvent pas de différence entre litière en couche profonde et plancher à lattes pour ce qui est du poids vif final, du gain moyen quotidien et des jours de finition chez les taureaux observés.

Earley et coll. (2015) ne constatent pas de différence pour plusieurs paramètres de rendement (ingestion totale de MS, gain de poids vif, poids de la carcasse, rendement de la carcasse, note de conformation de la carcasse, note de gras de la carcasse, et graisse rénale et pelvienne) de bouvillons au stade de finition logés dans des enclos à lattes de béton, deux types de tapis en caoutchouc ou litière à couche profonde.

Gottardo et coll. (2003) obtiennent des résultats identiques pour le gain quotidien, le poids vif final moyen, l'ingestion de matière sèche et l'efficacité alimentaire de taureaux sur plancher en béton et taureaux sur béton couvert de litière en paille. Les caractéristiques de la carcasse (poids, rendement et conformation de la carcasse, note de gras, composition chimique de la viande et caractéristiques de qualité mesurées sur le muscle *longissimus thoracis*) sont également similaires pour les deux types de plancher.

Anderson et coll. (2006) mesurent les poids finaux de bouvillons recevant des quantités moyennes ou généreuses de litière en paille (poids corporel respectif de 532 kg et 536 kg) et les comparent à des animaux sans litière (poids corporel de 508 kg) en hiver dans le Dakota du Nord. Les bouvillons à la litière généreuse prennent 1,6 kg/jour, ceux à la litière moins abondante 1,67 kg/jour et ceux sans litière 1,28 kg/jour. Le poids et le rendement de la carcasse croissent avec l'augmentation de la quantité de litière. Les notes de marbrage et le pourcentage de carcasses classées comme « de choix » étaient également plus élevés pour les animaux sur litière (23 % des carcasses de bouvillons sans litière sont classées comme de choix, c. 45 % et 63 % pour les animaux avec litière). Le rendement, l'épaisseur du gras sous la 12^e côte, et la graisse interne (rénale, pelvienne et du cœur) ne sont pas modifiés par la litière. Des résultats similaires sont rapportés par Stanton et Schutz (1996).

Panivivat et coll. (2004) comparent 5 types de litière (matériaux fins de granit, sable, balles de riz, paille de blé et copeaux de bois) chez des vaches laitières âgées de 1 à 42 jours. Le taux de croissance et l'efficacité alimentaire ne diffèrent pas d'un matériau de litière à l'autre.

Andersen et coll. (1997) constatent que, chez des taurillons pesant de 100 à 300 kg sur les planchers à lattes, un espace disponible de faible superficie ($1,4 \text{ m}^2/\text{animal}$) nuit au taux de croissance, à l'efficacité alimentaire et la propreté par rapport à des superficies plus grandes ($1,7$ et $2,5 \text{ m}^2/\text{animal}$).

Fisher et coll. (1997) constatent que des génisses relativement âgées (poids initial de 468 kg) disposant de 1,5 m²/animal présentent un GQM inférieur à des génisses disposant de 2,0, 2,5 et 3,0 m² (GMQ = 0,52, 0,65, 0,70 et 0,69 kg/jour respectivement).

Tableau 6.4 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur les paramètres de production animale

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Paramètres production animale	Résultats
TYPE DE PLANCHER (13 articles)	Wilson et coll., 1998	1. N = 48 2. Type : taurillons Holstein (au piquet) 3. Âge : 3 à 7 j 4. PC initial : 48,6 kg 5. Durée de l'étude : 19 à 21 semaines	n = 16 animaux par revêtement 1. Plancher métal déployé en losanges enduit vinyle 2. Plancher métal déployé rectangulaire enduit vinyle 3. Plancher à lattes de chêne	Gain moyen quotidien Poids final Poids de carcasse Rendement carcasse État des organes Couleur muscles carcasse	= = = = = =
	Hänninen et coll., 2005	1. N = 48 2. Type : veaux mâles Holstein 3. Âge : 1 semaine 4. PC initial : 48 ± 1,0 kg 5. Durée de l'étude : 140 j	1. Plancher massif béton par paires (n = 16) 2. Plancher massif béton individuel (n = 16) 3. Tapis caoutchouc individuel (n = 16)	Gain moyen quotidien Modification comportement de repos et poids	= + Corrélation (r = 0,32)
	Kartal et Yanar, 2011	1. N = 30 2. Type : Brown Swiss 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 37,3 ± 1,0 kg 5. Durée de l'étude : 6 mois	1. Béton 2. Tapis caoutchouc 3. Lattes bois	Gain moyen quotidien (0 à 4 mois) Gain moyen quotidien (4 à 6 mois) Efficacité alimentaire Longueur corps	= Plancher béton = Lattes bois > Tapis caoutchouc = Lattes bois > Béton = Tapis caoutchouc
	Graunke et coll., 2011	1. N = 80 2. Type : taurillons Holstein 3. Âge : 14 semaines après sevrage 4. PC initial : 225 ± 33 kg 5. Durée de l'étude : ~ 150 j	1. Lattes béton (n = 30) 2. Lattes caoutchouc (n = 25) 3. Tapis caoutchouc à claire- voie (n = 25).	Ingestion matière sèche Gain moyen quotidien (PC 225 à 440 kg) Gain moyen quotidien (total) Efficacité alimentaire Poids de carcasse Rendement carcasse Conformation carcasse Note gras Âge abattage	= ↓ Béton ↑ Lattes caoutchouc = tous les deux à Tapis caoutchouc = = = = ↓ Béton (tendance, p = 0,07) = Béton > Lattes caoutchouc > Tapis caoutchouc (tendance, p = 0,06)
	Gottardo et coll., 2003	1. N = 48 2. Type : Simmental 3. Âge : Non indiqué (jeunes taureaux) 4. PC initial : 321,2 ± 34,1 kg 5. Durée de l'étude : 250 j	1. Lattes béton (n = 24) 2. Litière paille (n = 24)	Ingestion matière sèche Gain moyen quotidien Efficacité alimentaire Poids vif final Poids de carcasse Rendement carcasse Conformation carcasse Note gras Composition chimique viande Caractéristiques qualité de <i>longissimus thoracis</i>	= = = = = = = = = = =

Tableau 6.4 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur les paramètres de production animale (suite)

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Paramètres production animale	Résultats
TYPE DE PLANCHER (suite)	Elmore et coll., 2015	1. N = 48 2. Type : bouillons croisés Angus 3. Âge : 9 mois 4. PC initial : 374,1 ± 27,5 kg 5. Durée de l'étude : 84 j	1. Lattes béton (n = 16) 2. Tapis lattes caoutchouc (n = 16) 3. Tapis caoutchouc plein (n = 16)	Gain moyen quotidien Croissance pondérale totale	= =
	Brcsic et coll., 2015a	1. N = Variable 2. Type : bœuf Charolais et taureaux croisés 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial ~ 400 kg 5. Durée de l'étude : 120 j	1. Lattes béton 2. Litière en couche profonde paille - sciure de bois	Gain moyen quotidien Poids vif final Âge abattage	= = =
	Brcsic et coll., 2015b	1. N = 326 2. Type : taureaux d'engraissement Charolais et Limousins au stade de finition 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 414,6 ± 52,0 kg 5. Durée de l'étude : 7 à 9 mois	5 élevages commerciaux de bovins de boucherie n = 153 sur Béton et 173 sur Caoutchouc 1. Plancher lattes béton 2. Plancher lattes béton couvertes de lattes caoutchouc synthétique de 30 mm	Poids vif final Gain moyen quotidien	Lattes caoutchouc > Béton Lattes caoutchouc > Béton
	Cozzi et coll., 2013	1. N = 48 2. Type : bœufs mâles croisés (Charolais × Aubrac) 3. Âge : ~ 12 mois 4. PC initial : 425,9 ± 48,8 5. Durée de l'étude : 4 mois	n = 16 animaux par revêtement (8 animaux × 2 enclos) 1. Plancher lattes béton 2. Panneaux de béton perforés (70 ouvertures de 6,5 cm de diamètre/m ²) 3. Béton perforé recouvert d'un matelas de caoutchouc perforé	Gain moyen quotidien Ingestion matière sèche	Matelas caoutchouc > Béton = tous les deux à Béton perforé =
	Keane et coll., 2015	1. N = 72 2. Type : taureaux de boucherie croisés Charolais et Limousins 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 441 ± 45,1 kg 5. Durée de l'étude : 6 mois	1. Lattes béton anciennes 2. Lattes béton nouvelles 3. Lattes béton anciennes recouvertes de tapis en caoutchouc 22 mm 4. Lattes béton nouvelles recouvertes de tapis en caoutchouc 22 mm Aucun effet de l'âge du plancher, comparaison entre Lattes béton et Tapis caoutchouc	Gain moyen quotidien Ingestion matière sèche Gain carcasse Graisse rénale et pelvienne Efficacité alimentaire Poids abattage Poids de carcasse Note gras Note de conformation	Caoutchouc > Béton = Caoutchouc > Béton Caoutchouc > Béton Caoutchouc > Béton = = = =

Tableau 6.4 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur les paramètres de production animale (suite)

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Paramètres production animale	Résultats
TYPE DE PLANCHER (suite)	Lowe et coll., 2001a	1. N = 60 (An 1); 80 (An 2) 2. Type : bouillons croisés races continentales 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 450 ± 2,5 kg (An 1); 423 ± 2,8 kg (An 2). 5. Durée de l'étude : 140 j (An 1); 142 j (An 2)	1. Lattes béton (n = 20) 2. Lattes béton couvertes de tapis caoutchouc perforés (n = 20) 3. Plancher plein avec litière paille (n = 20) L'an 2, ajout d'un plancher 4. Bandes caoutchouc fixées directement sur lattes (n = 20)	Ingestion matière sèche Gain moyen quotidien Conformation carcasse Note gras Composition carcasse Caractéristiques qualité de <i>longissimus thoracis</i>	= = = = = =
	Earley et coll., 2015	1. N = 144 2. Type : bouillons croisés races continentales et Holstein-Friesian 3. Âge : Non indiqué 4. PC initial : 503 ± 51,8 kg 5- Durée de l'étude : 148 j	1. Lattes béton (n = 36) 2. Tapis caoutchouc 1 (n = 36) 3. Tapis caoutchouc 2 (n = 36) 4. Litière couche profonde (n = 36)	Ingestion matière sèche Gain moyen quotidien Poids de carcasse Rendement carcasse Note conformation carcasse Note gras carcasse Graisse rénale et pelvienne	= = = = = = =
	Lowe et coll., 2001b	1. N = 112 2. Type : bouillons croisés races continentales 3. Âge : 22 ± 0,34 mois 4. PC initial : 536 ± 5,1 kg 5. Durée de l'étude : 3 semaines	Choix entre : 1. Lattes béton c. tapis caoutchouc 2. Lattes béton c. paille 3. Lattes béton c. sciure de bois 4. Tapis caoutchouc c. paille 5. Paille c. sciure de bois 6. Tapis caoutchouc c. sciure de bois	Ingestion matière sèche Ingestion de paille devant chaque enclos	= =
LITIÈRE (2 articles)	Panivivat et coll., 2004	1. N = 60 2. Type : vaches laitières femelles 3. Âge : nouveau-né 4. PC initial : 32 à 35 kg 5. Durée de l'étude : 90 j	1. Sable de rivière (n = 12) 2. Matériaux fins de granit (n = 12) 3. Balles de riz (n = 12) 4. Paille de blé longue (n = 12) 5. Copeaux de bois (n = 12)	Gain moyen quotidien Ingestion aliment de démarrage (semaine 2)	= Balles de riz = Matériaux fins de granit > copeaux de bois
	Birkelo et Lounsbery, 1992	1. N = 273 2. Type : bouillons croisés 3. Âge : Non indiqué	1. Paille (n = 91) 2. Papier journal déchiqueté (n = 91)	Ingestion matière sèche Gain moyen quotidien Efficacité alimentaire	= Paille = Papier journal déchiqueté > Sans litière Paille = Papier journal déchiqueté > Sans litière

		4. PC initial : 579 à 588 kg 5. Durée de l'étude : 189 j	3. Sans litière (n = 91)		
--	--	---	--------------------------	--	--

Tableau 6.4 Études examinant les effets du plancher et de la litière sur les paramètres de production animale (suite)

Effet étudié	Référence	Animaux et méthodes	Revêtements	Paramètres production animale	Résultats
ESPACE DISPONIBLE (2 articles)	Andersen et coll., 1997	1. N = 120 2. Type : taurillons Friesian danois 3. Âge : 70 j 4. PC initial : ~ 100 kg 5. Durée de l'étude : ~ 140 j	1. Faible (n = 40) 2. Moyen (n = 40) 3. Grand (n = 40) Période I Poids vif de 100 kg à environ 300 kg Période II Poids vif de 300 kg jusqu'à l'abattage à 460 kg	Période I (PC de 100 à 300 kg) Ingestion de matière sèche Gain moyen quotidien Efficacité alimentaire Période II (PC de 300 à 460 kg) Ingestion de matière sèche Gain moyen quotidien Efficacité alimentaire Total expérience Ingestion de matière sèche Gain moyen quotidien Efficacité alimentaire Rendement carcasse Classement EUROP Découpe commerciale Pourcentage maigre, gras et os dans longe Faux-filet	= Grand > Faible = tous les deux à Moyen Grand = Moyen < Faible = = = = Grand > Faible = tous les deux à Moyen Grand = Moyen < Faible = = = Faible > Grand = tous les deux à Moyen
	Mogensen et coll., 1997	1. N = 80 (Expérience A); 70 (Expérience B) 2. Type : génisses Friesian 3. Âge : ≥ 10 mois 4. PC initial : 311 à 335 kg (Expérience A); 309 à 313 kg (Expérience B) 5. Durée de l'étude : 150 j	Exp. A 1. 1,5 m ² /animal (n = 24) 2. 3,0 m ² /animal (n = 56) Exp. B 1. 1,8 m ² /animal (n = 30) 2. 2,7 m ² /animal (n = 20) 3. 3,6 m ² /animal (n = 20)	Gain moyen quotidien Gain moyen quotidien Gain quotidien et Nombre de périodes de couchage	1,5 m ² < 3,0 m ² 1,8 m ² = 2,7 m ² = 3,6 m ² + Corrélation (r = 0,6; p = 0,06)
COMPÉTITION (1 article)	Andersen et coll., 1997	1. N = 120 2. Type : taurillons Friesian danois 3. Âge : 70 j 4. PC initial : ~ 100 kg 5. Durée de l'étude : ~ 140 j	1. Alimentation par auge (5 places) (n = 12 enclos de 5 animaux) 2. Nourrisseur individuel (1 place) (n = 12 enclos de 5 animaux)	Ingestion matière sèche Gain moyen quotidien Efficacité alimentaire	= = =

6.9 Références

- Absmanner, E., C. Rouha-Mulleder, T. Scharl, F. Leisch et J. Troxler (2009). « Effects of different housing systems on the behaviour of beef bulls: An on-farm assessment on Austrian farms », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 118, p. 12-19.
- Albertí, P., B. Panea, C. Sañudo, J.L. Olleta, G. Ripoll, P. Ertbjerg, M. Christensen, S. Gigli, S. Failla, S. Concetti, J.F. Hocquette, R. Jailler, S. Rudel, G. Renand, G.R. Nute, R.I. Richardson et J.L. Williams (2008). « Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds », *Livestock Science*, vol. 114, p. 19-30.
- Andersen, H.R., L.R. Jensen, L. Munksgaard et K.L. Ingvarsten (1997). « Influence of floor space allowance and access sites to feed trough on the production of calves and young bulls and on the carcass and meat quality of young bulls », *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, vol. 47, p. 48-56.
- Anderson, V.L., R.J. Wiederholt et J.P. Schoonmaker (2006). « Effects of bedding feedlot cattle during the winter on performance, carcass quality and nutrients in manure », *North Dakota State University Beef Feedlot Research Report*, vol. 29, p. 28-36.
- Bähler, C., A. Steiner, A. Luginbühl, A. Ewy, H. Posthaus, D. Strabel, T. Kaufmann et G. Regula (2012). « Risk factors for death and unwanted early slaughter in Swiss veal calves kept at a specific animal welfare standard », *Research in Veterinary Science*, vol. 92, p. 162-168.
- Birkelo, C.P. et J. Lounsbery (1992). « Effect of straw and newspaper bedding on cold season feedlot performance in two housing systems » dans *South Dakota Beef Report*, Brookings (Dakota du Sud, Etats-Unis), South Dakota State University, p. 42.
- Brook, E., A. Hart, N. French et R. Christley (2008). « Prevalence and risk factors for *Cryptosporidium spp.* infection in young calves », *Veterinary Parasitology*, vol. 152, p. 46-52.
- Brscic, M., F. Gottardo, H. Leruste, J. Lensink, K.C.G. van Reenen et G. Cozzi (2011). « Prevalence of locomotory disorders in veal calves and risk factors for occurrence of bursitis », *Agriculturae Conspectus Scientificus*, vol. 76, p. 291-295.
- Brscic, M., F. Gottardo, E. Tessitore, L. Guzzo, R. Ricci et G. Cozzi (2015a). « Assessment of welfare of finishing beef cattle kept on different types of floor after short- or long-term housing », *Animal*, vol. 9, p. 1053-1058.
- Brscic, M., R. Ricci, P. Prevedello, C. Lonardi, R. De Nardi, B. Contiero, F. Gottardo et G. Cozzi (2015b). « Synthetic rubber surface as an alternative to concrete to improve welfare and performance of finishing beef cattle reared on fully slatted flooring », *Animal*, vol. 9, p. 1386-1392.
- Calvo, M.S., A.C. Gerry, J.A. McGarvey, T.L. Armitage et F.M. Mitloehner (2010). « Acidification of calf bedding reduces fly development and bacterial abundance », *Journal of Dairy Science*, vol. 93, p. 1059-1064.
- Camiloti, T.V., J.A. Fregonesi, M.A.G. von Keyserlingk et D.M. Weary (2012). « Short communication: Effects of bedding quality on the lying behavior of dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, p. 3380-3383.
- Carstens, G.E. (1994). « Cold thermoregulation in the newborn calf », *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, vol. 10, p. 69-106.

- Cerchiaro, I., B. Contiero et R. Mantovani (2005). « Analysis of factors affecting health status of animals under intensive beef production systems », *Italian Journal of Animal Science*, vol. 4, n° S3, p. 122-124.
- Chapinal, N., A.K. Barrientos, M.A.G. von Keyserlingk, E. Galo et D.M. Weary (2013). « Herd-level risk factors for lameness in freestall farms in the northeastern United States and California », *Journal of Dairy Science*, vol. 96, p. 318-328.
- Chua, B., E. Coenen, J. van Delen et D.M. Weary (2002). « Effects of pair vs individual housing on the behavior and performance of dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 85, p. 360-364.
- Cozzi, G., E. Tessitore, B. Contiero, R. Ricci, F. Gottardo et M. Brscic (2013). « Alternative solutions to the concrete fully-slatted floor for the housing of finishing beef cattle: Effects on growth performance, health of the locomotor system and behaviour », *The Veterinary Journal*, vol. 197, p. 211-215.
- Curtis, C.R., H.N. Erb, J.M. Scarlett et M.E. White (1993). « Path model of herd-level risk factors for calthood morbidity and mortality in New York Holstein herds », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 16, p. 223-237.
- Drissler, M., M. Gaworski, C.B. Tucker et D.M. Weary (2005). « Freestall maintenance: Effects on lying behavior of dairy cattle », *Journal of Dairy Science*, vol. 88, p. 2381-2387.
- Earley, B., B. McDonnell et E.G. O’Riordan (2015). « Effect of floor type on the performance, physiological and behavioural responses of finishing beef steers », *Acta Veterinaria Scandinavica*, vol. 57, p. 73-83.
- Elmore, M.R.P., M.F. Elischer, M.C. Claeys et E.A. Pajor (2015). « The effects of different flooring types on the behavior, health, and welfare of finishing beef steers », *Journal of Animal Science*, vol. 93, p. 1258-1266.
- Fathy, A. et K. Radad (2006). « Surgical treatment and histopathology of different forms of olecranon and presternal bursitis in cattle and buffalo », *Journal of Veterinary Science*, vol. 7, p. 287-291.
- Fisher, A.D., M.A. Crowe, D.J. Prendiville et W.J. Enright (1997). « Indoor space allowance: effects on growth, behaviour, adrenal and immune responses of finishing beef heifers », *Animal Science*, vol. 64, p. 53-62.
- Fregonesi, J.A., D.M. Veira, M.A.G. von Keyserlingk et D.M. Weary (2007). « Effects of bedding quality on lying behavior of dairy cows », *Journal of Dairy Science*, vol. 90, p. 5468-5472.
- Fregonesi, J.A., M.A.G. von Keyserlingk, C.B. Tucker, D.M. Veira et D.M. Weary (2009a). « Neck-rail position in the free stall affects standing behavior and udder and stall cleanliness », *Journal of Dairy Science*, vol. 92, p. 1979-1985.
- Fregonesi, J.A., M.A.G. von Keyserlingk et D.M. Weary (2009b). « Cow preference and usage of free stalls compared with an open pack area », *Journal of Dairy Science*, vol. 92, p. 5497-5502.
- Godden, S., R. Bey, K. Lorch, R. Farnsworth et P. Rapnicki (2008). « Ability of organic and inorganic bedding materials to promote growth of environmental bacteria », *Journal of Dairy Science*, vol. 91, p. 151-159.
- Gottardo, F., R. Ricci, G. Fregolent, L. Ravarotto et G. Cozzi (2003). « Welfare and meat quality of beef cattle housed on two types of floor with the same space allowance », *Italian Journal of Animal Science*, vol. 2, p. 243-253.
- Graunke, K.L., E. Telezhenko, A. Hesse, C. Bergsten et J.M. Loberg (2011). « Does rubber flooring improve welfare and production in growing bulls in fully slatted floor pens? », *Animal Welfare*, vol. 20, p. 173-183.

- Gulliksen, S.M., E. Jor, K.I. Lie, I.S. Hamnes, T. Løken, J. Åkerstedt et O. Østerås (2009). « Enteropathogens and risk factors for diarrhea in Norwegian dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 92, p. 5057-5066.
- Gygax, L., C. Mayer, H.S. Westerath, K. Friedli et B. Wechsler (2007). « On-farm assessment of the lying behaviour of finishing bulls kept in housing systems with different floor qualities », *Animal Welfare*, vol. 16, p. 205-208.
- Haley, D.B., A.M. de Passillé et J. Rushen. (2001). « Assessing cow comfort: Effects of two floor types and two tie stall designs on the behaviour of lactating dairy cows », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 71, p. 105-117.
- Hänninen, L., A.M. de Passillé et J. Rushen (2005). « The effect of flooring type and social grouping on the rest and growth of dairy calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 91, p. 193-204.
- Hänninen, L., H. Hepola, J. Rushen, A.M. de Passillé, P. Pursiainen, L. V.-m. Tuure, L. Syrjälä-Qvist, M. Pyykkönen et H. Saloniemi (2003). « Resting behaviour, growth and diarrhoea incidence rate of young dairy calves housed individually or in groups in warm or cold buildings », *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, vol. 53, p. 21-28.
- Hill, T.M., H.G. Bateman II, J.M. Aldrich et R.L. Schlotterbeck (2007). « Effects of feeding rate of milk replacers and bedding material for calves in a cold, naturally ventilated nursery », *The Professional Animal Scientist*, vol. 23, p. 656-664.
- Hinterhofer, C., J.C. Ferguson, V. Apprich, H. Haider et C. Stanek (2006). « Slatted floors and solid floors: Stress and strain on the bovine hoof capsule analyzed in finite element analysis », *Journal of Dairy Science*, vol. 89, p. 155-162.
- Jäger, M., M. Gauly, C. Bauer, K. Failing, G. Erhardt et H. Zahner (2005). « Endoparasites in calves of beef cattle herds: Management systems dependent and genetic influences », *Veterinary Parasitology*, vol. 131, p. 173-191.
- Jensen, M.B., L. Munksgaard, L.J. Pedersen, J. Ladewig et L.R. Matthews (2004). « Prior deprivation and reward duration affect the demand function for rest in dairy heifers », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 88, p. 1-11.
- Kartal, T.Z. et M. Yanar (2011). « Effect of floor types on the growth performance and some behavioural traits of Brown Swiss calves », *Veterinarija ir Zootechnika*, vol. 55, p. 20-24.
- Keane, M., M. McGee, E.G. O’Riordan, A.K. Kelly et B. Earley (2015). « Effect of floor type on Hoof lesions, dirtiness, immune response and production of beef bulls », *Livestock Science*, vol. 180, p. 220-225.
- Ladewig, J. (1987). « Physiological results of welfare research in fattening bulls » dans *Welfare aspects of housing systems for veal calves and fattening bulls*, sous la direction de M.C. Schlicting et D. Smidt, Bruxelles (Belgique), Commission of the European Communities, p. 123-129.
- Lago, A., S.M. McGuirk, T.B. Bennett, N.B. Cook et K.V. Nordlund (2006). « Calf respiratory disease and pen microenvironments in naturally ventilated calf barns in winter », *Journal of Dairy Science*, vol. 89, p. 4014-4025.
- Levy, D., Z. Holzer et R. Volcani (1970). « Concrete slatted floors vs. bedding for fattening Israeli-Friesian bull calves », *Journal of Animal Science*, vol. 31, p. 816-820.

- Lowe, D.E., R.W.J. Steen, V.E. Beattie et B.W. Moss (2001a). « The effects of floor type systems on performance, cleanliness, carcass composition and meat quality of housed finishing beef cattle », *Livestock Production Science*, vol. 69, p. 33-42.
- Lowe, D.E., R.W.J. Steen et V.E. Beattie (2001b). « Preferences of housed finishing beef cattle for different floor types », *Animal Welfare*, vol. 10, p. 395-404.
- Madsen, E.B. et K. Nielsen (1985). « A study of tail tip necrosis in young fattening bulls on slatted floors », *Nordisk Veterinaer Medicin*, vol. 37, p. 349-357.
- Misselbrook, T.H. et J.M. Powell (2005). « Influence of bedding material on ammonia emissions from cattle excreta », *Journal of Dairy Science*, vol. 88, p. 4304-4312.
- Mogensen, L., C.C. Krohn, J.T. Sørensen, J. Hindhede et L.H. Nielsen (1997). « Association between resting behaviour and live weight gain in dairy heifers housed in pens with different space allowance and floor type », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 55, p. 11-19.
- Mohammed, H.O., S.E. Wade et S. Schaaf (1999). « Risk factors associated with *Cryptosporidium parvum* infection in dairy cattle in southeastern New York State », *Veterinary Parasitology*, vol. 83, p. 1-13.
- Murphy, P.A., J. Hannan et M. Monaghan (1987). « A survey of lameness in beef cattle housed on slats and on straw » dans *Cattle Housing Systems, Lameness and Behaviour: Proceedings of a seminar on the influence of the design of housing systems for cattle on lameness and on behaviour*, sous la direction de Wierenga and Peterse, Bruxelles (Belgique), CEE, p. 67-72.
- Ninomiya, S. et S. Sato (2009). « Effects of 'Five freedoms' environmental enrichment on the welfare of calves reared indoors », *Animal Science Journal*, vol. 80, p. 347-351.
- Norring, M., E. Manninen, A.M. de Passillé, J. Rushen et H. Saloniemi (2010). « Preferences of dairy cows for three stall surface materials with small amounts of bedding », *Journal of Dairy Science*, vol. 93, p. 70-74
- Olson, D.P., C.J. Papasian et R.C. Ritter (1980). « The effects of cold stress on neonatal calves 1. Clinical condition and pathological lesions », *Canadian Journal of Comparative Medicine*, vol. 44, p. 11-18.
- Panivivat, R., E.B. Kegley, J.A. Pennington, D.W. Kellogg et S.L. Krumpelman (2004). « Growth performance and health of dairy calves bedded with different types of materials », *Journal of Dairy Science*, vol. 87, p. 3736-3745.
- Phillips, C.J.C. et I.D. Morris (2000). « The locomotion of dairy cows on concrete floors that are dry, wet or covered with a slurry of excreta », *Journal of Dairy Science*, vol. 83, p. 1767-1772.
- Phillips, C.J.C. et I.D. Morris (2001). « The locomotion of dairy cows on floor surfaces with different frictional properties », *Journal of Dairy Science*, vol. 84, p. 623-628.
- Platz, S., F. Ahrens, E. Bahrs, S. Nuske et M.H. Erhard (2007). « Association between floor type and behaviour, skin lesions, and claw dimensions in group-housed fattening bulls », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 80, p. 209-221.
- Reich, L.J., D.M. Weary, D.M. Veira et M.A.G. von Keyserlingk (2010). « Effects of sawdust bedding dry matter on lying behavior of dairy cows: A dose-dependent response », *Journal of Dairy Science*, vol. 93, p. 1561-1565.

- Schmidtman, E.T. (1991). « Suppressing immature house and stable flies in outdoor calf hutches with sand, gravel, and sawdust bedding », *Journal of Dairy Science*, vol. 74, p. 3956-3960.
- Schrader, L., H.R. Roth, C. Winterling, N. Brodmann, W. Langhans, H. Geyer et B. Graf (2001). « The occurrence of tail tip alterations in fattening bulls kept under different husbandry conditions », *Animal Welfare*, vol. 10, p. 119-130.
- Schulze Westerath H., L. Gygax, C. Mayer et B. Wechsler (2007). « Leg lesions and cleanliness of finishing bulls kept in housing systems with different lying area surfaces », *The Veterinary Journal*, vol. 174, p. 77-85.
- Schütz, K.E., F.J. Huddart, M.A. Sutherland, M. Stewart et N.R. Cox (2015). « Effects of space allowance on the behavior and physiology of cattle temporarily managed on rubber mats », *Journal of Dairy Science*, vol. 98, p. 6226-6235.
- Schütz, K.E. et N.R. Cox (2014). « Effects of short-term repeated exposure to different flooring surfaces on the behavior and physiology of dairy cattle », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 2753-2762.
- Solano, L., H.W. Barkema, E.A. Pajor, S. Mason, S.J. LeBlanc, J.C. Zaffino Heyerhoff, C.G.R. Nash, D.B. Haley, E. Vasseur, D. Pellerin, J. Rushen, A.M. de Passillé et K. Orsel (2015). « Prevalence of lameness and associated risk factors in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns », *Journal of Dairy Science*, vol. 98, p. 6978-6991.
- Stanton, T.L. et D.N. Schutz (1996). « Effect of bedding on finishing cattle performance and carcass characteristics », *Colorado State University Beef Program Report*, p. 37-41.
- Stefanowska, J., D. Swierstra, A.C. Smits, J.V. van den Berg et J.H.M. Metz (2002). « Reaction of calves to two flooring materials offered simultaneously in one pen », *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, vol. 2, p. 57-64.
- Sundrum, A. et I. Rubelowski (2001). « The meaningfulness of design criteria in relation to the mortality of fattening bulls », *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, vol. 51, n° S30, p. 48-52.
- Svensson, C., K. Lundborg, U. Emanuelson et S.O. Olsson (2003). « Morbidity in Swedish dairy calves from birth to 90 days of age and individual calf-level risk factors for infectious diseases », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 58, p. 179-197.
- Tessitore, E., M. Brscic, A. Boukha, P. Prevedello et G. Cozzi (2009). « Effects of pen floor and class of live weight on behavioural and clinical parameters of beef cattle », *Italian Journal of Animal Science*, vol. 8, n° S2, p. 658-660.
- Tucker, C.B., D.M. Weary et D. Fraser (2003). « Effects of three types of free stall surfaces on preferences and stall usage by dairy cows », *Journal of Dairy Science*, vol. 86, p. 521-529.
- Tucker, C.B., D.M. Weary et D. Fraser (2004). « Free-stall dimensions: Effects on preference and stall usage », *Journal of Dairy Science*, vol. 87, p. 1208-1216.
- Tucker, C.B., D.M. Weary, M.A.G. von Keyserlingk et K.A. Beauchemin (2009). « Cow comfort in tie-stalls: Increased depth of shavings or straw bedding increases lying time », *Journal of Dairy Science*, vol. 92, p. 2684-2690.
- Wagner-Storch, A.M., R.W. Palmer et D.W. Kammel (2003). « Factors affecting stall use for different freestall bases », *Journal of Dairy Science*, vol. 86, p. 2253-2266.

Wathes, C.M., C.D.R. Jones et A.J.F. Webster (1983). « Ventilation, air hygiene and animal health », *Veterinary Record*, vol. 113, p. 554-559.

Webb, N.G. et C. Nilsson (1983). « Flooring and injury - an overview » dans *Farm Animal Housing and Welfare*, sous la direction de S.H. Baxter, M.R. Baxter et J.A.C. MacCormack, La Hague (Pays-Bas), Nijhoff, p. 226-259.

Webster, J. (1984). *Calf Husbandry, Health and Welfare*, Londres, Collins.

Wierenga, H.K. (1987). « Behavioural problems in fattening bulls » dans *Welfare aspects of housing systems for veal calves and fattening bulls*, sous la direction de M.C. Schlicting et D. Smidt, Bruxelles (Belgique), Commission of the European Communities, p. 105-122.

Wilson, L.L., T.L. Terosky, C.L. Stull et W.R. Stricklin (1999). « Effects of individual housing design and size on behavior and stress indicators of special-fed Holstein veal calves », *Journal of Animal Science*, vol. 77, p. 1341-1347.

Wilson, L.L., J.L. Smith, T.L. Terosky et E.F. Wheeler (1998). « Comparison of three flooring types for special-fed Holstein veal calves », *Applied Engineering in Agriculture*, vol. 14, p. 537-541.

Wilson, L.L., T.L. Terosky, C.L. Stull et W.R. Stricklin (1999). « Effects of individual housing design and size on behavior and stress indicators of special-fed Holstein veal calves », *Journal of Animal Science*, vol. 77, p. 1341-1347.

Worth, G.M., K.E. Schütz, M. Stewart, V.M. Cave, M. Foster et M.A. Sutherland (2015). « Dairy calves' preference for rearing substrate », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 168, p. 1-9.

Yanar, M., T.Z. Kartal, R. Aydin, R. Kocyigit et A. Diler (2010). « Effect of differential floor types on the growth performance and some behavioural traits of Holstein Friesian calves », *Journal of Animal and Plant Science*, vol. 20, p. 175-179.

Zaffino Heyerhoff, J.C., S.J. LeBlanc, T.J. De Vries, C.G.R. Nash, J. Gibbons, K. Orsel, H.W. Barkema, L. Solano, J. Rushen, A.M. de Passillé et D.B. Haley (2014). « Prevalence of and factors associated with hock, knee, and neck injuries on dairy cows in freestall housing in Canada », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, p. 173-184.