

CODE DE PRATIQUES POUR LE SOIN ET LA MANIPULATION DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE : TRANSPORT

EXAMEN DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE SUR LES QUESTIONS DE BIEN-ÊTRE PRIORITAIRES

Mars 2018

COMITÉ SCIENTIFIQUE DU CODE DE PRATIQUES POUR LE TRANSPORT

Egan Brockhoff D.M.V.

Vétérinaire porcin
Prairie Swine Health Services

Jennifer Brown Ph. D.

Chercheuse scientifique, Prairie Swine Centre
Université de la Saskatchewan

Michael Cockram Ph. D.

Professeur
Université de l'Île-du-Prince-Édouard

Trever Crowe Ph. D.

Professeur
Université de la Saskatchewan

Luigi Faucitano Ph. D.

Chercheur scientifique
Agriculture et Agroalimentaire Canada

Derek Haley Ph. D.

Professeur agrégé
Université de Guelph

Karen Schwartzkopf-Genswein Ph. D.

Chercheuse scientifique
Agriculture et Agroalimentaire Canada

Karen Schwean-Lardner Ph. D.

Chargée d'enseignement
Université de la Saskatchewan

Jane (Yanne) Stojkov D.M.V.

Étudiant au doctorat, Université de la Colombie-Britannique

Fiona C. Rioja-Lang Ph. D. (rédactrice de recherche)

Chercheuse attachée à l'Université d'Édimbourg



REMERCIEMENTS

Le Comité scientifique remercie Zoe Henrikson pour son rôle dans la préparation du présent rapport. Nous sommes également reconnaissants envers les évaluateurs anonymes qui ont commenté le rapport et envers Fiona C. Rioja-Lang, qui en a été la rédactrice scientifique.

Remerciements

Cultivons l'avenir 2

Canada

Une initiative fédérale-provinciale-territoriale

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 y siéger au besoin.

BUT ET OBJECTIFS

Le Comité scientifique rédige un rapport qui fait la synthèse de tous les résultats de la recherche portant sur les questions de bien-être animal essentielles, telles que déterminées par le Comité scientifique et par le Comité d'élaboration du code. Ce dernier se sert du rapport en question lors de la rédaction du code de pratiques.

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, qui s'inscrit dans le Processus d'élaboration des codes de pratiques applicables aux soins et à la manipulation des animaux d'élevage du CNSAE, est disponible sur le site www.nfacc.ca/processus-delaboration-des-codes#appendixc.

**CODE DE PRATIQUES POUR LE SOIN ET LA MANIPULATION DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE :
TRANSPORT**

EXAMEN DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE SUR LES QUESTIONS PRIORITAIRES

**Comité scientifique du Code de pratiques pour le transport
Mars 2018**

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	i
Extrait du mandat du comité scientifique	ii
Contexte	ii
But et objectifs.....	ii
Table des matières.....	3
INTRODUCTION	1
Bibliographie.....	3
1. BOVINS.....	4
Conclusions	4
Introduction.....	4
Durée du transport	5
Durées de jeûne solide et liquide	6
Intervalles de repos	8
Conditions ambiantes.....	9
Températures extrêmes – Chaleur.....	12
Températures extrêmes – Froid	12
Mesures pour atténuer l’impact des conditions ambiantes	13
Densité de chargement	13
Considérations particulières pour les jeunes animaux	16
Transport des veaux laitiers non sevrés	16
Recherche future	19
Bibliographie.....	21
2. PORCS.....	28
Conclusions	28
Introduction.....	28
Durée et distance de transport	30
Durées de jeûne solide et liquide	32
Intervalles de repos	33
Conditions ambiantes.....	33
Températures extrêmes – Chaleur.....	34

Températures extrêmes – Froid	35
Mesures pour atténuer l'impact des conditions ambiantes	35
Densité de chargement	37
Considérations particulières pour les jeunes animaux	38
Recherche future	39
Bibliographie	41
3. VOLAILLES	49
Conclusions	49
Liste d'abréviations.....	49
Introduction	50
Jeûne solide et liquide	50
Fonctionnement biologique	50
Poules en fin de ponte.....	50
Poulets de chair	51
Dindons	52
États affectifs	52
Environnement	52
Fonctionnement biologique	52
Poules en fin de ponte.....	52
Poulets de chair	53
Microclimat des remorques	56
Dindons	64
États affectifs	65
Vibrations.....	65
Densité et conception des cageots de transport	66
Fonctionnement biologique	66
Poules en fin de ponte.....	66
Dindons	66
Poulets de chair	66
États affectifs	67
Densité.....	67
Durée du trajet	67
Fonctionnement biologique	67
Poules en fin de ponte.....	67
Dindons	68

Poulets de chair	70
États affectifs	72
Recherche future	72
Bibliographie	73
4. ÉQUIDÉS	80
Conclusions	80
Durée du trajet	80
Privation d'eau.....	80
Retrait de nourriture	80
Fatigue	81
Intervalles de repos	82
Aptitude au transport.....	82
Densité de chargement	82
Blessures	83
Recherche future	83
Bibliographie.....	84
5. MOUTONS.....	87
Conclusions	87
Durée du trajet	87
Densité de chargement	87
Environnement thermique	88
Privation d'eau.....	88
Retrait de nourriture	89
Intervalles de repos	89
Aptitude au transport et durée du trajet	90
Recherche future	90
Bibliographie.....	91

INTRODUCTION

Le présent examen de la recherche scientifique est limité aux études sur la durée de transport; il ne se veut pas un examen général des répercussions du transport sur le bien-être des animaux transportés. Il ne couvre donc pas toutes les questions susceptibles d'être incluses dans le Code de pratiques pour le transport. Les questions de bien-être prioritaires définies par le Comité scientifique et d'autres acteurs sont les suivantes : *Quel est l'effet individuel ou combiné : de la durée du transport, des durées de jeûne solide et liquide, des intervalles de repos (le cas échéant selon l'espèce), des conditions ambiantes et de la densité de chargement sur le bien-être animal?* L'examen présente, le cas échéant, des mesures pour atténuer l'impact des conditions ambiantes. Les espèces incluses sont les bovins, les porcs, les volailles, les moutons et les équidés (il est reconnu que pour certaines espèces ou classes d'animaux, les études sur ces sujets sont rares). La littérature scientifique qu'il a été possible d'examiner n'est pas suffisamment complète pour offrir un panorama équilibré des répercussions des conditions de transport commercial au Canada sur le bien-être des animaux transportés.

En présentant notre examen des répercussions de la durée du trajet et des interactions connexes sur le bien-être des animaux, nous nous en sommes nécessairement tenus aux situations où des effets négatifs sur le plan du bien-être ont été signalés. Selon des études observationnelles, des rapports et des données non scientifiques, beaucoup d'animaux arrivent à destination sans présenter de signes manifestes de problèmes de bien-être. Durant leur transport, ils sont toutefois exposés à un certain nombre de facteurs (la privation de nourriture ou d'eau sur certaines périodes, la chaleur, le froid, la perturbation de leur repos) qui, seuls ou combinés, peuvent nuire à leur bien-être. L'une des justifications d'un code de pratiques pour le transport est que les animaux peuvent être exposés à un vaste éventail de facteurs de risque, mais que si les effets de ces facteurs peuvent être atténués par les conditions de transport et de prise en charge, le risque pour le bien-être animal est réduit.

L'inquiétude souvent exprimée au sujet des effets des longs trajets sur le bien-être des animaux est que ces animaux sont exposés : à un stress prolongé; à de trop longues périodes de jeûne solide et liquide; à la fatigue et au manque de repos; à l'inconfort de l'environnement physique; et aux risques accrus de blessures, de problèmes de santé ou de mort. Considérons ce qui suit :

- La restriction de l'alimentation et de l'abreuvement avant et durant un trajet, si elle se prolonge, peut mener à la faim, à la faiblesse, à l'épuisement des réserves d'énergie de l'organisme, à la soif et à la déshydratation.
- Les animaux peuvent être exposés à des conditions thermiques extrêmes (de chaleur et de froid) si, dans les préparatifs de transport, ils n'ont pas été protégés contre les conditions extérieures éprouvantes et contre l'accumulation de chaleur et d'humidité à l'intérieur du véhicule en raison d'une ventilation insuffisante.
- Les animaux sont vulnérables aux blessures s'ils sont incorrectement manipulés; s'ils sont en contact avec les structures matérielles à bord du véhicule; lors de leurs interactions avec leurs congénères; et s'ils perdent l'équilibre, glissent et tombent quand le véhicule est en marche ou s'arrête soudainement.
- Les animaux sont vulnérables à la fatigue : a) s'ils doivent faire un effort musculaire constant pour s'arc-bouter et ajuster fréquemment leur prise de pied pour rester en équilibre; b) s'ils ne peuvent pas s'allonger et se reposer au cours d'un long trajet; et c) s'ils sont affaiblis par la restriction de l'alimentation et de l'abreuvement et/ou par l'exposition à des conditions thermiques extrêmes.

- Le transport expose les animaux à de nombreux nouveaux facteurs qui peuvent leur causer de la peur et de la détresse.

En envisageant les conséquences de la durée d'un trajet, il est important de tenir compte de chacun de ces facteurs, de leurs interactions et des étapes (p. ex. une halte dans un marché) qui peuvent faire partie du continuum du transport. Il existe de grandes différences dans les modes de transport de différentes classes d'animaux, et tous les animaux ne réagissent pas au transport de la même façon. Les différences physiologiques, comportementales, physiques entre les animaux et leurs différences de taille ont un effet sur leurs réactions à divers aspects du transport. Il y a par exemple d'importantes différences dans la capacité relative des espèces :

- a) de réagir aux changements dans leur environnement thermique;
- b) de réagir sur le plan physiologique aux périodes de jeûne solide et liquide;
- c) de réagir sur le plan comportemental aux changements dans leur environnement physique;
- d) de réagir aux changements dans leur environnement social, comme la taille et la composition de leur groupe.

La manifestation ou non de problèmes de bien-être durant le transport dépend du type d'animaux (leur espèce, leur âge, leur condition), de leur aptitude au transport, de la qualité du trajet, et de la manipulation et de la prise en charge des animaux. En raison de cette complexité et de ces variations, il n'est pas toujours possible de trouver des données quantitatives qui s'appliquent à toutes les situations. Des approches épidémiologiques sont employées pour étudier les situations « du monde réel ». Par contre, les études contrôlées portant sur les répercussions des longs trajets sur le bien-être animal doivent être menées avec des animaux en bonne santé, et souvent dans des conditions de transport exemplaires (Cockram, 2007). Toutes sortes d'indicateurs comportementaux et physiologiques peuvent servir à évaluer les réactions des animaux au transport. Il faut cependant reconnaître que les changements dans ces variables ne sont pas nécessairement les signes d'un bien-être réduit. L'interprétation des conséquences pour le bien-être d'un changement dans un indicateur est renforcée par la connaissance de l'intervention et de la signification fonctionnelle des réactions, de la gravité de ces réactions, ainsi que des conditions ambiantes où le changement est observé.

Les décisions concernant les résultats de la recherche sur le bien-être dépendent aussi du type de critères et du seuil utilisé pour déterminer si le bien-être est compromis (Cockram et Mitchell, 1999). Il n'est pas naturel pour un animal d'être transporté dans un véhicule. Nous avons donc tenu compte des répercussions du transport sur le bien-être en accordant la priorité aux approches du bien-être animal fondées sur le fonctionnement biologique et les émotions (c.-à-d. les états affectifs) plutôt qu'en considérant le « naturel » de la situation.

Nous avons examiné les études disponibles sur chaque espèce animale pour déterminer :

- a) les aspects du bien-être qui sont ou ne sont pas négativement touchés après un trajet d'une durée donnée (pour de nombreux indicateurs de résultats, il est difficile d'observer des changements sans équivoque qui indiqueraient la présence d'un point limite après un trajet d'une durée donnée);
- b) comment les animaux ont réagi durant de longs trajets;
- c) quels sont les facteurs associés au transport qui pourraient augmenter ou diminuer le risque d'effets négatifs sur le plan du bien-être au cours d'un long trajet.

BIBLIOGRAPHIE

Cockram, M.S. « Criteria and potential reasons for maximum journey times for farm animals destined for slaughter », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 106 (2007), p. 234-243.

Cockram, M.S., et M.A. Mitchell. « Role of research in the formulation of rules to protect the welfare of farm animals during road transportation », dans A.J.F. Russel, C.A. Morgan, C.J. Savory, M.C. Appleby et T.L.J. Lawrence, *Farm Animal Welfare – Who Writes the Rules?*, hors-série n° 23, Midlothian (Royaume-Uni), British Society of Animal Science, 1999, p. 43-64.

1. **BOVINS**

CONCLUSIONS

- 1. Le bien-être des bovins transportés dépend de facteurs aux interactions complexes, dont la densité de chargement, la durée de transport, la ventilation, la conception de la remorque, les conditions météorologiques et la présence ou l'absence de cornes.**
- 2. La classe d'animaux (spécifiquement les bovins de réforme, les veaux et les bovins d'engraissement) peut avoir un effet sur leur capacité de supporter les longs trajets (ils peuvent par exemple courir un risque accru de devenir non ambulatoires et/ou de mourir).**
- 3. Les bovins sont plus susceptibles de devenir non ambulatoires, de boiter ou de mourir lors d'un trajet de plus de 20 heures, l'augmentation la plus marquée se produisant à 30 heures à bord d'un camion.**
- 4. Si les compartiments d'une remorque sont surchargés, ou parfois insuffisamment chargés, cela peut nuire au bien-être des animaux transportés et, dans certains cas, augmenter l'incidence de mortalité.**
- 5. Il faut accorder une attention particulière à la densité de chargement des compartiments du « ventre » et du « pont ». En particulier, les coefficients de valeur k (espace alloué/poids corporel^{0,667}) < 0,015 et > 0,035 sont à éviter dans ces compartiments.**
- 6. Le continuum du transport englobe toutes les étapes du transport et peut être un élément aussi important à considérer que la durée du trajet, et parfois plus.**
- 7. Les jeunes veaux non sevrés transportés sur de longues distances sont plus vulnérables aux maladies, à l'hypoglycémie et au froid que les bovins adultes. Ils s'allongent davantage que les bovins adultes et gagnent à ce qu'il y ait litière pour pouvoir s'allonger facilement et moins risquer d'avoir froid.**

INTRODUCTION

Pour déterminer les effets de la durée du trajet, il est important d'examiner ce qui arrive aux animaux avant, pendant et après le transport. Le transport peut influencer sur la santé et le bien-être des bovins de bien des façons, dont les changements comportementaux et physiologiques chez les animaux sont souvent les signes. De nombreux facteurs influencent la problématique complexe qu'on appelle parfois à tort le « stress du transport » et peuvent avoir des effets sur le bien-être. Ces facteurs sont : la prise en charge avant le transport; le bruit; les vibrations; la nouveauté; la reconstitution des groupes sociaux; l'entassement; les facteurs environnementaux (température, humidité et gaz nocifs); la contention; l'embarquement et le débarquement; le temps de transit; et la durée du jeûne solide et liquide (Swanson et Morrow-Tesch, 2001). Ces points sont abordés en détail plus loin. Les réactions individuelles des bovins aux longs trajets peuvent aussi dépendre de leur bagage génétique, de leurs conditions d'élevage, de leur expérience d'élevage, de leur santé et de leur condition physique (Broom, 2005). De fait, Goldhawk et collègues (2015) indiquent que les problèmes de transport des vaches de boucherie de réforme peuvent être liés à une combinaison de facteurs, dont la condition des animaux avant l'abattage, le compartiment dans lequel ils sont transportés et leur prise en charge au débarquement.

Tout au long du processus de transport, les animaux essaient de maintenir l'homéostasie par des modifications physiologiques et comportementales. Il s'ensuit que plus les changements comportementaux ou physiologiques nécessaires sont nombreux, plus l'animal doit faire d'efforts pour s'adapter, et plus son bien-être risque d'en souffrir (Knowles et coll., 2007). Les réactions physiologiques des bovins au transport et à la manipulation sont, entre autres, la hausse de la température corporelle, de la fréquence cardiaque et du rythme respiratoire et l'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien, avec des hausses connexes de la concentration de cortisol en circulation. Sont fréquemment observées après les courts trajets une élévation transitoire de la concentration de cortisol sanguin (Burdick et coll., 2011) et une augmentation de la valeur du rapport neutrophiles/lymphocytes (Blecha et coll., 1984). Ces facteurs peuvent être mesurés, tout comme les modifications des comportements et les niveaux de glycogène musculaire, lorsqu'on veut cerner les facteurs modifiables pouvant réduire les effets du transport sur les bovins.

Les études sur le transport menées ailleurs qu'au Canada peuvent être un bon point de départ ou fournir des données connexes, mais les études canadiennes sont les plus pertinentes pour appuyer de nouvelles recommandations, car les conditions de transport varient d'un pays à l'autre. Au Canada par exemple, les véhicules diffèrent par de nombreux aspects de ceux conçus en Europe, et les bovins peuvent être transportés sur de longues distances et par des températures extrêmes (de chaleur et de froid).

DURÉE DU TRANSPORT

La durée du transport (plutôt que la distance parcourue) est ce qui reflète le plus exactement le temps total passé par les bovins dans un véhicule; elle comprend l'attente entre l'embarquement et le départ, le transit, les haltes, ainsi que l'attente avant le débarquement (Schwartzkopf-Genswein et Grandin, 2014). On appelle aussi parfois cette combinaison de facteurs le « continuum du transport ». Dans certaines circonstances, il existe une association entre l'augmentation de la durée du transport et la diminution du bien-être animal, notamment des effets négatifs sur le plan du bien-être, comme la boiterie, l'incapacité de marcher et la mort, ainsi que l'augmentation de la morbidité au parc d'engraissement (Schwartzkopf-Genswein et coll., 2016). Les plus grandes pertes de poids corporel surviennent au cours des premiers kilomètres et des premières heures du trajet (Barnes et coll., 2004; Coffey et coll., 2001) à cause des pertes dues aux matières fécales et à l'urine, à l'évaporation et à la respiration. Les pertes de poids ultérieures, causées par la mobilisation des réserves corporelles, présentent un bien plus grand risque pour le bien-être. À titre d'exemple, González et collègues (2012c) indiquent qu'une perte de poids de 10 % est liée à un risque de mortalité accru. Après 24 heures de transport, il peut y avoir des hausses des concentrations d'acides gras libres, de protéines totales et d'albumine dans le plasma et une hausse de l'osmolalité, signes de la mobilisation des réserves nutritives et d'une déshydratation croissante (Tarrant et coll., 1992; Warriss et coll., 1995; Knowles et coll., 1999b).

González et collègues (2012c) ont étudié les relations entre certains effets sur le plan du bien-être et les conditions de transport sur de longues distances (≥ 400 km); ils indiquent que plus les bovins engraisés passent de temps à bord des camions, plus ils sont susceptibles de boiter, de devenir non ambulateurs ou de mourir à bord, et leur probabilité d'être affectés monte en flèche au bout de 30 heures dans un camion. Dans la même étude, les auteurs constatent que les probabilités de boiter ou de mourir sont sensiblement plus faibles chez les bovins qui ont passé moins de 20 heures dans un camion, mais que la hausse la plus marquée est observée après 30 heures.

Tarrant et collègues (1992) ont mesuré les effets du transport d'une durée de plus de 24 heures sur des bouvillons frisons de 600 kg. Des échantillons de sang ont été prélevés par ponction veineuse jugulaire au moment de faire débarquer les bovins dans le parc d'attente, et les concentrations de cortisol et de glucose

et l'activité de la créatine kinase du plasma sanguin (entre autres mesures) ont été analysées. Les carcasses ont été réfrigérées, et le pH a été mesuré 40 heures après la mort. Entre autres résultats, les auteurs ont observé des signes de déshydratation (élévation de l'hématocrite) et de fatigue musculaire, et le pH de la viande était plus élevé que chez les sujets transportés sur une courte distance (1 heure), ce qui indique un épuisement du glycogène musculaire (et accroît la probabilité que la viande soit sèche, ferme et foncée [DFD]). D'après leur évaluation respective des indicateurs physiologiques de fatigue et de déshydratation et le comportement des bovins, Tarrant et collègues (1992) et Knowles (1999) suggèrent que le temps de transport continu ne dépasse pas 24 heures.

Il est important d'examiner aussi le transport des vaches laitières de réforme, dont le bien-être soulève des préoccupations uniques. Certaines vaches laitières de réforme arrivent sur les marchés aux enchères de bétail en mauvaise condition; selon une étude menée aux États-Unis, 45 % sont boiteuses, 35 % ont une cote d'état de chair ≤ 2 , et des mammites sont diagnostiquées chez 3 % d'entre elles (Ahola et coll., 2011). On rapporte des conditions semblables dans les abattoirs des États-Unis (Nicholson et coll., 2013). Bien que ces conditions ne soient pas causées par le transport, ces vaches vulnérables nécessitent des soins particuliers, car elles sont moins capables de supporter le transport que les bovins en bonne santé (Ahola et coll., 2011; Nicholson et coll., 2013). Le Code de pratiques pour les bovins laitiers du CNSAE indique que les producteurs doivent prendre des mesures correctives lorsque les animaux ont une cote d'état de chair de 2 ou moins à la ferme, et que les animaux fragilisés offrent une moindre résistance au stress du transport.

DURÉES DE JEÛNE SOLIDE ET LIQUIDE

Il y a deux raisons possibles d'imposer un jeûne solide et liquide aux bovins engraisés avant de les transporter : i) pour réduire le digesta dans le tractus gastrointestinal afin de moins salir les autres animaux, le camion et la chaussée et de moins contaminer les carcasses; et ii) pour prédire plus exactement le poids en carcasse dans les situations où les animaux sont vendus au poids (Hogan et coll., 2007). Les effets du jeûne solide et liquide sur la baisse du poids vif se font le plus sentir au cours des 12 premières heures. Après la perte initiale rapide, le poids vif continue de baisser de façon soutenue et relativement constante pendant 26 heures, mais baisse plus lentement au bout de 38 heures en transit (Wythes, 1982). La rumination des bovins est très réduite et cesse à toutes fins pratiques dans un délai de 24 heures de la restriction de l'alimentation et de l'abreuvement (Welch et Smith, 1968). Hutcheson et Cole (1986) pensent aussi que le jeûne solide et liquide a des répercussions nutritionnelles; il réduirait la capacité de fermentation du rumen (spécifiquement chez les veaux d'embouche) pendant 5 jours ou plus une fois l'alimentation restaurée.

Les conséquences physiologiques négatives de telles baisses du poids corporel et de la consommation d'aliments peuvent être un rendement inférieur (gain moyen quotidien) au parc d'engraissement (Camp et coll., 1981), l'épuisement des réserves adipeuses (Cooke et Bohnert, 2011) et une réponse neuroendocrinienne au stress (Ward et coll., 1992). Privé de nourriture et d'eau, l'animal n'a plus que ses réserves corporelles (y compris l'ingesta dans son tube digestif) pour répondre à ses besoins énergétiques jusqu'à ce qu'il recommence à manger (Knowles et coll., 2014).

La privation de nourriture peut provoquer une baisse du glucose dans le plasma sanguin et une hausse initiale des acides gras libres (AGL), lesquels peuvent être directement utilisés par la plupart des tissus. Des niveaux très élevés d'AGL sont toutefois dommageables pour les tissus. Les réserves de glycogène s'épuisent rapidement durant le jeûne, d'abord dans le foie, puis dans le muscle squelettique, et plus rapidement si le muscle est exercé (Knowles et coll., 2014). Ces changements manifestes dans les

métabolites sanguins peuvent être mesurés pour évaluer la gravité de l'épuisement des réserves d'un animal (Tadich et coll., 2009).

Il est démontré que les bovins soumis à un jeûne de 12, 24, 48 et 96 heures présentent des pertes de poids vif de 6, 8, 12 et 14 %, respectivement (Shorthose, 1965; Wythes, 1982; Cole et Hutcheson, 1987; Lambooy et Hulsege, 1988; Tarrant et coll., 1992). Les durées de jeûne solide et liquide des bovins pourraient aussi poser des problèmes de bien-être, vu les longues durées pendant lesquelles ces animaux sont transportés au Canada, leurs besoins en énergie et les effets potentiels de la météo. Peu d'études publiées portent spécifiquement sur les effets du jeûne sur le bien-être. Dans une étude récente sur des bovins d'engraissement aux États-Unis en octobre-novembre, Marques et collègues (2012) ont comparé les effets de 24 heures de transport routier (1 200 km) et de 24 heures de jeûne solide et liquide à un traitement témoin et ont évalué les réactions en phase aiguë et le rendement des bovins. Les auteurs ont constaté que 24 heures de transport, comme 24 heures de jeûne solide et liquide, stimulent la mobilisation des réserves adipeuses, induisent une réponse neuroendocrinienne (cortisol plasmatique) et réduisent le gain moyen quotidien (GMQ) des bovins au parc d'engraissement. Le GMQ moyen des bovins transportés était très semblable ($p = 0,46$) entre les bovins transportés et les bovins privés de nourriture et d'eau (0,91 et 0,97 kg/j respectivement), mais significativement plus faible que celui des bovins du traitement témoin (1,27 kg/j). En fait, les concentrations de cortisol plasmatique des bovins privés de nourriture et d'eau étaient supérieures ($p \leq 0,05$) à celles des bovins transportés. Ces résultats laissent entendre que c'est spécifiquement le jeûne solide et liquide qui est l'un des principaux facteurs de la réponse au stress et des problèmes de rendement dans les parcs d'engraissement observés chez les bovins transportés sur de longues distances.

La perte de poids vif (freinte) et de rendement à l'abattage durant le transport des bovins pose un problème sur le plan du bien-être comme sur le plan économique (Schwartzkopf-Genswein et Grandin, 2014). Le poids perdu par les animaux durant le transport est directement lié à leur niveau d'hydratation et à leur poids en carcasse (Jones et coll., 1990; Warriss, 1990; Schaefer et coll., 1992). La freinte, qui est le terme employé dans l'industrie pour désigner la perte de poids durant le transport, résulte d'un processus physiologique associé à la perte d'urine, de matières fécales, de liquides et de tissus (Coffey et coll., 2001). Dans une étude épidémiologique menée auprès de 290 866 bovins transportés dans 6 152 cargaisons (unité expérimentale), González et collègues (2012c) ont constaté que les bovins transportés ayant perdu plus de 8 % de leur poids d'embarquement étaient plus susceptibles de mourir que les bovins ayant perdu moins de 8 % de leur poids. La majeure partie de la perte de poids durant le transport est imputée à l'effet du jeûne solide et liquide et représenterait de 12 à 15 % du poids vif des animaux (Schwartzkopf-Genswein et Grandin, 2014). Des niveaux élevés de freinte ont été associés à un rendement réduit et à une morbidité accrue (p. ex. le complexe respiratoire bovin indifférencié) après le transport (Cernicchario et coll. 2012; Camp et coll., 1981; 1983) et à une plus grande incidence d'animaux boiteux, non ambulatoires et morts (González et coll., 2012c).

Les bovins utilisent l'eau de leur organisme, l'ingesta dans leur tube digestif et leurs réserves d'énergie pour supporter les périodes de jeûne solide et liquide qui font partie des longs trajets. La durée de transport est l'une des principales variables qui influent sur la freinte, surtout quand les températures ambiantes sont élevées, car ensemble, ces deux facteurs ont un effet multiplicateur l'un sur l'autre (González et coll., 2012b), comme on le voit à la Figure 1 ci-dessous.

Pour se remettre d'un jeûne solide et liquide, les animaux doivent aussi se remettre de la fatigue du transport et, souvent, s'adapter à un nouvel environnement physique et social (Petherick et coll., 2003). Durant le jeûne, les bovins utilisent leurs réserves corporelles et l'ingesta dans leur tube digestif pour répondre à leurs besoins énergétiques, la principale réserve d'énergie de l'organisme étant constituée de

lipides, dont le plus important est le triacylglycérol (ou triglycérides) (Knowles et coll., 2014). À l'intérieur de l'organisme, il faut réhydrater les tissus, reconstituer la flore microbienne du rumen et du gros intestin et compenser les pertes d'électrolytes (Hogan et coll., 2007).

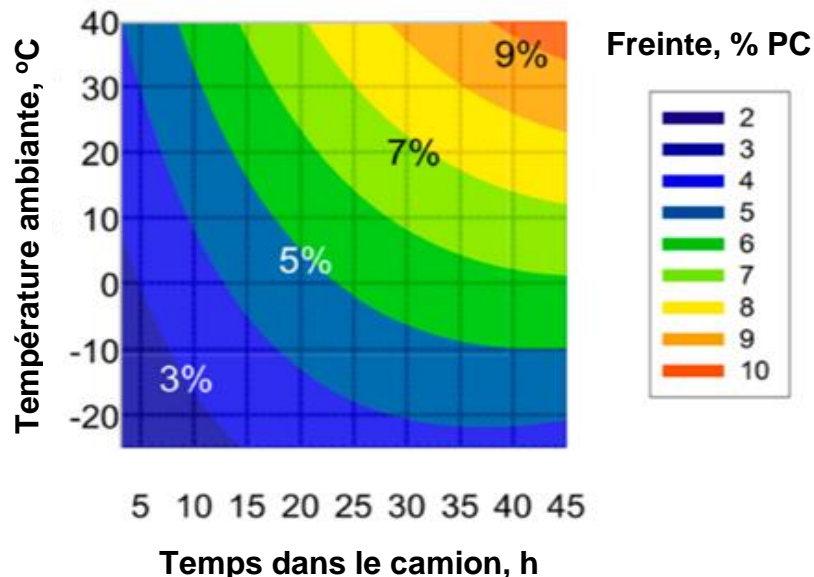


Figure 1 : Effets du temps passé en camion et de la température ambiante moyenne au cours du trajet sur la freinte de bovins engraisés transportés dans des véhicules commerciaux sur de longues distances (> 400 km) en Amérique du Nord. À la valeur de n'importe quel point sur le graphique il faut ajouter 1,56 % du poids corporel pour les bovins d'engraissement, 2,60 % pour les veaux et 3,56 % pour les bovins de réforme. Tiré de González et collègues (2012b).

INTERVALLES DE REPOS

Les haltes de repos à mi-parcours, où les animaux sont nourris et abreuvés, peuvent atténuer le stress du transport et les effets du jeûne solide et liquide associés au transport sur de longues distances (Cooke et coll., 2013; Flint et coll., 2014; Ross et coll., 2016). Après les périodes de privation, les bovins veulent avant tout se nourrir et s'allonger (Metz, 1985). Or, le mélange d'animaux étrangers dans les haltes de repos peut être source de stress. Chez les bovins, le mélange d'animaux étrangers peut causer de graves problèmes de bien-être en raison du risque important d'agressions ou de combats (Broom, 2005), surtout pour les animaux introduits dans un groupe établi (Bøe et Færevik, 2003). De plus, les bovins qui font des haltes de repos sont exposés à des stressseurs auxquels les bovins non reposés ne sont pas exposés, comme l'embarquement et le débarquement supplémentaires (Swanson et Morrow-Tesch, 2001), le fait d'être dans un nouvel environnement et la présence d'abreuvoirs et de mangeoires auxquels ils ne sont pas habitués.

Ross et collègues (2016) ont récemment cherché à déterminer si l'espace d'alimentation disponible pour les bovins (de groupes d'âge mixtes) dans une installation de repos commerciale canadienne avait un effet sur leur comportement alimentaire et leur activité en général. Les bovins ont été observés pendant 5 heures. Les auteurs ont aussi recueilli des données sur les caractéristiques des bovins à l'étude et ont interviewé des camionneurs. La distance moyenne (\pm erreur-type) passée en transit par les bovins était de 1 581,48 km (\pm 60,83) sur 29,30 heures (\pm 0,96). Selon les résultats obtenus, l'alimentation était le

comportement le plus souvent observé pendant la première heure de la période de repos, et l'allongement était le comportement le plus souvent observé durant toutes les heures suivantes. L'allongement a culminé durant la troisième heure de la période de repos, durant laquelle la proportion moyenne de bovins allongés a été la plus élevée (Ross et coll., 2016).

L'étude la plus récente à évaluer la durée des haltes de repos durant le transport longue distance au Canada dans des conditions commerciales a été menée par Marti et collègues (2017). Son objectif était de mesurer les réactions de veaux nouvellement sevrés à quatre traitements impliquant des haltes de repos après 20 heures de trajet. Les auteurs ont fourni aux groupes de veaux 0 (groupe témoin), 5, 10 ou 15 heures de repos au bout de 15 heures d'un trajet de 20 heures. Aucune différence n'a été observée d'un traitement à l'autre dans la perte de poids ni dans la concentration de substance P. À la fin du trajet de 20 heures cependant, le temps passé en position allongée était plus long chez les veaux reposés (pendant 5, 10 et 15 heures) que chez les veaux témoins, et le cortisol salivaire était plus élevé chez les témoins et les veaux s'étant reposés pendant 15 heures que chez les veaux s'étant reposés pendant 5 et 10 heures à la fin du trajet de 20 heures. Dans l'ensemble, les auteurs pensent que les haltes de repos ≥ 10 heures ne préviennent pas le stress à court et à long terme après le transport chez les veaux sevrés. Les résultats de l'étude ne sont pas concluants, car chaque traitement a été appliqué à un petit échantillon, les observations du comportement n'ont été faites qu'à la fin du transport et non durant la halte de repos, et l'heure de la journée a pu être un facteur de confusion. Il s'agit cependant de l'une des rares études portant sur l'effet de la durée des haltes de repos sur des veaux récemment sevrés; il faudrait poursuivre la recherche dans ce domaine.

Nous avons expliqué en détail, plus haut, que le jeûne solide et liquide durant le transport contribue beaucoup à la baisse du rendement des animaux à leur arrivée au parc d'engraissement. En conséquence, les pratiques susceptibles de prévenir ou d'atténuer les périodes prolongées de jeûne solide et liquide (p. ex. les haltes de repos) durant le transport pourraient moduler les réponses de rendement à la réception des sujets dans les parcs d'engraissement (Cooke et coll., 2013).

La relation entre le transport, la perte de poids et la mortalité chez les bovins a été étudiée (González et coll. 2012c). Il manque toutefois encore des données sur l'efficacité des haltes d'alimentation, d'abreuvement et de repos pour atténuer les effets négatifs du transport sur de longues distances sur le bien-être, la santé et le rendement (Ross et coll., 2016).

CONDITIONS AMBIANTES

Des études européennes confirment l'importance du microclimat des remorques (Schwartzkopf-Genswein et Grandin, 2014), et Mitchell et Kettlewell (2008) concluent qu'il s'agit de l'une des plus grandes menaces au bien-être animal durant le transport. L'environnement de la remorque dépend de nombreux facteurs : la température et l'humidité ambiantes, la densité de chargement, la présence de litière et la circulation d'air (Schwartzkopf-Genswein et Grandin, 2014).

Les conditions à l'intérieur de la remorque (c.-à-d. le microclimat [température, humidité relative et indice température-humidité ou ITH]) dépendent de nombreux facteurs, dont les conditions ambiantes, la circulation d'air et les facteurs animaliers (comme la respiration, la sueur et les excréments), qui peuvent soit augmenter, soit diminuer la quantité de chaleur et d'humidité dans la remorque (Curtis, 1993). Dans une remorque immobile, la chaleur et l'humidité supplémentaires produites par les animaux sont dissipées dans l'environnement ou retirées par ventilation mécanique (Albright, 1990).

L'exposition au rayonnement solaire, à la température et à l'humidité varie d'un compartiment à l'autre de la remorque. Dans les conditions qui prévalent au Canada, Stanford et collègues (2011) concluent que l'ITH est plus faible dans les compartiments ventral et arrière comparativement aux trois compartiments supérieurs de la remorque (Figure 2). L'ITH maximal est observé dans le compartiment du nez, sans doute parce que la circulation de l'air est réduite directement derrière le véhicule tracteur. Toutefois, l'étude ne tient pas compte de l'erreur systématique associée aux dimensions selon le type de remorque, car il peut y avoir des différences dans les compartiments; une étude ultérieure par Goldhawk et collègues (2014a,b, 2015) ne fait état d'aucun effet sur le microclimat des compartiments. En outre, les conditions ambiantes à l'intérieur varient parfois beaucoup au cours d'un même trajet ou dans le même compartiment et peuvent être influencées par les conditions météorologiques et/ou par l'immobilité ou la marche du camion (Mitchell et Kettlewell, 2008). Le microclimat des compartiments peut mettre à l'épreuve la capacité de thermorégulation des bovins (Figure 3) et donc poser un problème de bien-être.

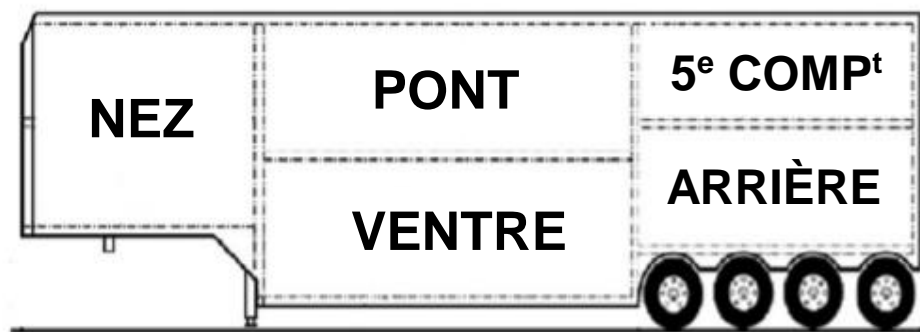
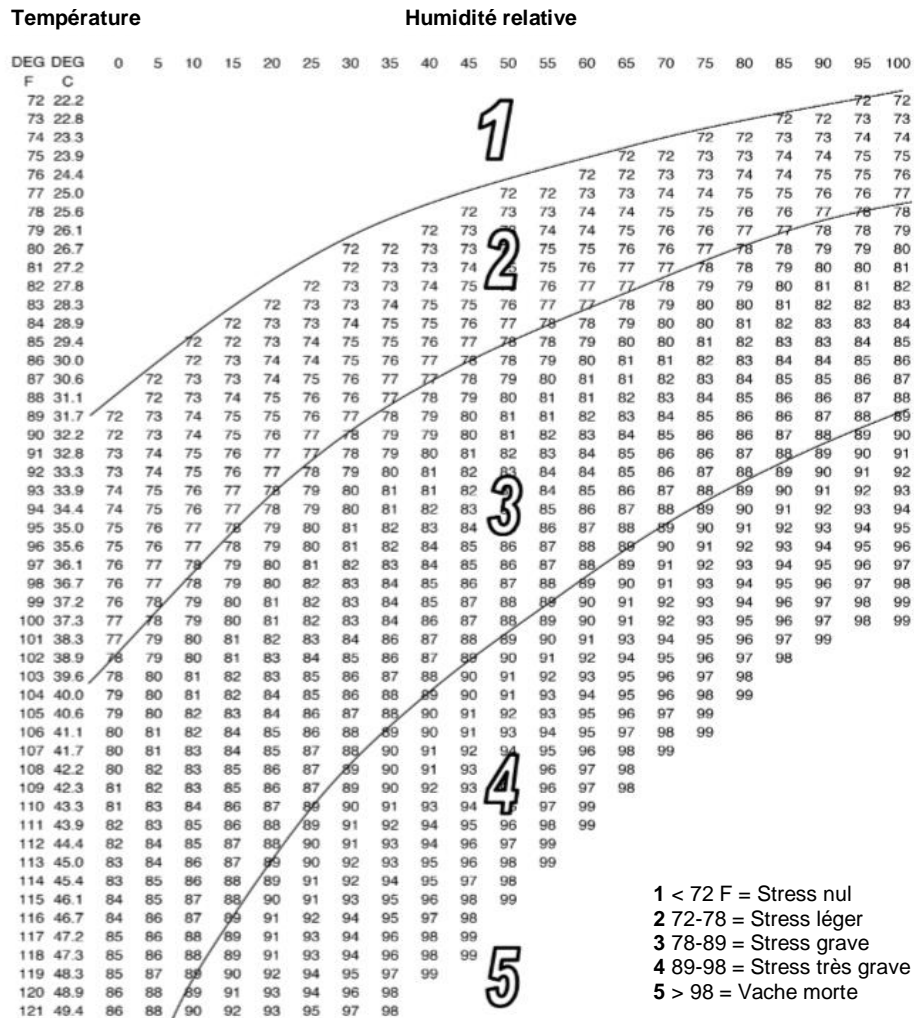


Figure 2 : Compartiments des remorques bœtaillères commerciales pour bovins servant au transport des veaux, Goldhawk et collègues (2014a)

Pour comprendre les risques associés aux conditions ambiantes durant le transport des bovins, il faut pouvoir exercer une surveillance exacte et fiable de la température et de l'humidité à la hauteur des animaux dans un vaste éventail de conditions ambiantes (Goldhawk et coll., 2014a). Les études menées au Canada au cours des 10 dernières années mesurent en général la température et l'humidité d'une remorque en plaçant des enregistreurs de données dans les compartiments (Brown et coll., 2011; Goldhawk et coll., 2014a,b; González et coll., 2012a,b,c; Goumon et coll., 2012; Haley et coll., 2008). Ces instruments sont préprogrammés par les chercheurs pour prendre des relevés à intervalles réguliers; les relevés sont téléchargés dans un ordinateur au point de destination. Dans une étude menée dans l'Ouest canadien, Goldhawk et collègues (2014b) ont observé 19 cargaisons de bovins d'engraissement commerciaux transportées pendant 18 heures ($\pm 4,5$ heures) l'été ($n = 13$) et l'hiver ($n = 6$) et enregistré les conditions de température et d'humidité à l'intérieur des compartiments centraux (le pont et le ventre) de remorques à fond surbaissé. L'échantillonnage des conditions minute par minute n'a révélé un ITH supérieur au seuil de « danger » (78°F ou 26°C) qu'en été; la durée des conditions dangereuses variait entre 2 et 223 minutes au cours d'un même trajet (durée moyenne de $19,2 \pm 31,2$ minutes). La température et l'humidité à la hauteur des animaux étaient sensiblement supérieures aux conditions ambiantes quand la remorque était immobile (divergence de $99,7 \pm 0,002\%$ quand l'épisode s'était produit dans une remorque immobile, contre $95,5 \pm 0,01\%$ quand l'épisode s'était produit dans une remorque en mouvement; $p < 0,01$). L'écart moyen entre l'ITH à la hauteur des animaux et l'ITH ambiant était de $11,4 \pm 7,6^{\circ}\text{F}$ ($-11,4 \pm -13,6^{\circ}\text{C}$) et n'était influencé par aucun autre facteur (Goldhawk et coll., 2014b).



Adapté de Dr Frank Wiersma, Département de génie agricole, Université de l'Arizona, Tucson, 1990

Figure 3: Tableau de l'indice température-humidité. Créé pour permettre aux producteurs laitiers d'estimer le stress de chaleur chez les vaches laitières. DEG=degrés. L'humidité relative est exprimée en % (Annexe B, Code de pratiques pour le soin et la manipulation des bovins laitiers du CNSAE, 2009).

Par ailleurs, González et collègues (2012c) indiquent que les bovins engraisés sont plus susceptibles de devenir boiteux et non ambulatoires durant le transport après 2 et 4 heures à une température ambiante médiane de plus de 20 °C. La relation exacte entre la température et la boiterie n'est pas entièrement comprise cependant. En revanche, les bovins sont plus susceptibles de mourir à basses températures, la mortalité étant plus élevée quand la température médiane est sous le point de congélation que lorsqu'elle dépasse 20 °C. Toutefois, selon une analyse plus poussée des probabilités ajustées, la mortalité augmente brusquement quand la température est inférieure à -15 °C. Notons que cette étude fait appel à des données autodéclarées par les conducteurs, ce qui peut avoir eu un effet sur la validité des résultats et sur les faibles incidences d'animaux boiteux et non ambulatoires.

Bon nombre de ces résultats de recherche sur le microclimat des remorques peuvent aider à prendre des décisions éclairées sur les mesures de gestion quand les températures sont extrêmes. Les points importants à considérer sont entre autres : l'écart entre les températures à la hauteur des animaux et les températures ambiantes, les écarts saisonniers, et les écarts de température entre un véhicule en mouvement et un véhicule immobile. Christison et Johnson (1972) ont étudié les réactions de bovins exposés à un stress de

chaleur modéré (35 °C). Ils font état d'une hausse significative du cortisol plasmatique au cours des 20 premières minutes d'exposition (de 30 à 37 µg/litre). Le cortisol plasmatique continue d'augmenter au cours des 4 heures suivantes, avec une hausse significative de la température rectale à la fin de la période (Christison et Johnson, 1972).

TEMPÉRATURES EXTRÊMES – CHALEUR

Les remorques bétaillères canadiennes ne sont pas climatisées; leur ventilation est assurée passivement par des aérateurs latéraux dans les parois en aluminium et par des ouvertures dans le toit (Schwartzkopf-Genswein et Grandin, 2014). Durant le transport, les bovins peuvent être exposés à des combinaisons de température ambiante et d'humidité qui peuvent mener au stress de chaleur, et certains types de bovins sont vulnérables au stress dû au froid en présence d'une combinaison de basse température ambiante, d'air en mouvement et de restriction des aliments.

Selon Honkavaara (1998), dans les camions à ventilation passive, la circulation de l'air n'est souvent pas uniforme à la hauteur des animaux. En outre, Muirhead (1985) a constaté la présence de zones où l'air ne circule pas, même quand le camion est en mouvement. Étant donné que la chaleur augmente rapidement dans un véhicule immobile, il faut garder le véhicule en mouvement et faire le moins d'arrêts possible (Schwartzkopf-Genswein et Grandin, 2014). Les bovins qui souffrent de stress de chaleur réagissent par de nombreuses modifications physiologiques et comportementales pour tenter de maintenir leur bilan thermique (Curtis, 1993). Par exemple, les bovins stressés par la chaleur halètent, ce qui réduit leur concentration sanguine en acide carbonique (venant du CO₂) et conduit à l'alcalose respiratoire (Benjamin, 1981). En situation de stress de chaleur, les bovins réduisent aussi leur niveau d'activité, cherchent l'ombre et présentent une augmentation du rythme respiratoire, du flux sanguin périphérique et de la transpiration (West, 2003). Durant le transport cependant, bon nombre des mécanismes comportementaux et physiologiques que possèdent les bovins pour s'adapter à la chaleur et aux fluctuations de température sont entravés.

González et collègues (2012a) indiquent que pour les bovins transportés entre le Canada et les États-Unis, les conditions météorologiques peuvent radicalement changer au cours d'un même trajet; ils ont répertorié des conditions ambiantes allant de -42 à 46 °C sur une période de 18 mois. Schwartzkopf-Genswein et Grandin (2014) indiquent aussi que les bovins transportés du Sud de l'Alberta au Nord de la Californie peuvent à certaines périodes de l'année être exposés à des températures de -30 à 30 °C, ces deux extrêmes se situant hors de leur zone athermique (Curtis, 1993). González et collègues (2012c) constatent que la probabilité pour des bovins de devenir non ambulatoires durant le transport augmente quand la température est supérieure à 30 °C. Il ne faut pas non plus oublier que la température à l'intérieur de la remorque est toujours supérieure à la température ambiante. Selon Wikner et collègues (2003), la température à l'intérieur d'une remorque est supérieure de 7 °C à la température ambiante durant les mois d'été. Il est également possible que les variations soudaines des températures ambiantes et la durée d'exposition à ces températures aient plus d'effets négatifs sur le bétail en transit que l'exposition constante à des températures élevées ou basses (Randall, 1993).

TEMPÉRATURES EXTRÊMES – FROID

Quand les bovins sont exposés au froid, ils doivent utiliser plus d'énergie aux températures inférieures à leur zone athermique (ZAT), laquelle se situe entre 0 et 25 °C chez les sujets en bonne santé (DeShazer et coll., 2009). On parle de stress dû au froid quand les bovins sont exposés à des conditions météorologiques qui les mettent en deçà de leur seuil thermique critique inférieur. De nombreux facteurs influencent la ZAT des bovins (p. ex. le type de bovins, le vent, la pluie, le jeûne). Les bovins tremblent pour essayer de maintenir leur température centrale (Gonyou et coll., 1979), ce qui prend de l'énergie et

peut contribuer à épuiser des niveaux d'énergie déjà affaiblis par un jeûne solide et liquide avant le transport. Les vaches maigres ou émaciées sont aussi plus vulnérables au froid, en particulier les vaches de réforme et les veaux (Schwartzkopf-Genswein, 2016; Grandin, 2001).

MESURES POUR ATTÉNUER L'IMPACT DES CONDITIONS AMBIANTES

En Amérique du Nord, les remorques (bétailières) de camions de transport sont construites avec différentes configurations d'aérateurs latéraux servant à la ventilation, et la plupart comportent deux trappes de toit que l'on peut ouvrir pour accroître la ventilation; par contre, les portes arrière de la remorque sont généralement pleines (Schwartzkopf-Genswein et Grandin, 2014). La litière est recommandée (Stull et Reynolds, 2008; Tarrant et Grandin, 2000) pour des raisons de confort et d'isolation, surtout par temps froid pour les bovins vulnérables (p. ex. les animaux blessés, boiteux ou jeunes). González et collègues (2012a) constatent cependant que la litière est moins souvent utilisée pour les bovins de réforme (41,9 %) que pour les bovins d'engraissement (275 à 500 kg; 56,3 %), les veaux (< 275 kg; 67,4 %) et les bovins reproducteurs, ce qui porte à croire que la valeur économique des animaux joue un rôle important dans l'apport de litière. González et collègues (2012a) ne signalent la présence de litière que dans 22,7 % des cargaisons qu'ils ont étudiées.

Au Canada, des panneaux d'hiver sont utilisés pour modifier la ventilation des remorques par temps froid. Ces panneaux, qui peuvent être en plastique, en fibre de verre ou en contreplaqué, sont insérés de manière à couvrir les aérateurs latéraux de la remorque, ce qui modifie l'échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur (Schwartzkopf-Genswein et Grandin, 2014). González et collègues (2012a) indiquent toutefois que pendant l'hiver, à peine 0,63 % des 6 152 camions qu'ils ont évalués utilisaient des panneaux d'hiver (les camions transportaient des catégories mixtes de bovins, mais en majorité des bovins engraisés). En revanche, Warren et collègues (2010) indiquent que dans une enquête menée auprès de producteurs du Sud de l'Ontario, 79 % des remorques de l'étude (qui transportaient toutes des bovins d'abattage) avaient des panneaux d'hiver (la proportion n'était plus que de 37, 34 et 21 %, respectivement, l'automne, le printemps et l'été). Les auteurs ajoutent que l'incidence des coupes sombres était moins élevée pour les bovins transportés dans des camions équipés de panneaux d'hiver. Dans une étude auprès de 6 152 répondants (responsables de 290 866 animaux), González et collègues (2012c) constatent que les taux de mortalité augmentent brusquement quand la température ambiante est inférieure à -15 °C. Les auteurs concèdent cependant qu'en raison de la faible occurrence d'animaux morts, non ambulatoires et boiteux enregistrée dans l'étude, il est difficile de produire des chiffres exacts sur l'importance des panneaux d'après cette seule étude. Dans une autre étude canadienne, Goldhawk et collègues (2015) ont évalué 17 cargaisons de vaches de boucherie de réforme transportées dans des conditions hivernales. Selon les auteurs, l'écart entre le taux d'humidité à l'intérieur et à l'extérieur des remorques était moins important dans les remorques comportant des panneaux que dans celles qui n'en avaient pas, mais les premières étaient plus chaudes quand elles étaient immobiles.

DENSITÉ DE CHARGEMENT

La densité de chargement est définie comme étant le poids par unité de surface et exprimée en poids corporel par mètre carré (kg/m²) (Schwartzkopf-Genswein et Grandin, 2014). Il y a un intérêt économique à maximiser la densité des bovins dans une remorque, car les frais de transport sont généralement basés sur une combinaison de la distance à parcourir et du poids transporté. Une densité de chargement inappropriée peut avoir de graves conséquences sur le bien-être des bovins. Par exemple, une densité de chargement élevée peut faire augmenter à la fois l'activité de la créatine kinase dans la circulation sanguine (signe de lésions musculaires) et les hématomes sur les carcasses (Tarrant et coll., 1988, 1992). Si l'espace est excessif ou s'il est insuffisant, le bien-être des bovins transportés est en péril (González et

coll., 2012d). González et collègues (2012c) indiquent qu'il y a aussi des éléments particuliers à considérer dans le calcul de la densité de chargement, comme l'âge et la condition des animaux, la présence de bêtes à cornes, la durée du trajet et la météo.

L'espace alloué au bétail est habituellement exprimé selon un coefficient allométrique (la *valeur k*) décrit pour la première fois par Petherick et Phillips (2009). Coefficient allométrique (valeur k) = Espace alloué observé / (Poids corporel^{10,667}). La valeur k est plus utile que l'espace alloué pour étudier la densité de chargement, car elle élimine la nécessité de connaître le poids pour comparer différents groupes d'animaux.

Les problèmes soulevés par le faible seuil d'espace par animal durant le transport commercial pourraient concerner davantage les animaux transportés dans les compartiments centraux (ventre et pont), particulièrement les veaux d'embouche et les veaux sevrés. Il est possible de faire entrer plus de bovins dans ces deux compartiments parce qu'ils sont plus grands que les autres compartiments des remorques (González et coll., 2012c). Les constatations de González et collègues (2012c) concordent avec celles de Petherick et Phillips (2009) sur le fait que les coefficients de la valeur $k < 0,015$ (ou $0,75 \text{ m}^2/\text{animal}$) et $> 0,035$ (ou $1,75 \text{ m}^2/\text{animal}$) sont à éviter, surtout dans les grands compartiments comme le ventre et le pont de la remorque.

Dans une étude des effets de la densité de chargement sur des bouvillons frisons transportés pendant 4 heures, Tarrant et collègues (1988) indiquent qu'une densité de chargement élevée (591 kg/m^2 en moyenne) présente des inconvénients considérables pour les bovins, qui affichent un cortisol sanguin élevé, des hématomes plus nombreux, des pertes d'équilibre plus fréquentes et l'inhibition de leurs comportements sociaux d'exploration. Les données physiologiques montrent que la réponse au stress augmente avec la densité de chargement, la concentration en cortisol étant la plus faible à une faible densité de chargement (196 kg/m^2 en moyenne). Par ailleurs, les données comportementales montrent que les bovins embarqués à une densité de chargement élevée subissent des inconvénients, dont l'inhibition de leurs mouvements et l'incapacité d'adopter leur orientation préférée. Les chutes, presque exclusivement associées aux densités de chargement élevées, exposent les bovins à des blessures graves. Aux densités de chargement élevées, quand les bovins tombent, il peut leur être très difficile de se relever, et ils risquent d'être piétinés par leurs congénères. Dans une étude similaire des effets de densités de chargement ($1,03\text{-}1,08 \text{ m}^2$; $1,19\text{-}1,24 \text{ m}^2$; $1,33\text{-}1,41 \text{ m}^2/\text{animal}$) sur le transport de bouvillons sur une longue durée (24 heures), Tarrant et collègues (1992) indiquent que le cortisol plasmatique et le glucose étaient élevés après le transport, surtout quand la densité de chargement était élevée. Les auteurs ont aussi observé une augmentation des hématomes sur les carcasses et de l'activité plasmatique de la créatine kinase avec la hausse de la densité de chargement. Ils concluent en disant que leurs résultats montrent que les densités de chargement supérieures à environ 550 kg/m^2 sont inacceptables pour les animaux dans cette plage de poids (603 kg en moyenne) durant les longs trajets, et qu'à une densité moyenne et faible, une prolongation de la durée du trajet serait aussi préjudiciable pour le bien-être.

González et collègues (2012c) soulignent que la densité de chargement est une question complexe dans le transport commercial, car les conducteurs commerciaux doivent respecter à la fois les limites réglementaires sur les charges à l'essieu et le seuil d'espace recommandé. Plusieurs facteurs influent sur la densité de chargement des bovins dans un camion : le nombre d'essieux du véhicule tracteur et de la remorque, le poids et la taille des bovins, leur cote d'état de chair, la présence de bêtes à cornes, les conditions ambiantes, les restrictions routières et la distance sur laquelle les animaux seront transportés. Dans une étude sur les seuils d'espace durant le transport commercial de longue durée des bovins en Amérique du Nord, González et collègues (2012d) indiquent que sur environ 30 % des trajets vers le Sud, les bovins doivent être redistribués entre les compartiments de la remorque à la frontière canado-

américaine pour respecter les limites réglementaires différentes sur les charges à l'essieu, et que dans la plupart des cargaisons, les bovins sont déplacés entre le pont et le 5^e compartiment. De telles situations peuvent être préjudiciables au bien-être des bovins à cause du stress supplémentaire de la manipulation (débarquement et embarquement) et de la prolongation du trajet, qui ajoute à la durée de transport totale.

Selon l'enquête de González et collègues (2012c) auprès de 327 transporteurs citée plus haut, le poids total chargé sur le camion augmente et le nombre d'animaux diminue lorsque le poids corporel des animaux augmente. Le seuil d'espace (valeur k) est le plus petit dans les véhicules qui ont un grand nombre d'essieux et qui transportent les bovins les plus légers (c.-à-d. les remorques à quatre essieux transportant des bovins d'engraissement et des veaux sevrés) (González et coll., 2012c). González et collègues (2012c) observent aussi que les bovins de toutes catégories sont transportés à des densités de chargement supérieures à celles recommandées dans les normes du Conseil de recherches agro-alimentaires du Canada (CRAC, 2001) dans les compartiments du ventre et du pont (sauf pour les bovins engraisés transportés dans le compartiment du pont). En revanche, les bovins de toutes catégories transportés dans le compartiment arrière, dans le nez et dans le 5^e compartiment (Figure 2) ont plus d'espace que le seuil recommandé. Dans les cargaisons qu'ils ont évaluées, les veaux étaient systématiquement transportés au seuil d'espace le plus faible dans les remorques, suivis des bovins d'engraissement; les bovins engraisés et les bovins de réforme disposaient du plus grand seuil d'espace, au Canada comme aux États-Unis. Le seuil d'espace et la valeur k étaient très différents d'un compartiment à l'autre des remorques; les animaux du compartiment ventral et du pont avaient le moins d'espace de tous, tandis que ceux du nez et du 5^e compartiment en avaient le plus. À titre d'exemple, la valeur k était inférieure de 56 % dans le ventre des remorques (valeur k moyenne = 0,017) que dans le nez (valeur k moyenne = 0,029).

Dans la même enquête, les auteurs observent que les valeurs $k < 0,015$ et $> 0,035$ sont associées à des hausses abruptes de la probabilité que des bovins meurent durant leur transport commercial, surtout dans les compartiments du pont et du ventre, où les animaux ont moins d'espace (González et coll., 2012c). Les auteurs indiquent dans leur analyse qu'un espace excédentaire peut aussi poser des problèmes (les bovins s'appuient probablement les uns contre les autres, ce qui peut les empêcher de glisser et de tomber) pour les bovins engraisés et les bovins de réforme, surtout s'ils sont transportés dans le nez et le 5^e compartiment et dans des remorques à trois essieux. En conclusion, ils indiquent qu'une meilleure distribution du poids entre les compartiments, de manière à agrandir l'espace alloué dans le compartiment ventral et sur le pont et à réduire l'espace alloué dans le nez et le 5^e compartiment, pourrait améliorer la rentabilité et le bien-être, surtout des veaux d'embouche. De même, Clark et collègues (1999) indiquent que c'est l'entassement excessif, et non l'espace excessif, qui conduit à la perte d'équilibre et qui est préjudiciable au bien-être des bovins. Ils rappellent que les bovins qui tombent sans pouvoir se relever à bord des camions sont des cas relativement rares et isolés. Cela concorde avec les observations de González et collègues (2012c), qui ne rapportent qu'une proportion de 0,02 % d'« animaux couchés » durant le transport (sur les 290 866 bovins inclus dans l'enquête).

En plus des densités de chargement maximales recommandées par le CRAC (2001), il faudrait recommander des modifications dans certaines situations, par exemple quand les températures sont « élevées ». Selon González et collègues (2012c) toutefois, il n'y a aucune preuve manifeste que, dans des conditions commerciales, les bovins disposent de plus d'espace quand les températures ambiantes sont élevées, mais les bovins transportés dans le compartiment ventral peuvent avoir jusqu'à 6 % de plus d'espace (en moyenne) sur les longs trajets. González et collègues (2012c) ajoutent que c'est dans le compartiment ventral qu'il y a le plus grand nombre d'animaux et le moins d'espace disponible. C'est

donc dans ce compartiment qu'il faudrait instaurer des mesures de prise en charge « particulières » pour assurer le bien-être des animaux durant le transport sur de longues distances.

Pour résumer, les densités de chargement maximales recommandées peuvent contribuer à limiter l'espace en fonction de la taille des bovins (Petherick et Philips, 2009), et l'entassement excessif est associé à des effets préjudiciables sur le bien-être des bovins transportés (Eldridge et Winfield, 1988; Tarrant et coll., 1992; González et coll., 2012c). Les facteurs qui influent sur le choix de la densité de chargement sont l'âge et la condition des animaux, la durée du trajet, la météo et la présence de bêtes à cornes. Il faudrait des études qui comparent directement les effets de différentes densités de chargement des bovins dans les conditions de transport qui prévalent au Canada.

CONSIDÉRATIONS PARTICULIÈRES POUR LES JEUNES ANIMAUX

Les jeunes animaux, surtout les veaux non sevrés et nouvellement sevrés, sont particulièrement sensibles au stress du transport. Ils sont en effet exposés à des situations nouvelles et stressantes, dont le sevrage, la vaccination, la castration, l'écornage, l'étiquetage de l'oreille, la manipulation, le mélange avec des bovins étrangers, etc., juste avant d'être transportés (Grandin, 2001). L'incidence de mortalité et de morbidité durant le transport est plus élevée chez les veaux que chez les bovins adultes (González, 2012c; Knowles, 1995). Les jeunes veaux sont plus sensibles au froid que les bovins plus âgés (Knowles et coll., 1997; Knowles, 1999) et à la contamination croisée par les agents pathogènes d'autres animaux de différentes provenances, car leur système immunitaire est encore en développement (immaturité de l'axe hypothalamo-hypophysaire) (Knowles et coll., 1997). De même, Hartmann et collègues (1973) indiquent que la réactivité des glandes surrénales à l'hormone adrénocorticotrope (ACTH) n'est pas encore pleinement développée chez les veaux. Il est donc possible qu'ils éprouvent encore du stress, mais celui-ci n'est pas nécessairement décelable.

Selon Knowles et collègues (2007), les jeunes veaux ne devraient pas être transportés avant d'avoir au moins un mois, sauf sur une courte distance vers une installation d'élevage de veaux. Les auteurs ont étudié l'effet du jeûne solide et liquide et des trajets allant jusqu'à 24 heures sur des veaux d'un mois et indiquent que même si de nombreux indicateurs physiologiques retournent à leurs niveaux d'avant le transport après 24 heures de récupération, c'est en raison de l'immaturité des systèmes physiologiques et non simplement de l'absence de réaction au transport. Néanmoins, les veaux semblent moins capables de réguler leur température corporelle. Les mêmes auteurs suggèrent aussi d'offrir une bonne litière aux veaux (surtout par temps froid) et de les charger à une densité qui leur permet de s'allonger. Une attention particulière devrait être accordée à la durée des études sur le transport des jeunes veaux, car ceux-ci peuvent succomber à des maladies au cours du mois qui suit leur transport (Eicher, 2001). Il convient également de reconnaître qu'il y a d'autres facteurs atténuants qui peuvent causer des maladies au cours du mois qui suit le transport.

TRANSPORT DES VEAUX LAITIERS NON SEVRÉS

Des veaux laitiers non sevrés de sources multiples sont souvent transportés vers les unités de production de veau (Wilson et coll., 2000), tandis que les veaux transportés vers les unités de production de bœuf ont tendance à provenir d'un plus petit nombre de sources et sont en règle générale sevrés avant le transport (González et coll., 2012a). Les effets de la durée du trajet sur les veaux laitiers non sevrés doivent être considérés séparément des effets sur les bovins adultes et les veaux sevrés. Bien qu'ils soient touchés par les mêmes facteurs que les veaux sevrés et les bovins adultes, leurs réactions comportementales au transport ne sont pas les mêmes que celles des bovins plus vieux. Par exemple, les jeunes veaux non sevrés ont tendance à s'allonger au début du trajet (Cockram et Spence, 2012), tandis que les bovins plus

vieux restent debout pendant tout le trajet ou pendant la plus grande partie de ce dernier (Tarrant et coll., 1992; Knowles et coll., 1999a). Leur physiologie est différente de celle des bovins sevrés, car ils tirent la plupart de leurs nutriments de la digestion d'aliments lactés. Leurs réactions aux périodes de jeûne solide et liquide durant les longs trajets et à leur environnement thermique sont donc différentes de celles des bovins plus vieux (Eicher, 2001). Ils sont aussi transportés à un âge où leur système immunitaire est moins développé que celui des bovins plus vieux, ce qui les rend plus vulnérables aux maladies infectieuses (Eicher, 2001).

Le risque de mortalité des veaux de < 7 jours augmente avec la durée du trajet (Cave et coll., 2005). Comparé à l'élevage de veaux sur leur ferme de naissance, le transport de veaux d'une autre provenance accroît le risque de morbidité et de mortalité subséquente (Lava et coll., 2016). Ce risque est accru si de petits veaux sont transportés (Brscic et coll., 2012; Winder et coll., 2016) ou si le trajet est de longue durée (p. ex. 1 à 8 heures de trajet, jeûne solide et liquide jusqu'au lendemain, puis trajet de 300 km), comparativement à un trajet effectué en deux étapes, de 1 à 8 heures, puis de 2 heures (Mormède et coll., 1982).

En général, le jeûne associé aux longs trajets amène les jeunes veaux à puiser dans leurs réserves d'énergie, et certains présentent une hypoglycémie (Nielsen et coll., 2011). Les conséquences de l'hypoglycémie sur le bien-être des veaux sont méconnues, mais dans le contexte du jeûne et du transport, ces conséquences peuvent être la faim et la faiblesse. Chez les humains, les changements de la glycémie absolue ne sont pas directement liés à l'appétit, mais les baisses légères sur une courte période ont été associées à la faim (de Graff et coll., 2004). Le glucose et d'autres sources d'énergie sont nécessaires à tout effort physique (Blum et Eichinger, 1988). Ce ne sont que des conjectures, mais toute indication d'une baisse de disponibilité des réserves d'énergie en réaction au transport pourrait rendre un veau plus vulnérable à la faim, à la fatigue et aux blessures.

Un long trajet (p. ex. trajet de 1 à 8 heures, jeûne solide et liquide jusqu'au lendemain, puis trajet de 300 km) peut faire augmenter les concentrations en albumine sérique et en protéines totales comparativement à un trajet plus court effectué en deux étapes, de 1 à 8 heures, puis de 2 heures (Mormède et coll., 1982). De nombreuses études montrent cependant que les jeunes veaux ne présentent pas immédiatement de signes cliniques de déshydratation en réponse au transport prolongé. Des veaux frisons/Holstein de 5 à 9 jours transportés pendant 12 heures ou moins et privés de nourriture pendant 30 heures ont présenté une glycémie plasmatique réduite, mais aucun signe de déshydratation (concentrations en hémocrite et en protéines sériques totales) (Fisher et coll., 2014). Des veaux Hereford croisés et des veaux frisons de 7 à 21 jours ayant été soit : a) transportés pendant 6 heures, puis privés de nourriture pendant 12 heures; b) transportés pendant 18 heures; ou c) privés de nourriture pendant 18 heures n'ont présenté aucun signe de déshydratation (concentrations en hémocrite et en protéines sériques totales), mais leur glycémie plasmatique était inférieure, après le trajet de 6 heures, à celle des veaux des deux autres traitements (Kent et Ewbank, 1986). Des veaux Holstein d'1 mois ayant reçu des électrolytes avant d'être embarqués, puis transportés pendant 19 heures avec de l'eau à bord ont bu environ 1,6 litre d'eau chacun, perdu du poids et n'ont présenté aucun signe manifeste de déshydratation, mais leur jeûne a eu des effets (élévation des concentrations sériques en acides gras libres et en β -hydroxybutyrate et baisse de la glycémie) (Bernardini et coll., 2012). Chez des veaux de 5 à 10 jours ayant jeûné pendant 13 heures, la glycémie plasmatique était sensiblement plus basse que chez les témoins n'ayant pas jeûné, mais chez des veaux transportés pendant 12 heures sans nourriture, puis ayant jeûné 18 heures de plus, la glycémie plasmatique n'était pas sensiblement différente de celle des témoins n'ayant pas jeûné, et ce, jusqu'à 13 heures après le transport (Todd et coll., 2000). Il est probable que la glycémie plasmatique durant le transport ait augmenté en raison d'une réponse au stress médiatisée par

l'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien et d'une stimulation de la production hépatique de glucose par le système sympatho-surrénalien (Edwards, 1972; Ramin et coll., 1995; Marik et Bellomo, 2013).

Chez des veaux de < 1 mois transportés pendant 24 heures, une tendance à la mobilisation des réserves d'énergie de l'organisme et à la déshydratation a été observée, mais pas de baisse sensible de la glycémie plasmatique, de hausse de la concentration plasmatique en acides gras libres ni de signes de déshydratation comparativement aux veaux témoins nourris et non transportés. Dans l'étude en question, le fait d'offrir des aliments à 8 heures d'intervalle durant le transport n'a pas semblé présenter d'avantages significatifs (Knowles et coll., 1997). Chez des veaux de < 1 mois transportés pendant 19 heures et n'ayant reçu ni liquide, ni eau, ni solution de glucose et d'électrolytes après 9 heures de trajet, la concentration plasmatique en acides gras libres était élevée après le trajet, mais le traitement n'a eu aucun autre effet significatif comparativement à celui des témoins nourris et non transportés (Knowles et coll., 1999a). L'effet d'une halte d'1 heure ou de 2 heures au milieu d'un trajet de 18 heures où les veaux ont eu accès à du lait de remplacement a été étudié chez des veaux frisons/Holstein de 18 jours. Au cours des 9 premières heures du trajet, ces veaux ont présenté une baisse de la glycémie plasmatique et une hausse de la concentration plasmatique en acides gras libres, mais aucun signe de déshydratation (osmolalité plasmatique) comparativement aux témoins non transportés. La plus courte des deux haltes a laissé suffisamment de temps aux veaux pour recevoir du lait de remplacement, et la durée des haltes n'a pas eu d'effet sur les concentrations plasmatiques en glucose et en acides gras libres après les 9 heures restantes du trajet (Grigor et coll., 2001).

Comparativement aux bovins plus vieux, les jeunes veaux sont plus sensibles aux environnements froids (Eicher, 2001). En outre, après un transport comportant des périodes de retrait de nourriture, le métabolisme énergétique des jeunes veaux (< 1 semaine) est instable. Selon les calculs de Schrama et collègues (1993), le seuil thermique critique inférieur des veaux de < 1 semaine nourris en deçà de la ration de maintien est de 13 °C après le transport. Cette estimation est semblable à celle d'une autre étude sur de jeunes veaux laitiers (même pour les veaux ayant reçu la ration alimentaire de maintien) (Schrama et coll., 1992). Le seuil thermique critique inférieur des veaux laitiers âgés de 1 à 8 semaines, ayant reçu plus que la ration de maintien et n'ayant pas été transportés récemment est estimé à environ 10 °C (Webster et coll., 1978), et celui des bovins de boucherie plus vieux est considérablement plus bas (p. ex. de 7 à -2 °C) (Webster et coll., 1970). Quand un veau est allongé, une quantité suffisante de litière sèche réduit la déperdition thermique et le rend moins sensible au froid (Webster, 1984).

Les jeunes veaux doivent réagir aux événements de conduite du véhicule (accélération, freinages et virages) en modifiant fréquemment leur posture pour rester en équilibre et ne pas tomber (Cockram et Spence, 2012). Une élévation de l'activité de la créatine kinase sérique indiquant un traumatisme ou des lésions musculaires résultant de l'activité physique est couramment observée après le transport (Grigor et coll., 2001; Bernardini et coll., 2012; Fisher et coll., 2014). Au fil du trajet, les jeunes veaux ont plus tendance à s'allonger (Cockram et Spence, 2012) et s'allongent davantage sur la paille que sur un plancher plein en métal (Jongman et Butler, 2014). Chez des veaux de 3 à 10 jours (37-40 kg), le seuil d'espace n'a pas eu d'effet sur la tendance à s'allonger durant un trajet de 12 heures, mais l'activité de la créatine kinase après le trajet était plus élevée chez les veaux transportés à un seuil de 0,2 m²/animal que chez ceux transportés à un seuil de 0,3 m² ou de 0,5 m²/animal (Jongman et Butler, 2014). Chez des veaux de 18 jours (48-50 kg) transportés sur deux périodes de 9 heures, il n'y a pas eu d'écart significatif entre un seuil d'espace de 0,375 m²/animal et un seuil de 0,475 m²/animal en ce qui a trait à la tendance à s'allonger (tous les veaux pouvaient s'allonger ensemble à certains moments pour les deux seuils d'espace), à l'activité de la créatine kinase plasmatique, ni à la fréquence des pertes d'équilibre, des incidents traumatisants, des piétinements ou des changements de posture. Par contre, une halte de

12 heures plutôt que d'1 heure au milieu du trajet a réduit la fréquence des pertes d'équilibre et des piétinements durant les 9 dernières heures du trajet (Grigor et coll., 2001).

RECHERCHE FUTURE

Les études menées au Canada au cours des 10 dernières années ont considérablement amélioré notre connaissance des difficultés rencontrées par les bovins lorsqu'ils sont transportés. Il reste encore toutefois de nombreuses lacunes à combler. Il manque en général des données scientifiques sur la relation entre les conditions de transport actuelles et leurs effets sur le plan du bien-être, par exemple; nous aurions besoin d'en savoir plus sur les conséquences des pratiques actuelles du secteur sur le bien-être des bovins. Il faudrait aussi étudier spécifiquement l'effet de la durée du transport sur les bovins de différentes catégories d'âge. La recherche sur les effets du transport sur les bovins fragilisés est insuffisante, principalement en raison des problèmes éthiques et pratiques associés à la proposition et à la conduite de ce genre d'études.

En particulier, il faudrait faire de la recherche pour mieux comprendre les effets des durées de jeûne solide et liquide et de l'importance, de la fréquence et des avantages des haltes de repos à mi-parcours. Il est important de comprendre en quoi la réglementation actuelle pourrait affecter la santé et le bien-être des bovins transportés dans ces conditions réglementaires. Il faudrait des études scientifiques pour observer les bétailières commerciales pour bovins et les effets des haltes de repos de différentes durées, en particulier la durée nécessaire d'une halte pour que les animaux soient rassasiés et reposés.

Il n'y a pas encore de données disponibles sur la proportion de bovins transportés par chaque catégorie de transporteurs (p. ex. les camions de petite ou de moyenne taille, souvent conduits par les producteurs ou par le personnel agricole, par opposition aux transporteurs commerciaux), sur les distances qu'ils parcourent ou sur le nombre de trajets que fait un animal au cours de sa vie. Les seules études menées au Canada jusqu'à maintenant portent sur le transport commercial des bovins.

Au Canada, des véhicules très divers peuvent servir au transport des bovins à condition de respecter les normes réglementaires fédérales ou provinciales en vigueur. Il faut déterminer quelles sont les densités de chargement qui conviennent aux différentes catégories de bovins (veaux, bovins d'engraissement, bovins lourds, bovins de réforme) transportés dans diverses conditions ambiantes (l'hiver ou l'été). Des études de cette nature sont nécessaires et aideraient à définir les densités de chargement optimales pour le bien-être. Il existe aussi très peu de données sur la prise en charge des veaux avant le transport (p. ex. le moment du sevrage par rapport au transport) et sur les effets qui en résultent sur le plan du bien-être après le transport.

Le transport du bétail au Canada se fait souvent dans des conditions météorologiques extrêmes, ce qui a des incidences majeures, car la grande variabilité des conditions ambiantes peut nuire considérablement au bien-être des animaux. Il faudrait pousser la recherche pour comprendre l'importance de ces effets sur les animaux individuellement. Il faudrait aussi étudier les effets de la circulation de l'air, de la vitesse du vent, des conditions ambiantes, de la disposition des aérateurs latéraux et des autres éléments de conception qui influent sur la chaleur et l'humidité à l'intérieur des compartiments d'une remorque. En particulier, il faut étudier les effets des panneaux d'hiver sur la santé des veaux et sur l'incidence des gelures à l'abattage chez les bovins engraisés et les bovins de réforme. Peu d'études chiffrent directement les effets du transport sur le rendement dans les parcs d'engraissement et sur la santé des bovins, et surtout sur le risque pour les animaux de contracter le complexe respiratoire bovin (CRB) (la maladie la plus fréquente des veaux sevrés après leur arrivée dans les parcs d'engraissement).

Les animaux doivent être « aptes au transport » pour pouvoir supporter les difficultés du trajet. Il faudrait cependant pousser la recherche pour établir clairement ce que les mots « apte » et « inapte » devraient couvrir et comment mesurer et évaluer ces indicateurs de façon fiable.

Les sections précédentes du présent rapport portent exclusivement sur des aspects particuliers du transport des bovins. Il n'est pas exclu, toutefois, que l'effet cumulatif de ces facteurs ait le plus d'impact sur le bien-être d'un animal et sur sa capacité de supporter les rigueurs du transport. Il y a encore peu d'études sur la durée cumulative du transport des bovins vendus dans les marchés aux enchères (Schwartzkopf-Genswein et coll., 2016), des bovins d'exposition et des bovins ayant eu plusieurs propriétaires successifs, plusieurs points de rassemblement, etc. Il manque d'études sur l'effet du transport des bovins particulièrement fragiles, comme les vaches de réforme, et il est très probable que ce soit là que se trouvent les plus graves problèmes de bien-être (Schwartzkopf-Genswein et coll., 2016). La vente dans un marché aux enchères peut prolonger la durée du jeûne solide et liquide, épuisant ainsi les réserves corporelles des animaux (González et coll., 2012b). Ce type de vente peut aussi exposer les bovins à être mélangés avec des animaux étrangers et augmente la fréquence des embarquements et des débarquements (González et coll., 2012c). Ces facteurs alourdissent le stress des animaux, dont les réserves d'énergie sont déjà épuisées et qui peuvent être fragilisés. Il est souvent suggéré que l'un des grands facteurs qui permet de déterminer si des bovins supporteront bien les rigueurs du transport est leur condition au moment d'être embarqués dans la remorque. C'est ce qu'on appelle souvent « l'aptitude au transport » et cela vaut pour toutes les catégories de bovins.

Pour déterminer comment les bovins supportent le transport avec la réglementation et les pratiques de transport actuelles, il faudrait pousser la recherche. Les données scientifiques directement tirées des pratiques de transport commercial dans les conditions qui prévalent au Canada sont extrêmement précieuses pour les acteurs du secteur, les responsables des politiques et les membres du public qui s'intéressent à cette question.

BIBLIOGRAPHIE

- Ahola, J.K., H.A. Foster, D.L. VanOverbeke, K.S. Jensen, R.L. Wilson, J.B. Glaze, Jr, T.E. Fife, C.W. Gray, S.A. Nash, R.R. Panting et N.R. Rimbey. « Survey of quality defects in market beef and dairy cows and bulls sold through livestock auction markets in the Western United States », *Journal of Animal Science*, vol. 89, n° 5 (2011), p. 1471-1483.
- Albright, L. *Environment Control for Animals and Plants*, St. Joseph, MI (États-Unis), American Society of Agricultural Engineers, 1990.
- Barnes, K., S. Smith et D. Lalman. *Managing Shrink and Weighing Conditions in Beef Cattle*, Factsheet ANSI-3257, Oklahoma State University Cooperative Extension Service, 2004 (consulté le 17 avril 2018). Sur Internet : <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Version-7421/ANSI-3257web.pdf>.
- Benjamin, M.M. « Fluid and electrolytes » dans *Proc. Outline of Veterinary Clinical Pathology*, Ames, IA (États-Unis), Iowa State University Press, 1981, p. 213.
- Bernardini, D., G. Gerardi, A. Peli, L.N. Costa, M. Amadori et S. Segato. « The effects of different environmental conditions on thermoregulation and clinical and haematological variables in long-distance road-transported calves », *Journal of Animal Science*, vol. 90 (2012), p. 1183-1191.
- Blecha, F., S.L. Boyles et J.G. Riley. « Shipping suppresses lymphocyte blastogenic responses in Angus and Brahman X Angus feeder calves », *Animal Science*, vol. 59 (1984), p. 576-583.
- Blum, J., et H. Eichinger. « Epinephrine and norepinephrine related to cardiorespiratory and metabolic changes in calves during physical exercise », *Hormone and Metabolic Research*, vol. 20, n° 12 (1988), p. 738-742.
- Bøe, K.E., et G. Færevik. « Grouping and social preferences in calves, heifers and cows », *Applied Animal Behavioural Science*, vol. 80, n° 3 (2003), p. 175-190.
- Broom, D. « The effects of land transport on animal welfare », *Revue scientifique et technique*, vol. 24, n° 2 (2005), p. 683-691.
- Brown, J.A., T.S. Samarakone, T. Crowe, R. Bergeron, T.M. Widowski, J. Correa, L. Faucitano et H. Gonyou. « Temperature and humidity conditions in trucks transporting pigs in two seasons in Eastern and Western Canada », *Transactions of the American Society and Biological Engineers*, vol. 54 (2011), p. 2311-2318.
- 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. « Prevalence of respiratory disorders in veal calves and potential risk factors », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, n° 5 (2012), p. 2753-2764.
- Burdick, N.C., J.A. Carrol, R.D. Randel, S.T. Willard, R.C. Vann, S.D.L. Chase, Jr., L.E. Hulbert et T.H. Welsh, Jr. « Influence of temperament and transportation on physiological and endocrinological parameters in bulls », *Livestock Science*, vol. 139 (2011), p. 213-221.
- Camp, T.H., D.G. Stevens, R.A. Stermer et J.P. Anthony. « Transit factors affecting shrink, shipping fever and subsequent performance of feeder calves », *Journal of Animal Science*, vol. 52 (1981), p. 1219-1224.
- Camp, T.H., R.A. Stermer et D.G. Stevens. « Shrink of feeder calves as an indicator of incidence of bovine respiratory disease and time to return to purchase weight », *Journal of Animal Science*, vol. 57, n° 1 (1983), p. 66.
- Conseil de recherches agro-alimentaires du Canada (CRAC). *Code de pratiques recommandées pour le soin et la manipulation des animaux de ferme – Transport*, 2001 (consulté le 9 avril 2018). Sur Internet : http://www.nfacc.ca/pdfs/codes/transport_code_de_pratiques.pdf.

- Cave, J.G., A.P. Callinan et W.K. Woonton. « Mortalities in bobby calves associated with long distance transport », *Australian Veterinary Journal*, vol. 83, n° 1-2 (2005), p. 82-84.
- Cernicchiaro, N., B.J. White, D.G. Renter, A.H. Babcock, L. Kelly et R. Slattery. « Effects of body weight loss during transit from sale barns to commercial feedlots on health and performance in feeder cattle cohorts arriving to feedlots from 2000 to 2008 », *Journal of Animal Science*, vol. 90 (2012), p. 1940-1947.
- Christison, G.I., et H.D. Johnson. « Cortisol turnover in heat-stressed cows », *Journal of Animal Science*, vol. 35, n° 5 (1972), p. 1005-1010.
- Clark, B., R. Ruhl, M. Strauss, T. Mahal et D. Fittano. *Dynamics and Roll Stability of a Loaded Class 8 Tractor-Livestock Semi-Trailer*, Report 1999-01-3732, Society of Automotive Engineers, Inc., 1999.
- Cockram, M.S., et J.Y. Spence. « The effects of driving events on the stability and resting behaviour of cattle, young calves and pigs », *Animal Welfare*, vol. 21 (2012), p. 403-417.
- Coffey, K.P., W.K. Coblenz, J.B. Humphry et F.K. Brazle. « Review: basic principles and economics of transportation in beef cattle », *Professional Animal Scientist*, vol. 17 (2001), p. 247-255.
- Cole, N.A., et D.P. Hutcheson. « Influence of pre-fast dietary roughage content on recovery from feed and water deprivation in beef steers », *Journal of Animal Science*, vol. 65 (1987), p. 1049-1057.
- Conseil national pour les soins aux animaux d'élevage (CNSAE). *Code de pratiques pour le soin et la manipulation des bovins laitiers*, 2009 (consulté le 16 avril 2018). Sur Internet : <http://www.nfacc.ca/codes-de-pratiques/bovins-laitiers>.
- Cooke, R.F., et D.W. Bohnert. « Bovine acute-phase response following corticotrophin-release hormone challenge », *Journal of Animal Science*, vol. 89 (2011), p. 252-257.
- Cooke, R.F., T.A. Guarnieri Filho, B.I. Cappellozza et D.W. Bohnert. « Rest stops during road transport: Impacts on performance and acute-phase protein responses of feeder cattle », *Journal of Animal Science*, vol. 91 (2013), p. 5448-5454.
- Curtis, S.E. « Assessing effective environmental temperature », dans S. Curtis, *Environmental Management in Animal Agriculture*, Ames, IA (États-Unis), Iowa State University Press, 1993, p. 71-77.
- de Graaf, C., W.A.M. Blom, P.A.M. Smeets, A. Stafleu et H.F.J. Hendriks. « Biomarkers of satiation and satiety », *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 79, n° 6 (2004), p. 946-961.
- DeShazer, J.A., G. LeRoy Hahn et H. Xin. « Basic principles of the thermal environment and livestock energetics », dans J.A. DeShazer, *Livestock Energetics and Thermal Environmental Management*, St. Joseph, MI (États-Unis), American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009, p. 1-22. Chapitre 1 de l'ouvrage.
- Edwards, A.V. « The sensitivity of the hepatic glycogenolytic mechanism to stimulation of the splanchnic nerves », *The Journal of Physiology*, vol. 220, n° 2 (1972), p. 315-334.
- Eicher, S.D. « Transport of cattle in the dairy industry: current research and future directions », *Journal of Animal Science*, vol. 84, suppl. E (2001), p. E19-E23.
- Eldrige, G., et C. Winfield. « The behaviour and bruising of cattle during transport at different space allowances », *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol. 28 (1988), p. 695-698.
- Fisher, A.D., B.H. Stevens, M.J. Conley, E.C. Jongman, M.C. Lauber, S.J. Hides, G.A. Anderson, D.M. Duganzich et P.D. Mansell. « The effects of direct and indirect road transport consignment in combination with feed withdrawal in young dairy calves », *Journal of Dairy Research*, vol. 81 (2014), p. 297-303.

- Flint, H.E., K.S. Schwartzkopf-Genswein, K.G. Bateman et D.B. Haley. « Characteristics of loads of cattle stopping for feed, water and rest during long-distance transport in Canada », *Animals*, vol. 4 (2014), p. 62-81.
- Goldhawk, C., T. Crowe, L.A. González, E. Janzen, J. Kastelic, E. Pajor et K.S. Schwartzkopf-Genswein. « Comparison of eight data logger layouts for monitoring animal-level temperature and humidity during commercial feeder cattle transport », *Journal of Animal Science*, vol. 92 (2014a), p. 4161-4181.
- Goldhawk, C., T. Crowe, E. Janzen, L.A. González, J. Kastelic, E. Pajor et K.S. Schwartzkopf-Genswein. « Trailer microclimate during commercial transportation of feeder cattle and relationship to indicators of cattle welfare », *Journal of Animal Science*, vol. 92 (2014b), p. 5142-5154.
- Goldhawk, C., E. Janzen, L.A. González, T. Crowe, J. Kastelic, C. Kehler, M. Siemens, K. Ominski, E. Pajor et K.S. Schwartzkopf-Genswein. « Trailer temperature and humidity during winter transport of cattle in Canada and evaluation of indicators used to assess the welfare of cull beef cow before and after transport », *Journal of Animal Science*, vol. 93, n° 7 (2015), p. 3639-3653.
- Gonyou, H.W., R.J. Christopherson et B.A. Young. « Effects of cold temperature and winter conditions on some aspects of feedlot cattle », *Applied Animal Ethology*, vol. 5, n° 2 (1979), p. 113-124.
- González, L.A., K.S. Schwartzkopf-Genswein, M. Bryan, R. Silasi et F. Brown. « Benchmarking study of industry practices during commercial long-haul transport of cattle in Alberta », *Journal of Animal Science*, vol. 90 (2012a), p. 3606-3617.
- González L.A., K.S. Schwartzkopf-Genswein, M. Bryan, R. Silasi et F. Brown. « Factors affecting body weight loss during commercial long-haul transport of cattle in North America », *Journal of Animal Science*, vol. 90, n° 10 (2012b), p. 3630-3639.
- González L.A., K.S. Schwartzkopf-Genswein, M. Bryan, R. Silasi et F. Brown. « Relationships between transport conditions and welfare outcomes during commercial long-haul transport of cattle in North America », *Journal of Animal Science*, vol. 90 (2012c), p. 3640-3651.
- González L.A., K.S. Schwartzkopf-Genswein, M. Bryan, R. Silasi et F. Brown. « Space allowance during commercial long-distance transport of cattle in North America », *Journal of Animal Science*, vol. 90 (2012d), p. 3618-3629.
- Goumon, S., J.A. Brown, L. Faucitano, R. Bergeron, T.M. Widowski, T. Crowe et H. Gonyou. « Effects of season and transport duration on behaviour, heart rate and body temperature of market weight pigs », *Proceedings of the Conference of Animal Transport Association*, Vancouver (Canada), 2012.
- Grandin, T. « Perspectives on transportation issues: the importance of having physically fit cattle and pigs », *Journal of Animal Science*, vol. 79, suppl. E (2001), p. E201-E207.
- Grigor, P.N., M.S. Cockram, W.B. Steele, C.J. Le Sueur, R.E. Forsyth, J.A. Guthrie, A.K. Johnson, V. Sandilands, H.W. Reid, C. Sinclair et H.K. Brown. « Effects of space allowance during transport and duration of mid-journey lairage period on the physiological, behavioural and immunological responses of young calves during and after transport », *Animal Science*, vol. 73 (2001), p. 341-360.
- Haley, C., C.E. Dewey, T.M. Widowski et B. Friendship. « Association between in-transit loss, internal trailer temperature, and distance travelled by Ontario market hogs », *Revue vétérinaire canadienne*, vol. 72 (2008), p. 385-389.
- Hartmann, H., H. Meyerm, G. Steinback, F. Deschner et B. Kreutzer. « Allgemeines adaptations-syndrom (seleye) beim kalb. 1. Normalverhalten de blutbildwerte sowie des glucose und 11 OHKS blutspiegels », *Archiv fur Experimentelle Veterinarmedizin*, vol. 27 (1973), p. 811-823.

- Hogan, J.P., J.C. Petherick et C.J.C. Philips. « The physiological and metabolic impacts on sheep and cattle of feed and water deprivation before and during transport », *Nutrition Research Reviews*, vol. 20 (2007), p. 17-28.
- Honkavaara, M. « Animal transport », *Proceedings XVIII Nordic Veterinary Congress*, Helsinki (Finlande), 1998, p. 88-89.
- Hutcheson, D.P., et N.A. Cole. « Management of transit stress syndrome in cattle: Nutritional and environmental effects », *Journal of Animal Science*, vol. 62 (1986), p. 555-560.
- Jones, S.D.M., A.L. Schaefer, W.M. Robertson et B.C. Vincent. « The effects of withholding feed and water on carcass shrinkage and meat quality in beef cattle », *Meat Science*, vol. 28 (1990), p. 131-139.
- Jongman, E.C., et K.L. Butler. « The effect of age, loading density and flooring during transport on welfare of young dairy calves in Australia », *Animals*, vol. 4 (2014), p. 184-199.
- Kent, J.E., et R. Ewbank. « The effect of road transportation on the blood constituents and behaviour of calves. II. One to three weeks old », *British Veterinary Journal*, vol. 142 (1986), p. 131-140.
- Knowles, T.G. « A review of post transport mortality among younger calves », *Veterinary Record*, vol. 137 (1995), p. 406-407.
- Knowles, T.G. « A review of road transport of cattle », *Veterinary Record*, vol. 144 (1999), p. 197-201.
- Knowles, T.G., P.D. Warris, S.N. Brown, J.D. Edwards, P.E. Watkins et A.J. Philips. « Effects on calves less than one month old of feeding or not feeding them during road transport of up to 24 hours », *Veterinary Record*, vol. 140 (1997), p. 116-124.
- Knowles, T.G., S.N. Brown, J.E. Edwards, A.J. Phillips et P.D. Warris. « Effect on young calves of a one-hour feeding stop during a 19-hour road journey », *Veterinary Record*, vol. 144 (1999a), p. 687-692.
- Knowles, T.G., P.D. Warris, S.N. Brown et J.D. Edwards. « The effect of transporting cattle by road for up to 31 hours », *Veterinary Record*, vol. 145 (1999b), p. 575-582.
- Knowles, T.G., et P.D. Warris. « Stress physiology of animals during transport », dans T. Grandin, *Livestock Handling and Transport*, 3^e édition revue et corrigée, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, 2007, p. 312. Chapitre 19 de l'ouvrage.
- Knowles, T.G., P.D. Warris et K. Vogel. « Stress physiology of animals during transport », dans T. Grandin, *Livestock Handling and Transport*, 4^e édition revue et corrigée, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, 2014, p. 399. Chapitre 21 de l'ouvrage.
- Lambooy, E., et B. Hulsegge. « Long distance transport of pregnant heifers by truck », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 20 (1988), p. 249-258.
- Lava, M., B. Pardon, G. Schüpbach-Regula, K. Keckeis, P. Deprez, A. Steiner et M. Meylan. « Effect of calf purchase and other herd-level risk factors on mortality, unwanted early slaughter, and use of antimicrobial group treatments in Swiss veal calf operations », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 126 (2016), p. 81-88.
- Marik, P. E., et R. Bellomo. « Stress hyperglycemia: An essential survival response! », *Critical Care*, vol. 17, n° 2 (2013), p. 305.
- Marti, S., R.E. Wilde, D. Moya, C.E.M. Heuston, F. Brown et K.S. Schwartzkopf-Genswein. « Effect of rest stop duration during long-distance transport on welfare indicators in recently weaned beef calves », *Journal of Animal Science*, vol. 95 (2017), p. 636-644.

- Marques, R.S., R.F. Cooke, C.L. Francisco et D.W. Bohnert. « Effects of 24 h transport or 24 h feed and water deprivation on physiologic and performance responses of feeder cattle », *Journal of Animal Science*, vol. 90 (2012), p. 5040-5046.
- Metz, J.H.M. « The reaction of cows to a short-term deprivation », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 13, n° 4 (1985), p. 301-307.
- Mitchell, M.A., et P.J. Kettlewell. « Engineering and design of vehicles for long distance transport of livestock (ruminants, pigs and poultry) », *Veterinaria Italiana*, vol. 44 (2008), p. 201-213.
- Mormède, P., J. Soissons, R.M. Bluthe, J. Raoult, G. Legarff, D. Levieux et R. Dantzer. « Effect of transportation on blood-serum composition, disease incidence, and production traits in young calves. Influence of the journey duration », *Annales de recherches vétérinaires*, vol. 13 (1982), p. 369-384.
- Muirhead, V.V. *An Investigation of the Internal and External Aerodynamics of Cattle Trucks*, contrat 170400 avec la NASA, Ames Research Centre, Dryden Flight Centre, Edwards, CA (États-Unis), 1985.
- Nicholson, J.D.W., K.L. Nicholson, L.L. Frenzel, R.J. Maddock, R.J. Delmore, T.E. Lawrence, W.R. Henning, T.D. Pringle, D.D. Johnson, J.C. Paschal, R.J. Gill, J. Cleere, B.B. Carpenter, R.V. Machen, J.P. Banta, D.S. Hale, D.B. Griffin et J.W. Savell. « Survey of transport procedures, management practices, and health assessment related to quality, quantity, and value for value for market beef and dairy cows and bulls », *Journal of Animal Science*, vol. 91 (2013), p. 5029-5036.
- Nielsen, B.L., L. Dybkjær et M.S. Herskin. « Road transport of farm animals: effects of journey duration on animal welfare », *Animal*, vol. 5 (2011), p. 415-427.
- Petherick, J.C., et C. Phillips. « Space allowances for confined livestock and their determination from allometric principles », *Applied Animal Behavior Science*, vol. 117 (2009), p. :1-12.
- Petherick, J.C., R.G. Holroyd et A.J. Swain. « Performance of lot-fed *Bos indicus* steers exposed to aspects of a feedlot environment before lot-feeding », *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol. 44 (2003), p. 1181-1191.
- Ramin, A.G., R.C.W. Daniel, D.C. Fenwick et R.G. Verrall. « Responses of calves to injections of ACTH and their relationship with growth rate », *Veterinary Record*, vol. 137, n° 2 (1995), p. 38-41.
- Randall, J.M. « Environmental parameters necessary to define comfort for pigs, cattle and sheep in livestock transporters », *Animal Science*, vol. 57, n° 2 (1993), p. 299-307.
- Ross, M., T.M. Widowski et D.B. Haley. « The effects of feeding space on the behavioural responses of cattle during rest periods offered as part of long-distance transportation », *Animal Welfare*, vol. 25 (2016), p. 217-225.
- Schaefer, A.L., S.D.M. Jones, A.K.W. Tong, B.A. Young, N.L. Murray et P. Lepage. « Effects of post-transport electrolyte supplementation on tissue electrolytes, hematology, urine osmolality and weight loss in beef bulls », *Livestock Production Science*, vol. 30 (1992), p. 333-346.
- Schrama, J.W., A. Arieli, M.J.W. Heetkamp et M.W.A. Verstegen. « Responses of young calves to low ambient temperatures at two levels of feeding », *Animal Science*, vol. 55, n° 3 (1992), p. 397-405.
- Schrama, J.W., A. Arieli, W. van der Hel et M.W. Verstegen. « Evidence of increasing thermal requirement in young, unadapted calves during 6 to 11 days of age », *Journal of Animal Science*, vol. 71 (1993), p. 1761-1766.
- Schwartzkopf-Genswein, K., et T. Grandin. « Cattle transport by road », dans T. Grandin, *Livestock Handling and Transport*, 4^e édition revue et corrigée, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, 2014. Chapitre 9 de l'ouvrage.

- Schwartzkopf-Genswein, K., J. Ahola, L. Edwards-Callaway, D. Hale et J. Paterson. « Symposium paper: Transportation issues affecting cattle well-being and considerations for the future », *The Professional Animal Scientist*, vol. 32 (2016), p. 707-716.
- Shorthose, W.R. « Weight losses in cattle prior to slaughter », *CSIRO Food Preservation Quarterly*, vol. 25 (1965), p. 67-73.
- Stanford, K., M. Bryan, J. Peters, L.A. González, T.P. Stephens et K.S. Schwartzkopf-Genswein. « Effects of long- or short-haul transportation of slaughter heifers and cattle liner microclimate on hide contamination with *Escherichia coli* O157 », *Journal of Food Protection*, vol. 74 (2011), p. 1605-1610.
- Stull, C., et J. Reynolds. « Calf welfare », *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, vol. 24 (2008), p. 191-203.
- Swanson, J.C., et J. Morrow-Tesch. « Cattle transport: Historical, research, and future perspectives », *Journal of Animal Science*, vol. 79, suppl. E (2001), p. E102-E109.
- Tadich, N., C. Gallo, M.L. Brito et D.M. Broom. « Effects of weaning and 48 h transport by road and ferry on some blood indicators of welfare in lambs », *Livestock Science*, vol. 121 (2009), p. 132-136.
- Tarrant, V., et T. Grandin. « Cattle transport », dans T. Grandin, *Livestock Handling and Transport*, 2^e édition revue et corrigée, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, 2000, p. 151. Chapitre 9 de l'ouvrage.
- Tarrant, P.V., F.J. Kenny et D. Harrington. « The effect of stocking density during 4-hour transport to slaughter on behaviour, blood constituents and carcass bruising in Friesian steers », *Meat Science*, vol. 24 (1988), p. 209-222.
- Tarrant, P.V., F.J. Kenny, D. Harrington et M. Murphy. « Long distance transportation of steers to slaughter: Effect of stocking density on physiology, behavior and carcass quality », *Livestock Production Science*, vol. 30 (1992), p. 223-238.
- Todd, S.E., D.J. Mellor, K.J. Stafford, N.G. Gregory, R.A. Bruce et R.N. Ward. « Effects of food withdrawal and transport on 5- to 10-day-old calves », *Research in Veterinary Science*, vol. 68, n° 2 (2000), p. 125-134.
- Ward, J.R., D.M. Henricks, T.C. Jenkins et W.C. Bridges. « Serum hormone and metabolite concentrations in fasted young bulls and steers », *Domestic Animal Endocrinology*, vol. 9, n° 2 (1992), p. 97-103.
- Warren, L.A., B. Mandell et K.G. Bateman. « Road transport conditions of slaughter cattle: Effects on the prevalence of dark, firm and dry beef », *Revue canadienne de science animale*, vol. 90 (2010), p. 471-482.
- Warriss, P.D. « The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 28 (1990), p. 171-186.
- Warriss, P.D., S.N. Brown, T.G. Knowles, S.C. Kestin, J.E. Edwards, S.K. Dolan et A.J. Phillips. « Effects of cattle transport by road for up to 15 h », *Veterinary Record*, vol. 136 (1995), p. 319-323.
- Webster, J. *Calf Husbandry, Health and Welfare*, Londres, Collins, 1984.
- Webster, A.J.F., J. Chlumecky et B.A. Young. « Effects of cold environments on the energy exchanges of young beef cattle », *Revue canadienne de science animale*, vol. 50, n° 1 (1970), p. 89-100.
- Webster, A.J.F., J.G. Gordon et R. McGregor. « The cold tolerance of beef and dairy type calves in the first weeks of life », *Animal Science*, vol. 26, n° 1 (1978), p. 85-92.
- Welch, J.G., et A.M. Smith. « The influence of fasting on rumination activity in sheep », *Journal of Animal Science*, vol. 27 (1968), p. 1734-1737.

West, J.W. « Effects of heat-stress on production in dairy cattle », *Journal of Dairy Science*, vol. 86 (2003), p. 2131-2144.

Wikner, J., G. Gebresenbet et C. Nilsson. « Assessment of air quality in a commercial cattle transport vehicle in Swedish summer and winter conditions », *Deutsche Tierarztl Wochenschrift*, vol. 110 (2003), p. 100-104.

Wilson, L.L., J.L. Smith, D.L. Smith, D.L. Swanson, T.R. Drake, D.R. Wolfgang et E.F. Wheeler.
« Characteristics of veal calves upon arrival, at 28 and 84 days, and at end of the production cycle », *Journal of Dairy Science*, vol. 83, n° 4 (2000), p. 843-854.

Winder, C.B., D.F. Kelton et T.F. Duffield. « Mortality risk factors for calves entering a multi-location white veal farm in Ontario, Canada », *Journal of Dairy Science*, vol. 99, n° 12 (2016), p. 10174-10181.

Wythes, J.R. « The sale yard curfew issue », *Queensland Agricultural Journal* (novembre-décembre 1982), p. 1-5.

2. PORCS

CONCLUSIONS

1. **Les porcs déplacés sur de courtes distances dans des remorques surbaissées comportant un compartiment ventral (par opposition aux remorques-plateau hydrauliques) n'ont pas le temps de se remettre du stress de l'embarquement, ce qui leur cause de la fatigue.**
2. **La relation entre la durée du trajet et la diminution du bien-être est complexe; le bien-être peut être négativement affecté par de longs comme de courts trajets, les premiers entraînant fatigue et déshydratation, et les seconds, un stress aigu.**
3. **La littérature scientifique actuelle ne permet pas de tirer de conclusions claires sur la durée de transport maximale.**
4. **Le jeûne avant le transport réduit les pertes animales durant le transport et le mal des transports chez les porcs de marché comparativement aux porcs qui ne sont pas à jeun.**
5. **Les conditions ambiantes influent sur la capacité des porcs de supporter le transport. Les porcs sevrés et les porcs de marché sont particulièrement vulnérables au stress de chaleur.**
6. **Pour les porcs d'abattage, une densité de chargement $\geq 235 \text{ kg/m}^2$ ne permet pas à tous les porcs de s'allonger en même temps pour se reposer. L'effet de la densité de chargement varie selon les conditions ambiantes, mais en général, une densité de chargement accrue augmente le risque qu'un porc devienne non ambulateur ou qu'il meure.**

INTRODUCTION

Les porcs au Canada sont d'habitude transportés au moins une fois au cours de leur vie, que ce soit peu après leur naissance, lors du transfert vers des installations de croissance-finition ou, plus vieux, quand ils sont envoyés à l'abattoir. Cochettes et verrats sont aussi transportés des sites du noyau génétique vers les fermes commerciales (McGlone et coll., 2014b). Le bien-être des porcs en transit dépend de nombreux facteurs interdépendants, comme la condition des animaux lors de l'embarquement, la température ambiante, la densité de chargement, le temps de transport, le stress social (p. ex. le mélange avec des porcs étrangers), la manipulation, les odeurs et les bruits inconnus, les vibrations et les changements de vitesse soudains (Bench et coll., 2008; Lambooi, 2014). Ces facteurs sont potentiellement stressants; combinés, ils peuvent avoir un effet considérable sur la physiologie des porcs et causer des défauts de qualité de la viande à l'abattage.

L'embarquement est généralement considéré comme l'étape la plus critique du transport, comme on le voit aux hausses de la fréquence cardiaque (Correa et coll., 2010, 2013), de la température corporelle (Goumon et coll., 2013a; Conte et coll., 2015) et des taux sanguins de cortisol et de lactate (Hamilton et coll., 2004; Ritter et coll., 2009; Correa et coll., 2010). Ces réactions au stress du transport ne sont pas seulement des indicateurs de bien-être : elles ont aussi un effet sur le métabolisme musculaire perimortem, et donc sur la qualité de la viande. Le stress de l'embarquement peut résulter du mélange de porcs étrangers, de la distance entre l'enclos et le point d'embarquement, de la taille du groupe, du système de manipulation, de la conception des couloirs, de la lumière et des sons, de l'habileté des préposés et de la conception du dispositif d'embarquement (rampe ou quai) (Goumon et Faucitano, 2017).

Les éléments de conception du véhicule, comme le système d'embarquement (rampes ou plateforme hydraulique), le contrôle du microclimat et le type de plancher, peuvent aussi influencer sur le bien-être des porcs transportés (Faucitano et Goumon, 2018).

Les types de véhicules servant au transport des porcs au Canada varient des petits camions à pont unique aux grandes remorques à trois ponts percées d'aérateurs latéraux, soit à fond surbaissé, soit à plateforme/à plateau (Figure 4). Les bétailières à fond surbaissé sont largement utilisées, car elles sont polyvalentes et permettent de transporter de grosses cargaisons (jusqu'à 230 porcs de poids d'abattage) en un seul trajet (Correa et coll., 2013, 2014). Elles sont cependant critiquées parce que les porcs sont plus difficiles à manipuler quand il y a plusieurs rampes et plusieurs tournants à l'intérieur (Torrey et coll., 2013a, b) et parce que les conditions climatiques à l'intérieur sont mauvaises (Brown et coll., 2011; Weschenfelder et coll., 2012, 2013; Fox et coll., 2014). Par rapport aux autres modèles de bétailières, ces conditions intérieures peuvent hausser le pourcentage de porcs respirant par la bouche et présentant une décoloration de la peau lors du débarquement, ou encore les pertes animales et les problèmes de qualité de la viande (Ritter et coll., 2008).

La présente revue de la littérature porte principalement sur le transport des porcs de marché (100-135 kg), qui font l'objet de la majorité des études sur le transport des porcs. Les résultats des études examinées proviennent pour la plupart d'études de terrain. Quelques études sur des porcelets sevrés ont cependant été menées dans des conditions de transport simulées. Peu d'études portent spécifiquement sur le transport



Figure 4 : Types de véhicules utilisés au Canada : a) remorque à fond surbaissé; et b) remorque-plateau. Photos reproduites avec l'autorisation d'A. Hurst (Luckhart Transport, Sebringville [Ontario])

des truies de réforme, des verrats et des porcelets nouvellement sevrés. Pourtant, les porcs à d'autres stades de production devraient faire l'objet de considérations particulières durant le transport en raison de leur physiologie, de leur état de santé ou de leur âge (Nielsen et coll., 2011). Les truies, par exemple, sont plus susceptibles d'être réformées parce qu'elles boitent ou ne se reproduisent plus (Zhao, 2015; Baloyh, 2015) et peuvent avoir du mal à marcher et à monter à bord des camions. De nombreuses truies de réforme sont aussi maigres ou émaciées (Grandin, 2016), tandis que les verrats sont principalement réformés lorsqu'ils sont obèses (D'Allaire et Leman, 1990) et qu'ils ont des problèmes aux pieds et aux jambes (Knox et coll., 2008). Le présent rapport ne présente de conclusions succinctes que pour les données scientifiques claires qui sont disponibles.

DURÉE ET DISTANCE DE TRANSPORT

Au Canada, le vaste territoire et les fusions dans le secteur des abattoirs font que les porcs sont transportés sur de longues distances et de longues durées (Carlsson et coll., 2004; Bench et coll., 2008; Marchant-Forde et Marchant-Forde, 2009).

Des signes de problèmes de bien-être ont été observés chez des porcs d'abattage au cours de trajets de courte et de longue durée (Haley et coll., 2008; Werner et coll., 2007).

Pour citer Warriss (1998), « Un court trajet dans de mauvaises conditions peut nuire au bien-être tout autant ou même plus qu'un long trajet dans de bonnes conditions. » Selon certaines études, les courtes distances de transport (< 100 km) peuvent être plus nuisibles (plus d'animaux morts à l'arrivée) que les plus longues, car le stress de l'embarquement et du débarquement sur une courte période est amplifié. Par contre, durant les longs trajets dans des conditions convenables, les porcs ont le temps de se remettre du stress de l'embarquement et de s'acclimater au transport avant le débarquement (Tarrant, 1989; Stephens et Perry, 1990; Bradshaw et coll., 1996a, b; Gosálvez et coll., 2006; Barton-Gade et coll., 2007; Sutherland et coll., 2009a).

Haley et collègues (2008) constatent qu'avec toute augmentation de 50 km de la distance du trajet, la mortalité lors du transport diminue de 0,03 %, et que les pertes en transit sont plus faibles quand les distances de transport sont supérieures à 135 km. La même étude fait cependant état de très grands écarts dans les risques de mortalité d'un producteur à l'autre (94 % des producteurs n'ont eu aucun animal mort). Il est possible qu'il y ait eu dans ces études des facteurs de confusion entre les producteurs et la distance des abattoirs (c.-à-d. que certains producteurs pour lesquels la mortalité était élevée pourraient avoir été situés plus près des abattoirs que ceux pour lesquels la mortalité était faible). Les conditions d'élevage et la prise en charge avant le transport comptent aussi pour une partie des différences entre producteurs dans le nombre de morts à l'arrivée. Sutherland et collègues (2009a) font état d'une relation linéaire positive entre le risque de mortalité des porcs transportés vers les abattoirs aux États-Unis et les augmentations progressives de la durée du trajet entre 0,5 et 4 heures. Ils indiquent par ailleurs que le risque diminue ensuite pour les trajets qui durent de 5 à 10 heures, mais que le coefficient de régression est positif plutôt que négatif, ce qui laisse entendre que le risque de mortalité augmente en fait avec la durée du trajet. Averós et collègues (2008) utilisent des analyses multivariées pour déterminer les facteurs de risque de mortalité des porcs transportés à l'abattoir dans l'Union européenne. Ils font état d'une interaction entre la durée du jeûne avant le transport et la durée du trajet. Pour les trajets de 8 heures et moins avec des porcs n'ayant pas jeûné, le risque de mortalité augmente avec la durée du trajet, mais chez les porcs à jeun, la durée du trajet (jusqu'à 24 heures) n'a pas d'effet sur le risque de mortalité.

Les courts trajets (2 heures et moins) font augmenter les concentrations en cortisol et en lactate dans le sang de saignée, ce qui accroît la probabilité d'une viande pâle, molle et exsudative (PSE) (Fortin, 2002; Pérez et coll., 2002) et la difficulté de manipuler les porcs à l'abattoir (Grandin, 1994). En comparant des durées de transport (45 minutes et 7 heures) dans des bétailières à fond surbaissé et à plateau, Weschenfelder et collègues (2012, 2013) font état d'un niveau accru de fatigue (d'après le lactate dans le sang de saignée) lors de l'abattage chez les porcs transportés pendant de courtes durées dans des remorques à fond surbaissé. Les auteurs en concluent que les porcs transportés pendant 45 minutes n'ont pas le temps de se remettre du stress de l'embarquement dans une remorque à fond surbaissé à cause de la présence de rampes et de tournants à l'intérieur.

Par contre, il existe aussi des preuves que les porcs transportés pendant de longues durées (> 16 heures) sont plus sujets à la fatigue et à la déshydratation, comme en témoignent leurs niveaux plus élevés de glucose, de lactate et d'hématocrite dans le sang à l'abattage (Brown et coll., 1999; Mota-Rojas et coll., 2006; Becerril-Herrera et coll., 2010). Comparativement à des porcs transportés pendant 6 heures et 12 heures durant l'hiver, Goumon et collègues (2013a) et Somnavilla et collègues (2017) indiquent que les sujets transportés pendant 18 heures avaient des températures plus élevées du tractus gastro-intestinal, des niveaux de créatine kinase plus élevés dans le sang de saignée, buvaient plus d'eau et se reposaient plus longtemps dans les enclos d'attente. Dans une étude sur le transport des porcs à l'engrais au Mexique, Mota-Rojas et collègues (2006) ont transporté des porcs à l'engrais pendant 8, 16 et 24 heures sans eau ni nourriture. Les auteurs font état d'une incidence accrue d'hématomes, de rougeur de la peau, de spasmes musculaires et de porcs allongés à leur arrivée à l'abattoir chez les porcs transportés sur la plus longue durée (24 heures).

Il est toutefois probable que les effets cumulés de la conception du véhicule, de la durée du jeûne, du mélange des animaux, des conditions ambiantes, des conditions de transport et du profil génétique des porcs contribuent de façon significative aux liens entre la durée du trajet et les risques de fatigue et d'épuisement des stocks de glycogène musculaire (Salmi et coll., 2012; Goumon et coll., 2013b; Weschenfelder et coll., 2012, 2013; Scheeren et coll., 2014; Brandt et Aaslyng, 2015).

Peu d'études publiées portent sur les effets de la durée du transport sur les porcs nouvellement sevrés ou destinés à la reproduction. Sutherland et collègues (2012) évaluent les effets de 0, 6, 12, 18, 24 et 30 heures de transport sur le bien-être de cochettes en âge de se reproduire à l'aide de nombreux indicateurs de stress (rapport entre granulocytes et lymphocytes [G:L], cortisol sanguin, homéostasie métabolique, effort musculaire et performance de reproduction) dans les conditions de transport aux États-Unis. Selon cette étude, les cochettes transportées pendant 30 heures ont éprouvé un stress aigu au cours des 6 à 12 premières heures et présenté des changements de l'homéostasie de l'eau corporelle durant les 30 heures du trajet en raison de la déshydratation et de la privation de nourriture. Au bout de 6, 12 et 18 heures de trajet, le rapport G:L des cochettes transportées était supérieur à celui des cochettes témoins (non transportées). Les concentrations en cortisol des cochettes transportées étaient aussi supérieures au bout de 6 heures à celles des cochettes non transportées. Chez les animaux transportés pendant 12 et 30 heures, le cortisol, le rapport G:L et les niveaux de cytokine se situaient tous dans les niveaux de référence. Toutefois, une hausse des concentrations en albumine et en protéines totales indique que les porcs étaient déshydratés.

Dans l'ensemble, des études de plus en plus abondantes semblent confirmer que les durées de transport trop courtes ou trop longues peuvent nuire au bien-être des animaux. La durée de transport optimale du point de vue du bien-être est cependant moins claire. La durée du trajet ne semble pas être le facteur le plus important de la réaction des porcs au transport; d'autres facteurs (comme la météo, la technique de

conduite, la prédisposition au stress, la conception du véhicule, l'emplacement dans le camion et la santé des porcs) jouent aussi un grand rôle dans les réactions des animaux (Tarrant, 1989; Weschenfelder et coll., 2012, 2013; Goumon et coll., 2013a; Scheeren et coll., 2014; Vitali et coll., 2014). Le transport de longue durée présente néanmoins l'inconvénient supplémentaire de prolonger la durée du jeûne solide et liquide, surtout que les porcs à jeun doivent puiser dans les réserves d'énergie de leur organisme pour survivre et supporter les rigueurs du transport et le stress de la manipulation (abordé plus loin).

DURÉES DE JEÛNE SOLIDE ET LIQUIDE

Il est généralement recommandé d'imposer à la ferme un retrait de nourriture aux porcs d'abattage en préparation pour leur transport (Comité scientifique de la santé et du bien-être des animaux [CSSBA], 2002; Conseil national pour les soins aux animaux d'élevage [CNSAE], 2014). Une telle pratique réduit le nombre de pertes animales (Guàrdia et coll., 1996; Stewart et coll., 2008), surtout par temps chaud et chez les porcs sensibles au stress (Tarrant, 1989). Le jeûne réduit aussi le mal des transports (Randall, 1992; Bradshaw et coll., 1996b), comme on le voit aux niveaux réduits de vasopressine en circulation durant le transport comparativement aux porcs qui n'étaient pas à jeun (Knowles et coll., 2014).

La mortalité des porcs non à jeun durant le transport peut résulter de la pression de l'estomac plein sur la veine cave, qui réduit l'efficacité du flux sanguin (Warriss, 1994). Il est cependant mentionné que les groupes de porcs à jeun depuis 18 heures avant l'embarquement sont plus difficiles à manipuler lors de l'embarquement, comme l'indique la proportion accrue de porcs qui se déplacent à reculons, qui se retournent complètement et qui crient (Dalla Costa et coll., 2016). Ces comportements peuvent être des signes de frustration, de fatigue et d'excitation accrues causées par la faim (Arnone et Dantzer, 1980; Lewis, 1999).

Il est rapporté que les porcs perdent environ 4 % de leur poids au cours des 18 à 24 premières heures de jeûne (Knowles et coll., 2014). Selon une étude de Brumm et collègues (2005) portant sur les effets d'épisodes de jeûne chez des porcs d'engraissement, quand les porcs sautent un ou plusieurs repas au cours d'une période de 24 heures, ils sont incapables de compenser. De même, quand leurs aliments sont retirés pendant plus de 24 heures, le résultat probable est le catabolisme des réserves de l'organisme (Lambooi, 2014). Lambooi (2014) indique aussi que le glycogène hépatique est complètement épuisé au bout de 12 et 18 heures de retrait de nourriture à l'abattoir, et que les pertes de poids vif diminuent au rythme d'environ 0,21 % l'heure. Par contre, Dantzer (1982) indique que lors d'un jeûne de 24 heures ou moins, les pertes de poids vif et de poids en carcasse résultent principalement de l'excrétion, de l'évaporation et des échanges respiratoires, qui sont des fonctions corporelles normales. Ce n'est qu'au bout de 24 heures de jeûne que des pertes réelles de poids corporel surviennent, au rythme de 100 g par heure supplémentaire (Faucitano et coll., 2010). À la lumière de ces constatations, Faucitano et collègues (2010) indiquent qu'un intervalle de jeûne de 16 à 24 heures pourrait constituer un compromis optimal entre le bien-être des animaux, la salubrité de la viande et sa qualité.

Le prolongement de l'intervalle de jeûne (jusqu'à 72 heures) entraîne des changements physiologiques et comportementaux, dont la baisse de la glycémie (Lewis et McGlone, 2008), l'augmentation des combats dans les groupes mixtes en raison de l'irritabilité et de l'excitation dues à la faim (Fernandez et coll., 1995; Brown et coll., 1999; Guàrdia et coll., 2009; Dalla Costa et coll., 2016) et l'augmentation de la consommation d'eau des porcs (Brown et coll., 1999; Faucitano et coll., 2010; Goumon et coll., 2013a), qui sont toutes des réactions de maintien de l'homéostasie.

Quand les porcs sont assujettis à un jeûne sec (ou n'ont pas d'accès à l'eau), une perte de poids supplémentaire s'ensuit en raison de la déshydratation, même si le trajet est court (Tarrant, 1989). Les facteurs d'accroissement du taux de déshydratation durant le transport sont la température ambiante élevée, l'humidité réduite dans le compartiment et la hausse de la circulation d'air et de la température corporelle (Tarrant, 1989). La déshydratation cause aussi une perte de tissu musculaire (composé d'environ 75 % d'eau) (Tarrant, 1989). Il a aussi été observé, toutefois, que même s'il y a de l'eau disponible dans une remorque, les porcs en consomment peu ou pas en raison du manque d'espace et de l'instabilité du véhicule en mouvement (Lambooi, 1983; Lambooi et coll., 1985). Même dans les haltes de repos, leur consommation d'eau peut être limitée si les porcs ne connaissent pas ce type d'abreuvoir à pipettes ou s'ils n'y ont pas accès à cause de la présence d'autres porcs.

INTERVALLES DE REPOS

Quand le temps de déplacement maximal permis est atteint (8 à 36 heures, selon la région du monde) (Bench et coll., 2008; Faucitano et Goumon, 2018), les porcs sont débarqués du camion et conduits à pied jusqu'aux enclos où ils seront nourris, abreuvés et pourront se reposer. Les intervalles de repos visent à ce que les porcs puissent se remettre des effets de la déshydratation, de la faim et de la fatigue générale avant d'être réembarqués dans le camion et de continuer leur trajet. Le stress du débarquement et de l'embarquement des porcs dans une halte de repos, combiné à leur mélange dans un nouvel environnement, peut toutefois être préjudiciable à leur bien-être (Bench et coll., 2008).

Une pratique moins stressante pourrait être de nourrir et d'abreuver les porcs à bord du camion, car cela leur évite le stress du débarquement, du réembarquement et du mélange (Lambooi, 2000). Dans une étude comparant les effets de garder des porcs de marché à bord d'un camion au lieu de leur faire faire une halte de repos de 9 heures après 20 heures de transport, Chevillon et collègues (2002) ont cependant observé une hausse de la fréquence cardiaque chez les porcs au débarquement et au réembarquement à la halte de repos, mais aucune différence entre les deux pratiques pour ce qui est du comportement de repos, des taux de consommation de nourriture et d'eau, de la perte de poids ni du rendement à l'abattage. Par ailleurs, le débarquement des animaux sur un site commun présente un risque important pour la biosécurité et favorise la contamination croisée entre les cargaisons (Chevillon et coll., 2002).

CONDITIONS AMBIANTES

Comme expliqué au chapitre du transport des bovins, le bétail transporté au Canada peut être exposé à des fluctuations de température extrêmes, souvent en deçà ou au-delà de la zone de confort thermique des porcs (10 à 24 °C) (CNSAE, 2014). Des essais de transport de porcs dans l'Ouest canadien font état de températures ambiantes extérieures de -22,3 à -15,5 °C l'hiver et de 9,1 à 28,9 °C l'été (Brown et coll., 2011; Fox et coll., 2014; Pereira et coll., 2016).

Les températures extrêmes en transit sont généralement considérées comme étant l'un des principaux facteurs de mortalité des porcs (Clark, 1979; Haley et coll., 2008; Sutherland et coll., 2009a). Les porcs ne transpirent pas; leur capacité de thermorégulation dans les environnements chauds est donc limitée, et ils sont sensibles au stress de chaleur (Bligh, 1985). Quand la température ambiante augmente, les porcs modifient leurs comportements pour réduire leur production de chaleur en réduisant leur activité (Brown-Brandl et coll., 2001; Hicks et coll., 1998) et dissipent la chaleur en accélérant leur respiration et en élargissant la partie de leur corps en contact avec les surfaces fraîches ou humides (Hillmann et coll., 2004; Huynh et coll., 2005; Ritter et coll., 2008). Par temps froid, ils changent de posture et se blottissent

les uns contre les autres pour maintenir leur température corporelle et limiter leur déperdition thermique (Ingram, 1973).

La zone athermique des porcs durant le transport dépend de nombreux facteurs, dont leur taille, la durée du jeûne, le type de plancher, la vitesse de l'air et la taille du groupe. Par exemple, la zone athermique varie selon le poids des porcs : 2 kg : 31 à 33 °C; 20 kg : 26 à 33 °C; 60 kg : 24 à 32 °C; et 100 kg : 23 à 32 °C. Si les porcs ont la possibilité de s'allonger sur une surface recouverte d'une bonne couche de litière, ces seuils thermiques critiques inférieurs peuvent être réduits de 3 à 5 °C (Randall, 1993).

Il peut y avoir des interactions entre la durée du trajet, la température extérieure et le type de porcs (porcelets sevrés ou porcs d'engraissement) qui influent sur le risque de mortalité durant le transport. Zhao et collègues (2016) se sont penchés sur les effets de la relation entre la distance du trajet (< 600 km; 600 à 900 km; 900 à 1 200 km; 1 200 à 1 500 km; et > 1 500 km) et la température ambiante (< 15 °C ou frais/froid; 15 à 25 °C ou doux; et > 25 °C ou chaud) sur le taux de mortalité des porcs sevrés. En tout, 7 056 documents de transport (3 174 pour le transport de porcs sevrés et 3 882 pour le transport de porcs d'engraissement) ont été fournis par une entreprise porcine des États-Unis pour la période d'avril 2012 à janvier 2014. Pour les porcs sevrés transportés à des températures extérieures < 15 °C, le risque de mortalité était plus faible pour les trajets de < 900 km que pour ceux de > 900 km. Par ailleurs, le risque de mortalité était plus élevé pour les porcs sevrés transportés à des températures > 25 °C pour les trajets de < 600 km et de > 1 500 km. Pour les porcs d'engraissement transportés à des températures de < 15 et de 15 à 25 °C, la distance du trajet n'a eu aucun effet sur la mortalité, mais pour ceux transportés à des températures de > 25 °C, le risque de mortalité était supérieur durant les trajets de 1 200 à 1 500 km que durant les trajets plus courts (Zhao et coll., 2016). L'étude donne des indications utiles sur les liens entre la durée du trajet et la température ambiante; notons toutefois que les résultats peuvent avoir été influencés par d'autres facteurs non mesurés.

TEMPÉRATURES EXTRÊMES – CHALEUR

Dans des conditions naturelles, les porcs se vautrent pour réguler leur température interne, mais ils ne peuvent pas le faire durant le transport. Le stress de chaleur, causé par l'interaction de facteurs environnementaux comme la température, la vitesse de l'air et l'humidité, peut non seulement faire diminuer le poids des porcs, mais aussi nuire à leur bien-être (Lambooj, 2014). Il est démontré que la fréquence des signes de stress de chaleur (halètement, décoloration de la peau) augmente au cours des mois les plus chauds (Ritter et coll., 2008). Haley et collègues (2008) indiquent pour leur part que lorsque la température à l'intérieur du véhicule augmente, les pertes pour mortalité augmentent aussi. Les chiffres sur la mortalité en transit augmentent lorsque les températures ambiantes sont ≥ 20 °C pour les porcs de poids de marché (Warriss et Brown, 1994; Haley et coll., 2010; Sutherland et coll., 2010).

Bien que les porcs n'aient pas de glandes sudoripares fonctionnelles qui répondent aux températures ambiantes élevées, la déperdition thermique par évaporation est l'une des principales sources de perte de chaleur pour les porcs. La déperdition thermique par évaporation peut être accrue en accélérant le rythme respiratoire et l'évaporation de l'eau sur la peau mouillée (ce qui peut être obtenu par la brumisation des porcs). Dans des conditions de température et d'humidité élevées, l'évaporation respiratoire est entravée; toute déperdition thermique due à l'évaporation de l'eau sur la peau mouillée est donc bénéfique (Huynh et coll., 2007). Les porcs modernes peuvent être moins capables de supporter les températures élevées durant le transport que les porcs d'il y a plusieurs dizaines d'années. La croissance rapide des porcs de marché, combinée à la petite taille de leur cœur par rapport à leur masse corporelle et au stress aigu du transport, peut causer des épisodes de tachycardie ou d'insuffisance cardiaque (Zurbrigg et coll., 2017).

Les données scientifiques récentes indiquent aussi que les porcs peuvent souffrir d'anomalies cardiaques qui les prédisposent à l'insuffisance cardiaque (Zurbrigg et van Dreumel, 2013).

Les porcs transportés par temps chaud présentent aussi une gamme de changements comportementaux et physiologiques. Selon Kephart et collègues (2010), le nombre de porcs qui respirent la bouche ouverte à leur arrivée à l'abattoir augmente quand la température ambiante est supérieure à 17 °C. Les porcs ont aussi plus tendance à s'allonger durant le transport les mois d'été (Goumon et coll., 2013a; Peeters et coll., 2008; Torrey et coll., 2013b), soit par épuisement dû à la chaleur, soit pour essayer de maximiser leur déperdition thermique par contact avec les surfaces du camion. Certains compartiments des remorques à ventilation passive ont tendance à surchauffer, que le véhicule soit immobile ou en mouvement, ce qui fait augmenter le stress physiologique des porcs (Brown et coll. 2011; Weschenfelder et coll., 2012, 2013; Fox et coll., 2014). Par exemple, Conte et collègues (2015) ont montré que dans les remorques à fond surbaissé, les compartiments avant supérieur, arrière supérieur et arrière inférieur sont plus chauds et nécessitent plus d'effort à l'embarquement à cause de la raideur des rampes d'accès intérieures (jusqu'à 32 degrés). Les porcs que l'on fait monter dans ces compartiments au cours des mois d'été au Canada ont une température du tractus gastro-intestinal plus élevée après l'embarquement et durant le transport que celle des porcs embarqués dans les autres compartiments (Conte et coll., 2015). Le microclimat de ces compartiments, combiné à l'effort physique supplémentaire nécessaire pour gravir les rampes intérieures raides, serait à l'origine de problèmes de qualité de la viande plus importants que chez les porcs transportés dans les autres compartiments (Correa et coll., 2013, 2014). De plus, Haley et collègues (2008) et Correa et collègues (2013) font état de pertes animales plus importantes l'été. Haley et collègues (2008) ont enregistré la plus grande proportion d'animaux morts en août (0,4 %), quand la température ambiante maximale était de 33,6 °C.

TEMPÉRATURES EXTRÊMES – FROID

Selon les études canadiennes sur le transport, les porcs de marché transportés l'hiver sont plus difficiles à manipuler à l'embarquement et au débarquement (Torrey et coll., 2013a, b), passent plus de temps debout durant le transport (Goumon et coll., 2013a; Torrey et coll., 2013a,b) et ont des fréquences cardiaques plus élevées durant le transport et au débarquement (Goumon et coll., 2013a; Correa et coll., 2014). De plus, les porcs transportés l'hiver passent moins de temps à boire durant les haltes, et leurs carcasses présentent davantage de meurtrissures (Goumon et coll., 2013a; Scheeren et coll., 2014). Dans des études menées aux États-Unis, Sutherland et collègues (2009a) ont observé des pourcentages accrus de porcs non ambulatoires à l'arrivée à l'abattoir quand les températures ambiantes étaient inférieures à 5 °C. Guárdia et collègues (1996) ont eux aussi constaté des pertes de porcs plus importantes l'hiver (0,26 à 0,27 %) dans les registres mensuels d'animaux morts de 16 abattoirs espagnols. Les pertes animales supérieures au cours des mois les plus froids que durant l'été pourraient s'expliquer par les mesures supplémentaires qui sont prises en été, comme de ne pas mélanger de porcs étrangers, d'asperger les porcs dans les véhicules et les installations d'attente et de les transporter de nuit pour atténuer les effets du stress de chaleur (Guárdia et coll., 1996) ou du stress dû au froid, du poids de marché accru, de la taille accrue des cargaisons et des changements dans l'état de santé (Ellis et Ritter, 2006), tandis qu'aucune mesure de la sorte n'est prise au cours des mois d'hiver (Guárdia et coll., 1996).

MESURES POUR ATTÉNUER L'IMPACT DES CONDITIONS AMBIANTES

Plusieurs pratiques ont été mises au point et étudiées pour réduire ces problèmes ou en atténuer l'impact, comme le bon usage de la litière, les systèmes de ventilation, de brumisation et d'arrosage, et l'ajustement des seuils d'espace (voir les sections suivantes). La quantité et le type de litière utilisée dans les remorques peuvent être modifiés selon la saison. L'été, il est recommandé aux transporteurs de ne pas

mettre trop de litière, car cela peut contribuer aux pertes animales (McGlone et coll., 2014b). Les transporteurs commerciaux utilisent des copeaux de bois ou de la paille en hiver. En plus de ses propriétés isolantes, la paille est plus facile à retirer que les copeaux quand elle est gelée (Brown et coll., 2016).

Dans une étude sur l'utilisation saisonnière de la litière dans les remorques, les auteurs indiquent qu'avec l'augmentation de la litière utilisée en été (copeaux de bois à raison de 3, 5, 7 ou 9 balles par remorque), le taux de porcs morts et à terre augmente de façon linéaire (McGlone et coll., 2014b). L'hiver, il est recommandé d'ajouter de la litière sèche pour favoriser l'isolation thermique des porcs et le maintien de leur température corporelle (National Pork Board [TQA Handbook], 2017). Il est vrai que quand la litière est insuffisante, il peut y avoir des gelures sur la peau des porcs, comme le rapportent accessoirement Goumon et collègues (2013a) dans des études sur le transport hivernal. Ces blessures résultent du manque de protection entre la peau des porcs et le plancher métallique des camions (litière insuffisante) ou du contact prolongé avec l'air extérieur par les aérateurs latéraux de la remorque (p. ex. à cause de l'entassement). L'hiver, les propriétés thermiques de la remorque peuvent aussi être modifiées pour réduire la déperdition thermique. Il est démontré que l'emploi de panneaux isolants en polystyrène fait augmenter la température interne des camions durant le transport dans des conditions hivernales (-20 °C) (Gonyou et Brown, 2012), et que les planchers en polyester améliorent la qualité de la viande de porc (Guárdia et coll., 2004).

Quand les températures ambiantes sont élevées, il est possible d'accroître les taux de ventilation des camions utilisés au Canada, soit en ouvrant les aérateurs latéraux pour laisser l'air circuler librement, soit en ventilant activement avec des ventilateurs. Dans les véhicules à ventilation passive, comme la plupart des remorques bétailières en Amérique du Nord, la façon la plus courante de ventiler les compartiments est d'utiliser des événements en haut à gauche et en haut à droite (Lambooij, 2014). Le type d'ouvertures, perforées ou à claire-voie, peut aussi avoir un effet sur la circulation de l'air à l'intérieur du véhicule en mouvement (Weschenfelder et coll., 2012). Quand le véhicule s'arrête en cours de route cependant, le manque de circulation de l'air fait rapidement augmenter la température à l'intérieur, et le compartiment du bas à l'avant peut devenir plus chaud de 10 °C que la température extérieure ambiante (Brown et coll., 2011; Weschenfelder et coll., 2012, 2013; Fox et coll., 2014). Ces températures ambiantes plus élevées sont plus susceptibles de causer des pertes par mortalité.

Dans une remorque immobile, il est possible de rafraîchir les porcs par une ventilation active (ventilateurs), en les arrosant d'eau, ou en combinant la ventilation et l'arrosage (refroidissement évaporatif). Il est démontré que l'arrosage ou la brumisation avec de l'eau (Nielsen, 1982) et la ventilation active (Colleu et Chevillon, 1999; Mitchell et Kettlewell, 2008) dans un camion immobile réduisent la mortalité durant le transport. Colleu et Chevillon (1999) constatent que l'arrosage des porcs transportés sur l'un des ponts d'une remorque par une température ambiante > 10 °C a contribué à réduire de 10 % la température de leur peau, comparativement aux porcs non arrosés transportés sur un autre pont de la même remorque. Une étude canadienne plus récente compare des remorques arrosées et non arrosées. Les auteurs constatent que lorsque la température ambiante dépasse 23 °C, un arrosage avec de l'eau pendant 5 minutes juste avant le départ de la ferme et immédiatement avant le débarquement à l'abattoir réduit la consommation d'eau durant les haltes (Fox et coll., 2014). Dans cette étude, la température centrale des porcs arrosés a eu tendance à baisser, ce qui pourrait expliquer leur moindre besoin de boire de l'eau à leur arrivée dans les enclos d'attente. Quand l'arrosage a été appliqué à des températures ambiantes de 20 °C et plus, il a réduit la concentration en lactate dans le sang de saignée, un indicateur de fatigue, et la viande exsudée chez les porcs transportés dans les compartiments du milieu (avant et arrière) comparativement aux porcs embarqués dans les mêmes compartiments, mais dans une remorque non arrosée (Nannoni et coll., 2014).

Par contre, un arrosage à l'eau quand la ventilation est insuffisante peut faire augmenter l'humidité dans la remorque. Une hausse de l'humidité relative (jusqu'à 7,5 %) a été observée dans une remorque arrosée; un tel niveau d'humidité peut empêcher un refroidissement évaporatif efficace (Fox et coll., 2014). Il est possible d'employer une combinaison d'arroseurs et de ventilateurs pour retirer l'humidité excessive et rafraîchir les porcs quand la température à l'intérieur du véhicule est trop élevée (Haley et coll., 2008). Pereira et collègues (2016) ont comparé les effets combinés d'une ventilation forcée pendant 30 minutes et d'une brumisation d'eau pendant 10 minutes sur des porcs gardés dans une remorque avant le débarquement et sur les porcs d'une remorque témoin (non exposés à un système de refroidissement), les deux remorques étant immobiles, à des températures ambiantes se situant entre 16,5 et 28,1 °C. Les auteurs indiquent que les porcs témoins ont éprouvé un plus grand besoin de réduire leur température corporelle par l'évaporation (selon les différences de température du tractus gastro-intestinal), probablement en raison du stress de chaleur éprouvé durant leur attente dans la remorque immobile au débarquement, tandis que les porcs traités ont pu maintenir leur température corporelle, ayant été suffisamment refroidis par les ventilateurs et la brumisation durant cette période.

L'hiver, le confort thermique des porcs à bord des camions peut être contrôlé en fermant complètement ou en partie les ouvertures de ventilation pour réduire la circulation de l'air (Chevillon et coll., 2004). Dans ses directives d'assurance de la qualité du transport (Transport Quality Assurance, TQA) de 2017, le National Pork Board recommande d'utiliser 90 % de panneaux d'hiver (10 % d'ouvertures sur les parois) quand la température est inférieure à -12 °C, et aucun panneau au-dessus de 9,4 °C. Quand la température de l'air est inférieure au point de congélation, les panneaux sont essentiels pour prévenir les pertes pour mortalité et les gelures sur la peau des porcs (McGlone et coll., 2014a). L'utilisation de la proportion de panneaux la plus faible (0 à 30 %) par moins de 5 °C a produit les pertes les plus importantes durant le transport, tandis que la proportion de panneaux de 0 à > 61 % semble avoir eu peu d'incidence sur les pertes animales par des températures de plus de 5 °C (McGlone et coll., 2014a).

DENSITÉ DE CHARGEMENT

La densité de chargement optimale des porcs durant le transport suppose un compromis entre la pression économique à augmenter la densité pour réduire les coûts de transport d'un seul trajet, et le bien-être des animaux durant le transport (Bench et coll., 2008). La densité de chargement désigne spécifiquement l'espace dont dispose un animal dans le compartiment d'un camion et est exprimée en kilogrammes par mètre cube (kg/m^3); le seuil d'espace, la notion inverse, est exprimé en mètres cubes par animal (m^3/animal). Les lois de l'Union européenne sont fondées sur les preuves que lorsque la densité de chargement dépasse $235 \text{ kg}/\text{m}^3$, tous les porcs ne sont pas capables de s'allonger pour se reposer, et qu'ils n'en ont pas la possibilité, car ils sont amenés à changer de position continuellement (Lambooi et coll., 1985; Lambooi, 2014). Un moindre seuil d'espace est aussi associé à des taux de mortalité accrus et à un pourcentage accru de porcs non ambulatoires à leur arrivée à l'abattoir (Riches et coll., 1996; Warris, 1998; Ritter et coll., 2006).

Guàrdia et collègues (2005) font aussi état d'une plus grande incidence de viande sèche, ferme et foncée (DFD) (+11 %) quand l'espace alloué aux porcs est accru de 0,37 à 0,50 $\text{m}^3/100 \text{ kg}$ dans les conditions de transport commercial qui prévalent en Espagne. Lambooi et collègues (1985) constatent eux aussi une hausse des valeurs du pH musculaire quand le seuil d'espace est réduit (de 0,66 à 0,33 m^3/porc), en raison de l'épuisement du glycogène musculaire à l'abattage dû à la fatigue. Ce changement de la physiologie musculaire résulte probablement du plus grand stress physique causé par le dérangement fréquent des animaux allongés par leurs congénères qui cherchent un endroit où se reposer, et par la difficulté pour les

porcs debout de rester en équilibre durant l'accélération, le freinage et les virages du véhicule (Lambooi et Engel, 1991).

En raison de sa relation directe avec les coûts de transport, l'espace excessif n'est pas un problème aussi courant que le manque d'espace. Néanmoins, le fait d'offrir trop d'espace aux porcs peut aussi leur causer un stress physique, car ils peuvent avoir du mal à rester en équilibre quand le camion fait des mouvements soudains, ou se battre parce qu'ils sont plus libres de circuler dans le camion (Barton-Gade et Christensen, 1998; Guàrdia et coll., 2005). Cela peut mener à la fatigue musculaire et à l'épuisement du glycogène, et rendre les porcs plus susceptibles de produire une viande DFD (Guàrdia et coll., 2005). Il existe donc un seuil d'espace optimal, qui varie (de façon allométrique) selon la température ambiante et la taille des porcs.

Des densités de chargement particulières sont recommandées pour les porcs plus lourds, qui ont des besoins physiques et thermiques différents (Renaudeau et coll., 2011). Selon les directives les plus récentes du North American Meat Institute (NAMI, 2017), l'espace minimal recommandé à bord d'un camion pour les porcs de poids de marché en hiver devrait passer de 0,40 m² à 0,46 m²/porc (4,3 pi² à 5 pi²/porc) quand le poids de marché passe de 114 kg à 136 kg. L'été, l'espace devrait augmenter de 0,46 m² à 0,55 m²/porc (5 pi² à 6 pi²/porc) quand le poids de marché passe de 114 kg à 136 kg. Dans une série d'études sur le transport des porcs, Ritter et collègues (2006, 2007, 2008) constatent que les pertes sont réduites au minimum quand la surface utile est de 0,462 m²/animal ou plus pour les porcs de 125 kg. De plus, à ce poids, une diminution de la surface utile de 0,48 à 0,39 m²/animal fait augmenter le pourcentage de porcs fatigués et non ambulatoires, ainsi que les valeurs de la créatine kinase plasmatique après le transport (Ritter et coll., 2006, 2009).

Des études ont montré qu'il faudrait ajuster l'application des exigences de l'Union européenne en matière de densité de chargement en fonction du temps de déplacement. Pilcher et collègues (2011) ont déterminé que le fait de réduire la surface utile (de 0,52 à 0,40-0,49 m²/100 kg) augmente l'incidence de la fatigue chez les porcs à leur arrivée à l'abattoir après une courte période de transport (< 1 heure) comparativement à un trajet plus long (3 heures). Par contre, Guàrdia et collègues (2004) indiquent que l'application de densités de chargement supérieures (0,25 c. 0,5 m²/100 kg) n'est pas nuisible lors des courts trajets (1 heure), car elle diminue l'incidence de viande PSE (un indicateur de stress aigu et d'acidification musculaire en raison du moindre effort musculaire nécessaire aux porcs pour rester en équilibre dans le véhicule en mouvement); ils en concluent que pour prévenir le problème, il convient de n'appliquer le seuil d'espace recommandé par l'UE, soit 0,425 m²/100 kg, que pour les trajets de plus de 3 heures. Ces résultats s'expliqueraient par le fait qu'un espace plus grand (0,42 et 0,50 c. 0,35 m²/100 kg) n'incite pas nécessairement plus de porcs à s'allonger, surtout au cours des 2 premières heures de transport (Lambooi et coll., 1985; Barton-Gade et Christensen, 1998), mais cause plus de dérangement et d'agressions parce que les animaux peuvent circuler, perdre l'équilibre et risquent davantage d'être projetés, coincés et de subir des meurtrissures quand le véhicule négocie des virages ou si la chaussée est inégale (Warriss, 1998; Barton-Gade et Christensen, 1998).

CONSIDÉRATIONS PARTICULIÈRES POUR LES JEUNES ANIMAUX

La plupart des études qui mesurent les réactions des porcs au transport portent sur les animaux de poids de marché; toutefois, les effets du transport sur les porcelets sevrés suscitent un intérêt croissant et soulèvent d'autres questions. L'usage se répand au Canada de transporter les porcelets sevrés vers des installations d'engraissement spécialisées. Les troupeaux de truies sont en effet situés dans des régions éloignées et biosécurisées, tandis que les porcs à l'engrais sont transportés vers des bâtiments d'élevage situés plus

près des installations de transformation et de production d'aliments. Comme chez beaucoup d'autres espèces, la combinaison du stress du sevrage et du stress supplémentaire du transport peut être préjudiciable au bien-être des porcs et, dans les cas extrêmes, entraîner la mort.

Selon une étude épidémiologique menée par Averós et collègues (2010), quand des porcs sevrés de 21 à 28 jours sont transportés, leur risque de mortalité augmente de façon soutenue entre 8 heures et 24 heures de trajet par des températures extérieures de ≥ 25 à ≥ 35 °C, même avec une ventilation mécanique et de l'eau potable à bord.

Dans une étude des effets du transport sur des porcelets de 17 jours, Wamnes et collègues (2006) constatent qu'un trajet de moins de 20 minutes cause une plus grande perte de poids et un rétablissement plus lent après le transport qu'un trajet de 6 heures, probablement en raison de la motivation réduite des porcs à se nourrir et à s'abreuver après le transport.

Sutherland et collègues (2009b) ont tenté de déterminer les besoins d'espace (0,05, 0,06 et 0,07 m²/animal) des porcs sevrés durant un court trajet (1 heure) l'été (28,4 ± 1,2 °C). Le rapport neutrophiles/lymphocytes, un indicateur de la réponse immunitaire, a été plus élevé pour les porcelets transportés au seuil d'espace de 0,05 m²/animal qu'aux seuils de 0,06 m² et de 0,07 m²/animal. Les porcelets transportés au seuil d'espace de 0,05 m² se sont aussi allongés moins souvent durant le trajet. Les auteurs en concluent que dans les conditions de leur étude, un seuil d'espace d'au moins 0,06 m²/animal est préférable pour le transport des porcelets.

La plus grande susceptibilité des jeunes animaux au stress dû au froid et à la chaleur est un autre motif de préoccupation. Brown-Brandl et collègues (2013) ont photographié par imagerie thermique des porcs pesant entre 27 et 37 kg et constaté la présence d'une zone de neutralité thermique supérieure de 17,4 à 23,2 °C. Selon Lewis (2008), les températures élevées (> 35 °C) peuvent retarder le temps de récupération des porcelets précocement sevrés si le trajet dure plus de 24 heures.

Enfin, les caractéristiques génétiques des porcelets peuvent aussi influencer sur le stress du transport. Averós et collègues (2009) indiquent que les porcelets sevrés hétérozygotes pour le gène du stress (halothane ou HAL^{Nⁿ}) sont plus stressés, d'après leurs concentrations en albumine et leur nombre total de leucocytes et de neutrophiles, que les porcelets ne possédant pas l'allèle de sensibilité à l'halothane (HAL^{NN}).

RECHERCHE FUTURE

Les études sur le transport des porcs dans les conditions qui prévalent au Canada sont limitées. Le secteur porcin aurait intérêt à ce que des facteurs comme la conception des véhicules (flux d'air, taux de vibration, systèmes d'isolation et de refroidissement), la densité de chargement (selon les conditions ambiantes, la distance à parcourir et le poids des porcs), la durée du trajet, la durée des haltes de repos et la prise en charge des porcs durant les haltes (à bord des camions ou aux postes de contrôle) soient étudiées. Par-dessus tout, des études sur les associations entre ces facteurs seraient dans l'intérêt du secteur et des animaux, car elles permettraient de réduire les pertes dues au transport et favoriseraient le bien-être animal et la qualité de la viande.

La majorité des études sur le transport des porcs utilisent des animaux de poids de marché; il y a des lacunes importantes dans la littérature scientifique en ce qui a trait aux porcs nouvellement sevrés et aux porcs de reproduction. Il est essentiel aussi de comprendre comment transporter en toute sécurité les verrats et les truies de réforme, qui présentent des difficultés et des risques particuliers. À l'heure actuelle, presque toutes les truies de réforme vont dans l'un des six parcs de rassemblement au Canada et sont

transportées aux États-Unis pour y être abattues. Il serait donc bon de connaître les difficultés spécifiques aux truies de réforme durant ces trajets de longue durée.

BIBLIOGRAPHIE

- Arnone, M., et R. Dantzer. « Does frustration induce aggression in pigs? », *Applied Animal Ethology*, vol. 6 (1980), p. 351-362.
- Averós, X., T.G. Knowles, S.N. Brown, P.D. Warriss et L.F. Gosálvez. « Factors affecting the mortality of pigs being transported to slaughter », *Veterinary Record*, vol. 163 (2008), p. 386-390.
- Averós, X., A. Herranz, R. Sánchez et L.F. Gosálvez. « Effect of the duration of commercial journeys between rearing farms and growing-finishing farms on the physiological stress response of weaned piglets », *Livestock Science*, vol. 122 (2009), p. 339-344.
- Averós, X., T.G. Knowles, S.N. Brown, P.D. Warriss et L.F. Gosálvez. « Factors affecting the mortality of weaned piglets during commercial transport between farms », *Veterinary Record*, vol. 167 (2010), p. 815-819.
- Baloyh, P., W. Kapelankis, H. Jankowiak, L. Nagy, S. Kovacs, L. Husvar, J. Popp, J. Posta et A. Soltesz. « The productive lifetime of sows on two farms and reasons for culling », *Annals of Animal Science*, vol. 15 (2015), p. 747-758.
- Barton-Gade, P., et L. Christensen. « Effect of different loading density during transport on welfare and meat quality in Danish slaughter pigs », *Meat Science*, vol. 48 (1998), p. 237-247.
- Barton-Gade, P., L. Christensen, M. Baltzer et L. Petersen. « Causes of pre-slaughter mortality in Danish slaughter pigs with special emphasis on transport », *Animal Welfare*, vol. 16 (2007), p. 459-470.
- Becerril-Herrera, M.M., M. Alonso-Spilsbury, M.E. Trujillo-Ortega, I. Guerrero-Legarreta, R. Ramirez-Necoechea, P. Roldan-Santiago, M. Perez-Sato, E. Soni-Guillermo et D. Mota-Rojas. « Changes in blood constituents of swine transported for 8 or 16 h to an abattoir », *Meat Science*, vol. 86 (2010), p. 945-948.
- Bench, C., A.L. Schaefer et L. Faucitano. « The welfare of pigs during transport », dans L. Faucitano et A.L. Schaefer, *Welfare of Pigs: From Birth to Slaughter*, Wageningen (Pays-Bas), Wageningen Academic Pub, 2008, p. 161-195.
- Bligh, J. « Temperature regulation », dans M.K. Yousef, *Stress Physiology in Livestock. Volume I, Basic Principles*, Boca Raton (Floride), CRC Press Inc., 1985, p. 75-96.
- Bradshaw R.H., S.J.G. Hall et D.M. Broom. « Behavioural and cortisol response of pigs and sheep during transport », *Veterinary Record*, vol. 138 (1996a), p. 233-234.
- Bradshaw, R.H., R.F. Parrott, M.L. Forsling, J.A. Goode, D.M. Lloyd, R.G. Rodway et D.M. Broom. « Stress and travel sickness in pigs: effects of road transport on plasma concentration of cortisol, beta-endorphin and lysine vasopressin », *Animal Science*, vol. 63 (1996b), p. 507-516.
- Brandt, P., et M.D. Asslyng. « Welfare measurements of finishing pigs on the day of slaughter: A review », *Meat Science*, vol. 103 (2015), p. 13-23.
- Brown, J.A. *Trailers for Transport of Market Hogs: Assessment of Ease of Cleaning and Animal Welfare Implications*, rapport final préparé pour l'Université de la Saskatchewan, contrat n° 163211-00, 2016.
- Brown, S.N., T.G. Knowles, J.E. Edwards et P.D. Warriss. « Relationship between food deprivation before transport and aggression in pigs held in lairage before slaughter », *Veterinary Record*, vol. 145 (1999), p. 630-664.
- Brown, J.A., T.S. Samarakone, T. Crowe, R. Bergeron, T. Widowski, J.A. Correa, L. Faucitano, S. Torrey et H.W. Gonyou. « Temperature and humidity conditions in trucks transporting pigs in two seasons in Eastern and Western Canada », *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, vol. 54, n° 6 (2011), p. 2311-2318.

- Brown-Brandl, T.M., R.A. Eigenberg, J.A. Nienaber et S.D. Kachman. « Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs », *Livestock Production Science*, vol. 71, n° 2-3 (2001), p. 253-260.
- Brown-Brandl, T.M., R.A. Elgenberg et J.L. Purswell. « Using thermal imaging as a method of investigating thermal thresholds in finishing pigs », *Biosystems Engineering*, vol. 114 (2013), p. 327-333.
- Brumm, M., B. Richert, J. Marchant-Forde et R. Marchant-Forde. « Out of feed events in grow-finish pigs: causes and consequences », *Nebraska Swine Reports*, Département des sciences animales de l'Université du Nebraska, 2005, p. 9-11 (consulté le 10 avril 2018). Sur Internet : https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1023&context=coopext_swine
- Carlsson, F., P. Frykblom et C.J. Lagerkvist. « Consumer willingness to pay for farm animal welfare – Transportation of farm animals to slaughter versus the use of mobile abattoirs », *Working Papers in Economics* n° 149, Département des sciences économiques de l'Université de Göteborg, 2004 (consulté le 9 avril 2018). Sur Internet : <http://hdl.handle.net/2077/2754>.
- Chevillon, P., P. Frotin, P. Rousseau, R. Kerisit, S. Buffet, A. Vautier et J. Chauvel. *Incidence de la densité de chargement et du système d'alimentation sur le bien-être des porcs lors d'un transport de porcs de 36 heures incluant 9 heures d'arrêt*, rapport d'étude, ITP, France, 2002.
- Chevillon, P., P. Frotin et P. Rousseau. « Hauteurs des compartiments et ventilation lors d'un transport de moins de 8 heures », *Techni-Porc*, vol. 27 (2004), p. 1-3.
- Clark, E.G. « A post mortem survey of transport deaths in Saskatchewan market hogs », *Western Hog Journal*, vol. 1 (1979), p. 34-36.
- Colleu, T., et P. Chevillon. « Effect of climatic parameter and distance on pig mortality during transport », *Techni-Porc*, vol. 22 (1999), p. 31.
- Comité scientifique de la santé et du bien-être des animaux (CSSBA). *The Welfare of Animals during Transport (Details for Horses, Pigs, Sheep and Cattle)*, rapport du Comité scientifique de la santé et du bien-être des animaux, Commission européenne, 2002, p. 1-130.
- Conseil national pour les soins aux animaux d'élevage (CNSAE). *Code de pratiques applicable aux soins et à la manipulation des porcs : revue des études scientifiques relatives aux questions prioritaires*, 2014 (consulté le 9 avril 2018). Sur Internet : http://www.nfacc.ca/resources/codes-of-practice/pig/Pig_Scientists_Committee_report_FR.pdf.
- Conte, S., L. Faucitano, R. Bergeron, S. Torrey, H.W. Gonyou, T. Crowe, E. Toth Tamminga et T.M. Widowski. « Effects of season, truck type and location within truck on gastrointestinal tract temperature of market-weight pigs during transport », *Journal of Animal Science*, vol. 93 (2015), p. 5840-5848.
- Correa, J.A., A. Torrey, N. Devillers, J.P. Laforest, H.W. Gonyou et L. Faucitano. « Effects of different moving devices at loading on stress response and meat quality in pigs », *Journal of Animal Science*, vol. 88 (2010), p. 4086-4093.
- Correa, J.A., H.W. Gonyou, S. Torrey, T. Widowski, R. Bergeron, T.G. Crowe, J.P. Laforest et L. Faucitano. « Welfare and carcass and meat quality of pigs being transported for 2 hours using two vehicle types during two seasons of the year », *Revue canadienne de science animale*, vol. 93 (2013), p. 43-55.
- Correa, J.A., H.W. Gonyou, S. Torrey, T. Widowski, R. Bergeron, T.G. Crowe, J.P. Laforest et L. Faucitano. « Welfare of pigs being transported over long distances using a pot-belly trailer during winter and summer », *Animal*, vol. 4 (2014), p. 200-213.
- D'Allaire, S., et A.D. Leman. « Boar culling in swine breeding herds in Minnesota », *Revue vétérinaire canadienne*, vol. 31 (1990), p. 581-583.

- Dalla Costa, F.A., N. Devillers, M.J.R. Paranhos da Costa et L. Faucitano. « Effects of applying preslaughter feed withdrawal at the abattoir on behaviour, blood parameters and meat quality in pigs », *Meat Science*, vol. 119 (2016), p. 89-94.
- Dantzer, R. « Research on farm animal transport in France: a survey », dans R. Moss, *Transport of Animals Intended for Breeding, Production and Slaughter: A Seminar in the CEC Programme of Coordination of Research on Animal Welfare, organised by R. Moss, and held in Brussels, 7-8 July, 1981*, 1982, p. 218-230. *Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science*, vol. 18, La Haye (Pays-Bas), Martinus Nijhoff.
- Ellis, M., et M. Ritter. « Impact of season on production: transport losses », *Proceedings of Allen D. Leman Swine Conference*, 2006, p. 205-207 (consulté le 17 avril 2018). Sur Internet : <https://conservancy.umn.edu/handle/11299/142088>.
- Faucitano, L., et S. Goumon. « Transport of pigs to slaughter and associated handling », dans M. Špinko, *Advances in Pig Welfare*, Londres, Woodhead Pub, 2018, p. 261-293. Chapitre 9 de l'ouvrage.
- Faucitano, L., P. Chevillon et M. Ellis. « Effects of feed withdrawal prior to slaughter and nutrition on stomach weight, and carcass and meat quality in pigs », *Livestock Science*, vol. 127 (2010), p. 110-114.
- Fernandez, X., M.-C. Meunier-Salaun, P. Ecolan et P. Mormède. « Interactive effect of food deprivation and agonistic behaviour on blood parameters and muscle glycogen in pigs », *Physiology and Behavior*, vol. 58 (1995), p. 337-345.
- Fortin, A. « The effect of transport time from the assembly yard to the abattoir and resting time at the abattoir on pork quality », *Revue canadienne de science animale*, vol. 82 (2002), p. 141-150.
- Fox, J., T. Wodowski, S. Torrey, E. Nannoni, R. Bergeron, H.W. Gonyou, J.A. Brown, T. Crowe, E. Mainau et L. Faucitano. « Water sprinkling market pigs in a stationary trailer. 1. Effects on pig behaviour, gastrointestinal tract temperature and trailer micro-climate », *Livestock Science*, vol. 160 (2014), p. 113-123.
- Grandin, T. « Farm animal welfare during handling, transport, and slaughter », *Journal of American Veterinary Medical Association*, vol. 204 (1994), p. 372-377.
- Grandin, T. « Transport fitness of cull sows and boars: a comparison of different guidelines of fitness for transport », *Animals*, vol. 6 (2016), p. 77.
- Gonyou, H.W., et J. Brown. *Reducing Stress and Improving Recovery from Handling during Loading and Transport of Market Pigs*, 2012, p. 40. Rapport final présenté à l'Alberta Livestock and Meat Agency.
- Gosálvez, L.F., X. Averós, J.J. Valdelvira et A. Herranz. « Influence of season, distance and mixed loads on the physical and carcass integrity of pigs transported to slaughter », *Meat Science*, vol. 73 (2006), p. 553-558.
- Goumon, S., et L. Faucitano. « Influence of loading handling and facilities on the subsequent response to pre-slaughter stress in pigs », *Livestock Science*, vol. 200 (2017), p. 6-13.
- Goumon, S., J.A. Brown, L. Faucitano, R. Bergeron, T.M. Widowski, T. Crowe, M.L. Connor et H.W. Gonyou. « Effects of transport duration on maintenance behavior, heart rate and gastrointestinal tract temperature of market-weight pigs in 2 seasons », *Journal of Animal Science*, vol. 91 (2013a), p. 4925-4935.
- Goumon, S., L. Faucitano, R. Bergeron, T. Crowe, M.L. Connor et H.W. Gonyou. « Effect of ramp configuration on easiness of handling, heart rate and behavior of near-market pigs at unloading », *Journal of Animal Science*, vol. 91 (2013b), p. 3889-3898.
- Guàrdia, M.D., M. Gispert et A. Diestre. « Mortality rates during transport and lairage in pigs for slaughter », *Meat Focus International*, vol. 10 (1996), p. 362.

- Guàrdia, M.D., J. Estany, S. Balasch, M.A. Oliver, M. Gispert et A. Diestre. « Risk assessment of PSE condition due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs », *Meat Science*, vol. 67 (2004), p. 471-478.
- Guàrdia, M.D, J. Estany, S. Balasch, M.A. Oliver, M. Gispert et A. Diestre. « Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs », *Meat Science*, vol. 70 (2005), p. 709-716.
- Guàrdia, M.D., J. Estany, S. Balasch, M.A. Oliver, M. Gispert et A. Diestre. « Risk assessment of skin damage due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs », *Meat Science*, vol. 81 (2009), p. 745-751.
- Haley, C., C.E. Dewey, T. Widowski et R. Friendship. « Association between in-transit losses, internal trailer temperature, and distance travelled by Ontario market hogs », *Revue canadienne de recherche vétérinaire*, vol. 72 (2008), p. 385-389.
- Haley, C., C.E. Dewey, T. Widowski et R. Friendship. « Relationship between estimated finishing-pig space allowance and in transit loss in a retrospective survey for 3 packing plant in Ontario in 2003 », *Revue canadienne de recherche vétérinaire*, vol. 74, n° 3 (2010), p. 178-184.
- Hamilton, D.N., M. Ellis, T.M. Bertol et K.D. Miller. « Effects of handling intensity and live weight on blood acid-base status of finishing pigs », *Journal of Animal Science*, vol. 82 (2004), p. 2405-2409.
- Hicks, T.A., J.J. McGlone, C.S. Whisnant, H.G. Kattesh et R.L. Norman. « Behavioural, endocrine, immune, and performance measures for pigs exposed to acute stress », *Journal of Animal Science*, vol. 76, n° 2 (1998), p. 474-483.
- Hillmann, E., C. Mayer et L. Schrader. « Lying behaviour and adrenocortical response as indicators of the thermal tolerance of pigs of different weights », *Animal Welfare*, vol. 13 (2004), p. 329-335.
- Huynh, T.T.T., A.J.A. Aarnink, M.W.A. Verstegen, W.J.J. Gerrits, M.J.W. Heetkamp, B. Kemp et T.T. Canh. « Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities », *Journal of Animal Science*, vol. 83 (2005), p. 1385-1396.
- Huynh, T.T.T., A.J.A. Aarnink, M.J.W. Heetkamp, M.W.A. Verstegen et B. Kemp. « Evaporative heat loss from group-housed growing pigs at high ambient temperatures », *Journal of Thermal Biology*, vol. 32, n° 5 (2007), p. 293-299.
- Ingram, D.L. « Heat loss and its control in pigs », dans J.L. Monteith et L.E. Mount, *Heat Loss from Animals and Man*, Londres, Butterworths, 1973, p. 235. Chapitre 11 de l'ouvrage.
- Kephart, K.B., M.T. Harper et C.R. Raines. « Observations of market pigs following transport to a packing plant », *Journal of Animal Science*, vol. 88 (2010), p. 2199-2203.
- Knowles, T.G., P.D. Warris et K. Vogel. « Stress physiology of animals during transport », dans T. Grandin, *Livestock Handling and Transport, Revised 4th Edition*, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, 2014, p. 399-420. Chapitre 21 de l'ouvrage.
- Knox, R., D. Levis, T. Safranski et W. Singleton. « An update on North American boar stud practices », *Theriogenology*, vol. 70 (2008), p. 1202-1208.
- Lambooi, E. (1983). Watering pigs during 30 hour road transport through Europe. *Fleischwirtsch* 63:1456-1458.
- Lambooi, E. « Transport of pigs », dans T.A. Grandin, *Livestock Handling and Transport*, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, 2000, p. 275-296.
- Lambooi, E. « Transport of pigs », dans T. Grandin, *Livestock Handling and Transport*, 4^e édition revue et corrigée, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, 2014, p. 280-297. Chapitre 16 de l'ouvrage.

- Lambooij, E., et B. Engel. « Transport of slaughter pigs by road over a long distance: some aspects of loading density and ventilation », *Livestock Production Science*, vol. 28 (1991), p. 163-174.
- Lambooij, E., G.J. Garssen, P. Walstra, F. Mateman et G.S.M. Merkus. « Transport of pigs by car for two days: some aspects of watering and loading density », *Livestock Production Science*, vol. 13 (1985), p. 289-299.
- Lewis, N.J. « Frustration of goal-directed behaviour in swine », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 64 (1999), p. 19-29.
- Lewis, N.J. « Transport of early weaned piglets », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 110 (2008), p. 128-135.
- Lewis, C.R.G., et J.J. McGlone. « Modelling feeding behaviour, rate of feed passage and daily feeding cycles, as possible causes of fatigued pigs », *Animal*, vol. 2 (2008), p. 600-605.
- Marchant-Forde, J.N., et R.M. Marchant-Forde. « Welfare of pigs during transport and slaughter », dans J.N. Marchant-Forde, *The Welfare of Pigs*, Dordrecht (Pays-Bas), Springer, 2009, p. 301-330.
- McGlone, J.J., A.K. Johnson, A. Sapkota et R.K. Kephart. « Establishing trailer ventilation (boarding) requirements for finishing pigs during transport », *Animals*, vol. 4 (2014a), p. 515-523.
- McGlone, J.J., A.K. Johnson, A. Sapkota et R.K. Kephart. « Transport of market pigs: improvements in welfare and economics », dans T.A. Grandin, *Livestock Handling and Transport*, 4^e édition revue et corrigée, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, 2014b, p. 298-314. Chapitre 17 de l'ouvrage.
- Mitchell, M.A., et P.J. Kettlewell. « Engineering and design of vehicles for long distance road transport of livestock (ruminants, pigs and poultry) », *Veterinaria Italiana*, vol. 44, n° 1 (2008), p. 201-213.
- Mota-Rojas, D., M. Becerril, C. Lemus, P. Sánchez, M. González, S.A. Olmos, R. Ramírez et M. Alonso-Spilsbury. « Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico », *Meat Science*, vol. 73 (2006), p. 404-412.
- Nannoni, E., T.M. Widowski, S. Torrey, J. Fox, L.M. Rocha, H.W. Gonyou, A.V. Weschenfelder, T.G. Crowe, G. Martelli et L. Faucitano. « Water sprinkling market pigs in a stationary trailer. 2. Effects on selected exsanguination blood parameters and carcass and meat quality variation », *Livestock Science*, vol. 160 (2014), p. 124-131.
- National Pork Board. *Transport Quality Assurance Handbook, Version 6*, 2017 (consulté le 9 avril 2018). Sur Internet : <https://lms.pork.org/Tools/View/tqa/tqa-certification>.
- Nielsen, N.J. « Recent results from investigations of transportation of pigs for slaughter », dans R. Moss, *Transport of Animals Intended for Breeding, Production and Slaughter: A Seminar in the CEC Programme of Coordination of Research on Animal Welfare, organised by R. Moss, and held in Brussels, 7-8 July, 1981*, p. 115-124. *Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science*, vol. 18, La Haye (Pays-Bas), Martinus Nijhoff, 1982.
- Nielsen, B.L., L. Dybkjæ et M.S. Herskin. « Road transport of farm animals: effects of journey duration on animal welfare », *Animal*, vol. 5, n° 3 (2011), p. 415-427.
- North American Meat Institute (NAMI). *Recommended Animal Handling Guidelines and Audit Guide*, 2017 (consulté le 9 avril 2018). Sur Internet : http://animalhandling.org/producers/guidelines_audits.
- Peeters, E., K. Deprez, F. Bethers, J. De Baerdemaeker, A.E. Auberts et R. Geers. « Effect of a driver and driving style on the stress response of pigs during a short journey by trailer », *Animal Welfare*, vol. 17 (2008), p. 189-196.

- Pereira, T., N. DeVillers, R. Somnavilla, R. Friendship, F. Guay, F. Dalla Costa, E.A. Titto et L. Faucitano. « Effects of ventilation and water misting on the physiological response of pigs kept in a stationary trailer before unloading », *Journal of Animal Science*, vol. 94, E-suppl. 5 (2016), p. 41.
- Pérez, M.P., J. Palacio, M.P. Santolaria, M.C. Aceña, G. Chacón, M. Gascón, J.H. Calvo, P. Zaragoza, J.A. Beltran et S. Garcia-Belenguér. « Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs », *Meat Science*, vol. 61 (2002), p. 425-433.
- Pilcher, C.M., M. Ellis, A. Rojo-Gomez, S.E. Curtiss, B.F. Wolter, C.M. Peterson, B.A. Peterson, M.J. Ritter et J. Brinkman. « Effects of floor space during transport and journey time on indicators of stress and transport losses in market weight pigs », *Journal of Animal Science*, vol. 89 (2011), p. 3809-3818.
- Randall, J.M. « Human subjective response to lorry vibration: implications for farm animal transport », *Journal of Agricultural Engineering Research*, vol. 52 (1992), p. 295-307.
- Randall, J.M. « Environmental parameters necessary to define comfort for pigs, cattle and sheep in livestock transporters », *Animal Science*, vol. 57, n° 2 (1993), p. 299-307.
- Renaudeau, D., J. Gourdine et N. St-Pierre. « A meta-analysis of the effects of high ambient temperature on growth performance of growing-finishing pigs », *Journal of Animal Science*, vol. 89 (2011), p. 2220-2230.
- Riches H.L., H.J. Guise et R.H.C. Penny. « A national survey of transport conditions for pigs », *Pig Journal*, vol. 38 (1996), p. 8-18.
- Ritter, M.J., M. Ellis, J. Brinkmann, J.M. DeDecker, K.K. Keffaber, M.E. Kocher, B.A. Peterson, J.M. Schlipf et B.F. Wolter. « Effect of floor space during transport of market-weight pigs on the incidence of transport losses at the packing plant and the relationships between transport conditions and losses », *Journal of Animal Science*, vol. 84 (2006), p. 2856-2864.
- Ritter, M.J., M. Ellis, C.R. Bertelsen, R. Bowman, J. Brinkmann, J.M. DeDecker, K.K. Keffaber, C.M. Murphy, B.A. Peterson, J.M. Schlipf et B.F. Wolter. « Effects of distance moved during loading and floor space on the trailer during transport on losses of market weight pigs on arrival at the packing plant », *Journal of Animal Science*, vol. 85 (2007), p. 3454-3461.
- Ritter, M.J., M. Ellis, R. Bowman, J. Brinkmann, S.E. Curtis, J.M. DeDecker, O. Mendoza, C.M. Murphy, D.G. Orellana, B.A. Peterson, A. Rojo, J.M. Schlipf et B.F. Wolter. « Effects of season and distance moved during loading on transport losses of market-weight pigs in two commercially available types of trailer », *Journal of Animal Science*, vol. 86 (2008), p. 3137-3145.
- Ritter, M.J., M. Ellis, N.L. Berry, S.E. Curtis, L. Anil, E. Berg, M. Benjamin, D. Butler, C. Dewey, B. Driessen, P.R. DuBois, J.D. Hill, J.N. Marchant-Forde, P. Matzat, J.J. McGlone, P. Mormede, T. Moyer, K. Pfalzgraf, J. Salak-Johnson, M. Siemens, J. Sterle, C. Stull, T. Whiting, B. Wolter, S.R. Niekamp et A.K. Johnson. « Review: Transport losses in market weight pigs: I. A review of definitions, incidence, and economic impact », *The Professional Animal Scientist*, vol. 25, n° 4 (2009), p. 404-414.
- Salmi, B., L. Trefan, L. Bünger, A. Doeschl-Wilson, J.P. Bidanel, C. Terlouw et C. Larzul. « Bayesian meta-analysis of the effect of fasting, transport and lairage times on four attributes of pork meat quality », *Meat Science*, vol. 90 (2012), p. 584-598.
- Scheeren, M.B., H.W. Gonyou, J. Brown, A.V. Weschenfelder et L. Faucitano. « Effects of transport time and location within truck on skin bruises and meat quality of market weight pigs in two seasons », *Revue canadienne de science animale*, vol. 94 (2014), p. 71-78.
- Somnavilla, R., L. Faucitano, H. Gonyou, Y. Seddon, R. Bergeron, T. Widowski, T. Crowe, L. Connor, M.B. Schereen, S. Goumon et J. Brown. « Season, transport duration and trailer compartment effects on blood

- stress indicators in pigs: relationship to environmental, behavioural and other physiological factors, and pork quality traits », *Animal*, vol. 7, n° 2 (2017), p. 8.
- Stephens D.B., et G.C. Perry. « The effects of restraint, handling, simulated and real transport in the pig (with reference to man and other species) », *Applied Animal Behavioral Science*, vol. 28 (1990), p. 41-55.
- Stewart, G., M.J. Ritter, M. Culbertson, G. Mann et R. Wofford. « Effects of previous handling and feed withdrawal prior to loading on transport losses in market weight pigs » dans *Proceedings of the 2008 American Association of Swine Veterinarians*, San Diego, CA (États-Unis), AASV, 2008, p. 359-362.
- Sutherland, M.A., A. McDonald et J.J. McGlone. « Effects of variations in the environment, length of journey and type of trailer on the mortality and morbidity of pigs being transported to slaughter », *Veterinary Record*, vol. 165 (2009a), p. 13-18.
- Sutherland, M.A., P.J. Bryer, B. Davis et J.J. McGlone. « Space requirements of weaned pigs during a sixty-minute transport in summer », *Journal of Animal Science*, vol. 87 (2009b), p. 363-370.
- Sutherland, M.A., P.J. Bryer, B.L. Davis et J.J. McGlone. « A multidisciplinary approach to assess the welfare of weaned pigs during transport at three space allowances », *Journal of Applied Animal Welfare Science*, vol. 13, n° 3 (2010), p. 237-249.
- Sutherland, M.A., P.J. Bryer, B. Davis, J.F. Smith et J.J. McGlone. « The combined effects of transport and food and water deprivation on the physiology of breeding gilts », *Livestock Science*, vol. 144 (2012), p. 124-131.
- Tarrant P.V. « The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs - a review », *Irish Journal of Food Science and Technology*, vol. 13 (1989), p. 79-107.
- Torrey, S., R. Bergeron, H.W. Gonyou, T. Widowski, N. Lewis, T. Crowe, J.A. Correa, J. Brown et L. Faucitano. « Transportation of market-weight pigs 1. Effect of season and truck type on behavior with a 2-hour transport », *Journal of Animal Science*, vol. 91 (2013a), p. 2863-2871.
- Torrey, S., R. Bergeron, L. Faucitano, T. Widowski, N. Lewis, T. Crowe, J.A. Correa, J. Brown et H.W. Gonyou. « Transportation of market-weight pigs 2. Effect of season and animal location in the truck on behavior with an 8-hour transport », *Journal of Animal Science*, vol. 91 (2013b), p. 2872-2878.
- Vitali, A., E. Lana, M. Amadori, U. Bernabucci, A. Nardone et N. Lacetera. « Analysis of factors associated with mortality of heavy slaughter pigs during transport and lairage », *Journal of Animal Science*, vol. 92 (2014), p. 5134-5141.
- Wamnes S., N.J. Lewis et R.J. Berry. « The performance of early-weaned piglets following transport: effect of season and weaning weight », *Revue canadienne de science animale*, vol. 86 (2006), p. 337-343.
- Warriss, P.D. « Antemortem handling of pigs », dans D.J.A. Cole, T.J. Wiseman et M.A. Varley, *Principles of Pig Science*, Sutton Bonnington (Royaume-Uni), Nottingham University Press, 1994, p. 425-432.
- Warriss, P.D. « The welfare of slaughter pigs during transport », *Animal Welfare*, vol. 7 (1998), p. 365-381.
- Warriss, P.D., et S.N. Brown. « A survey of mortality in slaughter pigs during transport and lairage », *Veterinary Record*, vol. 134 (1994), p. 513-515.
- Werner, C., K. Reiners et M. Wicke. « Short as well as long transport duration can affect the welfare of slaughter pigs », *Animal Welfare*, vol. 16 (2007), p. 385-389.
- Weschenfelder, A.V., S. Torrey, N. DeVillers, T. Crowe, A. Bassols, Y. Saco, M. Piñero, L. Saucier et L. Faucitano. « Effects of trailer design on animal welfare parameters and carcass and meat quality of three

Pietrain crosses being transported over a long distance », *Journal of Animal Science*, vol. 90 (2012), p. 3220-4676.

Weschenfelder, A.V., S. Torrey, N. DeVillers, T. Crowe, A. Bassols, Y. Saco, M. Piñero, L. Saucier et L. Faucitano. « Effects of trailer design on animal welfare parameters and carcass and meat quality of three Pietrain crosses being transported over a short distance », *Livestock Science*, vol. 157 (2013), p. 234-244.

Zhao, Y., X. Lu, D. Mo, Q. Chen et Y. Chen. « Analysis of reasons for sow culling and seasonal effects on reproductive disorders in southern China », *Animal Reproduction Science*, vol. 159 (2015), p. 191-197.

Zhao Y., H. Xin, J.D. Harmon et T.J. Bass. « Mortality rate of weaned and feeder pigs as affected by ground transportation conditions », *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, vol. 59, n° 4 (2016), p. 943-948.

Zurbrigg, K., et T. van Dreumel. *Identifying the Cause of Death and Factors Associated with Hogs that Perish In-Transit: A Pilot Project at 2 Ontario Packing Plants*, rapport final, 2013 (consulté le 9 avril 2018). Sur Internet : <http://www.prairieswine.com/wp-content/uploads/2014/05/Final-report-DOA-project-June-2013-update.pdf>.

Zurbrigg, K., T. van Dreumel, M.F. Rothschild, D. Alves, R. Friendship et T. O'Sullivan. « Pig-level risk factors for in-transit losses in swine: a review », *Revue canadienne de science animale*, vol. 97 (2017), p. 339-346.

3. VOLAILLES

CONCLUSIONS

- 1. Les réactions des oiseaux à plusieurs stressseurs simultanés sont spécifiques au type d'oiseaux, à leur âge, à la durée, à l'état de santé et aux niveaux respectifs des stressseurs auxquels les oiseaux sont exposés.**
- 2. Les stressseurs possibles durant le transport des volailles, notamment les extrêmes de température, d'humidité et de circulation d'air, la densité excessive d'oiseaux, le matériel de transport et les mouvements erratiques du camion, sont interactifs de nature. Il y a trop de dyades interactives pour toutes les énumérer ici, mais voici les plus importantes :**
 - a. Durée et température-humidité**
 - b. Température et humidité**
 - c. Température et circulation d'air**
 - d. Emplumement et température**
 - e. Température et densité des cageots**
- 3. En général, le bien-être est réduit lors des longs trajets, car l'exposition aux conditions stressantes est prolongée. Les publications de recherche disponibles ne permettent pas de préciser une durée de transport maximale.**
- 4. La combinaison de températures et d'humidité élevées, ainsi que les températures très basses, contribuent à créer des conditions de transport susceptibles de réduire le bien-être.**
- 5. L'emplumement affecte la capacité des oiseaux de supporter le stress du transport. Les poules au plumage insuffisant peuvent être sujettes à l'hypothermie, mais tout oiseau au plumage sec et bien développé est en mesure de mieux supporter les éléments de stress.**
- 6. Les stratégies qui visent à protéger les oiseaux contre le froid durant le transport peuvent produire des conditions de chaleur et d'humidité à certains endroits de la cargaison, ce qui crée un vaste éventail de conditions ambiantes à bord du véhicule.**

LISTE D'ABRÉVIATIONS

DFD :	viande foncée, ferme et sèche
HSP70:	protéine de choc thermique de 70 kilodaltons
JSL :	jeûne solide et liquide
MEC :	morts en cage
PSE :	viande pâle, molle et exsudative
RHL :	rapport hétérophiles/lymphocytes
TC :	température centrale
TEA :	température équivalente apparente

INTRODUCTION

Les auteurs de la littérature scientifique sur le transport des volailles ne s'entendent pas toujours. Leurs résultats sont souvent contradictoires, peut-être parce que dans certaines études, les pratiques et les conditions d'élevage auxquelles les oiseaux sont exposés sont différentes, incertaines ou inconnues.

Il existe beaucoup d'information sur les réactions physiologiques des poulets de chair à plusieurs variables concomitantes. Les auteurs d'une étude ont recueilli des données sur 213 troupeaux de poulets de chair entre janvier 2009 et juillet 2010 et énumèrent les nombreux facteurs de risque qui influent sur leur capacité d'adaptation, dont le sexe, l'âge, le poids des oiseaux, le temps de transit, la température dans les aires d'attente et les équipes d'attrapage (Caffrey et coll., 2017). On en sait beaucoup moins sur les effets de ces facteurs sur les dindons ou les poules en fin de ponte. Et il y existe encore moins de données probantes sur les réactions émotionnelles ou affectives, quel que soit le type de volaille. En outre, de nombreux facteurs qui ont un effet sur les oiseaux durant le transport, comme la température, l'humidité, la circulation d'air, la densité des cageots, l'emplumement, le poids, le type d'oiseau, les vibrations etc., agissent en interaction. Les réponses aux écarts de température observées dans une étude, par exemple, peuvent être différentes de celles d'une autre étude en raison des différences d'autres variables. Il peut arriver que ces différences soient signalées, mais ce n'est pas toujours le cas.

Dans notre évaluation des facteurs qui ont un effet sur le bien-être des oiseaux au cours du processus de transport, nous avons tenté d'inclure les incidences de ces facteurs sur le fonctionnement biologique et les états affectifs. Le fonctionnement biologique comprend les changements dans les indicateurs spécifiques au stress, dont les niveaux de corticostéroïdes et le rapport hétérophiles/lymphocytes (RHL), les changements métaboliques, la perte de poids corporel et le nombre d'oiseaux morts en cage (MEC). Un certain nombre de caractéristiques de qualité de la viande peuvent aussi être utilisées lorsqu'il est question du bien-être. Par exemple, la viande de type foncée, ferme et sèche (DFD), la couleur de la viande et son pH sont souvent associés au stress dû au froid, mais il n'y a pas suffisamment de recherche pour déterminer s'ils découlent d'une situation qui est pénible ou seulement inconfortable pour les oiseaux. Les états affectifs ne sont pas traités avec la même profondeur dans la littérature scientifique, mais peuvent inclure la peur, l'inconfort et la douleur (hématomes et fractures des os). En raison du peu d'information sur les réactions affectives au transport, tous les types d'oiseaux sont abordés dans la même section. Nous sommes d'avis qu'il y a des lacunes dans la littérature scientifique en ce qui a trait aux états affectifs liés au transport.

Le transport n'est pas une condition naturelle pour les volailles, mais leur capacité d'adaptation est, lui, un phénomène naturel qui peut se manifester dans de nombreuses conditions en transit tout en étant limitée dans d'autres conditions. Les stratégies d'adaptation des volailles sont expliquées dans les sections sur le fonctionnement biologique et les états affectifs.

JEÛNE SOLIDE ET LIQUIDE

FONCTIONNEMENT BIOLOGIQUE

Poules en fin de ponte

Les incidences de la durée du jeûne solide et liquide sur le bien-être des poules en fin de ponte durant le transport n'ont pas été déterminées, mais il existe un large éventail d'études sur le retrait de nourriture dans le cadre du processus de mue des pondeuses. Dans une étude en rapport avec le processus de transport, Beuving et Vonder (1978) ont constaté que chez des Leghorn blanches de 40 semaines, 2,5 jours de jeûne solide et liquide (JSL) produisaient une hausse des niveaux de corticostérone au fil du

temps, mais que cette réponse était moindre quand les poules avaient accès à de l'eau. Beuving et Vonder (1978) indiquent que la manipulation et le caissage sont des stressseurs plus puissants que le JSL, car ils produisent des niveaux de corticostérone plus élevés qui ne diminuent pas au cours des 7 heures passées dans les cageots. La corticostérone à elle seule n'indique pas la présence d'un stressseur; en conséquence, d'autres indicateurs, comme le RHL, peuvent être utiles pour établir un lien entre le transport et le stress. La constatation selon laquelle la manipulation aurait une plus grande influence sur la corticostérone que les autres stressseurs est confirmée par Broom et collègues (1986). Une hausse du RHL, un indicateur de stress, a présenté une association avec des durées de JSL de 24 et de 48 heures (Gross et Siegel, 1983; 1986; Zulkifli et coll., 2006).

Selon Rault et collègues (2016), qui ont étudié l'incidence de la privation d'eau sur des pondeuses de 39 semaines, des périodes de privation d'eau de 24 et de 32 heures modifient davantage les caractéristiques comportementales qu'une période de 12 heures, mais même après 12 heures de jeûne, les poules sont prêtes à travailler pour avoir de l'eau. Dans l'ensemble, il faudrait pousser la recherche dans ce domaine, mais le manque d'intérêt pour la perte de poids vif des poules en fin de ponte limite la motivation du secteur à évaluer les effets de ce stressseur. La perte de poids vif est la perte de poids prétransformation qui survient en raison de la mobilisation des réserves lipidiques et protéiques (c.-à-d. les muscles) pour soutenir le métabolisme.

Poulets de chair

Dans le secteur canadien du poulet de chair, l'heure du chargement et la durée du retrait de nourriture avant le chargement sont le plus souvent coordonnées entre l'usine de transformation et le producteur pour limiter la durée totale du retrait de nourriture avant l'abattage. La durée de chaque étape du transport (chargement, transport et attente) peut varier, mais la durée totale du retrait de nourriture reste habituellement semblable.

Les études des effets du jeûne solide et liquide durant le transport se limitent d'ordinaire aux expériences où les oiseaux sont dans des cageots de transport, par opposition à celles où l'on a simplement cessé de nourrir les oiseaux dans le bâtiment d'élevage. Delezie et collègues (2007) ont comparé des poulets de chair Ross à jeun (âgés de 2 et de 43 jours) hors de cageots de transport (jeûne de 10 heures sans attrapage, caissage ni transport) et des poulets dans des cageots et transportés (jeûne de 10 heures et transport de 3 heures); ils constatent que cette durée de retrait de nourriture cause des changements dans plusieurs paramètres sanguins, signe d'un bilan énergétique négatif, mais qu'elle n'a pas d'effet sur la corticostérone, la température rectale, la protéine de choc thermique de 70 kilodaltons (HSP70) ni la qualité de la viande. Nijdam et collègues (2005) ont mené une analyse semblable avec des poulets mâles Ross 308 (expérience 1 de 38 jours et expérience 2 de 21 jours), mais n'ont pas observé de hausse des niveaux de corticostérone chez les oiseaux privés de nourriture. Knowles et collègues (1995) ont évalué l'effet d'un jeûne solide et liquide de 24 heures sur un mélange de poulets de chair Ross de 7 semaines à deux températures (17,3 °C et 23 °C). Les oiseaux privés de nourriture ont présenté des niveaux de corticostérone élevés et de légers signes de stress métabolique comparativement aux témoins nourris. Les oiseaux privés à la fois de nourriture et d'eau ont présenté des signes de déshydratation. Warriss et collègues (1993) ont privé de nourriture des poulets de chair Ross de 7 semaines pendant 10 heures ou < 1 heure, les ont mis dans des cageots et les ont transportés pendant 2, 4 et 6 heures (les oiseaux témoins étaient également dans des cageots, mais n'ont pas été transportés) pour évaluer les effets du retrait de nourriture. Ils n'ont constaté aucun effet d'un retrait de nourriture de 10 heures sur le poids vif, ni sur le poids en carcasse, mais une baisse du poids du foie et du glycogène hépatique, ainsi que du glucose plasmatique. Rodrigues et collègues (2017) ont évalué l'effet du retrait de nourriture dans des conditions de transport commercial contrôlées sur des poulets de chair Cobb de 44 jours ayant un poids moyen de

3,23 kg. Après un jeûne de 8 heures, les oiseaux ont été attrapés selon la procédure commerciale normalisée, transportés pendant 2 heures, puis exposés à une attente de 0, 2, 4 ou 6 heures, ce qui a donné des durées de jeûne de ~ 12 à 18 heures. La prévalence de viande foncée, ferme et sèche s'est accrue avec la durée d'attente, et le RHL était sensiblement plus élevé après 6 heures d'attente qu'après 0, 2 ou 4 heures. Rodrigues et collègues (2017) signalent une baisse du glucose plasmatique (et donc moins d'énergie disponible pour l'homéostasie) avec le prolongement de l'attente, et une baisse marquée au bout de 6 heures. Les auteurs imputent cette tendance à l'épuisement du glycogène et suggèrent de limiter le retrait de nourriture à 18 heures, soit le point où des effets importants commencent à se manifester.

Dindons

Il y a très peu d'études sur les effets du retrait de nourriture sur le bien-être des dindons. Duke et collègues (1997), avec de gros dindons blancs mâles (18 semaines) et femelles (16 semaines) de race Nicholas, concluent qu'un jeûne solide et liquide de 4 heures est suffisant pour vider le tractus gastro-intestinal avec une moindre perte de poids corporel, par opposition à 8 ou 12 heures. Un jeûne solide et liquide de 4 heures ou plus réduit la quantité d'eau du proventricule, du gésier et du colon chez les femelles, mais non chez les mâles, et entraîne chez les dindons mâles et femelles une perte de poids corporel plus élevée après 12 heures qu'après 4 heures (Duke et coll., 1997).

ÉTATS AFFECTIFS

Très peu d'études mentionnent l'effet du retrait de nourriture et/ou d'eau sur l'état affectif des volailles commerciales durant le transport. Selon une hypothèse de Warriss et collègues (1988), la sensation de faim augmenterait quand les niveaux de glycogène hépatique diminuent au fil du jeûne, mais aucune étude à notre connaissance n'en a fait une évaluation quantitative. Le retrait de nourriture peut causer de la frustration, surtout si les aliments sont encore visibles, comme on le voit aux modifications des comportements des oiseaux à jeun (Khalil et coll., 2010; Zulkifli et coll., 2006).

Sherwin et collègues (1993) ont évalué la peur chez des poulets de chair Ross de 7 semaines après 10 heures ou < 1 heure de retrait de nourriture, la mise en cageots et 6 heures de transport. Les auteurs ont observé une durée accrue d'immobilité tonique (IT), signe d'un niveau de peur élevé, avec l'ajout du transport (comparativement aux oiseaux simplement mis en cageots), mais le jeûne seul n'a pas eu d'effet. La durée de l'IT a même eu tendance à être plus courte chez les oiseaux à jeun. Cela pourrait s'expliquer par une baisse des niveaux de peur, mais pourrait également être lié à d'autres facteurs, comme la faim.

ENVIRONNEMENT

FONCTIONNEMENT BIOLOGIQUE

Poules en fin de ponte

Malgré l'assertion que le stress thermique a l'effet le plus important sur le bien-être durant le transport des volailles, il existe peu d'études sur l'effet des conditions ambiantes durant le transport des poules en fin de ponte (Newberry et coll., 1999; Mitchell et Kettlewell, 2004b). Comme pour la durée et la distance, les études s'en tiennent principalement aux analyses épidémiologiques chiffrant les morts en cage. Les résultats de recherche varient, ce qui peut s'expliquer par l'interactivité des variables de bien-être des volailles durant le transport. En Italie par exemple, les morts en cage sont plus nombreuses en hiver qu'au printemps et augmentent légèrement en automne et en été (les températures ambiantes minimales, maximales et moyennes de la région sont présentées au [Tableau 1](#)) (Di Martino et coll., 2017). Une autre étude italienne contredit ces constatations; les morts en cage seraient plus nombreuses en été qu'aux

autres saisons, et il n'y aurait aucune différence dans le nombre de morts en cage en automne, en hiver ou au printemps (les conditions ambiantes n'ont été ni incluses, ni évaluées) (Petracci et coll., 2006). Selon des données recueillies en République tchèque de 1997 à 2004, les niveaux de morts en cage pour les poules et les coqs sont les plus élevés en hiver (1,12 %) et les plus bas en été (0,68 %), avec des valeurs comparables au printemps (0,89 %) et en automne (0,90 %) (Voslářová et coll., 2007a). La plage de températures ambiantes de l'étude était de 2,6 à 16,9 °C. Une étude menée au Royaume-Uni fait état d'un lien entre la fraîcheur des températures et les niveaux de morts en cage, la température de l'air quotidienne minimale étant plus prédictive que la température maximale (Weeks et coll., 2012). L'une des enquêtes menées par Weeks et collègues (2012) en collaboration avec des abattoirs comporte des notes d'emplumement qui montrent que les oiseaux au plumage insuffisant sont moins susceptibles de survivre au transport par temps frais. Cette constatation est confirmée par une expérience sur le logement menée par Richards (1977), qui constate une baisse de la température centrale des poules au plumage insuffisant exposées aux températures ambiantes entre 15 et 20 °C, avec une hypothermie sévère à des températures de 0 à 5 °C.

Tableau 1 : Températures ambiantes (valeurs minimales, maximales et moyennes) associées au transport des poules en différentes saisons. Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart-type (Di Martino et coll., 2017).

Oiseaux transportés		Min °C	Max °C	Moyenne °C
Poules en fin de ponte	Été	18,14 \pm 2,58	30,47 \pm 3,31	23,96 \pm 2,79
	Automne	8,57 \pm 5,14	18,58 \pm 5,95	13,64 \pm 5,21
	Hiver	-0,70 \pm 3,14	7,98 \pm 3,42	4,18 \pm 2,82
	Printemps	8,27 \pm 4,40	20,51 \pm 5,27	14,19 \pm 4,57

Après avoir évalué le microclimat des remorques à l'aide d'un modèle utilisant des poules, Weeks et collègues (1997) ont déterminé que la ventilation de ces véhicules est souvent excessive, la vitesse de l'air étant d'environ 1,9 mètre/seconde (m/s). À ce taux de ventilation, ce n'est qu'à une température ambiante de 20 °C que le trajet est confortable pour les oiseaux. Quand la température ambiante baisse à 0 °C, la déperdition thermique estimative des poules est le double de leur production métabolique thermiquement neutre, ce qui correspond à un risque élevé de mourir d'hypothermie. Une vitesse de déplacement de l'air de 0,3 m/s est recommandée dans l'étude, mais 1,9 m/s n'aurait pas été une vitesse excessive si les oiseaux avaient été bien emplumés. Sur la base de cette étude, une plage de température de 12 à 28 °C est jugée acceptable durant le transport des poules en fin de ponte (Knowles et Broom, 1990; Weeks et coll., 1997), mais ici encore, il faut se rappeler que beaucoup d'autres variables interagissent avec la température, notamment l'humidité. En général, il est indiqué dans la littérature scientifique que le transport par temps froid pose probablement un plus grand problème que le transport par temps chaud pour le bien-être des poules en fin de ponte, et que l'emplumement des oiseaux est un facteur déterminant.

Poulets de chair

Le stress thermique est souvent défini comme étant l'aspect qui a le plus de répercussions sur la santé et le bien-être des volailles en transit. Néanmoins, de nombreux facteurs influencent le microclimat à l'intérieur d'une remorque de transport et la tolérance des oiseaux aux conditions qui prévalent. La température ambiante, l'humidité, la présence de vent ou de précipitations, la conception du camion, la configuration de ventilation, la vitesse de déplacement, la densité de chargement, le retrait de nourriture, le sexe, le poids et l'âge des oiseaux et l'emplumement peuvent tous avoir des effets sur l'expérience des oiseaux transportés. Des études expérimentales et épidémiologiques ont été menées pour évaluer l'effet des conditions ambiantes sur la productivité et le bien-être des poulets de chair en transit.

Saison

La mortalité est un indicateur de bien-être couramment évalué dans les études épidémiologiques sur les poulets de chair. Le nombre d'oiseaux morts en cage est exprimé sous forme de moyenne saisonnière, les saisons étant généralement définies ainsi : l'hiver de décembre à février; le printemps de mars à mai; l'été de juin à août; et l'automne de septembre à novembre. Souvent malheureusement, les conditions d'exposition au cours d'épisodes de transport particuliers ne sont pas enregistrées, et certaines études ne comportent aucune donnée sur la température ambiante. Même quand ces données sont présentes, les méthodes de synthèse et d'analyse des morts en cage varient d'une étude à l'autre, tout comme les éléments du processus de transport, au fil du temps et d'une région à l'autre. Le **Tableau 2** présente un résumé de plusieurs analyses saisonnières sur les morts en cage. En général, dans les endroits où la température ambiante tombe sous 10 °C environ, la mortalité augmente en hiver; et dans les endroits où la température dépasse 21 °C environ, la mortalité augmente en été. Dans les endroits où la plage de température se trouve à l'extérieur de ces deux seuils, la mortalité est élevée en été comme en hiver (**Tableau 2**). Les autres facteurs associés à la mortalité hivernale élevée sont la faible densité de chargement et l'humidité relative élevée (Bayliss et Hinton, 1990). Les facteurs associés à la mortalité estivale élevée sont le transport l'après-midi, l'humidité relative élevée, les faibles vitesses de déplacement, les longues périodes d'attente, les oiseaux âgés, les oiseaux mâles et la présence d'un noyau de chaleur à l'intérieur de la remorque (Barbosa Filho et coll., 2008; Bayliss et Hinton, 1990; Hunter et coll., 2001).

Tableau 2 : Résumé des constatations sur les MEC saisonnières associées au transport des poulets de chair.

ÉTUDE	MEC (% MOYEN)	HIVER	PRIN-TEMPS	ÉTÉ	AU-TOMNE	VALEUR P	TEMPÉRATURE MIN/MAX LOCALE
Ansong-Danquah, 1987 (Canada)	0,57 ^b	1,22 ^a	0,63	0,54	0,54	< 0,05	-11 – 22 °C
Barbosa Filho et coll., 2008 (Brésil)				^			13 – 29 °C
Bayliss et Hinton, 1990 (Royaume-Uni)	0,24	~ 0,23	~ 0,22	~ 0,30	~ 0,15		1 – 21 °C
	0,56	~ 0,63	~ 0,62	~ 0,54	~ 0,38		
	0,40	0,65	~ 0,37	~ 0,37	~ 0,44		
Elsayed, 2014 (Égypte)		^		^			10 – 35 °C
Petracci et coll., 2006 (Italie)	0,35	0,35 ^b	0,32 ^c	0,47 ^a	0,28 ^d	< 0,01	16 – 28 °C (HR : 73 %)*
Vecerek et coll., 2006 (République tchèque)	0,25	^ ~ 0,31	~ 0,20	^ ~ 0,30	~ 0,18		-6 – 21 °C
Vecerek et coll., 2016 (République tchèque)		~ 0,54 ^a	~ 0,32 ^c	~ 0,30 ^d	~ 0,33 ^b	< 0,001	-6 – 21 °C*
Vieira et coll., 2011 (Brésil)		0,28 ^b	0,39 ^a	0,42 ^a	0,23 ^b		14 – 26 °C (moyenne +1 écart-type) (HR : 68 – 83 %)*
Warriss et coll., 2005 (Royaume-Uni)	0,13	~ 0,10	~ 0,11	^ ~ 0,21	~ 0,09		-1 – 27 °C*

^{a-d} veut dire une différence significative ($p \leq 0,05$) si dans une rangée sans le même exposant

^ indique une hausse non spécifiée de la mortalité

~ dénote des estimations de la mortalité (d'après les graphiques inclus dans les articles de recherche en question)

* Les plages de température pour les études suivantes sont estimatives (si aucune donnée n'est fournie) : Ansong-Danquah, 1987; Barbosa Filho et coll., 2008; Bayliss et Hinton, 1990; Elsayed, 2014; Vecerek et coll., 2006; d'après les synthèses climatiques pour l'ensemble du pays trouvées dans weatherspark.com.

Température ambiante locale

Parmi les études où la température ambiante est incluse dans l'analyse, les méthodes choisies pour recueillir et chiffrer les données sur la température varient. Nijdam et collègues (2004) ont estimé les températures ambiantes en transit à l'aide des données d'un poste d'observations météorologiques à proximité et groupé les trajets par plage de température ambiante. En moyenne, les oiseaux avaient 48 jours et pesaient 2,44 kg. Des niveaux accrus de morts en cage ont été indiqués lorsque les températures ambiantes estimatives se situaient entre > 15 et ≤ 20 °C, à plus de 20 °C et sous 5 °C, comparativement à la plage de > 10 à ≤ 15 °C, où le risque était le plus faible. Part et collègues (2016) ont déterminé la température à l'aide de données d'archives pour le territoire principal de la Grande-Bretagne et l'ont exprimée en moyennes mensuelles des températures quotidiennes maximales (lesquelles sont étroitement corrélées avec les températures quotidiennes minimales), de la pluviosité totale et des journées de gel atmosphérique. L'âge moyen des oiseaux était de 39 jours. L'analyse a révélé une flambée de morts en cage quand les températures quotidiennes maximales moyennes étaient au-dessus de 20 °C et des taux de morts en cage stables entre 8 et 19 °C. Un autre pic de mortalité a été observé, associé à la plus faible température quotidienne minimale de la série, soit -3,2 °C. Cette analyse a aussi tenu compte de l'effet de la température ambiante sur les causes de condamnation, dont l'ascite, l'émaciation et la fièvre ou une coloration anormale (y compris une cyanose). La prévalence de l'ascite, de l'émaciation et de la fièvre ou d'une coloration anormale était négativement corrélée à la température, avec une augmentation des cas durant l'hiver (Part et coll., 2016). Vecerek et collègues (2016) ont extrait les données enregistrées sur la température ambiante pour chaque épisode de transport à partir des données météorologiques archivées les plus proches du trajet en question. Le transport par des températures entre -6 et -3,1 °C était associé à une mortalité plus élevée que le transport par des températures de -3 °C et plus, tandis que la mortalité par des températures de 0 à 21 °C ne présentait aucune différence significative. Vieira et collègues (2009a; b [étude non évaluée par les pairs]) ont recueilli trois fois par jour des données sur la température du thermomètre sec, enregistrées dans un poste météorologique situé à proximité de l'abattoir où ils ont obtenu leurs données de mortalité. Les morts en cage au cours de la période de collecte des données ont été groupées par catégorie, de < 21 °C, où la mortalité était la plus faible, en progressant de façon linéaire jusqu'à la catégorie de > 28 °C, où la mortalité était la plus élevée. Warriss et collègues (2005) ont associé les données sur la température quotidienne d'un poste météorologique à 16 km de l'abattoir aux données de mortalité qu'ils ont fournies eux-mêmes. Une très légère hausse de la mortalité (de 0,09 à 0,10 %) a été observée entre -1 °C et 17 °C, après quoi la mortalité a grimpé brusquement avec la hausse de température (17 à 20 °C : 0,13 %; 20 à 23 °C : 0,26 %; 23 à 27 °C : 0,66 %) (Warriss et coll., 2005). Whiting et collègues (2007) ont noté la température quotidienne publiée par Environnement Canada, enregistrée immédiatement avant l'abattage au poste météorologique le plus proche de l'abattoir. Leur analyse montre que pour les cargaisons où les taux de mortalité étaient élevés, la température ambiante lors du déchargement était supérieure à 18 °C, comme l'avaient suggéré Warriss et collègues en 2005 (Whiting et coll., 2007). Ces analyses épidémiologiques semblent indiquer que les morts en cage ont tendance à afficher une hausse marquée lorsque les températures ambiantes sont inférieures à -3 °C et supérieures à 18 °C, bien que les facteurs déjà mentionnés qui influent sur le microclimat des remorques (et sur la capacité de thermorégulation des oiseaux) aient aussi une influence sur la plage de température acceptable lors du transport.

Microclimat des remorques

Mitchell et Kettlewell (2004a) ont observé les effets biologiques d'un vaste éventail de combinaisons de températures et d'humidité sur des poulets de chair de 6 semaines et ont utilisé la température équivalente apparente (TEA) comme indice de charge thermique. Dans leur étude, ils ont pu définir des intervalles de dyades température-humidité causant les mêmes réactions chez les oiseaux. En plus des seuils de TEA (« sûr », « alerte » et « danger »), l'étude souligne l'importance des effets combinés de stressseurs multiples et l'importance de mesurer plus que la température lorsqu'il est question de l'environnement de transport. D'autres études mesurent directement le microclimat des remorques et son incidence sur les facteurs déterminants et les indicateurs possibles du bien-être des oiseaux. Ritz et collègues (2005) ont mené une étude approfondie en Géorgie (États-Unis), où ils ont surveillé les conditions de température durant tout le processus de transport, du poulailler aux étriers, pour 24 cargaisons de poulets de chair âgés de 42 à 51 jours pesant en moyenne 2,35 kg (Figure 5). Ils ont surveillé les conditions à l'aide de 5 à 10 enregistreurs de température également répartis au centre du poulailler à la hauteur des oiseaux, 2 à 24 heures avant le chargement. De plus, durant l'attrapage, au moins 3 enregistreurs de données ont été placés au centre des cages de transport avant leur chargement à bord des remorques. Le processus de transport d'oiseaux vivants a été examiné en trois segments : avant le transport (avant l'attrapage et jusqu'à l'attente à bord du camion); au cours du transport; et après le transport (de la réception et de la période d'attente jusqu'à la suspension dans des étriers). Ritz et collègues (2005) ont observé une hausse des températures dans le poulailler au début de l'attrapage en raison de l'entrée d'air par les portes ouvertes (les températures ambiantes locales étaient élevées), avec quelques morts au fond du poulailler causées par l'entassement et les délais d'attrapage, les températures élevées ayant persisté durant tout le processus. La température a brusquement baissé après le caissage et le chargement, comme prévu, car le camion de transport était refroidi par un ventilateur, et le transport proprement dit n'a pas posé un risque thermique significatif, car la chaleur dans les cageots s'est dissipée grâce au déplacement de l'air en

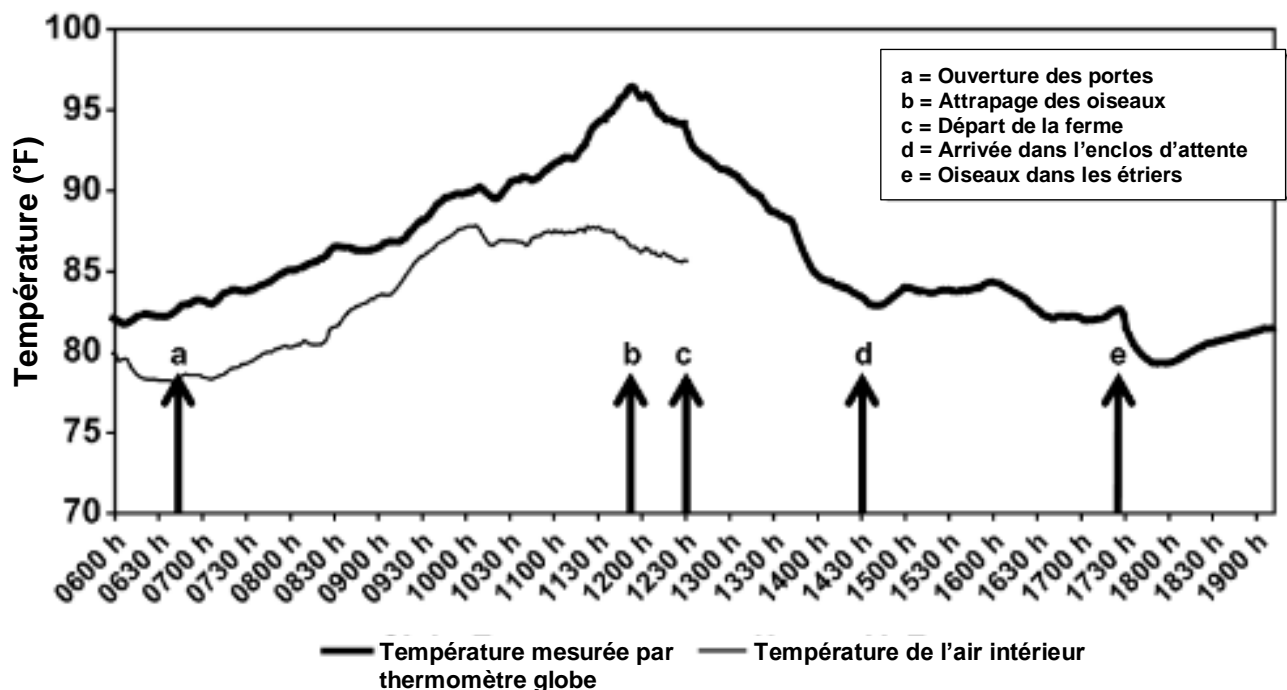


Figure 5 : Courbe sensorielle de température mesurée par thermomètre globe représentant l'expérience thermique de poulets de chair durant un transport typique d'oiseaux vivants par temps chaud, de l'attrapage à la suspension dans les étriers. Les flèches indiquent les points de transition durant le transport où la température des oiseaux peut changer en raison des effets environnementaux ou de stratégies de gestion pour contrôler le stress de chaleur (Ritz et coll., 2005).

transit. La [Figure 5](#), reproduite de l'article de Ritz et collègues (2005), représente les écarts de température durant le processus de transport d'oiseaux vivants.

Jiang et collègues (2016) ont évalué le microclimat des remorques après le transport par temps chaud à l'aide de poulets de chair commerciaux des deux sexes âgés de 45 jours et pesant en moyenne 2,5 kg. Ils constatent que la température et l'humidité relative sont plus élevées à l'arrière des remorques, où la vitesse de l'air est moindre, que dans les compartiments de l'avant et du milieu. Leurs données indiquent que la période d'attente après le transport a des effets bénéfiques, et que ces effets sont amplifiés avec une brumisation d'eau pour réduire la charge thermique et les variations du microclimat à l'intérieur des remorques. L'incidence de viande pâle, molle et exsudative (PSE), un défaut lié au stress de chaleur, était plus élevée chez les oiseaux à l'arrière des remorques et dans les remorques n'ayant pas été rafraîchies par brumisation d'eau.

Simões et collègues (2009) ont utilisé six anémomètres thermiques répartis dans chaque remorque pour mesurer la température, l'humidité relative et la vitesse de l'air toutes les 5 minutes durant un trajet par temps chaud. Les poulets de chair de l'étude avaient 44 jours et étaient de sexes mélangés. L'étude a compris des trajets de 15 km (30 minutes) et de 55 km (90 minutes) entre deux fermes et un abattoir; la vitesse et la durée de la période d'attente ont été légèrement différentes au cours de chaque trajet. Les températures ambiantes notées ont été de 29 et de 31 °C, respectivement. Les cargaisons des remorques ont été groupées selon le fait que les oiseaux aient été ou non humectés d'eau avant leur transport. L'application d'eau a ramené la température de la remorque sous la température ambiante (et réduit les taux de viande PSE), tandis que pour le transport où les oiseaux n'avaient pas été humectés, la température dans la remorque était supérieure à la température ambiante. La température et l'humidité relative étaient plus élevées dans la partie arrière de la remorque, sans égard à l'application d'eau, probablement à cause de la ventilation réduite dans cette partie. L'incidence de viande PSE était elle aussi élevée dans cette partie. La [Figure 6](#), reproduite de l'étude de Simões et collègues (2009), résume les constatations des auteurs sur le microclimat. En général, durant le transport par temps chaud, la partie tout au fond de la remorque est associée à des températures et à une humidité relative plus élevées, et à une plus grande incidence de viande PSE, que les autres parties. Le fait d'humecter les oiseaux avant ou après le transport réduit la charge thermique et améliore les conditions dans la remorque. La température en transit est plus fraîche que la température ambiante quand les oiseaux ont été humectés avant le transport; dans ces cas, c'est l'attrapage et l'attente qui posent le plus grand risque thermique.

Il existe des études semblables sur le microclimat des remorques durant le transport par temps doux et par temps froid. Vosmerova et collègues (2010) ont prélevé des échantillons de sang sur des poulets de chair Ross de 42 jours pesant de 1,95 à 2,25 kg en moyenne, avant et après des trajets de 10 km, 70 km et 130 km dans une remorque commerciale. Trois plages de température ambiante ont été analysées (-5 à 5 °C; 10 à 20 °C; et 25 à 35 °C), et la température à l'intérieur de la remorque a été relevée une fois par minute avec un enregistreur de données placé au centre de la cargaison. Les températures des remorques ont été en moyenne de 18,5, 22 et 30,5 °C pour chaque plage de température respective. Les niveaux de corticostérone ont été les plus élevés immédiatement après le caissage des oiseaux et ont diminué avec le temps, quelle que soit la saison. Les niveaux de corticostérone ont été élevés dans la plage de -5 à 5 °C pour la plupart des comparaisons. Les auteurs ont aussi évalué l'acide urique, les triglycérides et le glucose plasmatiques, des indicateurs de stress généralement imputés à la hausse des exigences métaboliques. Vosmerova et collègues (2010) concluent que le transport par temps doux et par temps frais est associé à des changements physiologiques qui sont signes de besoins énergétiques accrus (par rapport à la plage de 10 à 20 °C), les températures fraîches ayant un effet légèrement plus marqué. Dadgar et

collègues (2010) ont surveillé les conditions dans une remorque commerciale à l'aide de sondes de température et d'humidité placées dans des cageots contenant des oiseaux dont la température centrale (TC) était enregistrée. Les poulets de chair avaient de 39 à 42 jours et pesaient entre 2,19 et 2,30 kg. Les

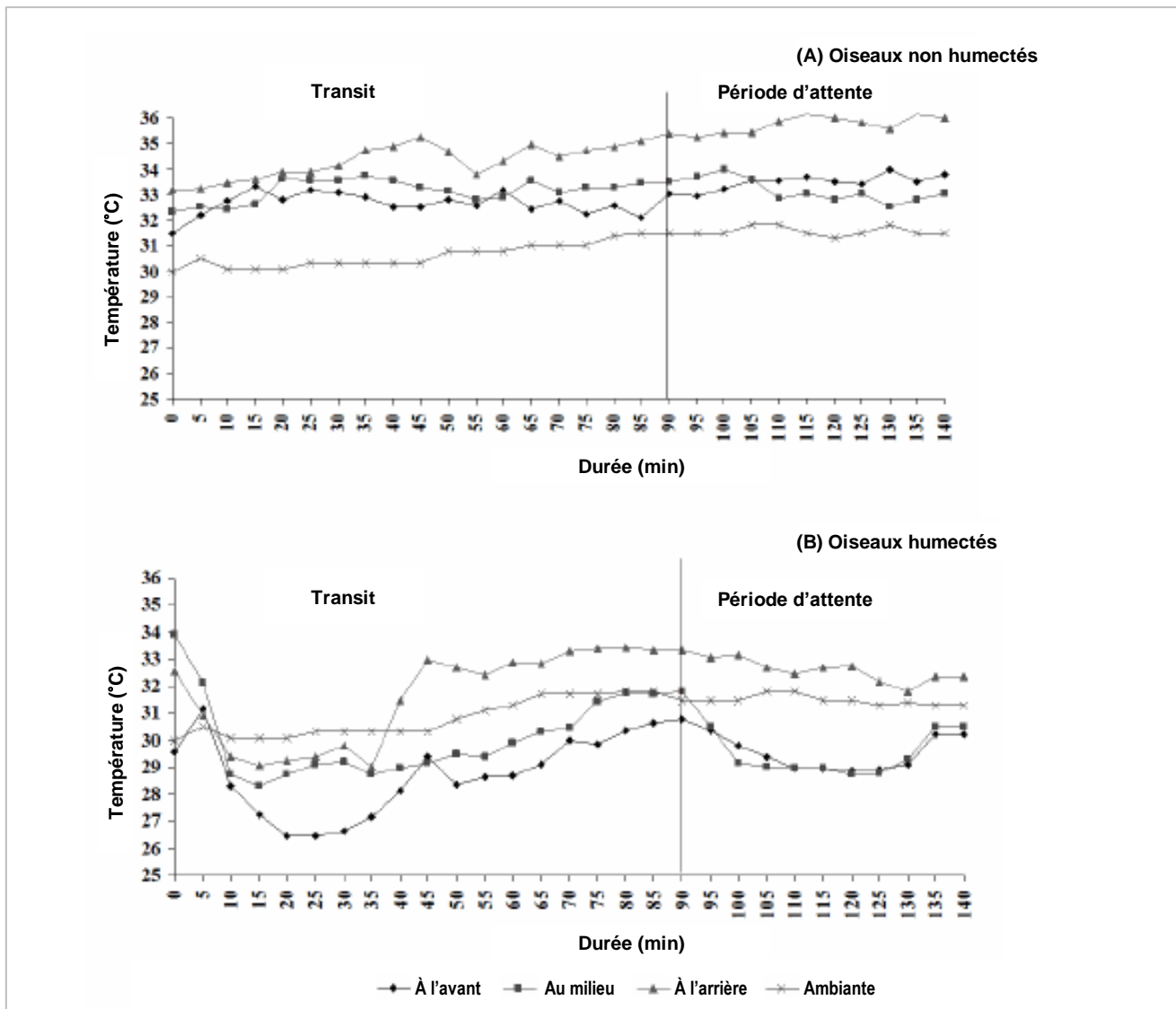


Figure 6 : Durée et température à l'avant, au milieu et à l'arrière du véhicule pour des oiseaux n'ayant pas été humectés (A) et ayant été humectés (B) lors d'un trajet de 55 km (90 minutes) : d'abord en transit, puis après l'attente de 50 minutes à l'abattoir (Simões et coll., 2009)

températures ambiantes s'échelonnaient entre -27 et 11 °C. Les oiseaux ont été groupés par plages de température dans les cageots, les températures variant entre < 0 et 30 °C. Ils ont été groupés en quatre catégories fondées sur la température moyenne de leur environnement immédiat durant le transport : ≤ 0, 0 à 10; 10 à 20; et > 20 °C, avec 86, 159, 143 et 134 oiseaux par groupe, respectivement. Si les oiseaux ont été groupés de cette façon, c'est parce que les écarts de température généraux durant chaque essai ont été très vastes. Les sujets exposés à des températures inférieures à 0 °C ont présenté une baisse sensible de leur TC comparativement aux sujets exposés à des températures de 10 °C ou plus, et l'incidence de viande DFD a augmenté avec la baisse des températures sous le point de congélation. Une hausse de l'incidence de viande PSE a été observée avec la hausse de la température à la hauteur des oiseaux (Dadgar et coll., 2010). Knezacek et collègues (2010) ont surveillé les conditions dans la remorque et les conditions

ambiantes durant quatre trajets commerciaux à l'aide de sondes fixées aux cageots et à l'extérieur du véhicule. Des oiseaux sentinelles équipés d'enregistreurs de TC ont été inclus dans chaque cargaison, et la température rectale des autres oiseaux a été prise avant et après le transport. Les températures ambiantes se sont situées entre -7 et -28 °C, et celles dans les cageots, entre -1 et 31 °C. Les températures rectales étaient corrélées aux températures dans les cageots et aux températures ambiantes, mais ce n'était pas le cas pour la TC. Knezacek et collègues (2010) ont aussi noté la présence d'un noyau de chaleur dans la cargaison. En général, des signes de stress sont observés chez les oiseaux exposés à des températures inférieures à 0 °C. Des données d'observation recueillies dans l'étude de Caffrey et collègues (2017) semblent indiquer que les oiseaux ont une capacité limitée de supporter les conditions de froid extrême durant le transport.

Richards et collègues (2012) ont évalué le microclimat à bord de 24 cargaisons de poules en fin de ponte à l'aide d'enregistreurs de données répartis à 8 endroits de la remorque (Figure 7). Les remorques étaient ventilées naturellement et utilisaient un système modulaire de 12 tiroirs per module. Tous les modules avaient un toit plein et des côtés ouverts. Les trajets ont duré 4,2 heures en moyenne, et la durée d'attente moyenne a été de 4,9 heures; les températures ambiantes ont varié entre 5 et 30 °C. Les auteurs font état d'écarts considérables dans les températures des modules (Figure 8). Les températures étaient plus élevées dans les modules du haut à l'avant de la remorque et dans les modules du bas à l'arrière de la remorque. Durant l'attente, les modules du haut étaient plus chauds que ceux du bas, et les plus frais étaient les tiroirs du bas des modules du bas. Il est donc probable que les tiroirs dans le bas et sur les côtés d'une cargaison contiennent les oiseaux les plus exposés au stress dû au froid, tandis que les tiroirs du haut près du centre de la remorque contiennent les oiseaux les plus exposés au stress de chaleur (Richards et coll., 2012).

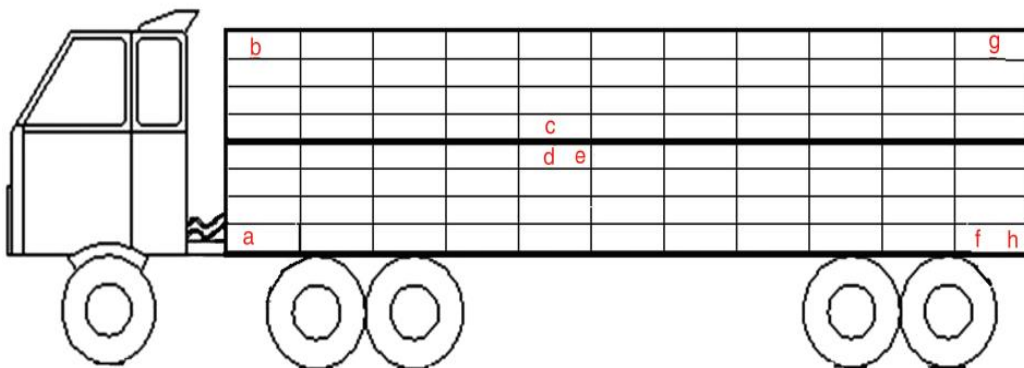


Figure 7 : Diagramme représentant une semi-remorque type servant au transport des volailles avec 11 piles de 2 modules chacune. Chaque module contient 12 tiroirs (4 en hauteur x 3 en largeur). Les lettres a-h indiquent la position des enregistreurs. Aux positions a-g, les enregistreurs étaient situés dans le tiroir central; aux positions e et h, ils se trouvaient sur le côté d'un tiroir situé au bord du module (Richards et coll., 2012).

D'autres études de surveillance du microclimat des remorques donnent de l'information sur l'effet de la configuration de ventilation. Kettlewell et collègues (2000) ont évalué le microclimat des remorques au cours de 6 trajets à l'aide d'enregistreurs de données répartis à l'intérieur. Les taux de ventilation ont été variables, et la température centrale des poulets de chair a été mesurée durant certains trajets, qui ont eu lieu à des températures ambiantes entre 9 et 18 °C. Une baisse de la température corporelle a été observée après le transport chez les oiseaux situés près des orifices de ventilation et quand les taux de ventilation étaient élevés (4,83 à 5,34 m³/s). Burlinguette et collègues (2012) ont surveillé la température et l'humidité dans des remorques au cours de 12 trajets avec quatre configurations différentes d'évents et de bâches à des températures ambiantes de -24 à 10 °C. Les trajets ont duré : 136; 63 à 139; 179 à 189; et

140 à 235 minutes pour chaque configuration d'événements et de bâches. Les poulets de chair avaient entre 39 et 42 jours et pesaient en moyenne entre 2,2 et 2,4 kg. Quand la configuration de ventilation de la remorque comportait des événements et des rideaux latéraux ouverts (la configuration habituelle par temps chaud), les plages de température à l'intérieur de la remorque étaient plus réduites qu'avec la configuration fermée typique du transport par temps froid. Avec une configuration fermée, les températures peuvent être supérieures de 2 à 20 °C aux températures ambiantes fraîches près des entrées d'air, et il se crée un noyau de chaleur là où la ventilation est réduite. À l'opposé, avec une configuration ouverte (utilisée quand la température ambiante est > 10 °C), 97 % de la cargaison reste à une température ne faisant pas plus de 5 °C que la température ambiante. La très grande plage de températures observée avec les configurations de ventilation fermées couramment utilisées pour le transport hivernal crée des possibilités d'hypothermie et d'hyperthermie au sein d'une même cargaison.

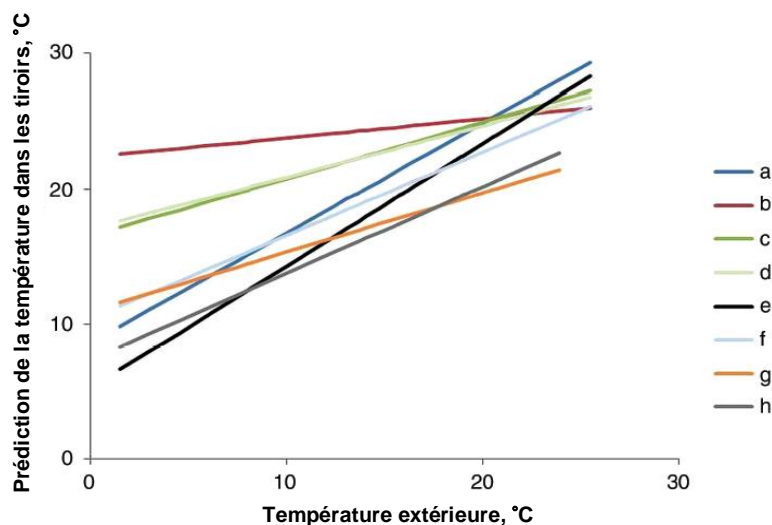


Figure 8 : Températures dans les tiroirs durant le transport à différentes températures extérieures (pour la position des tiroirs a-h, voir la fig. 7) selon les prédictions d'un modèle de données fondé sur 24 voyages (Richards et coll., 2012).

Études sur les poulets de chair dans des cageots de transport

Les expériences où des poulets de chair dans des cageots de transport sont exposés à des conditions climatiques contrôlées tentent d'isoler l'effet de certains stress environnementaux. Akşit et collègues (2006) ont examiné l'effet de hautes températures sur des poulets de chair Ross de 7 semaines n'ayant pas été nourris pendant 8 heures, puis ayant été attrapés et gardés dans des cageots pendant 2 heures. Les sujets pesaient de 2,4 à 3 kg. Les oiseaux avaient été élevés à une température de 22 °C et ont été exposés à des températures de 15, 22 et 34 °C dans les cageots. Les durées d'immobilité tonique ont été évaluées (avant et après le caissage), et des échantillons de sang, prélevés avant et après le transport, ont été testés pour déterminer l'acide urique, le glucose, l'albumine et le rapport hétérophiles/lymphocytes (RHL), un indicateur de stress souvent utilisé pour les volailles. Après le caissage à 34 °C, la glycémie et le RHL des poulets de chair ont augmenté, mais aucune différence n'a été observée chez les poulets dans les cageots exposés à des températures de 22 et de 15 °C. La température élevée dans les cageots a aussi causé des changements dans les paramètres physiologiques et de qualité de la viande. La durée de l'immobilité tonique n'a pas varié avec la température. Chen et collègues (1983) ont évalué l'effet d'une attente de 8 et de 16 heures à des températures de 10 ou de 32 °C. Des poulets de chair élevés à une température de 26,7 °C ont été privés de nourriture pendant 12 heures, puis mis dans des cageots avant d'être placés dans une chambre à atmosphère contrôlée ou transformés immédiatement. La perte de poids au fil du temps a

été près du double chez les poulets exposés à une température de 32 °C; les mâles ont eu tendance à perdre plus de poids que les femelles, et la mortalité au bout de 16 heures d'attente était très élevée (25 %). Bien que la perte de poids ne soit pas clairement associée au bien-être des oiseaux, cela donne une idée des exigences métaboliques exercées sur les oiseaux.

Des études semblables portent sur l'effet de l'exposition au froid sur des poulets de chair dans des cageots de transport. Dadgar et collègues (2011) ont exposé des poulets de chair à des températures allant de -18 à -4 °C, avec un groupe témoin exposé à une température de 20 °C, pendant 3 heures. Les oiseaux étaient dans des cageots, mais séparés les uns des autres dans chaque tiroir pour les empêcher de se blottir les uns contre les autres. La température centrale (TC) des oiseaux, leur physiologie et la qualité de leur viande ont été évaluées d'après les plages de température à l'intérieur des cageots : de -17 à < -14 °C; de -14 à < -11 °C; de -11 à < -8 °C; de -8 à < 0 °C; et de 20 à < 22 °C. Un résumé des constatations des auteurs est présenté au

Tableau 3. En général, la TC a diminué avec l'exposition au froid, avec un seuil de froid tolérable plus bas chez les jeunes oiseaux. Remarquablement, chez les jeunes oiseaux de 35 jours (1,9 kg), la TC de 9 % et de 23 % des oiseaux a baissé sous 24 °C quand les températures étaient au-dessous de -11 °C et de -14 °C, respectivement. Une baisse de la TC de cette ampleur est jugée potentiellement mortelle et susceptible de compromettre le bien-être par sa gravité. Chez des oiseaux de 42 jours (2,6 kg) exposés aux mêmes températures, très peu ont présenté une TC de moins de 30 °C. La perte de poids vif a aussi augmenté, et la glycémie a diminué, ce qui indique une plus grande dépense d'énergie. Quand les températures dans les cageots étaient inférieures à -14 °C, l'incidence de viande DFD était nettement plus élevée. Dans une étude semblable, Dadgar et collègues (2012) ont confirmé ces résultats. Leurs données figurent aussi au

Tableau 3. Les oiseaux ont été exposés à des températures de -15 à -9 °C, et le groupe témoin, à une température de 20 °C. L'exposition aux traitements a eu lieu quand les oiseaux avaient 5 semaines (2,14 kg) et 6 semaines (2,86 kg). Dans cette étude, la TC a sensiblement baissé, tout comme la glycémie, quand les températures dans les cageots étaient inférieures à -8 °C. La perte de poids vif était aussi plus élevée chez les oiseaux exposés au froid, les plus jeunes ayant subi la plus grande perte. Ici encore, l'incidence de viande DFD était plus élevée chez les oiseaux exposés aux températures sous zéro, ce qui est signe d'épuisement du glycogène musculaire. Ces résultats indiquent une homéostasie thermique fragilisée et une dépense d'énergie accrue durant l'exposition au froid, avec un risque très élevé de problèmes de bien-être chez les oiseaux plus jeunes. Strawford et collègues (2011) ont exposé des poulets de chair (âgés de 32 à 33 jours) placés dans des cageots de transport à des températures de -5, de -10 ou de -15 °C pendant 3 heures et ont surveillé leur TC et leur comportement durant l'exposition, l'attente (1 heure dans les cageots avant l'exposition) et une fois libérés dans leur parquet d'attache. Contrairement aux études de Dadgar et collègues (2010, 2012), les oiseaux pouvaient se mouvoir librement dans les cageots. Vers la fin de la période d'exposition, les oiseaux évitaient les zones les plus froides du cageot.

Tableau 3 : Effets physiologiques de l'exposition à différentes températures selon Dadgar et coll. (2011, 2012).

ÉTUDE		PLAGES DE TEMPÉRATURE					VALEUR P
		-17 à < -14 °C	-14 à < -11 °C	-11 à < -8 °C	-8 à < 0 °C	20 à < 22 °C	
Dadgar et coll., 2011 (360 poulets de chair des deux sexes)	Perte de poids vif (%)	4,03 ^{ab}	4,20 ^a	3,72 ^b	3,97 ^{ab}	1,36 ^c	< 0,0001
	Glycémie (mmol/L)	7,32 ^e	8,24 ^d	8,881 ^c	9,41 ^b	10,8 ^a	< 0,0001
	TC (°C)	37,05 ^e	38,18 ^d	38,93 ^c	39,87 ^b	40,56 ^a	< 0,0001
Dadgar et coll., 2012 (160 poulets de chair mâles)		-14 à < -11 °C	-11 à < -8 °C	-8 à < 0 °C	20 à < 24 °C		
	Perte de poids vif (%)	2,9 ^b	3,5 ^a	3,4 ^a	1,7 ^c		< 0,0001
	Glycémie (mmol/L)	6,9 ^d	8,5 ^c	10,1 ^b	12,3 ^a		< 0,0001
	TC (°C)	34,5 ^d	36,9 ^c	38,9 ^b	40,5 ^a		< 0,0001

^{a-e} Veut dire une différence significative ($p \leq 0,05$) si dans une rangée sans le même exposant ($p < 0,05$)

La perte de poids vif n'était pas différente d'un traitement à l'autre, mais la TC a été affectée : les oiseaux ont présenté une légère hypothermie (TC < 39,4 °C) dans des proportions de 11 %, 55 % et 44 %, respectivement, aux températures de -5, -10 et -15 °C. Chez 89 % des oiseaux, l'exposition à -5 °C n'a pas excédé la capacité d'adaptation thermique. Les chercheurs considèrent que le libre mouvement des oiseaux dans les cageots a contribué à atténuer la baisse de la TC constatée dans les études antérieures. Watts et collègues (2011) ont mené une étude semblable sur les niveaux de chaleur et d'humidité produits après exposition à différentes températures (de -18 à -5 °C, avec un groupe témoin exposé à une température de 20 °C) et différentes densités d'oiseaux dans les cageots. Des poulets de chair Ross 308 de 28 et de 40 jours, pesant entre 1,76 et 2,68 kg, ont été utilisés. Les chercheurs ont constaté que les taux de production de chaleur et d'humidité augmentaient avec l'exposition au froid, tandis que la TC diminuait. Watts et collègues (2011) pensent que la densité dans les cageots pourrait avoir une incidence sur la capacité de thermorégulation des oiseaux, mais que la densité idéale dépend de la température dans le cageot, qui varie selon l'emplacement du cageot à bord du camion dans un scénario de transport réel. Hunter et collègues (1999) ont exposé des poulets de chair de 6 semaines, mouillés et secs, placés dans des cageots de transport, à des températures allant de -4 à 12 °C pendant 3 heures. Leur température rectale a été prise avant et après l'exposition. Chez les oiseaux secs, la température rectale n'a pas diminué sensiblement, même après une exposition à -4 °C, mais chez les oiseaux mouillés, des baisses de la température rectale ont été observées même à 12 °C, avec des baisses potentiellement mortelles à -4 °C. La courbe de diminution de la TC (obtenue d'après les enregistreurs de données implantés) chez les oiseaux mouillés exposés au froid présente une baisse plus prononcée après 90 minutes, ce qui indique une quelconque défaillance de la thermorégulation à ce stade.

Pour résumer, les exigences métaboliques de thermorégulation au cours d'un transport simulé par temps froid accentuent la perte de poids vif et l'incidence de viande DFD, ce qui a un impact négatif sur les recettes en raison du poids final réduit des oiseaux. Le risque d'hypothermie chez les oiseaux secs est élevé quand ils sont exposés au froid, avec des différences marquées de leur TC aux températures entre -5 °C et -10 °C. Les poulets de chair femelles, probablement en raison de leur plumage amélioré, et les oiseaux âgés, probablement en raison de leur plus grosse taille, supportent mieux les températures froides. Les oiseaux mouillés sont beaucoup moins capables de supporter l'exposition au froid et présentent un risque d'hypothermie élevé quand la température est inférieure à 8 °C.

Autres facteurs

D'autres facteurs pouvant influencer sur l'environnement thermique ou la thermorégulation des oiseaux durant le transport ont aussi été analysés. Selon une étude épidémiologique menée par Chauvin et

collègues (2011) sur des poulets de chair âgés de 43 jours en moyenne et pesant 1,9 kg, la présence de vent ou de pluie durant le transport était associée à une hausse de la mortalité. Les auteurs indiquent qu'à des températures modérées ou quand les oiseaux sont transportés sur une courte distance, ces facteurs ont une moindre incidence.

D'autres facteurs environnementaux pourraient être des stressseurs susceptibles de nuire au bien-être en causant de la peur ou de l'inconfort durant le transport. Plusieurs chercheurs constatent que l'heure de la journée a un effet sur la mortalité; en général, le pourcentage de poulets de chair morts en cage augmente quand le transport se fait durant le jour, mais toutes les études citées ne sont pas évaluées par des pairs (Barbosa Filho et coll., 2008; Bayliss et Hinton, 1990; Nijdam et coll., 2004; Vieira et coll., 2009a). La plupart indiquent que le stress de chaleur ou la peur sont la raison de ces résultats. Taylor et collègues (2001) ont analysé l'effet de la hauteur des cageots sur la perte de poids vif de poulets de chair de 6 semaines, mais n'ont trouvé aucune différence significative entre les cageots plus et moins hauts. Le caractère aversif du bruit, du mouvement et des vibrations a été évalué dans plusieurs études. Les vibrations sont jugées très aversives : les poulets de chair les évitent quand ils en ont la possibilité (Abeyesinghe et coll., 2001) et présentent des niveaux de corticostérone élevés quand ils y sont exposés (Carlisle et coll., 1998). Les chercheurs ne s'entendent pas sur les fréquences qui causent le plus de tort, mais elles se situent généralement dans un intervalle de 1 à 5 Hz, une fréquence à laquelle les oiseaux sont susceptibles d'être exposés durant le transport (Abeyesinghe et coll., 2001; Carlisle et coll., 1998; Randall et coll., 1997). Warriss et collègues (1997) ont évalué l'effet des vibrations sur la qualité de la viande pour mieux comprendre leur effet sur l'épuisement du glycogène musculaire. Les oiseaux de l'étude pesaient 1,57 kg en moyenne. Les auteurs constatent que l'exposition à 3 heures de vibrations (1,8 à 2,2; 4,5 à 5,5; et 9 à 11 Hz) entraîne une hausse de la TC et une baisse du pH musculaire, mais que cet effet n'est plus perceptible après seulement 1 heure. Warriss et collègues (1997) en concluent que les vibrations n'expliquent pas entièrement l'épuisement du glycogène qui survient durant le transport. Quand Nicol et collègues (1991) ont analysé l'effet du bruit, ou du bruit accompagné d'un mouvement sans vibrations, chez des poulets de chair, ils ont constaté que le mouvement était aversif, mais pas le bruit.

Conclusions

Les stressseurs thermiques peuvent potentiellement réduire de façon radicale le bien-être des oiseaux durant le transport en contribuant beaucoup à leur stress, en perturbant leur homéostasie et même en causant leur mort. Par temps chaud, il est possible de réduire le stress de chaleur en humectant les oiseaux, mais quand il fait plus froid, cela peut fortement accroître la probabilité d'hypothermie. Plusieurs facteurs influent sur les conditions à l'intérieur des cageots, comme leur emplacement dans le camion, les niveaux de ventilation et l'humidité, ce qui complique l'établissement de seuils de température ambiante clairs. Dans plusieurs analyses épidémiologiques, des maladies préexistantes ou des problèmes de santé du troupeau, ainsi que des blessures subies durant l'attrapage, expliquent une grande partie des morts en cage observées, des condamnations et d'autres indicateurs de problèmes de bien-être (Bayliss et Hinton, 1990; Chauvin et coll., 2011; Nijdam et coll., 2006; Ritz et coll., 2005; Vosmerova et coll., 2010; Whiting et coll., 2007). Toutefois, ces conditions préexistantes peuvent être exacerbées par le stress thermique durant le transport. D'autres stimuli environnementaux, comme les vibrations, sont aversifs et peuvent contribuer au stress, mais les effets physiologiques des stressseurs thermiques sont beaucoup plus importants, et parfois mortels. D'après les études publiées, les températures ambiantes convenables durant le transport se situent entre 0 et 18 °C, mais il ne faut pas oublier que les conditions à l'intérieur des camions varient beaucoup et peuvent être atténuées ou exacerbées par d'autres facteurs.

Dindons

Température

Des analyses rétrospectives montrent que les morts en cage augmentent en général avec la température ambiante durant le transport et qu'elles diminuent avec la baisse des températures en transit. Di Martino et collègues (2017), à l'aide de données portant sur 41 452 cargaisons de dindons (femelles [de 9,04 kg et de 108 jours]; et mâles [de 19,35 kg et de 142 jours]) et sur 3 241 cargaisons de dindes en fin de ponte (à plumes blanches [1,63 kg]; et à plumes brunes [1,99 kg]), constatent une hausse des morts en cage quand les températures ambiantes sont au-dessus de 12 °C, avec une hausse supplémentaire au-dessus de 26 °C. Dans leur analyse, la température ambiante lors du transport est le facteur le plus étroitement associé aux taux de morts en cage : plus que la durée du transport, la densité dans les cageots, le type de cageots, le sexe ou la lignée génétique. De même, Machovcova et collègues (2016) et Petracci et collègues (2006) jugent que le transport estival est associé à la mortalité saisonnière la plus élevée. Machovcova et collègues (2016) établissent aussi un lien entre la température ambiante lors du transport et les taux de morts en cage; la mortalité est la plus élevée aux températures de 18 à 21 °C et de 14 à 17,9 °C (0,236 % et 0,261 %, respectivement), tandis qu'elle était la plus faible dans les plages de température de -2 à 1,9 °C et de 2 à 5,9 °C (0,079 % et 0,077 %, respectivement). La plage de température la plus froide à avoir été évaluée, soit de -6 à -2,1 °C, est associée à une plus haute mortalité (0,179 %) que la plage de -2 à 9,9 °C (Machovcova et coll., 2016). L'augmentation des taux de morts en cage quand il fait suffisamment froid est confirmée par Voslářová et collègues (2006), qui constatent que le transport hivernal (de décembre à février) est associé à la mortalité saisonnière la plus élevée (0,34 %). Les taux de condamnation pour cyanose sont aussi influencés par la température ambiante lors du transport. Comparativement aux températures plus clémentes de 0,1 °C et plus, les condamnations pour cyanose sont plus fréquentes durant le transport par des températures de -9,9 à 0 °C, et elles présentent un autre pic quand il fait -10 °C et moins.

Les études sur l'exposition des dindons au froid et à la chaleur donnent lieu à des constatations semblables. Selon El-Halawani et collègues (1973), les expositions à la chaleur (32 °C) et au froid (7 °C) sont toutes les deux associées à des niveaux de corticostérone accrus (et à la perturbation du rythme circadien de la corticostérone) chez les dindons mâles blancs à large poitrine (âgés de 9 semaines), avec des hausses de 43 % chez les oiseaux stressés par la chaleur et de 41 % chez les oiseaux stressés par le froid, comparativement aux oiseaux non stressés (24 °C). Le stress de chaleur chez les dindons entraîne également une hausse de la température centrale (TC) des oiseaux, de légères perturbations de la chimie sanguine (hypocapnie, alcalose) et l'expression accrue des protéines de choc thermique (Wang et Edens, 1993; Mills et coll., 1999).

Les réactions aux conditions de température et d'humidité durant le transport diffèrent selon le sexe ou le poids des dindons. Henrikson et collègues (2018) ont récemment utilisé des chambres de simulation du transport pour exposer des dindons mâles (16 semaines) et femelles (12 semaines) à l'une de trois combinaisons de température et d'humidité (20 °C avec soit 30 %, soit 80 % d'humidité relative, ou -18 °C) sur une période de 8 heures. La température centrale, la glycémie et le RHL n'ont pas différé d'un traitement à l'autre, ce qui indique que les dindons sont capables de supporter ces températures. Dans une comparaison entre les sexes, les mâles ont mieux supporté les températures froides que les femelles. Une étude du même groupe (Vermette et coll., 2017) a comparé les réactions de dindons femelles de 12 semaines et de dindons mâles de 16 semaines à deux températures (20 °C et 35 °C). Le traitement à 35 °C a causé une plus grande perte de poids vif, une plus forte hausse de la température

centrale, un RHL plus élevé et un pH musculaire plus faible. Les effets des traitements, qui différaient selon le sexe, l'âge et le poids, ont été plus prononcés chez les mâles.

Ventilation

Il a été suggéré que la ventilation joue un rôle important dans la thermorégulation des volailles durant le transport, mais les études sur les dindons sont rares. Une étude sur l'effet de la vitesse de l'air dans les poulaillers peut donc à tout le moins fournir certaines indications. Yahav et collègues (2008) ont comparé l'effet de différents taux de ventilation sur le rendement et la température corporelle de 240 dindons de 4 semaines logés à diverses températures. Les auteurs ont déterminé que les vitesses d'air supérieures améliorent la productivité quand la température des logements est élevée (30 et 35 °C), mais qu'elles sont légèrement nuisibles par des températures plus fraîches (25 °C). La température rectale est également influencée par la vitesse de l'air, mais de façon très variable, comme on le voit au [Tableau 4](#).

Contrairement aux attentes, la TC a augmenté avec la vitesse de l'air à 30 °C, tandis que dans les poulaillers où la température était de 25 °C, l'augmentation de la vitesse de l'air a fait baisser la TC, sauf à la vitesse de l'air la plus élevée (2,5 m/s), laquelle était aussi associée à l'élévation de la TC. Aucun changement dans la TC n'a été décelé pour différentes vitesses d'air dans les poulaillers où la température était de 35 °C (Yahav et coll., 2008).

Tableau 4 : Effet de la température ambiante sur la vitesse de l'air (VA), le poids à 42 jours, l'ingestion d'aliments du 21^e au 42^e jour, l'indice de consommation et la température rectale (Yahav et coll., 2008)

Température ambiante (°C)	Vitesse de l'air (m/s)	Poids (grammes le 42 ^e j)	Ingestion d'aliments (grammes du 21 ^e au 42 ^e j)	Indice de consommation (g/g)	Température rectale (°C)
35	0,8	2 556 ^b	2 856 ^b	0,621	41,49 ^a
	1,5	2 666 ^a	2 948 ^{ab}	0,635	41,23 ^b
	2,0	2 692 ^a	3 043 ^a	0,625	40,64 ^c
	2,5	2 612 ^{a^b}	2 873 ^{ab}	0,633	41,22 ^b
30	0,8	2 913 ^b	2 366 ^b	0,632	40,89 ^b
	1,5	3 128 ^a	2 634 ^a	0,643	41,11 ^{ab}
	2,0	3 119 ^a	2 585 ^a	0,643	41,35 ^a
	2,5	3 139 ^a	2 678 ^a	0,644	41,34 ^a
25	0,8	3 071	3 652	0,614 ^a	40,59
	1,5	2 973	3 752	0,565 ^{bc}	40,81
	2,0	2 928	3 761	0,560 ^c	40,66
	2,5	3 030	3 647	0,606 ^{a^b}	40,71

^{a-c} Veut dire une différence significative ($p < 0,05$) si dans chaque plage de température ambiante et dans la même colonne sans le même exposant

ÉTATS AFFECTIFS

Vibrations

Les vibrations durant le transport font augmenter les niveaux d'hormones chez les poulets de chair, notamment les niveaux de corticostéroïdes plasmatiques, ce qui indique un niveau de stress accru; et elles font diminuer la glycémie, ce qui peut accroître les niveaux de fatigue (Carlisle et coll., 1998). S'ils ont le choix, les oiseaux manifestent de l'aversion pour les forces de vibration (Duggan et Randall, 1995; Randall et coll., 1997; Abeyesinghe et coll., 2001), et il existe des indications selon lesquelles leurs niveaux de peur augmentent en réponse aux vibrations (Randall et coll., 1993; Scott, 1994). Les effets physiologiques des vibrations pourraient aussi perturber l'état émotionnel des oiseaux, notamment en

augmentant leur fréquence cardiaque, ce qui pourrait se répercuter sur leur pression artérielle (selon la revue de Scott, 1994). Nicol et collègues (1991) ont étudié l'aversion des poulets de chair au mouvement; ils constatent qu'une vibration douce avec une seule secousse est plus aversive qu'un simple mouvement harmonique sur le plan horizontal ou vertical. L'exposition à un mouvement circulaire sur le plan horizontal est plus aversif qu'un simple mouvement harmonique sur le plan vertical.

DENSITÉ ET CONCEPTION DES CAGEOTS DE TRANSPORT

FONCTIONNEMENT BIOLOGIQUE

Poules en fin de ponte

Aucune information adéquate n'était disponible pour évaluer les effets de la densité des oiseaux dans les cageots sur le bien-être des poules en fin de ponte durant le transport. Selon Weeks et collègues (1997), diminuer la densité dans les cageots pour épargner des blessures aux poules pourrait réduire leur capacité de supporter le transport par temps froid, mais cette opinion est fondée sur l'estimation de la production de chaleur et non sur une comparaison directe des densités dans les cageots.

Dindons

Comme pour la durée, les études sur la densité des dindons dans les cageots de transport se limitent en gros aux analyses rétrospectives. Dans une étude menée dans le Nord de l'Italie par Di Martino et collègues (2017), les densités élevées étaient associées à une mortalité accrue, et l'augmentation de la densité pour éviter les risques du transport par temps froid s'est révélée inefficace. Dans une enquête menée dans un seul abattoir en Ontario, la densité dans les cageots de transport ($m^2/oiseau$) n'a eu aucun effet sur les niveaux de parage des carcasses à l'usine de transformation, ce qui indique que les hématomes durant le transport n'ont pas changé selon les différences de densité (McEwen et Barbut, 1992).

Poulets de chair

La densité dans les cageots de transport a été évaluée dans plusieurs études, mais la définition de la densité varie : dans certains cas, elle indique le nombre d'oiseaux par cargaison ou par cageot; dans d'autres, le poids des oiseaux est pris en compte, et la densité est exprimée en kg/m^2 . La densité dans les cageots et son incidence sur le bien-être des oiseaux varient aussi selon la température, ce qui complique un peu plus l'évaluation de ce facteur de stress. Deux études épidémiologiques ont décelé des augmentations des taux de morts en cage dans les cargaisons où les densités dans les cageots étaient élevées (l'intervalle testé était de 25,9 à 42,7 oiseaux, avec un poids moyen de 2,437 kg par compartiment) (Nijdam et coll., 2004; Vieira et coll., 2013), tandis que Bayliss et Hinton (1990) ont observé une mortalité accrue à des densités plus faibles, mais seulement en hiver. Petracci et collègues (2005) établissent un lien entre les faibles densités dans les cageots et les pertes importantes de poids vif, peut-être à cause de la fraîcheur des températures pendant la période de l'étude. Ils constatent aussi une moindre incidence de déclassement des carcasses quand les densités sont faibles et imputent en partie ce résultat au plus petit nombre de blessures quand les oiseaux sont dans les cageots. Les densités utilisées pour cette expérience étaient faibles ($< 55 kg/m^2$), moyennes (55 à $67 kg/m^2$) et élevées ($> 67 kg/m^2$), et les oiseaux avaient entre 38 et 55 jours. Dans une expérience contrôlée menée par Bedánová et collègues (2005), quand des oiseaux (de 42 jours et de 3,05 kg) ont été gardés dans des cageots pendant 2 heures, la densité n'a pas eu d'effet sur le RHL, mais la numération globulaire et les niveaux d'hémoglobine ont été affectés. La période relativement courte passée dans les cageots a probablement limité l'utilité d'un indicateur de stress à long terme comme le RHL. Dans une étude simulant des conditions de transport,

Delezie et collègues (2007) ont noté des niveaux de corticostérone accrus et des températures rectales élevées chez des poulets de chair de 42 jours placés dans des cageots à des densités élevées (0,0350 m²/poulet c. 0,0575 m²/poulet), que les sujets aient été à jeun ou nourris. Leurs niveaux d'acide urique et d'acides gras non essentiels ont aussi augmenté avec le transport à haute densité dans cette étude, en partie à cause du stress de chaleur, comme en témoigne la hausse de l'expression de la protéine HSP70. D'après leurs constatations, Delezie et collègues (2007) concluent que l'incidence de la densité dans les cages de transport éclipse celle du retrait de nourriture et du stress du transport en soi.

ÉTATS AFFECTIFS

Les modifications à la conception des cageots de transport pourraient avoir une influence sur les états affectifs des volailles. L'encombrement limite la capacité de bouger (dans les cageots plus courts, les oiseaux passent plus de temps allongés et à haleter, et moins de temps à bouger, à se retourner ou à lisser leurs plumes), tandis qu'un espace excessif peut accroître le nombre de meurtrissures douloureuses ou d'égratignures (Wichman et coll., 2010; 2012). En ce qui concerne les indicateurs physiologiques de peur ou de stress, la recherche est limitée. Vinco et collègues (2016) ont mesuré les niveaux de corticostéroïdes et le RHL de poulets de chair de 52 jours (3,37 kg) transportés soit dans des cageots vendus dans le commerce, soit dans des cageots double hauteur. Ils n'ont constaté aucune différence dans les niveaux de corticostéroïdes, mais le RHL était en fait plus élevé dans les cageots modifiés, tout comme les niveaux de blessures potentiellement douloureuses. Les auteurs imputent ces résultats aux niveaux de stress plus élevés quand les oiseaux ont suffisamment d'espace pour se tenir debout durant le transport.

Densité

La densité des oiseaux dans les cageots de transport est importante pour la thermorégulation et peut varier selon la température ambiante et l'humidité relative. Par temps chaud et humide par exemple, la densité devrait être réduite pour permettre aux oiseaux d'utiliser des techniques comportementales (comme de bouger pour augmenter la circulation de l'air) pour se rafraîchir (Bayliss et Hinton, 1990). De même, par temps froid, la densité devrait permettre aux oiseaux de modifier leur utilisation de l'espace pour préserver leur chaleur corporelle (Strawford et coll., 2011), mais si leur nombre est insuffisant, ils ne produisent pas assez de chaleur pour maintenir la température centrale dans leur groupe.

DURÉE DU TRAJET

FONCTIONNEMENT BIOLOGIQUE

Poules en fin de ponte

Les données sur la distance et la durée du transport des poules en fin de ponte sont rares et limitées aux études épidémiologiques. Les résultats de ces études sont certainement utiles, mais l'incertitude quant aux conditions de transport fait qu'il est difficile d'en tirer des conclusions éclairées. Les données sur la distance de transport sont moins utiles que celles sur la durée, car la durée peut varier même quand la distance à parcourir reste la même. Néanmoins, quand la durée de transport n'est pas indiquée, la présence de données sur la vitesse de déplacement peut permettre de l'estimer et de faire des déductions sur la ventilation dans la remorque. Il est malheureusement rare que la vitesse de déplacement durant le transport soit précisée.

Dans les études disponibles, la distance et la durée moyennes du transport des poules en fin de ponte varient. Ces poules sont parfois transportées sur de plus longues distances que d'autres espèces de volailles, car leurs carcasses sont moins recherchées par les transformateurs (Voslářová et coll., 2007a).

Les distances de transport des poules en fin de ponte déclarées au Canada dans les années 1990 étaient généralement de 80 à 800 km; la durée du trajet était de 6 à 10 heures, sans compter environ 2 à 4 heures pour le chargement et le déchargement (Newberry et coll., 1999). Pour les poules transformées dans leur province d'élevage, la durée moyenne écoulée entre le chargement et le déchargement était de 18 heures. Pour celles transportées dans une autre province, la durée moyenne était de 26 heures selon les données de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) pour l'Ontario et le Québec (Newberry et coll., 1999). Dans une analyse italienne, la durée du transport variait entre 1 et 8 heures (Di Martino et coll., 2017). Une étude menée en République tchèque indique que 95 % des poules et des coquelets sont transportés sur une distance de 300 km ou moins, tandis qu'au Royaume-Uni, la grande majorité des poules en fin de ponte sont transportées sur 650 km ou moins (Voslářová et coll., 2007a; Weeks et coll., 2012).

L'effet de la distance et/ou de la durée de transport a été associé à des changements dans les niveaux de morts en cage. En général, les morts en cage augmentent de façon linéaire avec la durée ou la distance de transport, bien que les conditions ambiantes aient un effet sur l'augmentation relative (Di Martino et coll., 2017; Newberry et coll., 1999; Voslářová et coll., 2007a, b; Weeks et coll., 2012).

Dindons

Les études sur la durée de transport des dindons sont principalement des analyses épidémiologiques rétrospectives où les morts en cage représentent le principal indicateur de résultats. Les défauts des carcasses ont aussi été pris en compte dans une analyse. Les problèmes de qualité de la viande peuvent être des indicateurs de stress lié au transport, et sont donc mentionnés ici, mais ils ne sont pas associés de façon concluante au bien-être durant le transport (Machovcova et coll., 2016). Les distances et les durées de transport varient beaucoup. Selon une étude menée récemment en République tchèque, 99 % des trajets faisaient moins de 300 km, et 90 % faisaient moins de 200 km. Dans une étude antérieure, environ 10 % des dindons avaient été transportés sur plus de 300 km (Voslářová et coll., 2007b). Sur le plan de la durée, une enquête menée en 1989 dans un petit nombre d'abattoirs au Royaume-Uni fait état d'une durée de transit totale de 2,2 à 10,2 heures, avec 90 % des oiseaux passant moins de 5 heures et 99 % passant moins de 7 heures en transit (Warriss et Brown, 1996). Une autre petite enquête menée en Ontario en 1987 et 1988 indique que la durée moyenne totale passée à bord des camions est de 13,4 heures pour les reproducteurs, de 14,9 heures pour les reproductrices et de 14,7 heures pour les dindons de chair (McEwen et Barbut, 1992).

En général, la mortalité augmente avec la distance et la durée. Dans le Nord de l'Italie, les durées de transport de plus de 60 minutes sont associées à une hausse des morts en cage par rapport aux trajets plus courts; les trajets de moins de 30 minutes comportent le moins de risques (Di Martino et coll., 2017). Machovcova et collègues (2016) enregistrent les taux de mortalité les plus faibles lorsque la distance est inférieure à 50 km ([Tableau 5](#)). Le risque est sensiblement plus élevé lors des trajets de 51 à 100 km, et le niveau de risque grimpe encore sensiblement entre 101 et 200 km. Les trajets de 201 à 300 km sont associés à la mortalité la plus élevée, tandis que les taux de mortalité lors des trajets de plus de 300 km se situent entre ceux des trajets de 101 à 200 km et de 201 à 300 km (la différence n'est pas significative) (Machovcova et coll., 2016). Dans une étude similaire, les trajets de moins de 50 km sont aussi associés à la mortalité la plus faible ([Tableau 6](#)), et la mortalité augmente successivement entre les trajets de 51 à 100 km, de 101 à 200 km et de 201 à 300 km. Les trajets de plus de 300 km comportent un moindre risque de morts en cage; ce risque est sensiblement plus élevé que pour les trajets de < 50 km, mais moins que pour les trajets de 51 à 100 km. Les très longs trajets sont proportionnellement moins nombreux (9 %), mais il est possible que des précautions supplémentaires soient prises lors du transport de dindons

sur de plus grandes distances (Voslářová et coll., 2007b). Un résumé des niveaux de morts en cage déclarés pour diverses durées et distances de trajet est présenté au

Tableau 7.

Tableau 5 : Données de mortalité selon la distance de transport recueillies en République tchèque entre 2009 et 2014 (Machovcova et coll., 2016)

Distance de transport (km)	Nb de dindons transportés	% de trajets/distance	Mortalité moyenne (%)
< 50	439 210	57,6	0,023 ^d
51 – 100	136 769	17,9	0,197 ^c
101 – 200	103 827	13,6	0,306 ^b
201 – 300	75 556	9,9	0,543 ^a
> 300	7 427	1,0	0,364 ^{ab}

^{a-d} veut dire une différence significative ($p < 0,05$) si dans la même colonne sans le même exposant

En ce qui concerne les caractéristiques des carcasses, l'augmentation de la durée totale du séjour à bord du camion est associée à l'augmentation des pilons abîmés et des défauts de carcasses conduisant au parage de moitiés d'ailes; de tels problèmes sont probablement préjudiciables au bien-être avant l'abattage (McEwen et Barbut, 1992). Lors d'une expérience de simulation du transport, le pH du muscle de la poitrine a aussi varié selon la durée. La baisse de pH du muscle grand pectoral a été ralentie avec le passage à la catégorie supérieure de durée du transport, soit de 15 à 30 minutes, de 1 heure 15 minutes à 1 heure 30 minutes, et de 2 heures à 2 heures 30 minutes. Les dindons transportés entre 15 et 30 minutes ont présenté le plus faible pH du muscle de la poitrine à 3, 6 et 24 heures post mortem, et ceux transportés pendant 2 heures à 2 heures 30 minutes ont eu le pH le plus faible après 20 minutes et le plus élevé 24 heures après la mort. Il est possible que le transport de longue durée accélère le métabolisme au point d'épuiser le glycogène musculaire. Les valeurs de couleur n'ont pas été influencées par la durée dans l'étude en question (Boukhris et coll., 2017).

Tableau 6 : Données de mortalité selon la distance de transport recueillies en République tchèque entre 1997 et 2006 (Voslářová et coll., 2007b)

Distance de transport	Nb moyen de dindons transportés	% de trajets/distance	Mortalité moyenne (%)
< 50	548 975	31,9	0,164 ^a
51 – 100	493 017	28,6	0,297 ^b
101 – 200	307 914	17,9	0,340 ^c
201 – 300	214 245	12,4	0,341 ^d
> 300	158 574	9,2	0,279 ^e

^{a-e} veut dire une différence significative ($p < 0,05$) si dans la même colonne sans le même exposant

Tableau 7 : Incidence des durées de transport sur les niveaux de morts en cage (MEC) et les taux de condamnation (%) des poules en fin de ponte

ÉTUDE		DD1 ^a	DD2 ^a	DD3 ^a	DD4 ^a	DD5 ^a	DD6 ^a	DD7 ^a	DD8 ^a	MEC GLOBALES	
Di Martino et coll., 2017		1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h		
	MEC (%) (médiane)	0,28	0,32	0,35	0,39	0,39	0,39	0,49	0,57	0,38	
	<i>p</i>	Réf.	0,257	0,025	0,001	0,010	< 0,001	0,001	< 0,001		
Newberry et coll., 1999		< 12 h		16 h ^b		18 h ^c		> 24 h		26 h ^d	
	MEC (%) (moyenne)	0,7		2,0		1,7		2,3		4,0	-
	Taux de condamnation (%)	6,5		9,2		4,1		9,9		5,4	-
	<i>p</i>	-		-		-		-		-	
Voslářová et coll., 2007b		< 50 km		51–100 km		101–200 km		201–300 km		> 300 km	
	MEC (%) (moyenne)	0,595		0,766		1,131		1,892		0,963	1,01
	<i>p</i>	< 0,05		< 0,05		< 0,05		< 0,05		< 0,05	

^a DD : Distance/Durée

^b Transport transfrontière

^c Transport intraprovincial

^d Transport interprovincial

Poulets de chair

Nous considérons que la distance, ou plus exactement la durée, influe sur le bien-être durant le transport pour deux raisons : le stress du confinement prolongé à bord d'un camion en mouvement et l'accentuation d'autres stressseurs, comme les extrêmes de température et le jeûne solide et liquide. La distance est un indicateur un peu moins utile que la durée, mais si la vitesse de déplacement est précisée, il est possible d'estimer la durée et de corrélérer les deux indicateurs de durée du trajet. Malheureusement, malgré son effet sur le taux de ventilation (et donc sur le microclimat de la remorque), la vitesse de déplacement est rarement connue ou incluse dans les analyses épidémiologiques – et celles-ci constituent une grande partie de la littérature scientifique.

En général, les niveaux de morts en cage augmentent avec la distance et la durée du trajet. Bianchi et collègues (2005), appuyés par Petracci et collègues (2005), constatent des niveaux réduits de morts en cage quand la durée du transport est inférieure à 3,5 heures, mais aucune différence entre une durée de 3,5 à 5 heures et une durée de > 5 heures. La durée de la période d'attente n'a pas d'effet significatif sur la mortalité selon cette étude. Bayliss et Hinton (1990), par contre, font état d'une association entre la durée de la période d'attente et la mortalité élevée (surtout l'été), mais associent en général la mortalité durant le transport à l'état de santé à la ferme et aux blessures durant le chargement. Dans leur étude, les causes de mortalité sont plus souvent liées aux caractéristiques de la ferme et aux particularités du trajet qu'à la durée de transport (et à la distance) en soi. Kittelsen et collègues (2017) ont groupé des troupeaux selon leur mortalité, élevée (> 0,30 %) ou faible, et ont constaté que la durée de transport moyenne était plus longue d'1 heure et demie dans le groupe à haute mortalité. Nijdam et collègues (2004) ont analysé les facteurs de risque d'augmentation des morts en cage et constatent que les périodes de transport et d'attente plus longues sont toutes les deux associées à un risque accru. Ils observent aussi une interaction entre la température ambiante et la durée du transport, avec une baisse du risque lié à la durée lorsque les températures se situent entre 15 et 25 °C. Warriss et collègues (1992) font état d'une mortalité supérieure d'environ 80 % quand le transport dure plus de 4 heures, mais ce lien est faiblement corrélé ($r = 0,23$). La relation entre les niveaux de morts en cage et la distance n'est pas significative dans leur étude. Aral et collègues (2014) observent une mortalité élevée quand la durée de chargement additionnée à la durée de transport dépasse 6 heures, et la mortalité la plus haute quand elle dépasse 10 heures, mais n'incluent que

des statistiques descriptives. Voslářová et collègues (2007b) font état d'une hausse significative de la mortalité pour chaque catégorie de distance successive, soit de < 50 km; de 51 à 100 km; de 101 à 200 km; de 201 à 300 km et de > 300 km, mais ne donnent aucune information sur la durée de transport ou de la période d'attente. Elsayed (2014) constate une augmentation semblable de la mortalité avec la distance (15, 50 et 150 km).

D'autres indicateurs de problèmes de bien-être ont aussi été étudiés en lien avec la distance et la durée de transport. Les niveaux de corticostérone et le RHL sont des indicateurs de stress couramment utilisés pour les volailles, et plusieurs études évaluent les réactions des oiseaux à des trajets de longueur croissante. Dans une étude sur le transport commercial menée par Elsayed (2014), les niveaux de corticostérone augmentent après 50 km de trajet par rapport à leurs niveaux d'avant le transport, et après 150 km en hiver et en été par rapport à des distances plus courtes. Dans une autre étude épidémiologique, Yalçin et Güler (2012) font état d'un RHL plus élevé après de longues durées de transport. À l'opposé, Knowles et collègues (1996) ne décèlent aucun effet significatif de la durée de transport (de 0 à 2,63 heures) sur les niveaux de corticostérone. Plusieurs études sur les oiseaux dans les cageots de transport évaluent aussi l'effet de l'augmentation de la durée passée dans les cageots sur les indicateurs de stress. Bedánová et collègues (2014) ont trouvé une corrélation positive entre la durée passée dans les cageots et les taux de corticostérone plasmatique, mais aucun effet sur le RHL en raison de la durée relativement courte dans les cageots. Chloupek et collègues (2008) établissent eux aussi une corrélation positive entre la durée et la corticostérone, dont les niveaux dans le plasma atteignent un sommet au bout de 8 heures, puis diminuent après 12 heures. Voslářová et collègues (2011) observent une croissance des niveaux de corticostérone après le caissage, avec un sommet au bout de 15 minutes. Kannan et collègues (1997), par contre, ne constatent aucun effet de la durée passée dans les cageots sur la corticostérone, ni sur les niveaux d'épinéphrine et de norépinéphrine. De même, dans une étude de simulation des conditions de transport menée par Zhang et collègues (2009), la durée de transport et celle de l'attente n'ont pas d'effet sur le RHL, et les niveaux de corticostérone diminuent légèrement lors du transport de longue durée. Selon une étude de Cashman et collègues (1989), il y aurait une forte relation linéaire positive entre la durée d'immobilité tonique et la durée du trajet, ce qui indique un niveau de peur élevé.

La perte de poids vif, les paramètres physiologiques et la qualité de la viande, bien que n'étant pas des indicateurs directs du bien-être, peuvent donner une idée du degré d'exigence métabolique éprouvé par les oiseaux durant le transport. La distance du trajet peut avoir un effet sur ces indicateurs, mais l'effet est probablement lié au prolongement à la fois de la durée du retrait de nourriture et de l'exposition des oiseaux à des stressseurs qui requièrent une dépense d'énergie. Plusieurs chercheurs ont évalué ces indicateurs, mais leurs résultats ne concordent pas toujours. La perte de poids vif présente la courbe la plus fiable et augmente avec la distance ou la durée dans la majorité des études (Aral et coll., 2014; Karaman, 2009; Petracci et coll., 2005; Sowinska et coll., 2013). Le glucose plasmatique baisse de façon assez constante avec l'augmentation de la durée du transport (Chloupek et coll., 2008; Elsayed, 2014; Zhang et coll., 2009), mais le contraire a aussi été observé : dans certains cas, le glucose plasmatique augmente avec la durée du transport (Yalçin et Güler, 2012), et dans d'autres, aucun effet significatif n'est observé par rapport à la durée (Warriss et coll., 1993). D'autres indicateurs physiologiques, comme le lactate, l'acide urique et les triglycérides plasmatiques, ainsi que la qualité de la viande, ne sont pas systématiquement influencés par la durée de transport et pourraient être davantage associés aux stressseurs thermiques et au retrait de nourriture.

Dans l'ensemble, l'augmentation de la distance et de la durée de transport est probablement stressante pour les poulets de chair non seulement parce qu'ils sont confinés, mais à cause de leur exposition prolongée à des stressseurs thermiques et des exigences métaboliques du jeûne solide et liquide. Le point

exact auquel le bien-être est menacé dépend beaucoup de l'environnement de transport et de la présence de stressés supplémentaires, mais il est conseillé de limiter autant que possible la durée du transport.

ÉTATS AFFECTIFS

En général selon Mills et Nicol (1990), les niveaux de peur (mesurés sur une période de 5 heures) augmentent avec la durée du trajet. Nous avons déjà mentionné que l'incidence d'hématomes potentiellement douloureux peut aussi augmenter avec la durée de transport (Scholtyssek et Ehinger, 1976). Comme dans les autres sections toutefois, il faut se rappeler que les réactions émotionnelles des oiseaux au stress du transport sont plurifactorielles.

RECHERCHE FUTURE

Les futures études devraient principalement chercher à comprendre l'effet cumulatif des multiples variables qui influencent simultanément le bien-être des oiseaux durant le transport. Il existe de nombreuses combinaisons de la sorte, mais parmi les interactions bidirectionnelles, on trouve celles de la liste ci-dessous. Les combinaisons de facteurs peuvent inclure plus de deux variables, et en bout de ligne, il serait certainement avantageux pour la science de comprendre les effets combinés de tous les facteurs. Les durées d'exposition maximales sûres pour diverses combinaisons de niveaux des dyades suivantes pourraient prendre la forme de recommandations :

1. Température et humidité
2. Vitesse de l'air et température-humidité
3. Densités de chargement dans les cageots et température-humidité
4. Âge des oiseaux et densité dans les cageots
5. Type d'oiseaux et densité dans les cageots
6. Interaction entre la conception du véhicule et les microenvironnements de la remorque

D'autres domaines possibles de recherche sur le transport des volailles pourraient avoir trait au bien-être des poussins durant le transport, en insistant sur :

- a) L'utilisation de cycles lumière-obscurité en transit
- b) La distance ou la durée de transport
- c) L'intérêt des sources de nourriture supplémentaires en transit
- d) Les effets des vibrations sur les poussins en transit.

BIBLIOGRAPHIE

- Abeyesinghe, S.M., C.M. Wathes, C.J. Nicol et J.M. Randall. « The aversion of broiler chickens to concurrent vibrational and thermal stressors », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 73 (2001), p. 199-215.
- Akşit, M., S. Yalçın, S. Özkan, K. Metin et D. Özdemir. « Effects of temperature during rearing and crating on stress parameters and meat quality of broilers », *Poultry Science*, vol. 85 (2006), p. 1867-1874.
- Ansong-Danquah, J. « A survey of carcass condemnation at a poultry abattoir and its application to disease management », *Revue vétérinaire canadienne*, vol. 28 (1987), p. 53-56.
- Aral, Y., M.S. Arıkan, A.C. Akin, C.Y. Kuyululu, S.C. Güloğlu et E. Sakarya. « Economic losses due to live weight shrinkage and mortality during the broiler transport », *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, vol. 61 (2014), p. 205-210.
- Barbosa Filho, J.A.D., F.M.C. Vieira, B.H. Fonseca, I.J.O. Silva, D.B. Garcia et A. Hildebrand. « Poultry transport microclimate analysis through enthalpy comfort index (ECI): a seasonal assessment » dans *Livestock Environment VIII, 31 August - 4 September 2008*, Chutes d'Iguazú (Brésil), American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2008, p. 639-643.
- Bayliss, P.A., et M.H. Hinton. « Transportation of broilers with special reference to mortality rates », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 28 (1990), p. 93-118.
- Bedánová, I., E. Voslářová, V. Vecerek, V. Pistěková et P. Chloupek. « Effects of reduction in floor space during crating on haematological indices in broilers », *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, vol. 119 (2005), p. 17-21 [résumé].
- Bedánová, I., E. Voslářová, G. Zelinska, J. Blahova, P. Marsalek et J. Chloupek. « Neopterin and biopterin as biomarkers of immune system activity associated with crating in broiler chickens », *Poultry Science*, vol. 93 (2014), p. 2432-2438.
- Beuving, G., et G.M.A. Vonder. « Effect of stressing factors on corticosterone levels in the plasma of laying hens », *General and Comparative Endocrinology*, vol. 35 (1978), p. 153-159.
- Bianchi, M., M. Petracci et C. Cavani. « Effects of transport and lairage on mortality, liveweight loss and carcass quality in broiler chickens », *Italian Journal of Animal Science*, vol. 4 (2005), p. 516-518.
- Boukhris, H., C. Damergi, T. Najar et A. Samet. « Transport stress impact on postmortem metabolisms of turkey meat quality », *Journal of New Sciences*, vol. 37 (2017), p. 2049-2054.
- Broom, D.M., P.G. Knight et S.C. Stansfield. « Hen behaviour and hypothalamic-pituitary-adrenal responses to handling and transport », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 16 (1986), p. 98 [résumé].
- Burlingette, N.A., M.L. Strawford, J.M. Watts, H.L. Classen, P.J. Shand et T.G. Crowe. « Broiler trailer thermal conditions during cold climate transport », *Revue canadienne de science animale*, vol. 92 (2012), p. 109-122.
- Caffrey, N.P., I.R. Dohoo et M.S. Cockram. « Factors affecting mortality risk during transportation of broiler chickens for slaughter in Atlantic Canada », *Preventative Veterinary Medicine*, vol. 147 (2017), p. 199-208.
- Carlisle, A.J, M.A. Mitchell, R.R. Hunter, J.A. Duggan et J.M. Randall. « Physiological responses of broiler chickens to the vibrations experienced during road transportation », *British Poultry Science*, vol. 39 (1998), p. S48-S49.
- Cashman, P.J., C.J. Nicol et R.B. Jones. « Effects of transportation on the tonic immobility fear reactions of broilers », *British Poultry Science*, vol. 30 (1989), p. 211-221.

- Chauvin, C., S. Hillion, L. Balaine, V. Michel, J. Peraste, I. Petetin, C. Lupo et S. Le Bouquin. « Factors associated with mortality of broilers during transport to slaughterhouse », *Animal*, vol. 5 (2011), p. 287-293.
- Chen, T.C., C.D. Schultz, F.N. Reece, B.D. Lott et J.J. McNaughton. « The effect of extended holding time, temperature, and dietary energy on yields of broilers », *Poultry Science*, vol. 62 (1983), p. 1566-1571.
- Chloupek, P., V. Vecerek, E. Voslářová, I. Bedánová, P. Suchy, V. Pistekova et A. Kozak. « Effects of different crating periods on selected biochemical indices in broiler chickens », *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, vol. 121 (2008), p. 132-136.
- Dadgar, S., E.S. Lee, T.L.V. Leer, N. Burlingette, H.L. Classen, T.G. Crowe et P.J. Shand. « Effect of microclimate temperature during transportation of broiler chickens on quality of the *pectoralis major* muscle », *Poultry Science*, vol. 89 (2010), p. 1033-1041.
- Dadgar, S., E.S. Lee, T.L.V. Leer, T.G. Crowe, H.L. Classen et P.J. Shand. « Effect of acute cold exposure, age, sex, and lairage on broiler breast meat quality », *Poultry Science*, vol. 90 (2011), p. 444-457.
- Dadgar, S., T.G. Crowe, H.L. Classen, J.M. Watts et P.J. Shand. « Broiler chicken thigh and breast muscle responses to cold stress during simulated transport before slaughter », *Poultry Science*, vol. 91 (2012), p. 1454-1464.
- Delezie, E., Q. Swennen, J. Buyse et E. Decuypere. « The effect of feed withdrawal and crating density in transit on metabolism and meat quality of broilers at slaughter weight », *Poultry Science*, vol. 86 (2007), p. 1414-1423.
- Di Martino, G., K. Capello, E. Russo, M. Mazzucato, P. Mulatti, N. Ferrè, A. Garbo, M. Bricchese, S. Marangon et L. Bonfanti. « Factors associated with pre-slaughter mortality in turkeys and end of lay hens », *Animal*, vol. 11 (2017), p. 2295-2300.
- Duggan, J.A., et J.M. Randall. « Aversion of broiler chickens to whole-body vibration using a passive avoidance technique » dans *Proceedings of the 29th International Congress of the International Society for Applied Ethology*, Exeter (Royaume-Uni), UFAW, 1995, p. 67-69.
- Duke, G.E., M. Basha et S. Noll. « Optimum duration of feed and water removal prior to processing in order to reduce the potential for fecal contamination in turkeys », *Poultry Science*, vol. 76 (1997), p. 516-522.
- El-Halawani, M.E., P.E. Waibel et A.L. Good. « Effects of temperature stress on catecholamines and corticosterone of male turkeys », *American Journal of Physiology*, vol. 224 (1973), p. 384-388.
- Elsayed, M.A. « Effects of length of shipping distance and season of the year temperature stress on death rates and physiological condition of broilers on arrival to slaughterhouse », *Journal of Nuclear Technology in Applied Science*, vol. 2 (2014), p. 453-463.
- Gross, W.B., et H.S. Siegel. « Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens », *Avian Diseases*, vol. 27 (1983), p. 972-979.
- Gross, W.B., et P.B. Siegel. « Effects of initial and second periods of fasting on heterophil/lymphocyte ratios and body weight », *Avian Diseases*, vol. 30 (1986), p. 345-346.
- Henrikson, Z.A., C.J. Vermette, K. Schwan-Lardner et T.G. Crowe. « Effects of cold exposure on physiology, meat quality, and behavior of turkey hens and toms crated at transport density », *Poultry Science*, vol. 97 (2018), p. 347-357.
- Hunter, R.R., M.A. Mitchell et A.J. Carlisle. « Wetting of broilers during cold weather transport: a major source of physiological stress? », *British Poultry Science*, vol. 40 (1999), p. S48-S49.

- Hunter, R.R., M.A. Mitchell et C. Matheu. « Mortality of broiler chickens in transit – correlation with the thermal micro-environment » dans *Livestock Environment VI: Proceedings of the 6th International Symposium*, Louisville, KY (États-Unis), American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2001, p. 542-549.
- Jiang, N., P. Wang, T. Xing, M. Han et X. Xu. « An evaluation of the effect of water-misting sprays with forced ventilation on the occurrence of pale, soft, and exudative meat in transported broilers during summer: impact of the thermal microclimate », *Journal of Animal Science*, vol. 94 (2016), p. 2218-2227.
- Kannan, G., J.L. Heath, C.J. Wabeck, M.C.P. Souza, J.C. Howe et J.A. Mench. « Effects of crating and transport on stress and meat quality characteristics in broilers », *Poultry Science*, vol. 76 (1997), p. 523-529.
- Karaman, M. « Effect of transport time on body performance of broilers during transit to slaughter house », *Journal of Animal and Veterinary Advances*, vol. 8 (2009), p. 1555-1557.
- Kettlewell, P.J., R.P. Hoxey et M.A. Mitchell. « Heat produced by broiler chickens in a commercial transport vehicle », *Journal of Agricultural Engineering Research*, vol. 75 (2000), p. 315-326.
- Khalil, A.M., K. Matsui et K. Takeda. « Responses to abrupt changes in feeding and illumination in laying hens », *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, vol. 34 (2010), p. 433-439.
- Kittelsen, K.E., R.O. Moe, K. Hoel, Ø. Kolbjørnsen, O. Nafstad et E.G. Granquist. « Comparison of flock characteristics, journey duration and pathology between flocks with a normal and a high percentage of broilers 'dead-on-arrival' at abattoirs », *Animal*, vol. 11 (2017), p. 2301-2308.
- Knezacek, T.D., A.A. Olkowski, P.J. Kettlewell, M.A. Mitchell et H.L. Classen. « Temperature gradients in trailers and changes in broiler rectal and core body temperature during winter transportation in Saskatchewan », *Revue canadienne de science animale*, vol. 90 (2010), p. 321-330.
- Knowles, T.G., et D.M. Broom. « The handling and transport of broilers and spent hens », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 28 (1990), p. 75-91.
- Knowles, T.G., P.D. Warriss, S.N. Brown, J.E. Edwards et M.A. Mitchell. « Response of broilers to deprivation of food and water for 24 hours », *British Veterinary Journal*, vol. 151 (1995), p. 197-202.
- Knowles, T.G., R.C. Ball, P.D. Warriss et J.E. Edwards. « A survey to investigate potential dehydration in slaughtered broiler chickens », *British Veterinary Journal*, vol. 152 (1996), p. 307-314.
- Machovcova, Z., V. Vecerek, E. Voslářová, M. Malena, F. Conte, I. Bedánová et L. Vecerkova. « Pre-slaughter mortality among turkeys related to their transport », *Animal Science Journal*, vol. 88 (2016), p. 705-711.
- McEwen, S.A., et S. Barbut. « Survey of turkey downgrading at slaughter: Carcass defects and associations with transport, toenail trimming, and type of bird », *Poultry Science*, vol. 71 (1992), p. 1107-1115.
- Mills, D.S., et C.J. Nicol. « Tonic immobility in spent hens after catching and transport », *The Veterinary Record*, vol. 126 (1990), p. 210-212.
- Mills, L.J., M.A. Mitchell et M. Mahon. « Comparison of thermoregulatory ability in fast and slow growing strains of turkey during acute heat stress », *British Poultry Science*, vol. 40 (1999), p. S51-S52.
- Mitchell, M.A., et P.J. Kettlewell. « The poultry transport thermal environment – matching “on-board” conditions to the birds’ physiological requirements », dans *Proceedings of the 16th Australian Poultry Science Symposium*, Sydney (Australie), 2004a, p. 175-178.
- Mitchell, M.A., et P.J. Kettlewell. « Transport of chicks, pullets, and end-of-lay hens », dans G.C. Perry, *Welfare of the Laying Hen*, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, 2004b, p. 361-374. Chapitre 30 de l'ouvrage.

- Newberry, R.C., A.B. Webster, N.J. Lewis et C. Van Arnam. « Management of spent hens », *Journal of Applied Animal Welfare Science*, vol. 2 (1999), p. 13-29.
- Nicol, C.J., A. Blakeborough et G.B. Scott. « Aversiveness of motion and noise to broiler chickens », *British Poultry Science*, vol. 32 (1991), p. 249-260.
- Nijdam, E., P. Arens, E. Lambooi, E. Decuyper et J.A. Stegeman. « Factors influencing bruises and mortality of broilers during catching, transport, and lairage », *Poultry Science*, vol. 83 (2004), p. 1610-1615.
- Nijdam, E., E. Delezie, E. Lambooi, M.J.A. Nabuurs, E. Decuyper et J.A. Stegeman. « Feed withdrawal of broilers before transport changes plasma hormone and metabolite concentrations », *Poultry Science*, vol. 84 (2005), p. 1146-1152.
- Nijdam, E., A.R.M. Zailan, J.H.H. van Eck, E. Decuyper et J.A. Stegeman. « Pathological features in dead on arrival broilers with special reference to heart disorders », *Poultry Science*, vol. 85 (2006), p. 1303-1308.
- Part, C.E., P. Edwards, S. Hajat et L.M. Collins. « Prevalence rates of health and welfare conditions in broiler chickens change with weather in a temperate climate », *Royal Society Open Science*, vol. 3 (2016), p. 160197.
- Petracci, M., M. Bianchi et C. Cavani. « Pre-slaughter factors affecting mortality, live weight loss, and carcass quality in broiler chickens » dans *Proceedings of the XVIIth European Symposium on the Quality of Poultry Meat*, Doorwerth (Pays-Bas), 2005, p. 251-255.
- Petracci, M., M. Bianchi, C. Cavani, P. Gaspari et A. Lavazza. « Preslaughter mortality in broiler chickens, turkeys, and spent hens under commercial slaughtering », *Poultry Science*, vol. 85 (2006), p. 1660-1664.
- Randall, J.M., W.V. Streader et A.M. Meehan. « Vibration on poultry transporters », *World's Poultry Science Journal*, vol. 50 (1993), p. 64-65.
- Randall, J.M., J.A. Duggan, M.A. Alami et R.P. White. « Frequency weightings for the aversion of broiler chickens to horizontal and vertical vibration », *Journal of Agricultural Engineering Research*, vol. 68 (1997), p. 387-397.
- Rault, J.L., S. Cree et P. Hemsworth. « The effects of water deprivation on the behavior of laying hens », *Poultry Science*, vol. 95 (2016), p. 473-481.
- Richards, S.A. « The influence of loss of plumage on temperature regulation in laying hens », *Journal of Agricultural Science*, vol. 89 (1977), p. 393-398.
- Richards, G.J., L.J. Wilkins, C.A. Weeks, T.G. Knowles et S.N. Brown. « Evaluation of the microclimate in poultry transport module drawers during the marketing process of end-of-lay hens from farm to slaughter », *Veterinary Record*, vol. 171 (2012), p. 474-481.
- Ritz, C.W., A.B. Webster et M. Czarick III. « Evaluation of hot weather thermal environment and incidence of mortality associated with broiler live haul », *Journal of Applied Poultry Research*, vol. 14 (2005), p. 594-602.
- Rodrigues, D.R., M.B. Café, R.M. Jardim Filho, E. Oliveira, T.C. Trentin, D.B. Martins et C.S. Minafra. « Metabolism of broilers subjected to different lairage times at the abattoir and its relationship with broiler meat quality », *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, vol. 69 (2017), p. 733-741.
- Scholtyssek, S., et F. Ehinger. « Transporteinflüsse auf broiler und deren schlachtkoerper », *Archiv für Geflügelkunde*, vol. 40 (1976), p. 27-35.
- Scott, G.B. « Effects of short-term whole body vibration on animals with particular reference to poultry », *World's Poultry Science Journal*, vol. 50 (1994), p. 25-38.

- Sherwin, C.M., S.C. Kestin, C.J. Nicol, T.G. Knowles, S.N. Brown, H.J. Reed et P.D. Warriss. « Variation in behavioural indices of fearfulness and fatigue in transported broilers », *British Veterinary Journal*, vol. 149 (1993), p. 571-578.
- Simões, G.S., A. Oba, T. Matsuo, A. Rossa, M. Shimokomaki et E.I. Ida. « Vehicle thermal microclimate evaluation during Brazilian summer broiler transport and the occurrence of PSE (pale, soft, exudative) meat », *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 52 (2009), p. 195-204.
- Sowinska, J., A.N. Wojcik, J.F. Pomianowski, L. Chorazy, T. Mituniewicz, D.O. Witkowska, J.O. Piotrowska, A.G. Kwiatkowska-Stenzel, B. Czaplinska et P. Kuczynska. « Effects of different variants of pre-slaughter transport on body weight loss and meat quality in broiler chickens », *Medycyna Weterynaryjna*, vol. 69 (2013), p. 420-423.
- Strawford, M.L., J.M. Watts, T.G. Crowe, H.L. Classen et P.J. Shand. « The effect of simulated cold weather transport on core body temperature and behavior of broilers », *Poultry Science*, vol. 90 (2011), p. 2415-2424.
- Taylor, N.L., D.L. Fletcher, J.K. Northcutt et M.P. Lacy. « Effect of transport cage height on broiler live shrink and defecation patterns », *Journal of Applied Poultry Research*, vol. 10 (2001), p. 335-339.
- Vecerek, V., S. Grbalova, E. Voslášová, B. Janackova et M. Malena. « Effects of travel distance and the season of the year on death rates of broilers transported to poultry processing plants », *Poultry Science*, vol. 85 (2006), p. 1881-1884.
- Vecerek, V., E. Voslášová, F. Conte, L. Vecerkova et I. Bedánová. « Negative trends in transport-related mortality rates in broiler chickens », *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 29 (2016), p. 1796-1804.
- Vieira, F.M., I.J. da Silva, J.A. Barbosa Filho, A.M. Vieira, D.B. Garcia et A. Hildebrand. « Production losses on poultry pre-slaughter operations in relation to density per cage: A daily period effects study », dans *Livestock Environment VIII, 31 August - 4 September 2008*, Chutes d'Iguazú (Brésil), American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009a, p. 631-638.
- Vieira, F.M., J.A. Barbosa Filho, I.J. da Silva, A.M. Vieira, V.C. Rodrigues et D.B. Garcia. « Poultry production losses and their relationship with lairage time effects: A thermodynamic study under tropical conditions », dans *Livestock Environment VIII, 31 August - 4 September 2008*, Chutes d'Iguazú (Brésil), American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009b, p. 625-630.
- Vieira, F.M., I.J. da Silva, J.A. Barbosa Filho, A.M. Vieira et D.M. Broom. « Preslaughter mortality of broilers in relation to lairage and season in a subtropical climate », *Poultry Science*, vol. 90 (2011), p. 2127-2133.
- Vieira, F.M., I.J. da Silva, J.A. Barbosa Filho et A.M. Vieira. « Reducing pre-slaughter losses of broilers: crating density effects under different lairage periods at slaughterhouse », *Journal of Animal Behaviour Biometeorology*, vol. 1 (2013), p. 1-6.
- Vermette, C.J., Z.A. Henrikson, K.V. Schwean-Lardner et T.G. Crowe. « Influence of hot exposure on 12-week-old turkey hen physiology, welfare, and meat quality and 16-week-old turkey tom core body temperature when crated at transport density », *Poultry Science*, vol. 96 (2017), p. 3836-3843.
- Vinco, L.J., I.L. Archetti et S. Giacomelli. « Influence of crate height on the welfare of broilers during transport », *Journal of Veterinary Behavior*, vol. 14 (2016), p. 28-33.
- Voslášová, E., L. Rubesová, V. Vecerek, V. Pisteková et M. Malena. « Variation in the mortality rate of turkeys during transport to the slaughterhouse with travel distance and month », *Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift*, vol. 119 (2006), p. 386-390.

- Voslářová, E., B. Janáčková, F. Vitula, A. Kozak et V. Večerek. « Effects of transport distance and season of the year on death rates among hens and roosters in transport to poultry processing plants in the Czech Republic in the period from 1997 to 2004 », *Veterinarní Medicina*, vol. 52 (2007a), p. 262-266.
- Voslářová, E., B. Janáčková, L. Rubešová, A. Kozak, I. Bedáňová, L. Steinhauser et V. Večerek. « Mortality rates in poultry species and categories during transport for slaughter », *Acta Veterinaria Brno*, vol. 76 (2007b), p. 101-108.
- Voslářová, E., P. Chloupek, P. Vosmerova, J. Chloupek, I. Bedáňová et V. Vecerek. « Time course changes in selected biochemical indices of broilers in response to pre-transport handling », *Poultry Science*, vol. 90 (2011), p. 2144-2152.
- Vosmerova, P., J. Chloupek, I. Bedáňová, P. Chloupek, K. Kruzikova, J. Blahova et V. Vecerek. « Changes in selected biochemical indices related to transport of broilers to slaughterhouse under different ambient temperatures », *Poultry Science*, vol. 89 (2010), p. 2719-2725.
- Wang, S., et F.W. Edens. « Stress-induced heat-shock protein synthesis in peripheral leukocytes of turkeys, *Meleagris gallopavo* », *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, vol. 106 (1993), p. 621-628.
- Warriss, P.D., et S.N. Brown. « Time spent by turkeys in transit to processing plants », *Veterinary Record*, vol. 139 (1996), p. 72-73.
- Warriss, P.D., S.C. Kestin, S.N. Brown et E.A. Bevis. « Depletion of glycogen reserves in fasting broiler chickens », *British Poultry Science*, vol. 29 (1988), p. 149-154.
- Warriss, P. D., E.A. Bevis, S.N. Brown et J.E. Edwards. « Longer journeys to processing plants are associated with higher mortality in broiler chickens », *British Poultry Science*, vol. 33 (1992), p. 201-206.
- Warriss, P. D., S.C. Kestin, S.N. Brown, T.G. Knowles, L.J. Wilkins, J.E. Edwards, S.D. Austin et C.J. Nicol. « The depletion of glycogen stores and indices of dehydration in transported broilers », *British Veterinary Journal*, vol. 149 (1993), p. 391-398.
- Warriss, P.D., S.N. Brown, T.G. Knowles, J.E. Edwards et J.A. Duggan. « Potential effect of vibration during transport on glycogen reserves in broiler chickens », *The Veterinary Journal*, vol. 153 (1997), p. 215-219.
- Warriss, P.D., A. Pagazaurtundua et S.N. Brown. « Relationship between maximum daily temperature and mortality of broiler chickens during transport and lairage », *British Poultry Science*, vol. 46 (2005), p. 647-651.
- Watts, J.M., L.J. Graff, M.L. Strawford, T.G. Crowe, N.A. Burlingquette, H.L. Classen et P.J. Shand. « Heat and moisture production by broilers during simulated cold weather transport », *Poultry Science*, vol. 90 (2011), p. 1890-1899.
- Weeks, C.A., S.N. Brown, G.J. Richards, L.J. Wilkins et T.G. Knowles. « Levels of mortality in hens by end of lay on farm and in transit to slaughter in Great Britain », *Veterinary Record*, vol. 170, n° 25 (2012), p. 647.
- Weeks, C.A., A.J.F. Webster et H.M. Wyld. « Vehicle design and thermal comfort of poultry in transit », *British Poultry Science*, vol. 38 (1997), p. 464-474.
- Whiting, T.L., M.E. Drain et D.P. Rasali. « Warm weather transport of broiler chickens in Manitoba. II. Truck management factors associated with death loss in transit to slaughter », *Revue vétérinaire canadienne*, vol. 48 (2007), p. 148-154.
- Wichman, A., M. Norring, M. Pastell, B. Algers, R. Pösö, A. Valros, H. Saloniemi, et L. Hänninen. « Effect of crate height during short-term confinement on the welfare and behaviour of turkeys », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 126 (2010), p. 134-139.

Wichman, A., M. Norring, L. Voutila, M. Pastell, A. Valros, B. Algers et L. Hänninen. « Influence of crate height during slaughter transport on the welfare of male turkeys », *British Poultry Science*, vol. 53 (2012), p. 414-420.

Yahav, S., M. Rusal et D. Shinder. « The effect of ventilation on performance body and surface temperature of young turkeys », *Poultry Science*, vol. 87 (2008), p. 133-137.

Yalçın, S., et H.C. Güler. « Interaction of transport distance and body weight on preslaughter stress and breast meat quality of broilers », *British Poultry Science*, vol. 53 (2012), p. 175-182.

Zhang, L., H.Y. Yue, H.J. Zhang, L. Xu, S.G. Wu, H.J. Yan et G.H. Qi. « Transport stress in broilers: I. Blood metabolism, glycolytic potential, and meat quality », *Poultry Science*, vol. 88 (2009), p. 2033-2041.

Zulkifli, I., I. Norazlina, N.N. Htin et K. Juriah. « Physiological and behavioural responses of laying hens to repeated feed deprivation », *Archiv Fur Geflugelkunde*, vol. 70 (2006), p. 22-27.

4. ÉQUIDÉS

CONCLUSIONS

1. **Plus le trajet est long, plus les risques de déshydratation, de blessures, de troubles de santé et de fatigue augmentent.**
2. **Ces risques sont accrus quand la température et la densité de chargement sont élevées.**

DURÉE DU TRAJET

Les conditions ambiantes durant le trajet, et la santé et la condition physique des chevaux avant le départ, influent sur leur capacité de maintenir l'homéostasie au cours d'un long trajet. En outre, plus les chevaux sont exposés longtemps aux facteurs de risque associés au transport (p. ex. les incidents traumatisants ou les interactions agressives), plus leur risque d'éprouver des problèmes de bien-être augmente. Des chercheurs ont fait état d'un risque accru de troubles de santé (coliques, fièvre des transports, azoturie) durant et surtout après les trajets de > 20 heures (Padalino, 2015; Padalino et coll., 2015). Dans une étude, après 24 heures de trajet, trois chevaux sur huit avaient contracté des maladies respiratoires (Oikawa et coll., 1995). Les études de Stull (1999), de Friend (2000, 2001) et de Roy et collègues (2015a, b) montrent qu'il existe un risque accru de blessures, de déshydratation et de fatigue quand la durée du trajet augmente.

PRIVATION D'EAU

Si les chevaux n'ont pas d'eau potable au cours d'un long trajet, ils risquent la déshydratation. Au cours du trajet, l'eau est graduellement perdue par la peau, les voies respiratoires, l'urine et les matières fécales (van den Berg et coll., 1998). Les poulains sevrés montrent des signes de déshydratation après un trajet de 15 heures où ils ont eu de la nourriture, mais pas d'eau (Tadich et coll., 2015). Roy et collègues (2015a) font état d'une association significative, chez les chevaux de boucherie, entre l'augmentation de la durée du trajet (de 6 à 36 heures) et la concentration en protéines plasmatiques totales mesurée à l'abattage. Cette concentration, plus élevée que celle de chevaux non transportés, est un signe de déshydratation (Kingston et Hinchcliff, 2014). Stull (1999) a observé des augmentations plus importantes de la concentration en protéines sériques totales après des trajets commerciaux de 27 à 30 heures qu'après des trajets plus courts (< 23 heures), et des augmentations plus importantes après 16 à 23 heures qu'après < 6 heures. Des chevaux non transportés (pesant environ 500 kg) ayant reçu du foin et de l'eau, puis ayant été gardés à des températures de 12 à 33 °C sans eau ni nourriture pendant 72 heures ont présenté des pertes de poids vif de 6, 9 et 11 % au bout de 24, 48 et 72 heures, respectivement. Leur concentration en protéines plasmatiques totales était élevée après 24 heures, et leur osmolalité plasmatique était élevée après 48 heures (Carlson et coll., 1979). La déshydratation progressive causée par l'absence d'accès à l'eau potable au cours d'un long trajet serait plus rapide par temps chaud en raison de la déperdition thermique par évaporation, qui augmente chez le cheval lorsque la température est ≥ 20 °C (Morgan, 1998; Jose-Cunilleras, 2014).

RETRAIT DE NOURRITURE

Comme les chevaux peuvent digérer et absorber les glucides solubles du tube digestif, leur glycémie plasmatique représente le point d'équilibre entre l'absorption, la gluconéogenèse et l'utilisation du

glucose. La digestion des glucides fibreux se fait dans le cæcum et le colon, où ces glucides sont convertis en acides gras volatils qui deviennent une source énergie une fois absorbés (Evans, 1971). Durant un jeûne prolongé, l'organisme puise dans ses réserves d'énergie, la glycémie sanguine peut chuter, la concentration plasmatique en acides gras libres s'élève en raison de la lipolyse des tissus adipeux, et la concentration plasmatique en urée peut augmenter avec le catabolisme des protéines corporelles. Chez des chevaux (548 kg) nourris au préalable d'herbe, de foin et de céréales, puis privés de nourriture pendant 48 heures, la glycémie plasmatique a chuté au bout de 12 heures, et les concentrations plasmatiques en azote uréique et en acides gras libres ont augmenté durant la période de 48 heures sans nourriture (Christensen et coll., 1997). Chez des chevaux (511 kg en moyenne, intervalle de 474-560 kg) nourris au préalable de fourrage seulement ou d'un mélange 50:50 de fourrage et d'avoine, puis privés de nourriture pendant 12 heures, la glycémie plasmatique n'a pas été affectée, mais les concentrations plasmatiques en azote uréique et en acides gras libres ont augmenté. Chez des chevaux nourris au préalable de fourrage seulement, il y a également eu diminution de la concentration plasmatique d'acétate au cours des 12 heures sans nourriture, vraisemblablement à cause d'une digestion réduite des fibres (Connysson et coll., 2010). Bien que l'hypoglycémie puisse survenir chez des chevaux épuisés (Whiting, 2009) et à jeun (Christensen et coll., 1997), le stress du transport peut provoquer une gluconéogenèse hépatique et une hausse de la glycémie sanguine (Stull et Rodiek, 2002). Quand la température est en deçà de leur seuil thermique critique inférieur, les chevaux à jeun doivent puiser dans leurs réserves glucidiques et adipeuses pour réguler leur température interne (Cymbaluk, 1994). Le seuil thermique critique inférieur des chevaux dépend de facteurs comme leur âge et leur taille, leur niveau d'alimentation et leur acclimatation. Il est d'environ 20 °C pour les poulains nouveau-nés; de 0 °C pour les poulains d'un an soumis à un régime restreint et de -11 °C s'ils sont nourris à satiété; et de -15 °C pour les chevaux adultes (513 kg) acclimatés (McBride et coll., 1985; Cymbaluk, 1994).

FATIGUE

Durant le transport, les chevaux dépensent de l'énergie à rester debout, à bouger et à garder leur équilibre malgré les mouvements du véhicule (Doherty et coll., 1997; Giovagnoli et coll., 2002). Durant les longs trajets, cela peut leur causer de la fatigue (Friend, 2000) (définie comme une baisse des capacités musculaires et mentales après l'effort) (Phillips, 2015). Stull (1999) constate de plus grandes augmentations de la concentration de lactate sérique (signe de métabolisme musculaire anaérobie) après des trajets de 16 à 30 heures qu'après des trajets de < 6 heures. L'exposition prolongée au stress de chaleur et à l'effort peut entraîner une perte sodique due à la transpiration, à l'hyperthermie et à la fatigue (Geor et McCutcheon, 1996). De longues périodes sans eau potable, surtout dans des conditions de haute température, peuvent causer de la déshydratation et de la fatigue. Friend (2000) a fait transporter pendant des périodes allant jusqu'à 33 heures, par des températures de 24 à 37 °C, des juments ayant été gardées pendant 5 heures sans eau ni nourriture avant l'embarquement. Le chercheur a observé certains signes comportementaux (yeux fermés, port de tête bas, interactions sociales réduites et réponse réduite aux stimuli) assimilés à la fatigue chez des chevaux privés d'eau pendant 30 heures. À ce stade, les chevaux étaient déshydratés, avaient perdu 10 % de leur poids, et leur osmolalité plasmatique et leur concentration de protéines plasmatiques totales étaient élevées. Les chevaux ayant reçu de l'eau potable à intervalles de 3 à 9 heures au cours du trajet ont bu l'eau et ne se sont pas déshydratés. Cependant, eux aussi ont montré des signes de fatigue après 33 h de trajet.

INTERVALLES DE REPOS

Au lieu de prévoir une période de repos à mi-parcours, le fait d'offrir de l'eau potable à bord du véhicule (p. ex. pendant 1 heure toutes les 8 heures au cours du trajet) est un moyen possible de réduire le risque de déshydratation (Gibbs et Friend, 2000).

APTITUDE AU TRANSPORT

Roy et collègues (2015a) ont caractérisé 3 % des chevaux arrivés dans un abattoir au Canada après des trajets de 26 à 36 heures comme étant « apathiques ». Dans leur étude cependant, la boiterie et le mauvais état de chair ne sont pas désignés comme des problèmes pouvant potentiellement affecter la condition physique des chevaux. Un petit nombre de chevaux (0,16 % de ceux en provenance des États-Unis) étaient non ambulatoires à leur arrivée après un trajet de 32 heures en moyenne. C'est signe que l'aptitude de ces chevaux au transport et/ou les conditions de transport étaient moins qu'idéales. Les raisons pour lesquelles les chevaux deviennent non ambulatoires durant le transport n'ont pas été étudiées. La littérature clinique mentionne toutefois le « syndrome du cheval épuisé », qui survient lorsqu'un cheval a fait un effort prolongé et éprouve fatigue, hyperthermie et perte d'eau et d'électrolytes (Whiting, 2009; McCutcheon et Geor, 2014). Les chevaux qui deviennent non ambulatoires pourraient être ceux qui sont moins capables que d'autres de supporter les conditions du trajet. Les chevaux âgés, par exemple, ont une moindre capacité d'effort et de thermorégulation que les sujets plus jeunes (McKeever et coll., 2010), et une légère boiterie peut pousser un cheval à sursolliciter certains groupes musculaires pour rester en équilibre, ce qui peut entraîner une myopathie, de l'épuisement (Foreman, 1998; Whiting, 2009) et l'incapacité de se tenir debout.

DENSITÉ DE CHARGEMENT

Si des chevaux sont transportés à une densité de chargement élevée (c.-à-d. à un faible seuil d'espace par animal) sur un long trajet quand la température de l'air est élevée, ils sont susceptibles de perdre plus d'eau pour réguler leur température interne que des chevaux transportés à une densité de chargement plus faible. Stull (1999) constate des hausses plus importantes des concentrations en protéines sériques totales chez les chevaux (432 kg en moyenne, intervalle de 284-807 kg) après des trajets de 5 à 30 heures par temps chaud quand ils ont été transportés avec un faible seuil d'espace (1,14 à 1,31 m²/animal) que lorsqu'ils ont été transportés à un seuil d'espace plus élevé (1,40 à 1,54 m²/animal). Chez des poneys transportés librement en groupes, Knowles et collègues (2010) ont observé une relation positive entre l'accroissement de la densité de chargement et le risque de blessures (fréquence des pertes d'équilibre, concentration plasmatique du cortisol et activité de la créatine kinase plasmatique). Chez des chevaux transportés pendant 0,83 heure dans des conditions de conduite difficiles, les chevaux chargés à un faible seuil d'espace de 1,28 m²/animal ont été proportionnellement plus nombreux à tomber et à se blesser que ceux chargés à un seuil d'espace supérieur, soit de 2,23 m²/animal (Collins et coll., 2000). Pour des chevaux transportés pendant 18 à 20 heures à des densités de chargement de 240, 320 et 400 kg/m², les densités de chargement n'ont pas eu d'effet sur les signes d'agression ou de déshydratation (la plage de température moyenne était de 21 à 31 °C). Deux chevaux sur 108, tous deux transportés à une densité de chargement élevée, sont tombés durant le trajet, et l'un des deux était mort à l'arrivée (Iacono et coll., 2007). Dans une étude sur le transport commercial de chevaux lors de trajets de 30 heures et moins où plusieurs facteurs n'ont fait l'objet que d'analyses univariées, un plus grand pourcentage de chevaux ont été blessés après avoir été transportés à un seuil d'espace de 1,40 à 1,54 m²/animal (29 %) qu'à un seuil de 1,14 à 1,31 m²/animal (12 %) (Stull, 1999).

BLESSURES

Roy et collègues (2015b) ont observé une association significative entre l'augmentation de la durée du trajet (de 6 à 36 heures) et le nombre de chevaux de boucherie par cargaison qui présentaient des blessures superficielles visibles. Stull (1999) a observé plus de chevaux blessés (33 %) après des trajets de 27 à 30 heures qu'après des trajets de < 23 heures (8-9 %). Contrairement aux chevaux transportés pour le sports ou les loisirs, qui sont souvent mis dans des stalles individuelles avec certains moyens de contention et de protection, les chevaux destinés à l'abattoir sont en règle générale transportés librement en groupes (Friend, 2001; Weeks et coll., 2012). Ces groupes sont souvent composés de chevaux provenant de marchés aux enchères et de centres de collecte. Le rassemblement de chevaux de plusieurs sources, qui ont donc différents antécédents sociaux, puis leur transport en groupe dans des conditions de confinement étroit peuvent entraîner des agressions entre les chevaux et des morsures et des ruades causant des blessures (Friend, 2001; Weeks et coll., 2012). La durée du trajet accroît le temps d'exposition aux facteurs pouvant causer des blessures. Ces facteurs sont : l'exposition plus longue aux risques de morsures ou de ruades de chevaux agressifs; les occasions plus nombreuses de perdre l'équilibre et d'entrer en collision avec d'autres chevaux et/ou avec les structures internes du véhicule; et les occasions plus nombreuses de tomber après certains événements de conduite du véhicule (comme les freinages ou les virages) ou à la suite d'interactions sociales.

RECHERCHE FUTURE

Il est recommandé de mener des études observationnelles sur les répercussions des longs trajets sur le bien-être des chevaux de boucherie et d'équitation, et sur les facteurs qui peuvent réduire les risques de déshydratation, de fatigue, de détresse thermique et de blessures.

BIBLIOGRAPHIE

- Carlson, G.P., G.E. Rumbaugh et D. Harrold. « Physiologic alterations in the horse produced by food and water deprivation during periods of high environmental temperatures », *American Journal of Veterinary Research*, vol. 40, n° 7 (1979), p. 982-985.
- Christensen, R.A., K. Malinowski, A.M. Massenzio, H.D. Hafs et C.G. Scanes. « Acute effects of short-term feed deprivation and refeeding on circulating concentrations of metabolites, insulin-like growth factor I, insulin-like growth factor binding proteins, somatotropin, and thyroid hormones in adult geldings », *Journal of Animal Science*, vol. 75, n° 5 (1997), p. 1351-1358.
- Collins, M.N., T.H. Friend, F.D. Jousan et S.C. Chen. « Effects of density on displacement, falls, injuries, and orientation during horse transportation », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 67, n° 3 (2000), p. 169-179.
- Connysson, M., B. Essén-Gustavsson, J.E. Lindberg et A. Jansson. « Effects of feed deprivation on Standardbred horses fed a forage-only diet and a 50:50 forage-oats diet », *Equine Veterinary Journal*, vol. 42, suppl. 38 (2010), p. 335-340.
- Cymbaluk, N.F. « Thermoregulation of horses in cold, winter weather: A review », *Livestock Production Science*, vol. 40, n° 1 (1994), p. 65-71.
- Doherty, O., M. Booth, N. Waran, C. Salthouse et D. Cuddeford. « Study of the heart rate and energy expenditure of ponies during transport », *Veterinary Record*, vol. 141 (1997), p. 589-592.
- Evans, J.W. « Effect of fasting, gestation, lactation and exercise on glucose turnover in horses », *Journal of Animal Science*, vol. 33, n° 5 (1971), p. 1001-1004.
- Foreman, J.H. « The exhausted horse syndrome », *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, vol. 14, n° 1 (1998), p. 205-219.
- Friend, T.H. « Dehydration, stress, and water consumption of horses during long-distance commercial transport », *Journal of Animal Science*, vol. 78, n° 10 (2000), p. 2568-2580.
- Friend, T.H. « A review of recent research on the transportation of horses », *Journal of Animal Science*, vol. 79, suppl. E (2001), p. E32-E40.
- Geor, R.J., et J.J. McCutcheon. « Thermoregulation and clinical disorders associated with exercise and heat-stress », *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, vol. 18 (1996), p. 436-445.
- Gibbs, A.E., et T.H. Friend. « Effect of animal density and trough placement on drinking behavior and dehydration in slaughter horses », *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 20, n° 10 (2000), p. 643-650.
- Giovagnoli, G., M.T. Marinucci, A. Bolla et A. Borghese. « Transport stress in horses: An electromyographic study on balance preservation », *Livestock Production Science*, vol. 73, n° 2 (2002), p. 247-254.
- Iacono, C., T. Friend, H. Keen, T. Martin et P. Krawczel. « Effects of density and water availability on the behavior, physiology, and weight loss of slaughter horses during transport », *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 27, n° 8 (2007), p. 355-361.
- Jose-Cunilleras, E. « Abnormalities of body fluids and electrolytes in athletic horses », dans K.W. Hinchcliff, A.J. Kaneps et R.J. Geor, *Equine Sports Medicine and Surgery*, 2^e édition, Philadelphie (États-Unis), W.B. Saunders, 2014, p. 881-900. Chapitre 40 de l'ouvrage.

- Kingston, J., et K.W. Hinchcliff. « Reference ranges for serum biochemical variables in athletic horses », dans K.W. Hinchcliff, A.J. Kaneps et R.J. Geor, *Equine Sports Medicine and Surgery*, 2^e édition, Philadelphie (États-Unis), W.B. Saunders, 2014, p. 1253-1258. Annexe 2 de l'ouvrage.
- Knowles, T.G., S.N. Brown, S.J. Pope, C.J. Nicol, P.D. Warriss et C.A. Weeks. « The response of untamed (unbroken) ponies to conditions of road transport », *Animal Welfare*, vol. 19, n° 1 (2010), p. 1-15.
- McBride, G.E., R.J. Christopherson et W. Sauer. « Metabolic rate and plasma thyroid hormone concentrations of mature horses in response to changes in ambient temperature », *Revue canadienne de science animale*, vol. 65 (1985), p. 375-382.
- McCutcheon, L.J., et R.J. Geor. « Thermoregulation and exercise-associated heat illnesses », dans K.W. Hinchcliff, A.J. Kaneps et R.J. Geor, *Equine Sports Medicine and Surgery*, 2^e édition, Philadelphie (États-Unis), W.B. Saunders, 2014, p. 901-918. Chapitre 41 de l'ouvrage.
- McKeever, K.H., T.L. Eaton, S. Geiser, C.F. Kearns et R.A. Lehnhard. « Age related decreases in thermoregulation and cardiovascular function in horses », *Equine Veterinary Journal*, vol. 42, suppl. 38 (2010), p. 220-227.
- Morgan, K. « Thermoneutral zone and critical temperatures of horses », *Journal of Thermal Biology*, vol. 23, n° 1 (1998), p. 59-61.
- Oikawa, M., S. Takagi, R. Anzai, H. Yoshikawa et T. Yoshikawa. « Pathology of equine respiratory-disease occurring in association with transport », *Journal of Comparative Pathology*, vol. 113 (1995), p. 29-43.
- Padalino, B. « Effects of the different transport phases on equine health status, behavior, and welfare: A review », *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, vol. 10, n° 3 (2015), p. 272-282.
- Padalino, B., E. Hall, S. Raidal, P. Celi, P. Knight, L. Jeffcott et G. Muscatello. « Health problems and risk factors associated with long haul transport of horses in Australia », *Animals*, vol. 5, n° 4 (2015), p. 1296-1310.
- Phillips, R.O. « A review of definitions of fatigue – and a step towards a whole definition » *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 29 (2015), p. 48-56.
- Roy, R.C., M.S. Cockram et I.R. Dohoo. « Welfare of horses transported to slaughter in Canada: Assessment of welfare and journey risk factors affecting welfare », *Revue canadienne de science animale*, vol. 95, n° 4 (2015a), p. 509-522.
- Roy, R.C., M.S. Cockram, I.R. Dohoo et C.B. Riley. « Injuries in horses transported to slaughter in Canada », *Revue canadienne de science animale*, vol. 95, n° 4 (2015b), p. 523-531.
- Stull, C.L. « Responses of horses to trailer design, duration, and floor area during commercial transportation to slaughter », *Journal of Animal Science*, vol. 77 (1999), p. 2925-2933.
- Stull, C.L., et A.V. Rodiek. « Effects of cross-tying horses during 24 h of road transport », *Equine Veterinary Journal*, vol. 34, n° 6 (2002), p. 550-555.
- Tadich, T., F. Leal et C. Gallo. « Preliminary study on the effects of long distance road transport on some blood constituents in recently weaned thoroughbred foals », *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 35, n° 8 (2015), p. 697-699.
- van den Berg, J.S., A.J. Guthrie, R.A. Meintjes, J.P. Nurton, D.A. Adamson, C.W. Travers et H.J. Mostert. « Water electrolyte intake and output in conditioned thoroughbred horses transported by road », *Equine Veterinary Journal*, vol. 30, n° 4 (1998), p. 316-323.

Weeks, C.A., P. McGreevy et N.K. Waran. « Welfare issues related to transport and handling of both trained and unhandled horses and ponies », *Equine Veterinary Education*, vol. 24, n° 8 (2012), p. 423-430.

Whiting, J. « Managing the exhausted horse », dans N.E. Robinson et K.A. Sprayberry, *Current Therapy in Equine Medicine*, 6^e éd. révisée, St. Louis, MO (États-Unis), Saunders, 2009, p. 926-929. Chapitre 201 de l'ouvrage.

5. MOUTONS

CONCLUSIONS

1. **Les moutons en bonne santé ne se fatiguent pas facilement, mais s'ils disposent d'un espace suffisant, ils s'allongent durant les longs trajets.**
2. **S'ils ont suffisamment d'eau et d'ingesta dans le rumen, il est peu probable que la plupart des moutons en bonne santé souffrent de déshydratation et d'épuisement métabolique à cause du jeûne solide et liquide associé aux trajets de 24 heures ou moins.**
3. **Bien que cela dépende de facteurs comme l'humidité, la longueur de la toison, la densité de chargement et la ventilation, l'organisme de la plupart des moutons est relativement bien capable de maintenir l'homéostasie par temps froid comme par temps chaud.**

DURÉE DU TRAJET

Au cours d'un trajet routier de 12 heures, les moutons passent la plupart du temps relativement immobiles, mais peuvent avoir besoin de s'arc-bouter et de bouger souvent leurs pieds pour rester en équilibre malgré les mouvements du véhicule (Cockram et coll., 1996). S'ils ont l'espace pour le faire, les moutons s'allongent (Cockram et coll., 1996; Cockram et coll., 2004). Au fil du trajet, le comportement d'allongement devient plus fréquent (Cockram et coll., 1997, 2004), et vers la fin d'un trajet de 24 heures, l'allongement est le principal comportement.

La concentration plasmatique du cortisol et la fréquence cardiaque augmentent au cours de la première partie du trajet (le pic est atteint au bout d'environ 3 heures), après quoi ces variables diminuent (Cockram et coll., 1996, 1997). Même si ce n'est plus apparent d'après la concentration du cortisol dans le plasma périphérique, il est possible qu'au cours d'un long trajet, les moutons continuent de percevoir le transport comme un stimulus aversif (Smith et coll., 2003), comme on le voit à la concentration accrue de métabolites fécaux du cortisol après le transport (Dalmau et coll., 2014; Messori et coll., 2015).

DENSITÉ DE CHARGEMENT

Petherick et Phillips (2009) considèrent que la surface utile (m²) dont les moutons ont besoin peut être représentée par une équation allométrique :

$$\text{Surface} = k (\text{poids vif})^{0,667}$$

où le poids vif est en kg et où k est $\geq 0,02$ pour les courts trajets; pour que les moutons puissent s'allonger durant les longs trajets, k devrait être $\geq 0,027$.

Il est bénéfique d'offrir amplement de surface utile aux moutons, surtout par temps chaud (Fisher et coll., 2002), car cela leur permet de s'allonger et, si la chaussée n'est pas raboteuse, cela ne les rend pas plus instables quand ils sont debout (Cockram et coll., 1996; Jones et coll., 2010). Il est toujours possible que certains moutons subissent des blessures au cours d'un long trajet, mais la fréquence à laquelle les moutons tombent en réaction aux mouvements du véhicule est faible (Cockram et coll., 1996, 2004). Durant le transport toutefois, l'activité de la créatine kinase plasmatique peut augmenter avec la durée du trajet (Fisher et coll., 2010).

ENVIRONNEMENT THERMIQUE

Si les moutons ont de l'eau et de la nourriture et qu'ils sont protégés contre les courants d'air, le rayonnement solaire et les précipitations, ils ont des mécanismes très efficaces pour réagir aux changements de leur environnement thermique (Alexander, 1974). Leur capacité de réguler leur température interne en réponse aux conditions ambiantes varie selon la race et le degré d'adaptation au froid ou à la chaleur (Slee et Foster, 1983; Srikandakumar et coll., 2003). En raison de la production de chaleur métabolique, la température à l'intérieur d'un véhicule qui transporte des moutons est plus élevée que la température extérieure, surtout quand le véhicule est immobile; et l'humidité à l'intérieur du véhicule est accrue par l'air expiré, les excréments et l'humidité de la toison des moutons (Jarvis et Cockram, 1999). Dans un environnement chaud et sec, de nombreux moutons peuvent maintenir leur température corporelle à 40 °C ou moins jusqu'à ce que la température de l'air baisse à quelques degrés au-dessous de leur température corporelle normale. Ils y parviennent principalement en accélérant leur rythme respiratoire pour augmenter la déperdition thermique par l'évaporation respiratoire de l'eau (Blaxter et coll., 1959). En transit, les moutons tondus peuvent plus facilement maintenir leur température corporelle en réaction à la chaleur que les moutons en pleine toison (Beatty et coll., 2008). Des études à court terme de moutons non transportés montrent qu'une accélération du rythme respiratoire survient à environ 20 °C chez les moutons en toison, et entre 25 et 30 °C chez les moutons tondus (Cockram, 2014). Si les moutons sont exposés à des conditions de température et d'humidité élevées, leur capacité de déperdition thermique par la perte d'eau par évaporation est moins bonne que dans des conditions moins humides, ce qui peut entraîner une hyperthermie (Bligh, 1963). L'hyperthermie a été signalée dans des conditions d'humidité élevée lorsque la température de l'air est de 33 °C chez des moutons en toison, et à 40 °C chez des moutons tondus (Hales, 1969). Dans un véhicule en mouvement, la circulation de l'air évacue une partie de la chaleur métabolique et de l'eau produites par les moutons; elle peut aussi assurer un certain refroidissement direct par convection. Dans un véhicule immobile cependant, sauf s'il y a une ventilation mécanique, le déplacement de l'air dépend des vents dominants et du tirage thermique (Mitchell et Kettlewell, 2008).

Les jeunes agneaux sont très vulnérables aux combinaisons du jeûne, des faibles températures et du déplacement de l'air (Alexander, 1974). S'il est en forme, en santé et qu'il a été nourri récemment, un mouton en pleine toison peut supporter des températures extrêmement faibles, et son seuil thermique critique inférieur peut être en deçà de -20 °C, mais le seuil thermique critique inférieur d'un mouton récemment tondu peut n'être que de 28 °C (Alexander, 1974). À une température en deçà de son seuil thermique critique inférieur, le mouton accroît sa production de chaleur et peut maintenir sa température corporelle jusqu'à l'atteinte de son sommet métabolique. Bennett (1972) estime que le sommet métabolique moyen d'un mouton ayant une toison sèche de 7 mm peut être atteint à -56 °C, mais qu'il est plus élevé après soit un jeûne (-45 °C), soit une exposition au déplacement de l'air (-10 °C), et qu'il grimpe à -6 °C si le mouton est à jeun et exposé aux courants d'air. Par contre, les moutons tondus ont un faible sommet métabolique; ils peuvent devenir hypothermiques à 4 °C s'ils sont exposés aux courants d'air, et s'ils sont mouillés, leur sommet métabolique peut être atteint à 20 °C.

PRIVATION D'EAU

La capacité des moutons de supporter les périodes de privation d'eau, même dans les environnements chauds, est remarquable comparativement à celle des humains (Meissner et Belonje, 1972). Au cours des deux premiers jours de restriction d'eau, la perte d'eau dans les matières fécales et l'urine des moutons est réduite, et l'eau est emmagasinée dans le rumen. Le volume plasmatique est maintenu en soutirant l'eau

du rumen pour la mettre en circulation; cela fonctionne si bien que l'équilibre aqueux de l'organisme (à l'exception du contenu du tractus gastro-intestinal) reste pratiquement inchangé au cours des deux premiers jours de privation d'eau (Hecker et coll., 1964; Silanikove, 1994; Jacob et coll., 2006). Le jour trois, le taux d'absorption de l'eau du rumen ralentit (Hecker et coll., 1964), mais l'osmolalité plasmatique est maintenue (Li et coll., 2000), et quand il a le choix de boire ou de manger, le mouton choisit de manger en premier (Shaheen, 2000). Si au bout d'environ quatre jours le mouton ne reçoit pas d'eau potable, l'eau finit par être extraite du sang, l'osmolalité augmente, et le mouton commence à montrer des signes de déshydratation (Kataria et Kataria, 2007). Des hausses de la concentration de protéines plasmatiques totales ont été observées après un trajet de 29 heures en Europe chez des brebis Comisana (même avec un accès aux abreuvoirs à bord d'une semi-remorque, une température de 21 °C et un seuil d'espace de 0,27 m²/animal) (Messori et coll., 2015), et après des trajets de 30 et de 48 heures en Australie chez des brebis mérinos (à bord d'une semi-remorque, indice température-humidité ≤ 79 et seuil d'espace de 0,22-0,25 m²/animal) (Fisher et coll., 2010). Fisher et collègues (2010) n'ont pas observé de hausse significative de l'osmolalité plasmatique ni de la gravité spécifique de l'urine après le transport de moutons en Australie sur des durées pouvant aller jusqu'à 48 heures. Lowe et collègues (2002) font cependant état d'une osmolalité plasmatique accrue chez des moutons soumis à un jeûne solide et liquide pendant 12 heures à une température de l'air de 33 °C et à une humidité relative de 85-100 %.

RETRAIT DE NOURRITURE

La fermentation de l'ingesta dans le rumen procure de l'énergie alimentaire sous forme d'acides gras volatils pendant au moins 3 ou 4 jours après le dernier repas. Par contre, la production de chaleur chute au cours des 2 premiers jours de jeûne (Blaxter, 1962), et l'hypoglycémie et l'hypothermie peuvent survenir après 3 jours sans nourriture (Heitman et coll., 1986; Piccione et coll., 2002). En réponse à une baisse d'énergie alimentaire, le mouton transporté doit puiser dans ses réserves glucidiques (sous forme de glycogène hépatique, jusqu'à ce que celui-ci s'épuise au bout d'environ 24 heures), puis dans ses réserves adipeuses (on le voit aux concentrations plasmatiques accrues d'acides gras libres et à la transformation accrue des acides gras en corps cétoniques manifestée par une concentration plasmatique accrue de β -hydroxybutyrate) (Warriss et coll., 1989). Si les réserves adipeuses ne fournissent pas suffisamment d'énergie, les protéines musculaires sont métabolisées (Blaxter, 1962). La motivation à manger est élevée après des trajets de 12 ou de 24 heures (Cockram et coll., 1996, 1997). Après 12 heures de trajet, les moutons ont tendance à manger et à s'allonger plus longtemps, à manger plus de foin et à boire plus d'eau qu'avant le trajet (Cockram et coll., 1996). La première priorité des moutons après des trajets de 24 heures et moins est en règle générale de manger, puis de boire, de s'allonger et de ruminer, et non de s'allonger ou de boire immédiatement. Horton et collègues (1996) ont cependant constaté qu'après 3 jours de trajet, la consommation de nourriture et d'eau le lendemain du trajet était plus faible que chez les moutons témoins.

INTERVALLES DE REPOS

Krawczel et collègues (2007, 2008) ont observé une baisse de la glycémie plasmatique et une hausse de la concentration sanguine d'azote uréique chez des moutons transportés sans arrêt pendant 22 heures. Ces réactions n'ont toutefois pas été constatées chez des sujets ayant fait une halte de 6 heures et de 24 heures en cours de route, durant laquelle les moutons ont mangé des céréales immédiatement et ont commencé à boire au bout d'environ 0,3 heure. Dans certaines conditions de transport cependant, une brève halte à mi-parcours ne présente aucun avantage par rapport à un trajet ininterrompu (Cockram et coll., 1997). Quand les moutons mangent, ils produisent un grand volume de salive, et quand les aliments entrent dans le

rumen, l'osmolalité accrue peut attirer l'eau du plasma dans le rumen. L'effet net de cette opération est une baisse temporaire du volume plasmatique et une hausse de l'osmolalité plasmatique (Ternouth, 1967). Si durant un arrêt du véhicule ou une halte les moutons n'ont pas facilement accès à de l'eau potable, ils peuvent se déshydrater après avoir mangé des aliments secs (Cockram et coll., 1997). Par contre, il est bénéfique d'offrir de la nourriture et de l'eau aux moutons à leur arrivée à destination, car leurs concentrations plasmatiques d'acides gras libres et de β -hydroxybutyrate qui ont augmenté au cours d'un long trajet diminuent durant les 3 premières heures après un repas. Si au bout de 29 heures de trajet on fait débarquer des brebis et qu'on leur offre une « période de repos » dans un enclos, elles ont davantage la possibilité de se nourrir et de se reposer que si elles sont gardées à bord du véhicule. Les brebis qui débarquent ne montrent pas nécessairement plus de signes de stress et de blessures que celles qui restent à bord du véhicule (Messori et coll., 2015).

APTITUDE AU TRANSPORT ET DURÉE DU TRAJET

Les moutons ne se fatiguent pas facilement (Cockram et coll., 2012), et il y a peu de preuves qu'ils montrent des signes de fatigue après des trajets pouvant aller jusqu'à 48 heures (Fisher et coll., 2010). Bien que les jeunes moutons en santé soient en bonne condition physique, de nombreux moutons transportés ont des pathologies qui peuvent nuire à leur capacité de supporter les longs trajets (Green et coll., 1997; Van Metre et coll., 2009; Cockram et Hughes, 2011). Les moutons maigres ou émaciés (p. ex. les brebis de réforme) (Herrtage et coll., 1974) ont des réserves adipeuses limitées et sont probablement plus sensibles aux effets combinés du jeûne et de l'exposition au froid (Verbeek et coll. 2012).

Si la qualité du trajet est bonne et que l'on prend soin de ne choisir que des moutons aptes au transport, il peut être possible de transporter certains types de moutons sur de longues distances sans qu'ils éprouvent de problèmes de bien-être majeurs (Cockram, 2007).

RECHERCHE FUTURE

Il est recommandé de mener des études dans les conditions qui prévalent au Canada sur les interactions entre la durée du trajet, la santé et l'état de chair, la densité de chargement, la conception des véhicules et l'environnement thermique.

* Avec la permission de CABI, la présente revue présente des données de Cockram (2014).

BIBLIOGRAPHIE

- Alexander, G. « Heat loss from sheep », dans J.L. Monteith et L.E. Mount, *Heat Loss from Animals and man: Assessment and Control*, Londres, Butterworths, 1974, p. 173-203.
- Beatty, D.T., A. Barnes, P.A. Fleming, E. Taylor et S.K. Maloney. « The effect of fleece on core and rumen temperature in sheep », *Journal of Thermal Biology*, vol. 33, n° 8 (2008), p. 437-443.
- Bennett, J.W. « The maximum metabolic response of sheep to cold: Effects of rectal temperature, shearing, feed consumption, body posture, and body weight », *Australian Journal of Agricultural Research*, vol. 23, n° 6 (1972), p. 1045-1058.
- Blaxter, K.L. « The fasting metabolism of adult wether sheep », *The British Journal of Nutrition*, vol. 16 (1962), p. 615-626.
- Blaxter, K.L., N.M. Graham et F.W. Wainman. « Environmental temperature, energy metabolism and heat regulation in sheep: III. The metabolism and thermal exchanges of sheep with fleeces », *The Journal of Agricultural Science*, vol. 52, n° 1 (1959), p. 41-49.
- Bligh, J. « The receptors concerned in the respiratory response to humidity in sheep at high ambient temperature », *The Journal of Physiology*, vol. 168, n° 4 (1963), p. 747-763.
- Cockram, M.S. « Criteria and potential reasons for maximum journey times for farm animals destined for slaughter », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 106, numéro spécial 4 (2007), p. 234-243.
- Cockram, M.S. « Sheep transport », dans T. Grandin, *Livestock Handling and Transport*, 4^e édition revue et corrigée, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, 2014, p. 228-244.
- Cockram, M.S., et B.O. Hughes. « Health and disease », dans M.C. Appleby, J.A. Mench, I.A.S. Olsson et B.O. Hughes, *Animal Welfare*, 2^e édition revue et corrigée, Wallingford (Royaume-Uni), CABI, 2011, p. 120-137.
- Cockram, M.S., J.E. Kent, P.J. Goddard, N.K. Waran, I.M. McGilp, R.E. Jackson, G.M. Muwanga et S. Prytherch. « Effect of space allowance during transport on the behavioural and physiological responses of lambs during and after transport », *Animal Science*, vol. 62, n° 3 (1996), p. 461-477.
- Cockram, M.S., J.E. Kent, R.E. Jackson, P.J. Goddard, O.M. Doherty, I.M. McGilp, A. Fox, T.C. Studdert-Kennedy, T.I. McConnell et T. O'Riordan. « Effect of lairage during 24 h of transport on the behavioural and physiological responses of sheep », *Animal Science*, vol. 65, n° 3 (1997), p. 391-402.
- Cockram, M.S., E.M. Baxter, L.A. Smith, S. Bell, C.M. Howard, R.J. Prescott et M.A. Mitchell. « Effect of driver behaviour, driving events and road type on the stability and resting behaviour of sheep in transit », *Animal Science*, vol. 79, n° 1 (2004), p. 165-176.
- Cockram, M.S., E. Murphy, F. Ringrose, F. Wemelsfelder, H.M. Miedema et D.A. Sandercock. « Behavioural and physiological measures following treadmill exercise as potential indicators to evaluate fatigue in sheep », *Animal*, vol. 6 (2012), p. 1491-1502.
- Dalmau, A., A. Di Nardo, C.E. Realini, P. Rodríguez, P. Llonch, D. Temple, A. Velarde, D. Giansant, S. Messori et P.D. Villa. « Effect of the duration of road transport on the physiology and meat quality of lambs », *Animal Production Science*, vol. 54, n° 2 (2014), p. 179-186.
- Fisher, A.D., M. Stewart, J. Tacon et L.R. Matthews. « The effects of stock crate design and stocking density on environmental conditions for lambs on road transport vehicles », *New Zealand Veterinary Journal*, vol. 50, n° 4 (2002), p. 148-153.

- Fisher, A.D., D.O. Niemeyer, J.M. Lea, C. Lee, D.R. Paull, M.T. Reed et D.M. Ferguson. « The effects of 12, 30, or 48 hours of road transport on the physiological and behavioral responses of sheep », *Journal of Animal Science*, vol. 88, n° 6 (2010), p. 2144-2152.
- Green, L.E., E. Berriatua et K.L. Morgan. « The relationship between abnormalities detected in live lambs on farms and those detected at post mortem meat inspection », *Epidemiology and Infection*, vol. 118, n° 3 (1997), p. 267-273.
- Hales, J.R.S. « Changes in respiratory activity and body temperature of the severely heat-stressed ox and sheep », *Comparative Biochemistry and Physiology*, vol. 31, n° 6 (1969), p. 975-985.
- Hecker, J.F., O. Budtz-Olsen et M. Ostwald. « The rumen as a water store in sheep », *Australian Journal of Agricultural Research*, vol. 15, n° 6 (1964), p. 961-968.
- Heitmann, R.N., S.C. Sensenig et C.K. Reynolds. « Changes in energy metabolite and regulatory hormone concentrations and net fluxes across splanchnic and peripheral tissues in fed and progressively fasted ewes », *Journal of Nutrition*, vol. 116, n° 12 (1986), p. 2516-2524.
- Herrtage, M.E., R.W. Saunders et S. Terlecki. « Physical examination of cull ewes at point of slaughter », *Veterinary Record*, vol. 95, n° 12 (1974), p. 257-260.
- Horton, G.M.J., J.A. Baldwin, S.M. Emanuele, J.E. Wohlt et L.R. McDowell. « Performance and blood chemistry in lambs following fasting and transport », *Animal Science*, vol. 62, n° 1 (1996), p. 49-56.
- Jacob, R.H., D.W. Pethick, P. Clark, D.N. D'Souza, D.L. Hopkins et J. White. « Quantifying the hydration status of lambs in relation to carcass characteristics », *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol. 46, n° 4 (2006), p. 429-437.
- Jarvis, A.M., et M.S. Cockram. « Environmental conditions within livestock vehicles during the commercial transport of sheep », dans A.J.F. Russel, C.A. Morgan, C.J. Savory, M.C. Appleby et T.L.J. Lawrence, *Farm Animal Welfare – Who Writes the Rules?*, hors-série n° 23, Midlothian (Royaume-Uni), British Society of Animal Science, 1999, p. 129-131.
- Jones, T.A., C. Waitt et M.S. Dawkins. « Sheep lose balance, slip and fall less when loosely packed in transit where they stand close to but not touching their neighbours », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 123, n° 1-2 (2010), p. 16-23.
- Kataria, N., et A.K. Kataria. « Compartmental water management of marwari sheep during dehydration and rehydration », *Veterinarski Arhiv*, vol. 77, n° 6 (2007), p. 551-559.
- Krawczel, P.D., T.H. Friend, D.J. Caldwell, G. Archer et K. Ameiss. « Effects of continuous versus intermittent transport on plasma constituents and antibody response of lambs », *Journal of Animal Science*, vol. 85, n° 2 (2007), p. 468-476.
- Krawczel, P.D., T.H. Friend et G.S. Archer. « Behavior of lambs in rest pens during long-distance transport », *Journal of Applied Animal Welfare Science*, vol. 11, n° 4 (2008), p. 337-345.
- Li, B.T., R.J. Christopherson et S.J. Cosgrove. « Effect of water restriction and environmental temperatures on metabolic rate and physiological parameters in sheep », *Revue canadienne de science animale*, vol. 80, n° 1 (2000), p. 97-104.
- Lowe, T.E., N.G. Gregory, A.D. Fisher et S.R. Payne. « The effects of temperature elevation and water deprivation on lamb physiology, welfare, and meat quality », *Australian Journal of Agricultural Research*, vol. 53, n° 6 (2002), p. 707-714.

- Meissner, H.H., et P.C. Belonje. « Preliminary study on water and electrolyte metabolism during thermal and dehydration stresses in two breeds of sheep », *South African Journal of Animal Science*, vol. 2 (1972), p. 97-100.
- Messori, S., C. Pedernera-Romano, D. Magnani, P. Rodriguez, S. Barnard, A. Dalmau, A. Velarde et P. Dalla Villa. « Unloading or not unloading? Sheep welfare implication of rest stop at control post after a 29h transport », *Small Ruminant Research*, vol. 130 (2015), p. 221-228.
- Mitchell, M.A., et P.J. Kettlewell. « Engineering and design of vehicles for long distance road transport of livestock (ruminants, pigs and poultry) », *Veterinaria Italiana*, vol. 44 (2008), p. 201-213.
- Petherick, J.C., et C.J.C. Phillips. « Space allowances for confined livestock and their determination from allometric principles », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 117, n° 1-2 (2009), p. 1-12.
- Piccione, G., G. Caola et R. Refinetti. « Circadian modulation of starvation-induced hypothermia in sheep and goats », *Chronobiology International*, vol. 19 (2002), p. 531-541.
- Shaheen, H.M. « Feeding and drinking of camels, sheep and goats after different periods of deprivation », *Journal of Camel Practice and Research*, vol. 7, n° 1 (2000), p. 63-71.
- Silanikove, N. « The struggle to maintain hydration and osmoregulation in animals experiencing severe dehydration and rapid rehydration: The story of ruminants », *Experimental Physiology*, vol. 79 (1994), p. 281-300.
- Slee, J., et J.E. Forster. « Habituation to cold in four breeds of sheep », *Journal of Thermal Biology*, vol. 8, n° 4 (1983), p. 343-348.
- Smith, R.F., N.P. French, P.W. Saphier, P.J. Lowry, J.D. Veldhuis et H. Dobson. « Identification of stimulatory and inhibitory inputs to the hypothalamic-pituitary-adrenal axis during hypoglycaemia or transport in ewes », *Journal of Neuroendocrinology*, vol. 15, n° 6 (2003), p. 572-585.
- Srikandakumar, A., E.H. Johnson et O. Mahgoub. « Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in omani and Australian merino sheep », *Small Ruminant Research*, vol. 49, n° 2 (2003), p. 193-198.
- Ternouth, J.H. « Post-prandial ionic and water exchange in the rumen », *Research in Veterinary Science*, vol. 8, n° 3 (1967), p. 283-293.
- Van Metre, D.C., D.Q. Barkey, M.D. Salman et P.S. Morley. « Development of a syndromic surveillance system for detection of disease among livestock entering an auction market », *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 234, n° 5 (2009), p. 658-664.
- Verbeek, E., M.H. Oliver, J.R. Waas, L.M. McLeay, D. Blache et L.R. Matthews. « Reduced cortisol and metabolic responses of thin ewes to an acute cold challenge in mid-pregnancy: Implications for animal physiology and welfare », *PLOS ONE*, vol. 7, n° 5 (2012), p. e37315.
- Warriss, P.D., E.A. Bevis, S.N. Brown et J.G. Ashby. « An examination of potential indices of fasting time in commercially slaughtered sheep », *British Veterinary Journal*, vol. 145, n° 3 (1989), p. 242-248.