



Centre national
de référence pour le
bien-être animal



AVIS

Impacts de la densité de chargement sur le risque de chutes et de blessures des porcs pendant le transport

MAI 2025



Centre national
de référence pour le
bien-être animal

Impacts de la densité de chargement sur le risque de chutes et de blessures des porcs pendant le transport



Commanditaire

Bureau du Bien-être animal (BBEA) – Direction Générale de l’Alimentation (DGAL) – Ministère de l’Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire



Date de saisine

28/08/2024

Rapport émis par le CNR BEA le

23/05/2025

Date des dernières modifications

26/01/20265



Coordinatrice du rapport

Violaine Colson, CNR BEA

Pour citer ce rapport

Violaine Colson, Camille Bezançon, Louise Kremer, Lisa Diaz, Agnès Tiret, Experts du CNR BEA, Geneviève Aubin-Houzelstein. Avis du CNR BEA sur les impacts de la densité de transport sur le risque de chutes et de blessures pour les porcs. CNR BEA. 2025. DOI : [10.17180/8ogw-26lp](https://doi.org/10.17180/8ogw-26lp)



Résumé

En 2023, est parue une proposition de règlement relative à la protection des animaux pendant le transport, en vue de remplacer le règlement (CE) n° 1/2005 du Conseil. Ce nouveau texte propose des densités de transport réglementaires basées sur les recommandations de l'avis EFSA sur le bien-être des porcs pendant le transport (EFSA, 2022). Le présent rapport du Centre National de Référence pour le Bien-Être Animal (CNR BEA) synthétise les points clés de l'avis EFSA (2022), en se concentrant principalement sur les informations relatives aux chutes et aux blessures associées à la densité de transport. En complément, il propose une analyse approfondie de la littérature sur le sujet, en examinant les conséquences de différentes densités/surfaces de transport sur divers indicateurs du bien-être comme le comportement, la physiologie, mais aussi la mortalité et la qualité de la carcasse. Ce rapport met également en avant des facteurs pouvant favoriser les chutes et les blessures des porcs pendant le transport, et propose des leviers d'actions afin de limiter ces événements. Bien que très peu d'études se soient intéressées aux chutes et aux blessures des porcs à des densités de transport répondant aux exigences de la proposition réglementaire, aucune n'indique que ces nouvelles densités augmenteraient ces risques. Parmi les quatre études ayant comparé des surfaces strictement réglementaires ($\geq 0,42 \text{ m}^2/\text{porc de } 100 \text{ kg}$) à des surfaces proches de celles proposées dans la nouvelle réglementation ($\geq 0,58 \text{ m}^2/\text{porc de } 100 \text{ kg}$), une seule a évalué l'impact de la surface sur les blessures et a conclu que la plus grande surface était associée à une réduction de l'apparition d'hématomes. Une autre étude s'est intéressée aux comportements agressifs des porcs et a mis en évidence une réduction de la durée des combats avec la plus grande surface. Davantage d'études sont néanmoins nécessaires pour confirmer ces résultats et préciser l'effet propre du transport, en prenant en considération les potentiels facteurs aggravants considérés dans cette expertise.

Mots clés

Transport / Densité / Chutes / Blessures / Porcs



Contexte

La réglementation européenne relative au bien-être des animaux de ferme est actuellement en cours de révision. En décembre 2023, la Commission européenne a émis la proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil relatif à la protection des animaux pendant le transport et les opérations annexes, modifiant le règlement (CE) n°1255/97 et abrogeant le règlement (CE) n°1/2005 du Conseil actuellement en vigueur. Cette révision a été entamée dans le but d'ajuster les exigences réglementaires aux nouvelles connaissances scientifiques relatives au bien-être animal pendant le transport, sur la base des avis publiés par l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA) à la demande de la Commission européenne. Des négociations entre les États membres sont en cours (au premier semestre 2025).

Contexte tel que défini par le commanditaire

« La proposition de règlement suggère des densités inférieures (plus d'espace pour les animaux) que les densités du règlement 1/2005 afin d'améliorer l'espace disponible et donc le bien-être des animaux transportés.

L'argumentation avancée par les organisations professionnelles est qu'aux densités prévues par le règlement actuel, les animaux transportés par la route seraient moins susceptibles de chuter, grâce à un phénomène de "contention" entre animaux. Ainsi, en cas d'application de densités plus faibles telles que préconisées dans le projet de règlement, les animaux seraient plus susceptibles de chuter, de basculer et donc de se blesser, ce qui aurait des impacts négatifs en termes de bien-être animal. »

Sollicitation

« Le CNR BEA répondra dans la mesure du possible à la question suivante : « Des [porcs]¹ transportés par la route aux densités prévues dans la proposition de règlement de révision du règlement 1/2005, ont-ils plus de risque de chuter et/ou de se blesser que des [porcs] transportés par la route aux densités prévues par le règlement actuel (règlement 1/2005) ? Quels sont les facteurs susceptibles de moduler ce risque ? » ».

Le CNR BEA traite uniquement du transport routier des porcs dans ce rapport.

Documents de référence

- + RÈGLEMENT (CE) No 1/2005 DU CONSEIL du 22 décembre 2004 relatif à la protection des animaux pendant le transport et les opérations annexes et modifiant les directives 64/432/CEE et 93/119/CE et le règlement (CE) no 1255/97

¹ Formulation exacte de la saisine : « Des animaux transportés par la route aux densités prévues dans la proposition de règlement de révision du règlement 1/2005, ont-ils plus de risque de chuter et/ou de se blesser que des animaux transportés par la route aux densités prévues par le règlement actuel (règlement 1/2005) ? ». En effet la saisine concerne plusieurs espèces mais ce rapport ne traite que du transport des porcs.



- + Proposition de RÈGLEMENT DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL relatif à la protection des animaux pendant le transport et les opérations annexes, modifiant le règlement (CE) n° 1255/97 du Conseil et abrogeant le règlement (CE) n° 1/2005 du Conseil
- + EFSA AHAW Panel (2022). Welfare of pigs during transport. EFSA Journal 2022;20(8):7421, 317 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7421>

> VOIR TOUS LES TRAVAUX REALISES PAR LE CNR BEA



Table des matières

Glossaire	1
Liste des abréviations.....	3
Liste des tableaux.....	4
1 Méthode de l'expertise	5
2 Densités et surfaces de chargement des porcs	6
2.1 Pratiques actuelles	6
2.2 Proposition de la nouvelle réglementation	7
2.3 Ce que dit l'EFSA	7
2.4 Cas particulier des porcelets	8
3 Analyse bibliographique.....	9
3.1 Calculs de la surface occupée par un porc	9
3.2 Etudes comparatives de différentes surfaces disponibles pendant le transport	10
3.2.1 Tableau récapitulatif.....	10
3.2.2 Influence de la surface disponible sur les risques de chutes et de blessures	15
3.2.3 Influence de la surface disponible sur d'autres indicateurs du bien-être	17
3.3 Facteurs aggravant potentiellement le risque de chutes et de blessures en fonction de la surface disponible	24
3.3.1 Types de routes, de conduite et de camions	24
3.3.2 Durée du transport	26
3.3.3 Températures	27
3.4 Leviers d'action pour limiter le risque de chutes et de blessures pendant le transport	27
4 Conclusions et travaux à mener	28
Bibliographie	31



Glossaire

Blessure

Toute lésion au niveau de la peau, pouvant prendre la forme de petites taches punctiformes superficielles, d'égratignures, ou de grandes plaies ouvertes plus profondes que la peau (Welfare Quality Network, 2019).

Densité de transport

Rapport entre le nombre (ou la masse) des animaux et la surface disponible dans le véhicule (exprimée le plus souvent en kg/m²) (Buckham-Sporer et al., 2023).

Durée du voyage

Durée pendant laquelle les animaux sont déplacés à l'aide d'un moyen de transport, incluant le temps de chargement et de déchargement des animaux (Commission européenne, 2023).

Hématome

Collection de sang se formant dans une cavité naturelle, un organe ou à l'intérieur d'un tissu, à la suite d'une hémorragie. La fréquence des hématomes peut augmenter en raison de la perte d'équilibre et des chutes des animaux dues à la conduite (EFSA, 2022).

Stress

Le stress, y compris chez les animaux, fait référence à la présence d'états affectifs négatifs. Ces états se produisent lorsque l'animal se sent menacé, que la menace soit réelle ou non. Afin de s'adapter à cette menace, l'animal répond par son comportement, par des réactions de fuite ou de défense s'il a peur par exemple, et par sa physiologie, avec une augmentation de la fréquence cardiaque et la sécrétion de certaines hormones pour permettre, entre autres, les efforts physiques.

Surface allouée

Surface disponible par animal (exprimée en m²/ animal), calculée généralement en fonction du poids et des dimensions corporelles des animaux (Petherick, 2007).

Transport²

Les mouvements d'animaux effectués à l'aide d'un ou de plusieurs moyens de transport, commençant par le chargement du premier animal sur le premier moyen de transport au lieu de départ et se terminant par le déchargement du

² Dénommé « voyage » dans la réglementation (Conseil de l'Union européenne, 2004)



dernier animal au lieu de destination, et les opérations annexes, y compris le chargement, le déchargement, le transfert et le repos, jusqu'à la fin du déchargement des animaux sur le lieu de destination (Conseil de l'Union européenne, 2004). *Dans ce rapport, seul le transport routier par camion est abordé.*

Transport de longue durée

Selon la réglementation actuelle, un transport de longue durée est un transport dépassant huit heures à compter du moment où le premier animal du lot est déplacé (Conseil de l'Union européenne, 2004).

Selon la proposition de réglementation, il s'agit d'un voyage dépassant neuf heures, cette durée débutant au moment du chargement du premier animal au lieu de départ et se terminant par le déchargement du dernier animal au lieu de destination (Commission européenne, 2023).

Véhicule de transport sur route

Moyen de transport monté sur roues, propulsé (camion) ou remorqué (remorque). Les caractéristiques des véhicules de transport sont très variables selon les transporteurs et les pays. Les véhicules peuvent disposer de 1 à 5 étages, chacun pouvant être compartimenté en 2 à 4 blocs. D'après le Règlement du Conseil (Conseil de l'Union européenne, 2004), les véhicules de transport sont de deux types : véhicules utilisés dans le cadre d'autorisation de transport de type 1 (durée < 8 heures) et de type 2 (durée ≥ 8h). En plus des caractéristiques communes aux deux types de véhicules (protection contre les intempéries, plancher antidérapant, équipement approprié pour le (dé)chargement...), ceux de type 2 doivent notamment être équipés d'un toit clair isolant, d'un système d'approvisionnement en eau, d'un système de ventilation active, d'un système de contrôle de la température et d'un système d'alerte en cas de dépassement des limites maximales et minimales de températures. Pour les transports de plus de 8 heures, les animaux doivent également disposer d'une litière quel que soit leur âge.



Liste des abréviations

CK ou CPK

Créatine kinase (CK) ou créatine phosphokinase (CPK)

CNR BEA

Centre National de Référence pour le Bien-être Animal

DFD

Dark Firm Dry (terme utilisé pour désigner une viande présentant une couleur foncée, une texture ferme et une faible teneur en eau)

EURCAW

Centre européen de référence pour le bien-être animal (*European Reference Center for Animal Welfare*)

IFIP

Institut du porc

PSE

Pale, Soft, Exudative (terme utilisé pour désigner une viande pâle, molle et qui présente une importante perte d'eau)

UE

Union européenne



Liste des tableaux

Liste des tableaux

<i>Tableau 1. Estimations de la surface minimale suggérée pour différentes catégories de porcs pendant le transport permettant à tous les porcs de reposer en position « couchée semi-ventrale » (valeur du $k = 0,027$) (EFSA, 2022)</i>	<i>8</i>
<i>Tableau 2. Surfaces allouées par porcelet pendant le transport en pratique, selon la réglementation UE actuelle et selon la nouvelle proposition de réglementation</i>	<i>8</i>
<i>Tableau 3. Synthèse des résultats d'études expérimentales relatives à l'impact de la surface disponible pendant le transport de porcs (poids vifs : 72 à 135 kg, selon les études) sur différents indicateurs de bien-être.</i>	<i>12</i>



1 Méthode de l'expertise

Ce document a pour objectif de synthétiser les informations concernant le risque de chutes et de blessures associé à la densité pendant le transport des porcs, telles qu'exposées dans l'avis EFSA (EFSA AHAW Panel, 2022). Or les études spécifiques à cette problématique sont quasi-inexistantes chez le porc contrairement à d'autres espèces (bovins, ovins). Comme dans l'avis EFSA, nous avons élargi la question aux impacts de différentes densités de chargement sur la survenue de blessures/hématomes fréquemment étudiée dans la littérature mais dont les origines peuvent être nombreuses, et également sur d'autres indicateurs du bien-être des porcs. Cette synthèse de l'avis EFSA a été enrichie par une analyse plus complète de la littérature sur ce sujet, incluant la littérature grise et d'autres articles non cités dans l'avis EFSA, notamment ceux publiés après 2022.

Le corpus bibliographique a été construit sur la base d'une première recherche sur la plateforme Web of Science™ (WOS) à l'aide de l'équation suivante : ("loading densit*" OR "stocking densit*" OR "space allowance*") AND "transport" AND ("welfare" OR "well-being" OR "injur*" OR "wound*" OR "fall*" OR "bruise*") AND ("pigs" OR "piglet*" OR "swine" OR "boar" OR "sow").

Sur les 111 documents obtenus, un raffinement de la recherche a été fait en sélectionnant les titres et les résumés d'intérêt. Ainsi 34 documents ont été sélectionnés, dont 9 articles de synthèse ou chapitres d'ouvrage. Selon les différentes citations rencontrées à la lecture de l'ensemble de ces documents, nous avons enrichi notre corpus de 35 documents jugés pertinents pour le sujet de ce rapport.

La recherche de littérature grise a été réalisée en balayant l'intégralité des documents relatifs au transport et au bien-être animal déposés sur les sites de l'IFIP, de l'EURCAW-Pigs et de la Commission européenne. Parmi ces sources, 5 documents ont été retenus.

Au total, le corpus bibliographique utilisé est donc composé de 74 documents. Parmi ceux-ci, 25 documents présentent des résultats expérimentaux comparant différentes densités de chargement et ont alimenté l'analyse bibliographique sous forme d'un tableau (Tableau 3). Les autres ressources (synthèse, enquêtes, etc.) ont contribué à la rédaction de la discussion, des recommandations et de la conclusion.



2 Densités et surfaces de chargement des porcs

La densité de chargement fait spécifiquement référence à l'espace disponible pour un animal dans un compartiment de camion, exprimé en kg/m^2 , tandis que la surface disponible est le concept inverse, exprimé en m^2/animal (mais non en kg). Afin de faciliter les comparaisons entre les différentes études scientifiques analysées, l'unité de mesure principalement utilisée dans ce rapport est la surface en m^2 par porc de 100 kg.

2.1 Pratiques actuelles

Dans la réglementation européenne actuelle (Conseil de l'Union européenne, 2004), il n'existe aucune indication de densité de chargement pendant le transport routier ciblant précisément les animaux reproducteurs, les porcs charcutiers dont le poids dépasse 100 kg ou encore les porcelets. La valeur de $235 \text{ kg}/\text{m}^2$ concerne des porcs d'environ 100 kg, donc des porcs destinés à l'abattoir ou des jeunes reproducteurs pour les élevages de production.

Le cas des porcs de plus de 100 kg

Pour les porcs charcutiers de plus de 100 kg, la mortalité pendant le transport augmente avec le poids des animaux (Ellis & Ritter, 2005). Cela serait lié à leur réponse métabolique plus importante et à l'augmentation de leur température rectale lors du transport, conjugués à l'absence d'exigences législatives spécifiques (Nannoni et al., 2017). La densité de chargement réglementaire ne doit pas dépasser $235 \text{ kg}/\text{m}^2$ ce qui, dans la pratique, permet de charger au maximum deux porcs de 117,5 kg de poids vif par m^2 . Nous ne disposons pas de données sur les densités de chargement réellement pratiquées pour des animaux de poids plus élevé.

Le cas des porcelets

La réglementation européenne ne précise pas les exigences en matière d'espace pour les porcs de moins de 100 kg. Le règlement de l'UE (Conseil de l'Union européenne, 2004) imposant $235 \text{ kg}/\text{m}^2$ a été récemment critiqué par Bracke et al. (2020) : "Cette densité de chargement est manifestement erronée pour les gammes de poids inférieures. Il est physiquement impossible de garder 8 porcs de 30 kg chacun sur un m^2 , sans les empiler les uns sur les autres".

Dans la pratique, l'espace alloué aux porcelets dans les camions de transport se mesure en nombre d'individus par m^2 . Une enquête réalisée en 1999 indique que les groupements de producteurs chargeaient en moyenne 14,6 porcelets/ m^2 de 8 kg (soit $0,07 \text{ m}^2/\text{porcelet}$ ou



116,8 kg/m²), et 6,7 porcelets/m² pour des porcelets de 20-25 kg (soit 0,15 m²/porcelet ou 150,75 kg/m²) (Cauty et al., 1999). Une autre enquête datant de 1997 rapporte que des porcelets de 26 à 30 kg étaient généralement chargés à des densités avoisinant 162 kg/m², soit environ 0,17 m²/porcelet (Riches & Guise, 1997).

2.2 Proposition de la nouvelle réglementation

Le chapitre VII (point 2) de la récente proposition de Règlement UE sur le transport d'animaux vivants (Commission européenne, 2023) (consultable en ligne [ici](#)) suggère désormais un calcul de l'espace disponible par route, par rail ou par mer basé sur l'équation allométrique suivante : $S = k \cdot P^{2/3}$, où S correspond à la surface disponible par animal (en m²), P correspond au poids vif de l'animal (en kg), et où k est une constante propre à une espèce animale donnée, équivalente pour le porc à 0,027.

La surface disponible en superficie par animal pendant le transport doit respecter au minimum les chiffres proposés par l'EFSA et récapitulés dans le Tableau 1.

2.3 Ce que dit l'EFSA

Pour évaluer les exigences minimales en matière d'espace pour les porcs pendant le transport, l'EFSA s'appuie sur l'approche suivante : pendant le transport, les porcs ont besoin d'un espace minimum qui tienne compte : (a) de leur **taille physique en position debout ou couchée ventrale** (sur le sternum, pattes repliées près et sous le corps, « *sternally lying posture* ») et leur permette ainsi (b) d'**ajuster leur posture** en réponse à l'accélération et à d'autres événements, (c) de **se reposer simultanément dans une position couchée normale semi-ventrale** (position ventrale intermédiaire, « *normal semi-recumbent lying posture* »), (d) de **thermoréguler** en position allongée de décubitus latéral complet (« *full lateral recumbency* ») et (e) de se déplacer pour **manger et boire**, si des aliments et de l'eau sont fournis dans le moyen de transport. Les recommandations relatives à l'espace minimal disponible sont établies en fonction du premier facteur limitant qui réduit la capacité des porcs à satisfaire l'un des besoins biologiques susmentionnés, c'est-à-dire celui qui nécessite le plus d'espace.

Les preuves scientifiques sont insuffisantes pour quantifier l'espace minimal requis pour remplir les fonctions biologiques (b), (d) et (e) dans les conditions de transport. En utilisant l'équation allométrique $S = k \times P^{2/3}$ (où S est la surface en m² par animal et P le poids vif en kg), les données disponibles pour remplir les fonctions biologiques (a) et (c) suggèrent qu'une valeur de k d'au moins 0,027 est nécessaire pour chaque catégorie de porcs.



Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** donne des estimations de la surface disponible minimum suggérée par l'EFSA pour les porcs pendant le transport, calculées selon l'équation allométrique $S = 0,027 \times P^{2/3}$ pour que tous les porcs d'un compartiment de transport puissent se coucher dans une position couchée semi-ventrale.

Tableau 1. Estimations de la surface minimale suggérée pour différentes catégories de porcs pendant le transport permettant à tous les porcs de reposer en position « couchée semi-ventrale » (valeur du $k = 0,027$) (EFSA, 2022)

Les valeurs pour des porcs de 100 kg (référence) sont mentionnées en rouge.

Poids du porc (kg)	10	30	40	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
Surface (m ² /porc)	0,13	0,26	0,32	0,58	0,67	0,74	0,79	0,88	0,94	1,00	1,04	1,12	1,18	1,23
Densité (kg/m ²)	79,2	113,8	125,1	169,3	179,8	189,2	197,7	205,5	212,8	219,6	226,0	232,0	237,8	243,3

2.4 Cas particulier des porcelets

Le respect de la densité réglementaire actuelle (235 kg/m²) pendant le transport correspond à une surface disponible de 0,09 m²/porcelet de 20-25 kg, et à 0,13 m²/porcelet de 30 kg, ce qui n'est pas pratiqué sur le terrain où les producteurs allouent une plus grande surface aux porcelets (Tableau 2). Notons que ces données sont issues d'enquêtes réalisées dans les années 1990 (Riche & Guise, 1997 ; Cauty et al., 1999) et que nous ne connaissons pas les chiffres actuels. La surface calculée par l'équation allométrique de Petherick & Phillips (2009) sur laquelle s'est basée l'avis de l'EFSA et reprise dans la proposition de réglementation proposerait 0,22 m² pour des porcelets de 20-25 kg et 0,26 m²/porcelet de 30 kg, ce qui est supérieur à ce qui est réalisé sur le terrain (Tableau 2).

Tableau 2. Surfaces allouées par porcelet pendant le transport en pratique, selon la réglementation UE actuelle et selon la nouvelle proposition de réglementation

Poids des porcelets	Surface minimale basée sur la densité règlementaire de 235 kg/m ² (en m ² /porcelet) *	Surface allouée en pratique (en m ² /porcelet) **	Surface minimale selon la proposition de réglementation (en m ² /porcelet)
20-25 kg	0,09	0,15	0,22
30 kg	0,13	0,17	0,26

* exemple du calcul pour des porcelets de 30 kg : $30/235 = 0,13$ m²/porc

** enquêtes antérieures à l'année 2000



3 Analyse bibliographique

3.1 Calculs de la surface occupée par un porc

Pour les transports « de courte durée », soit inférieure à 8 heures (Conseil de l'Union européenne, 2004), Petherick & Phillips (2009) proposent un espace par animal calculé par l'équation allométrique : $S=k \cdot P^{2/3}$ avec une valeur de 0,020 pour la constante k . Pour des trajets longs, lorsqu'il est souhaitable que tous les animaux puissent se coucher simultanément, une valeur de 0,027 pour la constante k semble le permettre (Petherick & Phillips, 2009). Ainsi, la surface allouée à des porcs de 100 kg pour des trajets courts serait de 0,43 m²/porc (232 kg/m²), ce qui se rapproche de la réglementation actuelle (235 kg/m²), et la surface allouée pour des trajets plus longs serait de 0,58 m²/porc (169,3 kg/m²), ce qui correspond à la surface indiquée dans la proposition de réglementation de décembre 2023, basée sur l'avis de l'EFSA (EFSA AHAW Panel, 2022).

Selon Whiting (2024), la possibilité pour un porc de se coucher pendant le transport devrait être une exigence légale minimale. La surface nécessaire à un porc de 100 kg pour se coucher a été mesurée à 0,39 m² (256 kg/m²) pour le décubitus sternal, tandis que le décubitus complet nécessiterait 1,05 m² (95 kg/m²) (Baxter, 1992). Le chiffre de Baxter (1992) pour le décubitus sternal est en accord avec la réglementation actuelle et avec la conclusion de Lambooij & Engel (1991), basée sur des observations de porcs de 100 kg dans le véhicule de transport, selon laquelle une surface de 0,43 m²/100 kg (232 kg/m²) permet à tous les porcs de se coucher en même temps, mais pas en décubitus complet. Or lorsque les températures ambiantes sont élevées (cf § 3.3.3), la réglementation européenne actuelle, qui a basé ses chiffres sur des études anciennes, n'offre pas assez de surface aux porcs d'origine génétique moderne (donc plus longs et lourds par rapport à ceux des années 1980) pour faciliter leurs déplacements dans les véhicules de transport afin d'accéder aux points d'eau (Duval et al., 2024), ou pour qu'ils puissent se coucher en décubitus complet afin de thermoréguler efficacement (Arndt et al., 2019). Un rapport du CNR BEA est dédié aux impacts des températures extrêmes pendant le transport des porcs (CNR BEA, 2025).

Des truies d'environ 235 kg couvrent entre 0,42 et 0,47 m² lorsqu'elles sont debout et jusqu'à 0,53-0,63 m² pour des postures couchées (Arndt et al., 2020). D'après l'équation allométrique de Petherick & Phillips (2009), la nouvelle proposition de réglementation suggère 1,04 m² pour des animaux de ce poids (EFSA AHAW Panel, 2022), ce qui correspondrait à la surface permettant à toutes les truies de se coucher simultanément dans une position couchée normale semi-ventrale.



Le cas des porcelets

Les quelques résultats disponibles montrent que le surpeuplement n'affecte pas le bien-être des porcelets pendant le transport (Riches & Guise, 1997). En effet, la proximité spatiale et le fait de se coucher en contact complet avec le corps d'un congénère est un comportement de thermorégulation courant chez les jeunes porcelets transportés, qui tend à diminuer avec l'âge (Camerlink et al., 2022). Toutefois, le fait de se coucher en contact corporel avec les congénères dépend de la température ambiante (Spoolder et al., 2012). Or l'étude de Riches & Guise (1997) a été réalisée à des températures basses (0-10°C). D'après la littérature disponible, nous ne savons pas si les porcelets choisissent de se blottir dans un véhicule de transport malgré des températures ambiantes plus élevées.

3.2 Etudes comparatives de différentes surfaces disponibles pendant le transport

3.2.1 Tableau récapitulatif

L'impact des densités de chargement sur les risques de chutes et de blessures des porcs dans un camion de transport n'a pas été étudié spécifiquement dans la littérature. Il existe cependant des informations concernant l'impact des densités sur différents indicateurs du bien-être, y compris les blessures mais dont les origines n'ont pas toujours été clairement identifiées. Le Tableau 3 synthétise les résultats de 21 études expérimentales comparant différentes densités et les effets mesurés chez des porcs en finition sur les indicateurs suivants : le comportement (postures de repos, activités, agressions, halètements), la physiologie de l'animal (paramètres hormonaux et biochimiques), le système immunitaire, les caractéristiques post-mortem de la viande, les lésions/hématomes observés sur le porc à son arrivée ou sur la carcasse, et la mortalité pendant le transport. Ces indicateurs sont souvent complémentaires et mesurés en parallèle afin d'interpréter au mieux les résultats au regard du bien-être de l'animal. Une étude (Bryer et al., 2011) rapportée dans le Tableau 3 concerne des cochettes de 90 kg. Quatre autres études expérimentales concernant des porcelets sevrés ont été analysées séparément et ne sont pas incluses dans le tableau.

Les surfaces disponibles dans le camion ont été ramenées en m²/porc de 100 kg pour faciliter la comparaison entre les différentes études.

Parmi les 21 études recensées dans le Tableau 3, 16 ont comparé différentes surfaces disponibles (réglementaires ou non) dans le camion et montrent qu'avec la surface la plus grande, le bien-être des porcs et/ou la qualité de la viande sont globalement améliorés selon les différents paramètres observés. Elles sont notées avec un « + » dans la colonne Conclusion du tableau. Parmi les 16 études dont les conclusions sont favorables à une augmentation des surfaces disponibles, 4 ont inclus dans leur schéma expérimental une surface par animal proche de celle indiquée dans la nouvelle proposition de réglementation ($\geq 0,56$ m²/100 kg).



Les 8 premières études indiquées dans le Tableau 3 ont comparé au moins deux surfaces respectant le seuil réglementaire (UE) actuel entre elles, avec éventuellement des surfaces inférieures au seuil réglementaire.

Parmi les 21 études présentées dans le tableau, 5 études concluent qu'une densité trop élevée ou trop faible diminue le bien-être des animaux et/ou la qualité de la viande. Ces études sont notées avec un « - » dans la colonne Conclusion du tableau. Les auteurs recommandent plutôt une densité intermédiaire aux deux densités « extrêmes » comparées, la densité la plus faible (surface la plus grande) étant systématiquement conforme à la réglementation actuelle.

Les articles figurant dans le Tableau 3 ont été analysés selon deux grands axes : l'influence de la surface disponible pendant le transport **1) sur les risques de chutes et de blessures, et 2) sur d'autres indicateurs du bien-être** de porcs en finition (comportement, physiologie de l'animal, mortalité et qualité de la viande).

Les résultats comportementaux et physiologiques ont été classés selon différentes comparaisons de surfaces disponibles pendant le transport :

- Comparaison des surfaces respectant la réglementation (UE) actuelle [0,42 – 0,58] m²/100 kg avec une surface conforme à la nouvelle proposition de règlement (> 0,58 m²/100 kg)
- Comparaison de surfaces respectant le seuil réglementaire (UE) actuel mais inférieures à la nouvelle proposition de règlement [0,42 – 0,58] m²/100 kg.

Le peu d'études ayant traité du cas particulier des porcelets à différentes densités de chargement n'a rapporté que des résultats comportementaux et physiologiques. Dans les paragraphes 3.2.3.1 et 3.2.3.2, elles sont mentionnées dans une partie séparée des comparaisons de densités.



Tableau 3. Synthèse des résultats d'études expérimentales relatives à l'impact de la surface disponible pendant le transport de porcs (poids vifs : 72 à 135 kg, selon les études) sur différents indicateurs de bien-être.

Les surfaces figurant dans les cases vertes correspondent à la nouvelle proposition de réglementation ($\geq 0,58 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$), celles dans les cases bleues correspondent à l'intervalle entre le seuil réglementaire actuel et la nouvelle proposition [$0,42 - 0,58 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$], et celles dans les cases rouges sont des surfaces inférieures aux exigences réglementaires actuelles ($< 0,42 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$). Les études sont classées par ordre décroissant de la plus grande à la plus petite surface disponible. Les huit premières études ont comparé différentes surfaces respectant le seuil réglementaire (UE) actuel et figurent sur la première page du tableau.

NS : différences non significatives entre les densités comparées. Un « / » signifie que les paramètres n'ont pas été mesurés. Abréviations de paramètres physiologiques : CK : créatinine kinase, CPK : créatinine phosphokinase, LDH : lactate deshydrogenase, G:L : granulocyte/lymphocyte ratio, N:L : neutrophile/lymphocyte ratio, ACTH : hormone adrenocorticotrophique, RBC : globules rouges, HGB : hémoglobine. Abréviations de paramètres de qualité de la viande : L* : luminosité, a* : rouge/vert, b* : jaune/bleu, pHu : pH ultime, FOP : Fibre optic probe, PSE : pale, soft, exudative, DFD : dark, firm, dry

Références (notées en gras lorsque citées dans l'avis EFSA)	Poids moyen des porcs (kg)	Nombre total de porcs transportés	Durée du trajet (h)	Nombre de répétitions/réajet (nb total de trajets)	Surfaces disponibles comparées ($\text{m}^2/\text{porc de } 100 \text{ kg}$) En vert : surfaces respectant la nouvelle proposition de règlement ($\geq 0,58 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$) En bleu : surfaces réglementaires (UE) actuelles ($\geq 0,42 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$) En rouge : surfaces inférieures au seuil réglementaire (UE) actuel ($< 0,42 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$)				Résultats comportementaux	Résultats physiologiques du stress	Résultats blessures/mortalité	Résultats qualité de la viande	Conclusion
Lambooy et al. (1985) https://doi.org/10.1016/0301-6226(85)90007-7	103	216	44h	6 (1)	0,64	0,43		0,32	Avec la surface la plus faible ($0,32 \text{ m}^2/\text{porc de } 100 \text{ kg}$) : difficulté de couchages simultanés et changements de positions plus fréquents (descriptif, pas de stats) Avec la surface la plus grande ($0,64 \text{ m}^2/\text{porc de } 100 \text{ kg}$) : les porcs se couchent davantage et plus tôt après le départ (descriptif, pas de stats)	Avec la surface la plus faible : ↓ % hémoglobine glucose : NS	/	Avec la surface la plus faible : ↑ pH _{45min} carcasse ↑ pH _{12h} carcasse ↑ température muscle Avec la surface intermédiaire ($0,43 \text{ m}^2/\text{porc de } 100 \text{ kg}$) : ↑ température du muscle (vs surface la plus grande) ↓ poids carcasse (vs surface la plus grande)	+
Pasquale et al. (2024a) https://doi.org/10.1139/cjps-2024-0038	~ 100 kg ?	1386	1h50	3 (6)	0,59	0,49	0,46		Positions, abreuvement : NS Avec la surface la plus faible : ↑ comportements couchage à l'arrivée à destination (tendance)	NS	/	Avec la surface intermédiaire : ↑ L* (au niveau haut du camion)	+
Guise & Penny (1989) https://doi.org/10.1017/S0003356100032724	71,8	1351	~ 2h30	8 (8)	> 0,56	0,42			/	/	Avec la surface la plus faible : ↑ tâches cutanées ↑ prolaps rectal	Avec la surface la plus faible : ↓ FOP (= viande DFD)	+
Guerritzen et al. (2013) https://doi.org/10.1017/S1751731113001523	110	368 ?	8h	4 (4)	0,56	0,44			Avec la surface la plus faible : ↓ comportements de repos (couchage) Agressions : combats plus longs Abreuvement : NS	Avec la surface la plus faible : ↑ température corporelle ↑ rythme cardiaque (tendance) ↑ [] CK (tendance) Autres paramètres (hémoglobine, cortisol, glucose...) : NS	/	/	+
Lambooy & Engel (1991) https://doi.org/10.1016/0301-6226(91)90006-C	110	660	25h	2 (11)	0,54	0,43		0,35	Avec la surface la plus grande : les porcs se couchent davantage et plus tôt après le départ (descriptif, pas de stats)	/	/	Avec la surface la plus faible : ↑ pH _{45min}	+
Urrea et al. (2021) https://doi.org/10.1093/jas/skab119	118,9	1936	8h30	6 (8)	0,50	0,43		0,37	Avec la surface la plus faible : Pendant transport : ↓ temps passé couché ↑ temps passé assis (vs surface la plus grande) A l'arrivée (après 8h de transport) : ↑ temps passé couché ↓ temps passé à boire à l'arrivée (surface la plus grande = surface intermédiaire > surface la plus faible) Agressions : NS	Avec la surface la plus faible : ↑ [] CK (vs surface la plus grande)	Avec la surface la plus faible : ↑ score de lésions (tendance)	Avec la surface la plus faible : ↓ pH _{12h} (vs surface la plus grande) (tendance)	+
Barton Gade & Christensen (1998) https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00098-3	101	774	1h30-2h	2 (8)	0,50	0,42	0,39	0,35	Avec plus de surface : les porcs ne se couchent pas plus mais davantage d'activités et de pertes d'équilibre associées (descriptif, pas de stats)	Avec la surface la plus grande : ↓ [] CK Autres paramètres (lactate, cortisol...) : NS	Avec les 2 surfaces extrêmes (la plus grande et la plus faible) : ↓ score carcasse tachée Score de lésions (pattes, corps, épaules) influencé par la surface allouée : Avec la plus grande surface : ↓ scores (vs $0,42 \text{ m}^2/\text{porc}$) (pas de tests post-hoc)	Avec les 2 surfaces extrêmes (la plus grande et la plus faible) : pH, viande DFD/PSE... : NS	+/-
An et al. (2023) https://doi.org/10.5187/jast.2023.e34	~ 100 kg ?	3903	~ 0,5h	6 (10)	> 0,43	0,37-0,43		< 0,37	Avec la surface la plus faible : ↓ temps passé couché ↑ temps passé assis ↑ superpositions Avec les 2 surfaces extrêmes : ↑ agressions	Avec les 2 surfaces extrêmes : ↑ fréquence respiratoire	/	Avec la surface la plus grande : ↑ poids de carcasse ↑ épaisseur dorsale ↑ score qualité de carcasse Avec la surface intermédiaire : ↑ % RFN	-



Références (notées en gras lorsque citées dans l'avis EFSA)	Poids moyen des porcs (kg)	Nombre de porcs transportés	Durée du trajet (h)	Nombre de répétitions/trajet (nb total de trajets)	Surfaces disponibles comparées (m²/porc de 100 kg)				Résultats comportementaux	Résultats physiologiques du stress	Résultats blessures/mortalité	Résultats qualité de la viande	Conclusions	
					En vert : surfaces respectant la nouvelle proposition de règlement (≥ 0,58 m²/100 kg)									
					En bleu : surfaces réglementaires (UE) actuelles (≥ 0,42 m²/100 kg) En rouge : surfaces inférieures au seuil réglementaire (UE) actuel (< 0,42 m²/100 kg)									
Hunter et al. (1994)	100	1500	?	4 (12)	0,50		0,38	0,33		Positions : NS	/	/	Avec la surface la plus faible : ↑ viande DFD (en été) ↑ pHu (en été) Avec la surface la plus grande : ↑ score carcasse tachée (en été)	+
Guisse et al. (1998) https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00056-4	95	2496	3h	2 (16)	0,49	0,41		0,36	0,32	/	/	/	Avec la surface la plus faible : ↓ poids carcasse (vs densité la plus faible) Autres paramètres (pH, score qualité, couleur du muscle...) : NS	+
Warriss et al. (1998) https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00057-6	95	2496	3h	2 (16)	0,49	0,41		0,36	0,32	/	Avec la surface la plus faible : ↑ [T] CPK Autres paramètres (cortisol, glucose, lactate, [T] protéines, osmolalité...) : NS	/	Qualité de la viande (pHu, luminosité, pertes en eau ...) : NS	+
Cobanovic et al. (2023) https://doi.org/10.2478/a-oas-2022-0093	109,5	1080	2 durées : < 1h et > 3h	2 (10)	> 0,46		0,36-0,41		< 0,32	/	/	Avec les 2 surfaces extrêmes : ↑ lésions sévères Avec la surface la plus faible : ↑ lésions parties antérieure et médiane Avec la surface la plus grande : ↑ lésions partie postérieure	/	-
Pereira et al. (2015) https://doi.org/10.5424/s-jar/2015133-6638	115,5	192	~ 5h	8 (1)	0,45		0,39	0,35		/	Avec la surface la plus grande : ↑ LDH ↑ cortisol (vs surface intermédiaire) Avec les 2 surfaces extrêmes : ↑ % hématocrite Autres paramètres (système immunitaire...) : NS	Avec la surface la plus grande : ↑ lésions 1-5 cm Avec la surface la plus faible : ↑ lésions 5-10 cm et 10-15 cm	Avec la surface la plus grande : ↑ L*, a*, b* (0,45 m²/porc = 0,39 m²/porc > 0,35 m²/porc) ↑ pH _{45min} et pH _u Avec la surface intermédiaire : ↓ pertes d'eau ↑ pH _{45min} (vs surface la plus faible) ↓ pH _u (vs surface la plus faible)	-
Bryer et al. (2011) https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.09.026	cochettes : 90 kg	80	5 durées : [6h-30h]	5 (2)	0,45		0,37			/	Avec la surface la plus faible : ↑ G:L ratio à 18h ↑ % hématocrite à 6h ↑ hémoglobines à 6h et 18h [T] CK : 0,37 m²/porc > lot non transporté 0,45 m²/porc = lot non transporté Autres paramètres (cortisol, glucose ...) : NS	/	Avec la surface la plus faible : diminution du poids corporel plus importante à 18h (tendance)	+



Références (notées en gras lorsque citées dans l'avis EFSA)	Poids moyen des porcs (kg)	Nombre de porcs transportés	Durée du trajet (h)	Nombre de répétitions/trajet (nb total de trajets)	Surfaces disponibles comparées (m²/porc de 100 kg)					Résultats comportementaux	Résultats physiologiques du stress	Résultats blessures/mortalité	Résultats qualité de la viande	Conclusions	
					En vert : surfaces respectant la nouvelle proposition de règlement (≥ 0,58 m²/100 kg)										
					En bleu : surfaces réglementaires (UE) actuelles (≥ 0,42 m²/100 kg) En rouge : surfaces inférieures au seuil réglementaire (UE) actuel (< 0,42 m²/100 kg)										
Chai et al. (2010) https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.09.014	92,5	432	3 durées : [40min-5h]	8 (1)	0,43		0,37		0,30	/	Avec la surface la plus faible : ↑ LDH ↑ cortisol (tendance) ↑ ACTH ↑ [] CK Avec la surface la plus grande : ↓ lactate Autres paramètres (glucose, hématoците, RBC, HGB, système immunitaire, ...) : NS	/	Avec la surface la plus grande : ↓ pH ↓ couleur muscle Pertes en eau : NS	+	
Čobanović et al. (2016) https://doi.org/10.1515/a-cve-2016-0015	120	480	1-2h	4 (16)	> 0,50			[0,30-0,50]	< 0,30	/	/	Avec la surface la plus faible : ↓ score de lésions (vs surface la plus grande)	Avec la surface la plus grande et un score de lésions élevé : ↑ viande PSE (quand score lésions élevé)	-	
Pilcher et al. (2011) https://doi.org/10.2527/jas.2010-3143	124,7	17652	2 durées : < 1h et 3h	2 (80)	0,42	0,39	0,37	0,35	0,34	0,32	Avec les 3 surfaces les plus faibles (0,32, 0,34 et 0,35 m²/porc) : ↑ halètements (pendant les trajets courts) Avec les 2 surfaces les plus faibles (0,32 et 0,34 m²/porc) : ↑ décoloration cutanée	/	% mortalité et porcs non-ambulateurs : NS	+	
Pasquale et al. (2024b) https://doi.org/10.1139/cjas-2024-0039	135,5	1488	1h49	3 (6)		0,39		0,34		Positions, abreuvement : NS	Avec la surface la plus faible : ↓ taux d'hématocrites (tendance) ↑ [] CK (tendance)	Avec la surface la plus faible : ↑ score de lésions (au niveau 2 du camion)	/	+	
Ritter et al. (2007) https://doi.org/10.2527/jas.2007-0232	131,2	4662	3h	1 (42)	0,40	0,37	0,35	0,33	0,32	0,30	/	/	% mortalité augmente quand les surfaces diminuent	/	+
Ritter et al. (2006) https://doi.org/10.2527/jas.2005-577	129	12511	3h	8 (74)			0,37		0,30	/	/	Avec la surface la plus faible : ↑ % pertes totales (mortalité et non ambulatoires) ↑ % porcs non ambulatoires non blessés ↑ % mortalité (tendance) % porcs non ambulatoires blessés : NS	/	+	
Kim et al. (2004) https://doi.org/10.5713/a-jas.2004.116	110	114	2 durées : 1h et 3h	1 (2)		0,39		0,35	0,31	Avec la surface la plus grande : ↓ position debout ↑ position assise	Avec la surface la plus grande : ↓ glucose (vs surface intermédiaire) ↓ [] CK (tendance) ↓ LDH	/	Avec la surface la plus faible : ↑ viande PSE Autres paramètres (pH, couleur muscle) : NS	+	



3.2.2 Influence de la surface disponible sur les risques de chutes et de blessures

Risque de chutes

Selon Broom (1993), l'idée selon laquelle les animaux sont protégés par le fait d'être serrés les uns contre les autres est erronée, sauf si le véhicule est mal conduit. D'après l'auteur, les quadrupèdes préfèrent se tenir debout, les pattes légèrement écartées, afin de ne pas tomber lorsque le véhicule se déplace, et ils évitent d'être en contact les uns avec les autres si l'espace le permet (Broom, 1993). Notons que nous n'avons pas trouvé d'études sur lesquelles ces observations s'appuient.

Aucune étude scientifique ne s'est intéressée spécifiquement aux risques de chutes liés à la densité pendant le transport des porcs, ni n'a mesuré ce paramètre pour comparer des densités correspondant à la nouvelle proposition de réglementation (Commission européenne, 2023) avec celles de la réglementation actuelle (Conseil de l'Union européenne, 2004). Une étude souvent citée à ce sujet est celle de Barton Gade & Christensen (1998) qui considèrent que des porcs transportés dans un espace réduit (0,35 et 0,39 m²/porc de 100 kg) se soutiennent mutuellement pour lutter contre les mouvements du véhicule. Lorsqu'ils disposent de plus d'espace (0,43 et 0,50 m²/100 kg), les animaux auraient tendance à marcher et à se déplacer dans le véhicule, ce qui les exposerait à un risque accru de chutes et de blessures lors des différents événements de conduite (virages, accélérations, freinages, revêtements routiers irréguliers). Les auteurs indiquent néanmoins qu'une surface plus importante leur permet de s'asseoir ou de se coucher pour éviter de devoir maintenir leur équilibre. Cependant, ce constat de pertes d'équilibre n'était pas étayé par des données quantitatives et en l'absence d'analyses statistiques, cette étude ne permet pas de savoir précisément si une surface allouée plus importante pendant le transport augmente le risque de chutes. Barton Gade & Christensen (1998) soulignent toutefois que la qualité de la conduite constitue un facteur aggravant de ce risque (cf. paragraphe 3.3.1).

Risque de blessures

Bien que les travaux de recherche n'aient pas directement observé les pertes d'équilibre des animaux en fonction de l'espace dont ils disposent dans un véhicule de transport, nous avons recensé les études qui considéraient la présence de lésions et d'hématomes, observés à l'arrivée des animaux à l'abattoir ou sur leur carcasse après l'abattage, comme indicateurs indirects des chutes et des chocs subis pendant le transport. Cependant cette mesure reste imprécise puisque les lésions et les hématomes peuvent trouver leur origine dans d'autres situations survenues pendant le transport (agressions, chevauchements). Ils peuvent aussi avoir été causés en amont au cours de la phase d'élevage ou pendant les phases de (dé)chargements suite à des chutes sur la rampe d'accès ou à des manipulations inadéquates de la part des opérateurs.



Quelle que soit leur origine, les blessures sont souvent favorisées par les fortes densités de chargement. En effet, la plupart des études rapportent que lorsque l'espace est insuffisant dans le véhicule de transport, les porcs ne peuvent pas se coucher simultanément ce qui les empêche de se reposer. Ils se disputent physiquement leur place, ce qui entraîne un changement permanent de position, des combats et des chevauchements occasionnant des blessures par morsures ou par griffures (Faucitano, 2001). En outre, la fatigue générée par le manque de repos favorise les risques de chutes au déchargement et rend les porcs plus difficiles à manœuvrer (Sardi et al., 2020 ; Zappaterra et al., 2023). Or l'utilisation d'aiguillons électriques au déchargement provoque également des hématomes (Urrea et al., 2021). Par conséquent, l'incidence totale des lésions cutanées et des ecchymoses observées sur la carcasse des porcs après un transport, toutes origines confondues (directe par le transport, ou indirecte par la manipulation au déchargement), augmente avec la diminution de la surface pendant le transport (Čobanović et al., 2023 ; Urrea et al., 2021 ; Pasquale et al., 2024b) (Tableau 3). Même lorsque la surface disponible correspond au seuil réglementaire ($0,42 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$), davantage d'hématomes sont observés par rapport à des porcs disposant d'une plus grande surface ($0,56 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$) (Guise & Penny, 1989). De plus, la surface allouée influence significativement le score de lésions cutanées observées sur les porcs avec des lésions sévères qui semblent prédominantes à $0,42 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ en comparaison à $0,50 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ (Barton Gade & Christensen, 1998) (Tableau 3). Notons cependant que dans l'étude d'Urrea et al. (2021), les scores de lésions ne diffèrent pas entre des surfaces allouées de $0,43$ et $0,50 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$.

En considérant la localisation des blessures observées a posteriori, Čobanović et al. (2023) ont tenté d'établir un lien entre la prévalence des pertes d'équilibre occasionnant des chutes, des piétinements et des chocs dans le véhicule et différentes densités de chargement. Les comportements agressifs occasionnent des blessures par morsures au niveau des parties antérieures (tête, épaules et dos) (Driessen et al., 2020), tandis que les chevauchements entre les porcs génèrent des blessures sur les parties postérieures et sur la partie médiane du dos (Faucitano, 2001 ; Driessen et al., 2020). Les interventions humaines (utilisation d'aiguillons électriques) provoquent des blessures principalement localisées sur les parties postérieures (Čobanović et al., 2023). Ainsi, ces derniers auteurs montrent qu'une surface disponible supérieure au seuil réglementaire ($> 0,46 \text{ m}^2/\text{porc de } 100 \text{ kg}$), entraîne chez les porcs l'apparition de lésions sévères sur les parties antérieures et postérieures de la carcasse, plus nombreuses que lorsqu'ils disposent d'une surface intermédiaire proche du seuil réglementaire ($0,40\text{-}0,45 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$) (Čobanović et al., 2023). Les auteurs attribuent ces blessures à des chutes survenues pendant le transport en raison d'un espacement trop important entre les animaux, si cet espacement est combiné à un mauvais revêtement routier et/ou à une conduite brutale (accélération soudaines et freinages violents). Avec la surface la plus faible ($< 0,35 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$), les résultats montrent davantage de lésions que dans les deux groupes bénéficiant de plus d'espace mais localisées sur les parties antérieures et médianes, et attribuées cette fois-ci aux combats entre les porcs (Čobanović et al., 2023). Les résultats de cette étude sont en accord avec ceux de Čobanović et al. (2016) selon lesquels le risque élevé de lésions est lié aux surfaces



disponibles dans le camions trop faibles ($< 0,30 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$) ou trop grandes ($> 0,50 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$). Ces auteurs préconisent donc une surface intermédiaire. Dans une autre étude, la surface la plus grande ($0,45 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$) était associée à davantage de petites lésions cutanées (1-5 cm) tandis qu'une surface plus faible ($0,35 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$) s'accompagnait de lésions plus graves (5-15 cm) (Pereira et al., 2015) (Tableau 3). Les auteurs suggèrent que l'augmentation du nombre de petites lésions avec une surface plus grande pourrait résulter de chevauchements brefs entre congénères suivis d'écartements rapides lors de pertes d'équilibre, générant des griffures légères sur le dos. À l'inverse, un espace plus restreint limiterait les possibilités de dégagement, entraînant un appui prolongé sur le dos des congénères et des griffures plus longues et profondes.

En conclusion : Si le risque de chutes est parfois mentionné dans les études, aucun travail de recherche ne s'est intéressé spécifiquement aux risques de chutes liés à la densité pendant le transport des porcs. Cet impact est donc évalué indirectement par les lésions observées sur les carcasses. Les blessures attribuées à des chutes (chutes non observées directement dans les études) pourraient survenir si l'espacement entre les animaux est trop important, à condition qu'il soit combiné à un mauvais revêtement routier et/ou à une conduite brutale. Néanmoins, toutes origines confondues (chutes, agressions, chevauchements, fatigue, intervention humaine, durant le transport, au (dé)chargement ou en porcherie d'attente), l'incidence des lésions et des ecchymoses observées sur la carcasse des porcs après un transport diminue lorsqu'ils disposent de surfaces plus grandes dans le véhicule. Certains auteurs attribuent ce résultat à une réduction des interventions lors du déchargement, les porcs étant moins fatigués. Par ailleurs, une surface plus importante dans le camion leur permet de s'asseoir ou de se coucher ce qui réduit le risque de chutes. Selon la littérature, les surfaces se rapprochant le plus de la nouvelle proposition réglementaire ne semblent pas être à l'origine de davantage de blessures que des surfaces respectant strictement le seuil réglementaire actuel. En particulier, une étude montre moins d'hématomes avec une surface disponible de $0,56 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ qu'avec $0,42 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$.

3.2.3 Influence de la surface disponible sur d'autres indicateurs du bien-être

3.2.3.1 Influence de la surface disponible sur le comportement des porcs

Il existe des données contradictoires sur la position préférée des porcs (debout ou couchée) pendant le transport, ce comportement semblant dépendre de la durée et du moment du transport (cf. paragraphe 3.3.2). Dans un camion de transport, le comportement des porcs évolue au fil du temps. Pendant le chargement du camion et immédiatement après le départ, les porcs se tiennent majoritairement debout et se montrent actifs. Les porcs explorent leur nouvel environnement et recherchent une place pour s'asseoir ou se coucher (Lambooi & Engel, 1991). C'est principalement pendant cette phase - quand des individus



non familiers tentent d'établir une hiérarchie - que se manifeste parfois une forte activité liée aux comportements agressifs (Bradshaw et al., 1996b ; Gerritzen et al., 2013). Connell (1984) mentionne que les porcs ne se battent pas lorsque le véhicule est en mouvement mais ils le font s'il est à l'arrêt. Cependant, Lambooij & Engel, (1991) n'ont pas observé de combats lors des arrêts du véhicule pendant un transport de longue durée. Passées 30 minutes, les porcs commencent à se coucher (Barton Gade & Christensen, 1998) et ce jusqu'à 2 heures de transport (Lambooij et al., 1985 ; Gerritzen et al., 2013). Si la surface disponible est réduite, les comportements de couchage sont plus fréquents lorsque le véhicule est à l'arrêt lors des pauses du conducteur (Lambooij & Engel, 1991).

3.2.3.1.1 Comparaison des surfaces respectant la réglementation (UE) actuelle [0,42 – 0,58] m²/100 kg avec une surface conforme à la nouvelle proposition de règlement (> 0,58 m²/100 kg)

Une étude suggère qu'avec un espace disponible de 0,64 m²/100 kg, les porcs parviennent à mieux se reposer (Lambooij et al., 1985). Même si leurs observations n'étaient que descriptives, les auteurs ont noté que les porcs se couchaient plus tôt après le départ qu'à 0,43 m²/100 kg et que la position couchée était prédominante à la plus grande surface. Une étude récente a comparé des surfaces réglementaires (0,46 et 0,49 m²/porc de 100 kg) avec une surface supérieure au seuil indiqué dans la nouvelle proposition de règlement (0,59 m²/porc) (Pasquale et al., 2024a). Les auteurs n'observent pas de différence significative entre les trois groupes pour les postures adoptées par les porcs dans le camion (Tableau 3). En revanche, lorsqu'ils arrivent à l'abattoir, les porcs manifestent davantage de comportements de repos lorsqu'ils ont disposé d'une surface plus faible dans le camion (0,46 m²/100 kg), suggérant davantage de fatigue. En effet, des porcs arrivant fatigués à l'abattoir préfèrent se coucher pour récupérer du stress lié au transport plutôt que de consacrer leur temps à d'autres activités (Brandt & Aaslyng, 2015).

3.2.3.1.2 Comparaison de surfaces respectant le seuil réglementaire (UE) actuel (> 0,42 m²/100kg) mais inférieures à la nouvelle proposition de règlement (0,58 m²/100 kg)

Dans leur étude, Gerritzen et al. (2013) ont observé le comportement de porcs transportés pendant 7 heures en comparant une surface disponible pendant le transport légèrement supérieure à la surface réglementaire (0,44 m²/porc de 100 kg) avec une surface plus importante (0,56 m²/porc de 100 kg), proche du seuil de 0,58 m²/porc de 100 kg donné par la nouvelle proposition de réglementation. Des comportements agressifs ont eu lieu pendant le chargement et immédiatement après le départ, mais également vers la fin du voyage. La durée des combats était plus longue chez les porcs disposant de 0,44 m²/porc de 100 kg par rapport aux porcs transportés à 0,56 m²/100 kg (Tableau 3). Les comportements d'abreuvement ne différaient pas entre les deux groupes (1L consommé /porc pendant le transport de 7 heures). Environ 2 heures après le départ du camion (après le départ initial ou après une pause), les porcs disposant de 0,56 m²/porc de 100 kg passaient plus de temps en position couchée. A l'inverse, les porcs disposant de 0,44 m²/100 kg se couchaient davantage quand le camion était immobile (aux pauses du conducteur et à l'arrivée à



destination), suggérant une plus grande fatigue (Gerritzen et al., 2013). Ces résultats sont en accord avec les études antérieures de Lamboij et ses collaborateurs, menées sur de longs trajets (de 25 à 44 h). Leurs observations suggéraient qu'avec un espace disponible supérieur ou égal à $0,54 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$, les porcs parvenaient à mieux se reposer : ils se couchaient plus tôt après le départ et le nombre de porcs couchés était plus élevé qu'à $0,43 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ (Lamboij et al., 1985; Lamboij & Engel, 1991).

D'après Pasquale et al. (2024a), des porcs transportés à des surfaces de $0,49$ et $0,46 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ dans le camion adoptent des postures similaires (Tableau 3). En comparant une surface supérieure à $0,43 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ et une surface expérimentale inférieure, comprise entre $0,37$ et $0,43 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$, An et al. (2023) n'ont pas non plus montré de différence dans les positions adoptées par les porcs dans le camion, mais ont observé davantage de combats lorsque les porcs disposaient de la plus grande surface. Cependant, d'autres auteurs n'ont pas observé d'effet sur les comportements agressifs en comparant des surfaces disponibles de $0,50$, $0,43$ et $0,37 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ (Urrea et al., 2021). À leur arrivée à destination, les signes de fatigue observés (position couchée, moins de comportements de type abreuvement, agressions) ne différaient pas entre les porcs qui disposaient de $0,43 \text{ m}^2/\text{porc}$ de ceux qui disposaient d'une surface plus élevée ($0,50 \text{ m}^2/\text{porc}$) (Urrea et al., 2021). Cette étude semble indiquer qu'une augmentation de $0,07 \text{ m}^2/\text{porc}$ de 100 kg par rapport au minimum réglementaire n'a que peu d'impact sur la fatigue des porcs une fois arrivés à l'abattoir.

Le cas des porcelets

Pendant un transport de 24h, des porcelets d'environ $6,5 \text{ kg}$ ont passé $75,6 \%$ du temps couchés et $21,6 \%$ du temps à se tenir debout (Lewis & Berry 2006). Les effets de l'espace disponible sur le bien-être des porcelets pendant le transport ont été principalement démontrés en termes de changements de positions, des porcelets de 5 kg transportés à une surface de $0,05 \text{ m}^2/\text{porcelet}$ se tenant plus fréquemment debout ou assis et moins souvent couchés que des porcelets bénéficiant de plus d'espace ($0,06$ et $0,07 \text{ m}^2/\text{porcelet}$) (Sutherland et al., 2009a; 2009b). Dans une autre étude, les mêmes auteurs ont montré une augmentation du couchage et une réduction de la position « debout sur des congénères » chez des porcelets transportés avec une surface de $0,06 \text{ m}^2/\text{porcelet}$, suggérant que cette surface serait plus adaptée au transport que les deux autres surfaces testées ($0,05$ et $0,07 \text{ m}^2/\text{porcelet}$) (Sutherland et al., 2010). Chez des porcelets de 30 kg , Riches & Guise (1997) ont montré que 45% sont couchés ou assis, et 55% sont debout, quelle que soit la surface allouée ($0,14$, $0,17$ ou $0,22 \text{ m}^2/\text{porcelet}$). De plus, l'ensemble des porcelets se couchaient quand le véhicule est à l'arrêt. À l'arrêt, les porcelets se couchaient les uns sur les autres et augmentaient ainsi volontairement la densité de 30 kg/m^2 avec la surface la plus élevée. D'après les auteurs, les surfaces importantes utilisées dans l'étude, surfaces supérieures au seuil réglementaire (Tableau 2), permettent aux porcelets d'exprimer un choix (s'entasser, donc augmenter la densité effective, ou se coucher en contact avec le sol), ce qui réduirait le stress du transport.



En conclusion : Des porcs bénéficiant d'une surface proche ou supérieure au seuil indiqué dans la nouvelle proposition de réglementation (0,58 m²/100 kg) parviennent à mieux se reposer (ils se couchent davantage) pendant le transport, et arrivent moins fatigués à l'abattoir que des porcs disposant d'une surface inférieure. De plus, lorsque des combats entre congénères ont lieu, leur durée est plus courte. La comparaison de surfaces situées dans l'intervalle [0,42 – 0,58] m²/100 kg révèle peu de différences dans les comportements des porcs (postures, interactions agressives). Le comportement de porcelets de 30 kg semble similaire qu'ils soient transportés à des surfaces de 0,14 m²/porcelet (conforme à la réglementation UE, cf. Tableau 2), 0,17 m²/porcelet (pratique réalisée sur le terrain) ou 0,22 m²/porcelet (inférieure à la surface de 0,26 m²/porcelet selon la nouvelle proposition de réglementation).

3.2.3.2 Influence de la surface disponible sur les indicateurs physiologiques

Comme indiqué précédemment, la limitation de l'espace disponible dans un véhicule de transport nécessite une augmentation de l'activité physique pour le partage de l'espace, ce qui est souvent source de fatigue pour les porcs (Benjamin, 2005). La température corporelle, la fréquence respiratoire et le rythme cardiaque sont des indicateurs d'une activité excessive ou d'un stress, parfois utilisés dans la littérature relative au transport des porcs exposés à différentes densités de chargement (An et al., 2023 ; Gerritzen et al., 2013). La fatigue musculaire après un transport se mesure principalement par la libération de créatine kinase (CK), cette enzyme étant impliquée dans le processus métabolique de récupération d'énergie (Warriss et al., 1998; Knowles & Warriss, 2007), et par l'augmentation du lactate et de l'enzyme lactate déshydrogénase (LDH) (Li et al., 2008). Le glucose plasmatique augmente également lors d'efforts excessifs ou du stress liés au transport (Bryer et al., 2011 ; Terlouw & Bourguet, 2022). Des indicateurs de déshydratation (augmentation de l'hématocrite et des hémoglobines) rendent également compte d'une activité physique excessive combinée à un manque de consommation en eau (Mota-Rojas et al., 2012). Lorsque les porcs sont exposés à des facteurs de stress tels qu'un transport routier, la réponse de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HPA) s'accompagne d'une libération des hormones du stress dans le plasma sanguin, principalement le cortisol et la corticotrophine (ACTH) (Bradshaw et al., 1996a ; ; Li et al., 2008). La réponse du système immunitaire est essentiellement évaluée chez les porcs lors d'un transport par la diminution du nombre de lymphocytes (Pereira et al., 2015) ou par l'augmentation des ratios granulocytes/lymphocytes (G:L) et neutrophiles/lymphocytes (N:L) sous l'effet direct des hormones du stress (Sutherland et al., 2009b ; Bryer et al., 2011). De nombreuses études se sont appuyées sur ces différents paramètres physiologiques afin d'évaluer les conséquences de différentes densités de chargement sur l'activité physique accrue, la fatigue musculaire et le stress des porcs. Nous détaillons ici les études ayant comparé des surfaces réglementaires entre elles, ou avec le seuil indiqué par la nouvelle proposition de réglementation (Tableau 3).



3.2.3.2.1 Comparaison des surfaces respectant la réglementation (UE) actuelle [0,42 – 0,58] m²/100 kg avec une surface conforme à la nouvelle proposition de règlement (> 0,58 m²/100 kg)

En comparant une surface supérieure au seuil indiqué dans la nouvelle proposition réglementaire (> 0,58 m²/100 kg) avec des surfaces conformes à la réglementation actuelle (0,43 et 0,49 m²/100 kg), Lambooi et al. (1985) et Pasquale et al. (2024a) n'ont pas constaté de différence significative sur les paramètres physiologiques associés à une augmentation de l'activité et/ou du stress (glucose, hémocrite, lactate, CK).

3.2.3.2.2 Comparaison de surfaces respectant le seuil réglementaire (UE) actuel (> 0,42 m²/100kg) mais inférieures à la nouvelle proposition de règlement (0,58 m²/100 kg)

Des températures corporelles plus élevées et une légère augmentation du rythme cardiaque liées à une activité accrue ou au stress associé à l'espace limité dans le véhicule ont été observées chez des porcs soumis à la densité de chargement réglementaire (surface disponible de 0,44 m²/100 kg) par rapport à des congénères transportés avec une surface plus importante, légèrement inférieure au seuil indiqué dans la nouvelle proposition de réglementation (0,56 m²/100 kg) (Gerritzen et al., 2013). Chez des porcs transportés à deux surfaces conformes à la réglementation actuelle, allant de 0,43 à 0,50 m²/100 kg selon les études (Urrea et al., 2021 ; Pasquale et al., 2024a), aucune différence significative n'a été observée sur les paramètres physiologiques plasmatiques liés au stress (glucose, hémocrite, lactate, CK). Seuls Barton Gade & Christensen (1998) observent une diminution de la concentration en CK avec la surface la plus grande (0,50 m²/100 kg) quand ils la comparent à 0,42 m²/100 kg, ce qui suggère moins de fatigue musculaire chez les porcs disposant d'une plus grande surface pendant le transport. Cependant les concentrations de lactate et de cortisol ne différaient pas entre les groupes de porcs transportés à ces deux surfaces (Barton Gade & Christensen, 1998). Concernant l'absence d'effet sur le cortisol plasmatique, notons qu'il s'agit d'une hormone réactive au stress qui plafonne pendant un transport quelle que soit la densité (Knowles & Warriss, 2007).

Le cas des porcelets

Les paramètres physiologiques (cortisol, glucose, système immunitaire) mesurés pendant le transport chez des porcelets sevrés de 5 kg ne varient pas selon la surface allouée (0,05, 0,06 et 0,07 m²/porcelet) (Sutherland et al. 2009a ; Sutherland et al., 2010). Dans une autre étude, les mêmes auteurs ont cependant constaté que le ratio N:L était plus élevé à 0,05 m²/porcelet ce qui, associé à la diminution du comportement de repos, suggère que cette surface est insuffisante lors du transport de porcelets sevrés pendant 1 heure en été (Sutherland et al., 2009b).

En conclusion : Certains paramètres physiologiques du stress (température corporelle, rythme cardiaque) sont réduits chez des porcs transportés avec une surface disponible dans le camion qui avoisine le seuil indiqué dans la nouvelle proposition de réglementation (0,56



m²/100 kg) par rapport à des porcs disposant de 0,44 m²/100 kg. Les autres paramètres (glucose, hématoците, lactate, CK) demeurent inchangés. Des porcs disposant de 0,49 m²/100 kg manifestent moins de fatigue musculaire (diminution de la CK) que des porcs disposant de 0,42 m²/100 kg, même si le lactate et le cortisol atteignent des niveaux similaires.

3.2.3.3 Influence de la surface disponible sur la mortalité

Rappelons que cet indicateur extrême rend compte d'une situation grave rencontrée en cas de fortes densités non réglementaires dont les conséquences pour les animaux sont particulièrement délétères. Les indicateurs extrêmes rencontrés dans la littérature relative au transport des porcs sont le taux de mortalité et celui de porcs non ambulatoires (fatigués et/ou blessés) lors du déchargement à l'abattoir (Ritter et al., 2006).

La plupart des enquêtes menées a posteriori montrent qu'il existe une corrélation significativement positive entre la densité de chargement et le taux de mortalité pendant le transport (Barton Gade et al., 2007 ; Fitzgerald et al., 2009 ; Haley et al., 2010). Une seule enquête rapporte à l'inverse une augmentation de la mortalité lorsque la surface disponible augmente (Nannoni et al., 2017). Dans cette étude, les densités de chargement ont été établies selon deux catégories (forte et faible densité) attribuées d'après le nombre de porcs par compartiment mais sans tenir compte de leur poids. Selon les auteurs, ce manque de précision aurait biaisé les résultats. Deux enquêtes ne montrent pas de corrélations entre le taux de mortalité des porcs après un transport et des densités de chargement s'échelonnant autour de la densité réglementaire (Averós et al., 2008; Marti et al., 2022).

Les études expérimentales s'appuyant sur le pourcentage de pertes (mortalités et porcs non ambulatoires) pour déterminer l'impact de la densité pendant le transport des porcs ont le plus souvent comparé des surfaces disponibles inférieures aux surfaces réglementaires, soit entre elles, soit avec une surface proche du seuil réglementaire (Ritter et al., 2006 ; Ritter et al., 2007 ; Pilcher et al., 2011) (Tableau 13).

En conclusion : Il n'existe pas de données sur le taux de mortalité des porcs transportés à des surfaces supérieures au seuil réglementaire actuel. Les données collectées sur des surfaces inférieures au seuil réglementaire montrent que le taux de mortalité des porcs augmente quand on diminue la surface disponible.

3.2.3.4 Influence de la surface disponible sur la qualité de la viande

Les réactions physiologiques et comportementales associées au stress d'un animal au moment de l'abattage affectent la qualité de la viande dont les mécanismes sous-jacents impliquent le métabolisme énergétique musculaire (Knowles & Warriss, 2007 ; Terlouw et al., 2015). Comme pour les autres espèces, dans des cas extrêmes de fatigue et/ou de stress,



la viande de porc peut présenter les caractéristiques sombre, ferme et sèche (DFD : dark, firm, dry) ou de couleur pâle, molle et exsudative (PSE : pale, soft, exsudative) (Adzitey & Nurul, 2011). L'activité physique et/ou le stress accru dans les heures précédant l'abattage, par exemple lors d'un transport de longue durée, provoquent un épuisement du glycogène du muscle, se traduisant par un pH ultime élevé (mesuré 24h après la mort) et une couleur de la viande plus sombre, alors classée en catégorie DFD. En revanche, une activité physique associée à un stress ayant lieu dans les minutes précédant l'abattage accélère le métabolisme musculaire qui perdure après la mort et qui se traduit par une acidification musculaire plus rapide ($\text{pH}_{45\text{min}} < 6$) et un ralentissement de la baisse de la température musculaire. La viande sera alors classée en catégorie PSE (Warriss, 2003 ; Terlouw et al., 2015 ; Čobanović et al., 2016). Par ailleurs, des carcasses de porcs classées en viande PSE et DFD sont également notées avec un fort score de lésions (Guàrdia et al., 2009; Čobanović et al., 2016).

Les informations relatives à l'impact de la surface disponible pendant le transport sur la qualité de la viande de porc ont été synthétisées par Isbrandt et al. (2022). De manière générale, les auteurs s'accordent à dire qu'une surface disponible inférieure ou égale à $0,35 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ pendant le transport influe négativement sur la qualité de la viande avec un risque accru de viandes de type PSE (Kim et al., 2004 ; Guàrdia et al., 2005 ; Pereira et al., 2015 ; Čobanović et al., 2016; Urrea et al., 2021) surtout en période chaude (Hunter et al., 1994) (Tableau 3).

Guisse & Penny (1989) ont montré qu'une surface disponible telle que celle proposée par le nouveau projet de règlement ($> 0,56 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$) diminue l'incidence de viande DFD par rapport à des carcasses de porcs ayant disposé d'une surface strictement réglementaire pendant le transport ($0,42 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$). Ces auteurs ont également constaté moins de prolapsus rectaux (susceptibles d'entraîner du cannibalisme) lorsque des porcs de 100 kg disposaient d'un espace d'au moins $0,42 \text{ m}^2$ chacun. An et al. (2023) confirment ce constat en montrant que des porcs disposant d'une surface supérieure à $0,43 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ pendant leur transport ont un poids de carcasse plus élevé et une qualité de viande globalement meilleure que des porcs transportés à des surfaces inférieures.

Certains auteurs notent cependant qu'une surface disponible supérieure à $0,50 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ augmente l'incidence de viande DFD (Čobanović et al., 2016). Par ailleurs, d'autres études n'ont pas permis d'établir que la densité de chargement avait un effet sur la qualité de la carcasse des porcs sur des trajets de 3 heures en comparant quatre surfaces s'échelonnant de $0,49$ à $0,32 \text{ m}^2/\text{porc}$ (Warriss et al., 1998 ; Guisse et al., 1998 ; Barton Gade & Christensen, 1998). En comparant des surfaces de $0,42$, $0,50$ et $0,60 \text{ m}^2$ pour des porcs de 105 et 120 kg transportés pendant 36 heures (dont 9 heures de pause), Chevillon et al. (2003) ne montrent pas d'effet de la surface par porc sur le rendement carcasse, le pH ultime et le nombre de lésions. En revanche, la perte de poids vif pendant le transport est moins importante chez les porcs disposant de la plus grande surface grâce à une consommation alimentaire plus importante (Chevillon et al., 2003).



Ces résultats parfois contradictoires s'expliquent probablement par des protocoles expérimentaux divergents, d'autant que certains facteurs intrinsèques au transport n'ont pas été systématiquement pris en compte dans chaque étude (durée de transport, style de conduite, présence de litière, etc.).

En conclusion : De manière générale, un espace disponible inférieur ou égal à 0,35 m²/100 kg pendant le transport influence négativement la qualité de la viande. Les études comparant des surfaces disponibles supérieures à 0,50 m²/100 kg pendant le transport des porcs avec des surfaces inférieures formulent des conclusions contradictoires concernant la qualité de la viande.

3.3 Facteurs aggravant potentiellement le risque de chutes et de blessures en fonction de la surface disponible

3.3.1 Types de routes, de conduite et de camions

Plusieurs auteurs suggèrent qu'avec des surfaces disponibles plus grandes dans le camion, il y aurait moins de risque de blessures, notamment sévères, chez les porcs transportés, sauf si la conduite du camion est mauvaise (Barton Gade & Christensen, 1998 ; Pereira et al., 2015; Čobanović et al., 2023). Quelle que soit la densité de chargement pendant un transport, les événements de conduite sur route tels que les accélérations (> 0,7 g), le freinage, les virages serrés ainsi que les revêtements routiers irréguliers, provoquent des accélérations longitudinales, latérales et verticales qui obligent les porcs à effectuer de fréquents ajustements posturaux pour maintenir leur stabilité, nécessitant une action musculaire corrective susceptible de provoquer du stress et de la fatigue et augmentant le risque de chutes (Cockram & Spence, 2012).

La fréquence des pertes d'équilibre des animaux est influencée par le type de route (Bradshaw et al., 1996b). D'après les observations de Barton Gade & Christensen (1998), les routes en mauvais état ou les virages serrés entraîneraient des changements permanents de position chez les porcs qui peineraient alors à garder leur équilibre s'ils disposent d'une surface de 0,42 ou de 0,50 m²/100 kg. Randall & Bradshaw (1998) ont mesuré une accélération longitudinale, latérale et verticale plus importante lorsque les porcs étaient conduits sur des routes secondaires que sur des routes principales ou des autoroutes, se traduisant par des pertes d'équilibre, des chocs corporels et un comportement de repos perturbé. Certains porcs présentaient de l'écume à la bouche et des mâchonnements, ce que les auteurs ont attribué au mal des transports sur les routes secondaires. Bradshaw et al. (1996b) ont rapporté qu'au cours d'un voyage "accidenté" (caractérisé par un



accéléromètre), les porcs passaient plus de temps debout et leur niveau de cortisol salivaire était plus élevé que lors d'un voyage caractérisé comme "doux". De même, lorsque les porcs disposaient de 0,41 m²/100 kg, Cockram & Spence (2012) ont observé davantage de comportements debout et de chutes répétées sur les routes secondaires que sur l'autoroute où la conduite est plus stable. Une autre étude a montré que des porcs effectuant un court trajet (63 km avec un espace disponible de 0,62 m²/100 kg) se couchaient pendant environ 13 % du temps lorsqu'une remorque tractée par un véhicule était conduite prudemment, mais ne se couchaient que pendant environ 3 % du temps lorsque la remorque était conduite à une vitesse plus élevée, entraînant un enregistrement plus important d'accélération sur les trois axes (Peeters et al., 2008).

En plus du type de routes empruntées, l'inexpérience ou le manque de formation des conducteurs peuvent constituer un risque supplémentaire pour le bien-être du bétail pendant le transport (Thodberg et al., 2020). En effet, Nannoni et al. (2017) ont constaté qu'une conduite brutale augmentait le taux de mortalité des porcs au cours d'un transport. D'après Cockram & Spence (2012), si les conducteurs anticipent les événements de conduite potentiels (virages, freinages, accélérations) et préparent leur itinéraire en évitant les routes secondaires au profit des routes principales ou des autoroutes, ils réduiront la probabilité et la gravité des chutes des animaux. D'après Driessen et al. (2020), le style de conduite pourrait être amélioré par des programmes de formations spécifiques.

Enfin, l'utilisation de camions équipés d'un système de suspension à ressorts a une incidence négative sur le bien-être des porcs, comme l'indique l'augmentation des hématomes et des lésions sur la carcasse et la dégradation de qualité de la viande de porc (Dalla Costa et al., 2017). Afin de limiter les vibrations, les secousses et les pertes d'équilibre associées, les auteurs recommandent l'utilisation d'un système de suspension pneumatique pour réduire les impacts sur la qualité de la viande et sur le stress des porcs transportés vers l'abattoir. Notons également que la perception des vibrations et des accélérations varie selon les étages du camion, les porcs chargés à l'étage inférieur étant davantage exposés aux vibrations que ceux de l'étage supérieur (Alambarrio et al., 2022). La perception des secousses liées à une conduite brutale et entraînant des chutes devrait également varier selon la localisation dans le camion. Pourtant, le lien entre la localisation dans le camion et les risques de chutes n'a pas été évalué dans la littérature.

En conclusion : Pendant un transport routier, les événements de conduite (accélérations, freinages, virages serrés) et le type de routes empruntées (routes secondaires) sont susceptibles de provoquer du stress et de la fatigue chez les porcs, et augmentent également le risque de chutes. L'inexpérience ou le manque de formation des conducteurs représentent un risque supplémentaire pour le bien-être des porcs. L'utilisation de camions équipés d'un système de suspension pneumatique est primordiale pour limiter les secousses et les pertes d'équilibre des animaux.



3.3.2 Durée du transport

La littérature scientifique montre que l'application de l'exigence de l'UE en matière de densité de chargement devrait être ajustée en fonction de la durée du voyage puisque celle-ci semble influencer les positions adoptées par les porcs dans le véhicule (Rioja-Lang et al., 2019 ; Schwartzkopf-Genswein et al., 2012). Certaines études ont constaté que, malgré une surface disponible supérieure au seuil réglementaire ($0,49 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$), la majorité restaient debout lors de transports de 1,5 heure (Bradshaw et al., 1996b) et 3 heures (Riches & Guise, 1997). De plus, même pour un transport de 3 heures, la position debout était davantage observée au début du trajet qu'à la fin (Cockram & Spence, 2012). D'autres études ont cependant montré que les porcs se couchaient progressivement au cours des 2 premières heures si l'espace disponible dans le camion était important ($0,64 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$: Lambooij et al., 1985, et $0,50 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$: Barton-Gade & Christiansen, 1998). Lambooij & Engel (1991) ont montré qu'avec suffisamment d'espace ($0,54 \text{ m}^2/\text{porc de } 100 \text{ kg}$), le pourcentage de positions couchées augmentait progressivement pour atteindre 60 % après 3 heures de voyage. Ces résultats a priori contradictoires montrent cependant que des transports de 3 heures ne devraient peut-être pas être classés dans la catégorie des transports « courts ». En effet, s'ils sont effectivement debout au démarrage du camion, les études mentionnées ci-dessus s'accordent à dire que les porcs adoptent majoritairement une position de repos après 2 heures de transport.

Même pour des trajets de courtes durées, une surface allouée importante limite la fatigue des porcs. En effet, Pilcher et al. (2011) ont montré que l'augmentation de la surface disponible de $0,40$ - $0,49$ à $0,52 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ limitait la fatigue des porcs constatée à leur arrivée à l'abattoir (moins d'halètements et de décoloration de la peau) après un transport court (< 1 heure) par rapport à des trajets de 3 heures.

Gerritzen et al. (2013) et Urrea et al. (2021) considèrent que les porcs sont plus aptes à s'adapter à des conditions de transport d'une durée supérieure à 2 heures s'ils sont chargés à une surface supérieure à l'exigence actuelle de l'UE leur permettant de se reposer (Lambooij et al., 1985 ; Lambooij & Engel, 1991 ; Barton-Gade & Christiansen, 1998), et d'éviter de devoir maintenir leur équilibre lors des mouvements du véhicule (Barton-Gade & Christiansen, 1998).

En conclusion : La plupart des porcs se tiennent debout après le départ du camion puis adoptent majoritairement une position couchée après 2 heures de transport, ce qui pourrait réduire leur risque de chuter et/ou de se blesser. Une durée de voyage supérieure à 2 heures nécessiterait une surface allouée permettant à tous les porcs de se coucher simultanément en position « couchée semi-ventrale ».



3.3.3 Températures

L'effet de l'interaction entre la densité de chargement et la température ambiante pendant le transport des porcs a été évalué, mais pas aux densités indiquées dans la proposition de réglementation. Lorsque la température dépasse 24°C et que les porcs ne disposent pas d'un espace suffisant pour se coucher afin de favoriser les pertes de chaleur (CNR BEA, 2025), ils s'agitent, changent de position et les comportements agressifs sont plus fréquents qu'avec une surface disponible plus importante (0,37 m²/100 kg vs 0,43 m²/100 kg) (An et al., 2023). Or les comportements agressifs sont souvent à l'origine des blessures observées chez les porcs après un transport (Faucitano, 2001). En hiver aussi, une étude montre que lorsque la surface disponible dans le véhicule de transport passait de 0,37 à 0,42 m²/100 kg, le risque de lésions cutanées était réduit de 6,5 % (Guàrdia et al., 2009). En considérant le taux de pertes, lorsque les températures environnementales sont inférieures à 21°C, la mortalité pendant le transport est multipliée par 2,12 avec un espace disponible de 0,43-0,44 m²/porc en comparaison à un espace > 0,51 m²/porc (Haley et al., 2010). Haley et al. (2010) considèrent que la température est un déterminant plus important de la mortalité des porcs pendant le transport que l'espace dont ils disposent.

3.4 Leviers d'action pour limiter le risque de chutes et de blessures pendant le transport

- + **Pour les organismes de formation** : Il est primordial de rendre plus accessibles et spécifiques les programmes de formations pour les transporteurs d'animaux vivants : manipulations des animaux, reconnaissance des indicateurs de stress, type de conduite sur route, choix des itinéraires (privilégier les routes principales). Les formations devraient notamment prêter attention à tous les aspects de la conduite, tels que le démarrage, l'accélération et le freinage progressifs, l'utilisation du frein moteur et l'anticipation des virages. Ainsi, la formation des conducteurs pour une meilleure prise de conscience des implications du type de conduite sur le confort des animaux transportés est primordiale. Des guides de bonnes pratiques pour le transport des porcs ont été publiés en 2017 par la Commission européenne (accessible [ici](#)) et par l'IFIP (accessible [ici](#)).
- + **Pour les entreprises de transport routier** : Pour le transport d'animaux vivants, les camions pourraient être équipés de suspensions pneumatiques afin de limiter les vibrations, les secousses et les pertes d'équilibre des animaux. La surface au sol des camions devrait être équipée d'un revêtement antidérapant. Les entreprises de transport routier pourraient systématiquement proposer des formations aux conducteurs.



- + **Pour les producteurs et les convoyeurs** : De la litière (paille ou sciure) en quantité pourrait être fournie dans le camion pour le confort des animaux et pour amortir les chocs éventuels lorsque le camion est en mouvement. Une étude montre que 7,5 L de sciure par porc pour des trajets longs assure la propreté et le confort des porcs (Chevillon et al., 2003). Par ailleurs, l'enrichissement de l'environnement avec des jouets pendant le transport pourrait réduire les lésions aux épaules (notation sur carcasses), en particulier en fournissant des balles en plastique remplies de maïs (Peeters & Geers, 2006). L'apport de ce type de jouets dans le camion limiterait les interactions agressives en occupant les animaux qui disposent d'espace dans le véhicule.

4 Conclusions et travaux à mener

Trop peu d'études se sont intéressées spécifiquement aux impacts de la densité de chargement sur les risques de chutes et de blessures des porcs pendant le transport pour permettre de répondre précisément à la question posée. **Nous ne savons donc pas si la surface de 0,58 m²/100 kg indiquée dans la nouvelle proposition de règlement augmente le risque de chutes des porcs pendant le transport. Néanmoins, aucune étude n'indique que ce risque existe.**

Concernant les blessures observées sur la carcasse des porcs après un transport, elles peuvent avoir des origines multiples. Plus les surfaces disponibles sont faibles, plus les blessures sont associées à des interactions agressives. Lorsque les blessures surviennent avec des surfaces plus élevées, certains auteurs les attribuent à des chutes liées à l'espacement entre les animaux, bien que ces événements n'aient pas été directement observés. Ces auteurs soulignent que la qualité de la conduite et celui du revêtement routier constituent des facteurs aggravant de ce risque. D'une manière générale, la plupart des études montrent que **les lésions cutanées et/ou les hématomes sont prédominants lorsque la surface allouée par animal est faible**. Une étude le constate en particulier lorsque la surface la plus faible est proche des valeurs réglementaires (0,42 m²/100 kg) et qu'elle est comparée à une surface avoisinant les valeurs indiquées dans la nouvelle proposition de réglementation (> 0,56 m²/100 kg). **D'après la littérature, il n'y a donc pas davantage de risque de blessures démontré aux nouvelles surfaces proposées par rapport aux surfaces réglementaires actuelles.**

La majorité des articles scientifiques ont évalué les effets de différentes densités pendant le transport sur le bien-être des porcs en général, via des indicateurs comportementaux et physiologiques, et sur la qualité de la viande. Parmi ces études, rares sont celles qui se sont intéressées à des surfaces disponibles supérieures ou égales à 0,58 m²/100 kg comme indiqué dans la proposition de règlement européen. Néanmoins, nous avons analysé les résultats des quatre travaux de recherche ayant comparé des surfaces allouées proches de



la proposition de nouveau règlement européen ($\geq 0,56 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$) (Commission européenne, 2023) avec des surfaces conformes à la réglementation actuelle (Conseil de l'Union européenne, 2004) s'échelonnant entre 0,42 et 0,49 $\text{m}^2/100 \text{ kg}$. D'après les résultats comportementaux et physiologiques, les porcs bénéficiant d'une surface supérieure au seuil réglementaire sont mieux reposés pendant le transport, ainsi qu'à leur arrivée à l'abattoir. Les porcs sont plus fréquemment observés en position couchée, position qu'ils adoptent plus tôt après le départ du camion. Leur température corporelle et le rythme cardiaque mesurés pendant le transport sont moins élevés à la plus grande surface, même si certaines études ne montrent pas d'effet sur les paramètres physiologiques mesurés. Les résultats relatifs à la qualité de la viande sont contradictoires selon les études. Le transport étant un événement multifactoriel, les interactions entre la densité de chargement et d'autres facteurs (conditions ambiantes à l'intérieur du véhicule, durée du transport, type de camion, de conduite, etc.) n'ont pas été systématiquement évaluées dans les études ce qui peut expliquer la variabilité des résultats obtenus.

Concernant le transport des porcelets sevrés, aucune étude n'a évalué les risques de chutes et de blessures selon la surface disponible. Certains auteurs considèrent cependant que des surfaces supérieures au minimum réglementaire permettent aux porcelets d'exprimer un choix (s'entasser ou se coucher en contact avec le sol), ce qui réduirait le stress du transport.

Dans un camion de transport, la position couchée est nécessaire pour que tous les porcs puissent se reposer, mais aussi pour être plus stables lors des événements de conduite. D'après l'avis de l'EFSA, une densité de chargement adaptée serait en premier lieu celle qui permettrait à tous les porcs de se coucher en position « normale semi-couchée » simultanément. Une surface encore plus importante serait nécessaire par temps chaud pour permettre à tous les animaux de thermoréguler en décubitus latéral complet, ce qu'une densité de 235 kg/m^2 (densité correspondant au seuil réglementaire actuel) ne permet pas. Par ailleurs, au début d'un transport, les porcs semblent préférer se tenir debout et ne se couchent qu'environ 2 heures après le départ. Pour une durée de trajet supérieure à 2 heures, les porcs ont donc besoin de davantage d'espace afin de se coucher pour se reposer et thermoréguler, et afin d'accéder aux abreuvoirs à l'intérieur des véhicules. La surface allouée aux porcs devrait donc être ajustée selon la température ambiante et la durée du transport.

Travaux de recherche à poursuivre

- + Des études plus ciblées, intégrant l'utilisation de caméras dans le camion, restent essentielles pour observer les mouvements réels des porcs et les chutes éventuelles dans un véhicule en déplacement selon la densité de chargement.
- + Des études comparant des densités conformes à la réglementation actuelle avec la densité proposée en 2023 par la Commission européenne, et leurs impacts respectifs sur les chutes et les blessures des porcs pendant le transport sont nécessaires.
- + Il serait intéressant de mener des études comparant le comportement (notamment les postures) des porcs durant les deux premières heures du transport avec les heures



qui suivent selon la surface allouée afin de déterminer précisément comment la fatigue et les besoins en espace des animaux évoluent au cours du transport.

- + Le transport étant un évènement multifactoriel pouvant impacter le bien-être des porcs, d'autres études portant sur l'impact de la densité de chargement et de son interaction avec des facteurs tels que les conditions ambiantes à l'intérieur du véhicule, la durée du transport, le type de camions utilisés, la durée des arrêts et la gestion des porcs pendant les arrêts sont nécessaires.
- + Plus spécifiquement, il est essentiel de poursuivre les recherches sur le bien-être des porcs pendant le transport à tous les stades car leurs besoins diffèrent : porcs en finition, porcelets sevrés et porcs reproducteurs, ainsi que les truies et les verrats de réforme.





Bibliographie

Adzitey, F., & Nurul, H. (2011). *Pale Soft Exudative (PSE) and Dark Firm Dry (DFD) Meats: Causes and measures to reduce these incidences. International Food Research Journal*, 11.

Alambarrio, D. A., Morris, B. K., Davis, R. B., Turner, K. K., Motsinger, L. A., O'Quinn, T. G., & Gonzalez, J. M. (2022). *Commercial straight-deck trailer vibration and microclimate conditions during market-weight pig transport during summer. Frontiers in Animal Science*, 3, 1051572. <https://doi.org/10.3389/fanim.2022.1051572>

An, J., Kim, Y., Song, M., Choi, J., Yun, W., Oh, H., Chang, S., Go, Y., Song, D., Cho, H., Park, S., Kim, Y., Park, Y., Park, G., Oh, S., & Cho, J. (2023). *Effect of loading density and weather conditions on animal welfare and meat quality of slaughter pigs. Journal of Animal Science and Technology*, 65(6), 1323–1340. <https://doi.org/10.5187/jast.2023.e34>

Arndt, H., Spindler, B., Hohmeier, S., Hartung, J., & Kemper, N. (2020). *Planimetric Determination of the Static Space of Cull Sows as the First Step towards a Recommendation of Loading Densities for Cull Sows during Road Transportation in the European Union. Agriculture*, 11(1), 20. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010020>

Arndt, H., Volkmann, N., Spindler, B., Hartung, J., & Kemper, N. (2019). *Do Pigs Have Adequate Space in Animal Transportation Vehicles?—Planimetric Measurement of the Floor Area Covered by Finishing Pigs in Various Body Positions. Frontiers in Veterinary Science*, 5, 330. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00330>

Averós, X., Knowles, T., Brown, S. N., Warriss, P. D., & Gosálvez, L. F. (2008). *Factors affecting the mortality of pigs being transported to slaughter. Veterinary Record*, 163(13), 386–390. <https://doi.org/10.1136/vr.163.13.386>

Barton Gade, P., & Christensen, L. (1998). *Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in Danish slaughter pigs. Meat Science*, 48(3–4), 237–247. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00098-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00098-3)

Baxter, M. R. (1992). *The space requirements of housed livestock. In Farm Animals and the Environment (C. Phillips and D. Piggins, pp. 67–81). CAB International.*

Benjamin, M. (2005). *Pig Trucking & Handling – Stress and Fatigued Pig. Advances in Pork Production*, 57.

Bracke, M. B. M., Herskin, M. S., Marahrens, M., Gerritzen, M. A., & Spoolder, H. A. M. (2020). *Review of climate control and space allowance during transport of pigs. EURCAW Pigs.*



Bradshaw, R. H., Hall, S. J. G., & Broom, D. M. (1996). Behavioural and cortisol response of pigs and sheep during transport. *Veterinary Record*, 233–234.

Bradshaw, R. H., Parrott, R. F., Goode, J. A., Lloyd, D. M., Rodway, R. G., & Broom, D. M. (1996). Behavioural and hormonal responses of pigs during transport: Effect of mixing and duration of journey. *Animal Science*, 62(3), 547–554. <https://doi.org/10.1017/S1357729800015095>

Brandt, P., & Aaslyng, M. D. (2015). Welfare measurements of finishing pigs on the day of slaughter: A review. *Meat Science*, 103, 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.12.004>

Broom, D. M. (1993). Welfare assessment and welfare problem areas. In *Livestock handling and transport* (Temple Grandin, pp. 35–43). CAB International.

Bryer, P. J., Sutherland, M. A., Davis, B. L., Smith, J. F., & McGlone, J. J. (2011). The effect transport and space allowance on the physiology of breeding age gilts. *Livestock Science*, 137(1–3), 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.09.026>

Buckham-Sporer, K., Earley, B., & Marti, S. (2023). Current Knowledge on the Transportation by Road of Cattle, including Unweaned Calves. *Animals*, 13(21), 3393. <https://doi.org/10.3390/ani13213393>

Camerlink, I., Scheck, K., Cadman, T., & Rault, J.-L. (2022). Lying in spatial proximity and active social behaviours capture different information when analysed at group level in indoor-housed pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 246, 105540. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105540>

Cauty, I., Chevillon, P., Rousseau, P., Rugraff, Y., Pirouelle, H., & Houix, Y. (1999). Conditions de transport des porcelets de 8 kg et 25 kg. *Techni Porc*, 21–29.

Chevillon, P., Frotin, P., & Rousseau, P. (2003). Synthèse de quatre essais relatifs au transport de porcs en double équipage d'une durée de 36 heures incluant 9 heures d'arrêt. Incidence de la surface par porc et du système d'alimentation sur le bien être des porcs. *Recommandations pratiques*.

CNR BEA. (2025). Confort thermique, facteurs de stress thermique et leviers d'action pendant le transport des porcs [Expertise].

Čobanović, N., Karabasil, N., Stajković, S., Ilić, N., Suvajdžić, B., Petrović, M., & Teodorović, V. (2016). The Influence of Pre-Mortem Conditions on Pale, Soft and Exudative (PSE) and Dark, Firm and Dry (DFD) Pork Meat. *Acta Veterinaria*, 66(2), 172–186. <https://doi.org/10.1515/acve-2016-0015>

Čobanović, N., Suvajdžić, B., Vičić, I., Vasilev, D., & Karabasil, N. (2023). Prevalence of carcass lesions and their effects on welfare, carcass composition and meat quality in slaughtered pigs. *Annals of Animal Science*, 23(2), 597–609. <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0093>



Cockram, M., & Spence, J. (2012). *The effects of driving events on the stability and resting behaviour of cattle, young calves and pigs*. *Animal Welfare*, 21(3), 403–417. <https://doi.org/10.7120/09627286.21.3.403>

Commission européenne. (2023). *Proposal for a Regulation of the European parliament and of the council on the protection of animals during transport and related operations, amending Council Regulation (EC) No 1255/97 and repealing Council Regulation (EC) No 1/2005*. Brussels, Belgium, 7.12.2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52023PC0770>

Connell, J. (1984). *International transport of farm animals intended for slaughter*. Commission Européenne, 67 pp.

Conseil de l'Union européenne. (2004). *Regulation No 1/2005 of 22 December 2004 on the protection of animals during transport and related operations and amending Directives 64/432/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No 1255/97*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02005R0001-20191214>

Driessen, B., Van Beirendonck, S., & Buyse, J. (2020). *Effects of Transport and Lairage on the Skin Damage of Pig Carcasses*. *Animals*, 10(4), 575. <https://doi.org/10.3390/ani10040575>

Duval, E., Lecorps, B., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2024). *Are regulations addressing farm animal welfare issues during live transportation fit for purpose? A multi-country jurisdictional check*. *Royal Society Open Science*, 11(1), 231072. <https://doi.org/10.1098/rsos.231072>

EFSA. (2022). *Welfare of cattle during transport*. *EFSA Journal*, 20(9), e07442. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7442>

EFSA AHAW Panel. (2022). *Welfare of pigs during transport*. *EFSA Journal*, 20(9), Article 9. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7445>

Faucitano, L. (2001). *Causes of skin damage to pig carcasses*. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(1), 39–45. <https://doi.org/10.4141/A00-031>

Fitzgerald, R. F., Stalder, K. J., Matthews, J. O., Schultz Kaster, C. M., & Johnson, A. K. (2009). *Factors associated with fatigued, injured, and dead pig frequency during transport and lairage at a commercial abattoir*. *Journal of Animal Science*, 1156–1166.

Gade, P. B., Christensen, L., Baltzer, M., & Petersen, J. V. (2007). *Causes of pre-slaughter mortality in Danish slaughter pigs with special emphasis on transport*. *Animal Welfare*, 16(4), 459–470. <https://doi.org/10.1017/S0962728600027391>

Gerritzen, M. A., Hindle, V. A., Steinkamp, K., Reimert, H. G. M., Van Der Werf, J. T. N., & Marahrens, M. (2013). *The effect of reduced loading density on pig welfare during long distance transport*. *Animal*, 7(11), 1849–1857. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001523>



Guàrdia, M. D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M. A., Gispert, M., & Diestre, A. (2005). Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. *Meat Science*, 70(4), 709–716. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.007>

Guàrdia, M. D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M. A., Gispert, M., & Diestre, A. (2009). Risk assessment of skin damage due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Science*, 81(4), 745–751. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.11.020>

Guise, H. J., & Penny, R. H. C. (1989). Factors influencing the welfare and carcass and meat quality of pigs 1. The effects of stocking density in transport and the use of electric goads. *Animal Science*, 49(3), 511–515. <https://doi.org/10.1017/S0003356100032724>

Guise, H. J., Riches, H. L., Hunter, E. J., Jones, T. A., Warriss, P. D., & Kettlewell, P. J. (1998). The Effect of Stocking Density in Transit on the Carcass Quality and Welfare of Slaughter Pigs: 1. Carcass Measurements. *Meat Science*, 50(4), 439–446. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00056-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00056-4)

Haley, C., Dewey, C. E., Widowski, T., & Friendship, R. (2010). Relationship between estimated finishing-pig space allowance and in-transit loss in a retrospective survey of 3 packing plants in Ontario in 2003. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 74(3), Article 3.

Hunter, E. J., Weeding, C. M., Guise, H. J., Abbott, T. A., & Penny, R. H. C. (1994). The effect of season and stocking density on pig welfare during transport. *Applied Animal Behaviour Science*, 269–279.

Isbrandt, R., Wiegard, M., Meemken, D., & Langkabel, N. (2022). Impact of Procedures and Human-Animal Interactions during Transport and Slaughter on Animal Welfare of Pigs: A Systematic Literature Review. *Animals*, 12(23), 3391. <https://doi.org/10.3390/ani12233391>

Knowles, T., & Warriss, P. (2007). *Stress Physiology of Animals During Transport* (T. Grandin, Ed.; WOS:000293333400020; p. 328). <https://doi.org/10.1079/9781845932190.0312>

Lambooy, E., & Engel, B. (1991). Transport of slaughter pigs by truck over a long distance: Some aspects of loading density and ventilation. *Livestock Production Science*, 28(2), 163–174. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(91\)90006-C](https://doi.org/10.1016/0301-6226(91)90006-C)

Lambooy, E., Garssen, G. J., Walstra, P., Mateman, G., & Merkus, G. S. M. (1985). Transport of pigs by car for two days; some aspects of watering and loading density. *Livestock Production Science*, 13(3), 289–299. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(85\)90007-7](https://doi.org/10.1016/0301-6226(85)90007-7)

Lewis, N. J., & Berry, R. J. (2006). Effects of season on the behaviour of early-weaned piglets during and immediately following transport. *Applied Animal Behaviour Science*, 100(3–4), 182–192. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.12.006>

Li, L.-A., Xia, D., Bao, E.-D., Wei, S., Xiao, J.-S., Bao, J.-W., Chen, W.-H., Chen, J., Hartung, J., & Zhao, R.-Q. (2008). Erhualian and Pietrain pigs exhibit distinct behavioral, endocrine and biochemical responses during transport. *Livestock Science*, 113(2–3), 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.03.008>



Marti, E., Nannoni, E., Visentin, G., Sardi, L., Martelli, G., Belperio, S., & Liuzzo, G. (2022). Mortality during Transport of Pigs Subjected to Long Journeys: A Study in a Large European Abattoir. *Veterinary Sciences*, 9(11), 590. <https://doi.org/10.3390/vetsci9110590>

Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Roldan-Santiago, P., Alonso-Spilsbury, M., Flores-Peinado, S., Ramírez-Necoechea, R., Ramírez-Telles, J. A., Mora-Medina, P., Pérez, M., Molina, E., Soní, E., & Trujillo-Ortega, M. E. (2012). Effects of long distance transportation and CO2 stunning on critical blood values in pigs. *Meat Science*, 90(4), 893–898. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.027>

Nannoni, E., Liuzzo, G., Serraino, A., Giacometti, F., Martelli, G., Sardi, L., Vitali, M., Romagnoli, L., Moscardini, E., & Ostanello, F. (2017). Evaluation of pre-slaughter losses of Italian heavy pigs. *Animal Production Science*, 57(10), 2072. <https://doi.org/10.1071/AN15893>

Pasquale, V., Bergeron, R., Devillers, N., Conte, S., & Faucitano, L. (2024). Effects of space allowance on behaviour during lairage, stress physiology, skin lesion scores, and meat quality of market-weight pigs transported in an actively ventilated vehicle in the summer. *Canadian Journal of Animal Science*, cjas-2024-0038. <https://doi.org/10.1139/cjas-2024-0038>

Pasquale, V., Faucitano, L., Devillers, N., Conte, S., & Bergeron, R. (2024). Effects of space allowance on behaviour during lairage, stress physiology, skin lesion scores, and meat quality of market pigs transported in an actively ventilated vehicle in the winter. *Canadian Journal of Animal Science*, cjas-2024-0039. <https://doi.org/10.1139/cjas-2024-0039>

Peeters, E., Deprez, K., Beckers, F., Baerdemaeker, J. D., Aubert, A. E., & Geers, R. (2008). Effect of driver and driving style on the stress responses of pigs during a short journey by trailer. *Animal Welfare*, 189–196.

Peeters, E., & Geers, R. (2006). Influence of provision of toys during transport and lairage on stress responses and meat quality of pigs. *Animal Science*, 82(5), 591–595. <https://doi.org/10.1079/ASC200686>

Pereira, T. L., Corassa, A., Komiyama, C. M., Araújo, C. V., & Kataoka, A. (2015). The effect of transport density and gender on stress indicators and carcass and meat quality in pigs. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(3), e0606. <https://doi.org/10.5424/sjar/2015133-6638>

Petherick, J. C., & Phillips, C. J. C. (2009). Space allowances for confined livestock and their determination from allometric principles. *Applied Animal Behaviour Science*, 117(1–2), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.09.008>

Pilcher, C. M., Ellis, M., Rojo-Gómez, A., Curtis, S. E., Wolter, B. F., Peterson, C. M., Peterson, B. A., Ritter, M. J., & Brinkmann, J. (2011). Effects of floor space during transport and journey time on indicators of stress and transport losses of market-weight pigs¹. *Journal of Animal Science*, 89(11), 3809–3818. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3143>



Randall, J. M., & Bradshaw, R. H. (1998). Vehicle motion and motion sickness in pigs. *Animal Science*, 66(1), 239–245. <https://doi.org/10.1017/S1357729800009012>

Riches, H. L., & Guise, H. J. (1997). Does the transport stocking density of 30-kg live weight pigs affect their heart rate and choice of posture? *BSAP Occasional Publication*, 20, 102–103. <https://doi.org/10.1017/S0263967X00043512>

Rioja-Lang, F. C., Brown, J. A., Brockhoff, E. J., & Faucitano, L. (2019). A Review of Swine Transportation Research on Priority Welfare Issues: A Canadian Perspective. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 36. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00036>

Ritter, M. J., Ellis, M., Brinkmann, J., DeDecker, J. M., Keffaber, K. K., Kocher, M. E., Peterson, B. A., Schlipf, J. M., & Wolter, B. F. (2006). 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*, 2856–2864.

Sardi, L., Gastaldo, A., Borciani, M., Bertolini, A., Musi, V., Martelli, G., Cavallini, D., Rubini, G., & Nannoni, E. (2020). Identification of Possible Pre-Slaughter Indicators to Predict Stress and Meat Quality: A Study on Heavy Pigs. *Animals*, 10(6), 945. <https://doi.org/10.3390/ani10060945>

Schwartzkopf-Genswein, K. S., Faucitano, L., Dadgar, S., Shand, P., González, L. A., & Crowe, T. G. (2012). Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review. *Meat Science*, 92(3), 227–243. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.010>

Spoolder, H. A. M., Aarnink, A. A. J., Vermeer, H. M., Van Riel, J., & Edwards, S. A. (2012). Effect of increasing temperature on space requirements of group housed finishing pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 138(3–4), 229–239. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.010>

Sutherland, M. A., Bryer, P. J., Davis, B. L., & McGlone, J. J. (2009). Space requirements of weaned pigs during a sixty-minute transport in summer. *Journal of Animal Science*, 87(1), 363–370. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1078>

Sutherland, M. A., Bryer, P. J., Davis, B. L., & McGlone, J. J. (2010). A Multidisciplinary Approach to Assess the Welfare of Weaned Pigs During Transport at Three Space Allowances. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 13(3), 237–249. <https://doi.org/10.1080/10888705.2010.483879>

Sutherland, M. A., Krebs, N., Smith, J. S., Dailey, J. W., Carroll, J. A., & McGlone, J. J. (2009). The effect of three space allowances on the physiology and behavior of weaned pigs during transportation. *Livestock Science*, 126(1–3), 183–188. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.06.021>

Terlouw, C., & Bourguet, C. (2022). Chapter 1: Quantifying animal welfare preslaughter using behavioural, physiological and carcass and meat quality measures. In L. Faucitano (Ed.),



Preslaughter handling and slaughter of meat animals (pp. 13–61). Brill | Wageningen Academic. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-924-4_1

Terlouw, E. M. C., Cassar-Malek, I., Picard, B., Bourguet, C., Deiss, V., Arnould, C., Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Lefèvre, F., & Lebret, B. (2015). *Stress en élevage et à l'abattage: Impacts sur les qualités des viandes*. INRA Productions Animales, 169–182.

Thodberg, K., Gould, L. M., Støier, S., Anneberg, I., Thomsen, P. T., & Herskin, M. S. (2020). *Experiences and opinions of Danish livestock drivers transporting sows regarding fitness for transport and management choices relevant for animal welfare*. Translational Animal Science, 4(2), 1070–1081. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa015>

Urrea, V.M., Bridi, A.M., Ceballos, M.C., Paranhos Da Costa, M.J.R., Faucitano, L., 2021. *Behavior, blood stress indicators, skin lesions, and meat quality in pigs transported to slaughter at different loading densities*. J. Anim. Sci. 99, skab119. <https://doi.org/10.1093/jas/skab119>

Warriss, P. D. (2003). *Optimal lairage times and conditions for slaughter pigs: A review*. Veterinary Record, 170–176.

Warriss, P. D., Brown, S. N., Knowles, T. G., Edwards, J. E., Kettlewell, P. J., & Guise, H. J. (1998). *The effect of stocking density in transit on the carcass quality and welfare of slaughter pigs: 2. Results from the analysis of blood and meat samples*. Meat Science, 50(4), 447–456. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00057-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00057-6)

Welfare Quality Network. (2019). *Welfare Quality assessment protocol for laying hens, version 2.0*. Welfare Quality Network.

Whiting, T. L. (2024). *Minimum Space When Transporting Pigs: Where Is the “Good” Law?* Animals, 14(18), 2732. <https://doi.org/10.3390/ani14182732>

Zappaterra, M., Faucitano, L., & Nanni Costa, L. (2023). *Road Transport: A Review of Its Effects on the Welfare of Piglets*. Animals, 13(10), 1604. <https://doi.org/10.3390/ani13101604>





Centre national
de référence pour le
bien-être animal

www.cnr-bea.fr | contact@cnr-bea.fr