



Centre national
de référence pour le
bien-être animal



25 °C

for slaughter pigs



0.62 m²

per animal

Based on a 110 kg pig

AVIS

Confort thermique, facteurs de stress thermique et leviers d'action pendant le transport des porcs

Sur la base de l'avis EFSA (2022)



Centre national
de référence pour le
bien-être animal

Confort thermique, facteurs de stress thermique et leviers d'action pendant le transport des porcs



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

28/02/2025

Date des dernières modifications

17/09/2025



Coordinatrice du rapport

Colson Violaine, CNR BEA

Pour citer ce rapport

Violaine Colson, Camille Bezançon, Louise Kremer, Agnès Tiret, Experts du CNR BEA, Geneviève Aubin-Houzelstein. Avis du CNR BEA sur le confort thermique, les facteurs de stress thermique et les leviers d'action pendant le transport des porcs. CNR BEA. 2025. DOI : [10.17180/pnte-rv95](https://doi.org/10.17180/pnte-rv95)



Résumé

Ce rapport du Centre National de Référence pour le Bien-Être Animal (CNR BEA) synthétise les points clés de l'avis EFSA (2022b) paru au sujet du bien-être des porcs durant le transport, en se concentrant exclusivement sur les informations relatives au stress thermique. Le rapport du CNR BEA s'articule autour de trois axes majeurs. Il détaille tout d'abord les mécanismes physiologiques et comportementaux de régulation de la température chez les porcs. Il liste ensuite l'ensemble des facteurs susceptibles de générer un stress thermique chez les porcs lors du transport. Enfin, le rapport propose différents leviers d'action pour améliorer le confort thermique des animaux pendant les différentes phases du transport : lors du chargement/déchargement, lors du transit en camion et durant les pauses. La conclusion met en avant les points essentiels du rapport et souligne les axes de recherche à approfondir pour 1) mieux comprendre les conditions de confort thermique des porcs (et ce à tous les stades de leur vie) et pour 2) confirmer la pertinence des leviers d'action suggérés.

Mots clés

Transport / Température / Confort thermique / Stress thermique / Porcs / Thermorégulation



Contexte tel que défini par le commanditaire

« Le projet de révision du règlement 1/2005 suggère des prévisions de températures extérieures à respecter pour autoriser ou non les transports d'animaux vivants quels que soient l'espèce/race/lieu.

En disposant des paramètres physiologiques de thermoneutralité des espèces les plus transportées dans le cadre d'une activité économique, est-il possible de déterminer des fourchettes de température/hygrométrie... et des leviers/outils (ventilation, brumisation, autres ?) à utiliser en cours de transport pour agir sur ces paramètres et améliorer le confort thermique des animaux ? »

Sollicitation

« Le CNR BEA répondra dans la mesure du possible à la question suivante :

- + « Quelles sont les zones de thermoneutralité des porcs [bovins, volailles (poulets de chair et poules pondeuses), petits ruminants (ovins et caprins) et équins] ? »
- + « Quels sont les paramètres (température, hygrométrie, flux d'air...) permettant de réguler la température ressentie par les animaux lors du transport ? »
- + « Comment agir sur ces paramètres afin d'améliorer le confort thermique des animaux ? »

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
- + 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 (2023)
- + EFSA AHAW Panel (2022). Welfare of pigs during transport. EFSA Journal 2022;20(9):7445, 108 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7445>

> VOIR TOUS LES TRAVAUX REALISES PAR LE CNR BEA

Table des matières

Glossaire	1
Liste des abréviations.....	6
Liste des tableaux, figures et encadrés.....	7
1 Méthode	8
2 Mécanismes physiologiques et comportementaux de régulation de la température chez les porcs	8
2.1 Exposés à des températures élevées.....	8
2.2 Exposés à des températures basses	10
2.3 La zone de neutralité thermique.....	10
3 Facteurs influençant le confort thermique des porcs	12
3.1 Facteurs endogènes.....	12
3.2 Facteurs exogènes	13
4 Leviers d'action pour améliorer le confort thermique des porcs durant le transport en camion 17	
4.1 Leviers d'action en cas de fortes températures.....	17
4.1.1 Leviers d'action pendant le transport en camion	17
4.1.2 Leviers d'action pendant les phases de (dé)chargement, aux centres de rassemblement, postes de contrôle et pendant les pauses.....	19
4.2 Leviers d'action en cas de températures basses	21
5 Conclusions et recherches à mener	22
5.1 Conclusions du rapport	22
5.2 Recherches à mener	23
5.3 Autres pistes d'amélioration.....	24
Bibliographie.....	25



Glossaire

Centres de rassemblement

Lieux tels que des exploitations, points de collecte et marchés, dans lesquels des animaux d'élevage de type équidés, bovin, ovin, caprin ou porcin provenant de différentes exploitations sont regroupés pour former des chargements (Consortium du Projet des Guides pour le Transport des Animaux, 2018).

Conduction

La conduction est un mode de transfert thermique qui se produit par contact direct entre deux objets ou surfaces de températures différentes, c'est-à-dire dans ce contexte, entre l'animal et son environnement par le biais de surfaces en contact direct. La perte de chaleur de l'animal par conduction ne peut avoir lieu que si sa température corporelle est supérieure à celle de la surface de contact (Serviento, 2022).

Convection

La convection est un mode de transfert thermique qui implique le déplacement de fluides, transportant l'énergie thermique d'une zone à une autre. Elle permet notamment d'accentuer la perte de chaleur corporelle d'un animal via la circulation de l'air autour de lui. Ainsi, une augmentation de la vitesse de l'air peut améliorer la dissipation de la chaleur par convection, ce qui est particulièrement bénéfique pour l'animal en périodes de fortes chaleurs (Serviento, 2022).

Effet cheminée

Mouvement d'air par lequel l'air chaud monte et l'air froid descend.

Evaporation

L'évaporation est un mécanisme de conversion de l'eau de la phase liquide à la phase gazeuse. Ce processus permet la dissipation de la chaleur corporelle excessive d'un animal. Il se manifeste principalement par la transpiration cutanée et, dans une moindre mesure, par l'évaporation au niveau des voies respiratoires.

Fréquence respiratoire

Elle correspond au nombre de cycles respiratoires par minute et est généralement mesurée en comptant les mouvements du flanc à partir d'une observation directe (mouvements par minute). La fréquence respiratoire augmente avec la température corporelle afin de maintenir l'homéothermie (EURCAW Pigs, 2020). Le stress thermique entraîne une augmentation de la fréquence respiratoire jusqu'au halètement.



Halètement

Respiration saccadée avec la bouche ouverte. La première phase du halètement est caractérisée par une respiration rapide et superficielle appelée polypnée thermique (augmentation de la fréquence respiratoire et diminution de l'amplitude). Elle passe à une seconde phase caractérisée par une respiration plus lente et plus profonde, appelée hyperpnée thermique (augmentation de l'amplitude) caractérisée par une augmentation du taux de ventilation alvéolaire (Hales & Webster, 1967). L'évaporation de l'eau par le halètement est la principale forme de perte de chaleur des porcs à des températures élevées (Huynh et al., 2005). Le halètement est considéré comme un signe physique de stress thermique.

Humidité relative

Pourcentage de saturation de l'air en vapeur d'eau à une température donnée par rapport au maximum de vapeur d'eau que l'air pourrait contenir à cette température.

Indice température-humidité (THI)

Le THI est un indicateur qui vise à estimer le degré d'inconfort d'un animal en fonction de la température ambiante et de l'humidité relative de l'air. Plusieurs formules existent pour calculer le THI. L'institut de l'élevage français utilise notamment la formule suivante, définie par le National Research Council (1971) : $THI = 0,8 \times TA + (HR/100) \times (TA - 14,4) + 46,4$, avec TA la température ambiante (en °C) et HR l'humidité relative (en %).

Poste de contrôle

Zone où les animaux se reposent pendant au moins 24 heures, en accord avec les règles des durées de voyage et des temps de repos prévus par la réglementation. Ces zones doivent être approuvées par les autorités compétentes (Consortium du Projet des Guides pour le Transport des Animaux, 2018).

Radiation

La radiation est un mode de transfert thermique par émission d'ondes électromagnétiques, permettant aux animaux d'échanger de la chaleur avec leur environnement sans contact direct, du corps le plus chaud vers le corps le plus froid (Waubant, 2022).

Rayonnement solaire

Rayonnement thermique émis par le soleil avec une forte concentration d'énergie dans la région spectrale visible (350-750 nm) (Causone et al., 2010).



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.

Stress au chaud

Expérience subjective de l'animal au cours de laquelle il ressent un stress tel que l'inconfort et/ou la détresse alors qu'il est exposé à une température effective élevée (EFSA AHAW Panel, 2022).

Stress au froid

Expérience subjective de l'animal au cours de laquelle il ressent un stress tel que l'inconfort et/ou la détresse alors qu'il est exposé à une température effective basse (EFSA AHAW Panel, 2022).

Stress thermique

Expérience subjective de l'animal au cours de laquelle il ressent un stress au chaud ou au froid. Le stress thermique correspond à une situation où les mécanismes physiologiques et comportementaux de dissipation de la chaleur ne parviennent plus à maintenir l'équilibre entre la perte et la production de chaleur.

Température critique inférieure (TCi)

Température ambiante en dessous de laquelle un animal doit augmenter sa production de chaleur métabolique pour maintenir sa température corporelle dans une plage normale pour l'espèce (37-39°C pour le porc, selon le stade physiologique) (Figure 3).

Température critique supérieure (TCs)

Température ambiante au-dessus de laquelle un animal doit augmenter ses pertes de chaleur et/ou diminuer sa production de chaleur pour empêcher une augmentation de sa température corporelle au-dessus de la plage normale pour l'espèce (37-39°C pour le porc, selon le stade physiologique) (Figure 3).

Température effective

La température effective est utilisée pour l'analyse du confort thermique. Elle est basée sur la relation entre la température ambiante, la vitesse du vent et l'humidité relative (Blazejczyk et al., 2012).



Température ressentie

Température effective telle que perçue par les animaux, qui dépend de leurs caractéristiques endogènes.

Thermogénèse

La thermogénèse est le processus par lequel un organisme produit de la chaleur. Elle est la résultante de l'activité métabolique de l'animal et comprend la thermogénèse de base (production thermique minimale enregistrée chez un animal au repos, à jeun et dans les conditions de neutralité thermique) et la chaleur produite par l'activité musculaire.

Thermolyse

La thermolyse est le processus par lequel un organisme perd de la chaleur. Elle peut se faire au travers de pertes de chaleur sensibles et insensibles.

Thermorégulation

Fonction adaptative qui permet l'équilibre entre la production et les pertes de chaleur par des ajustements biochimiques, physiologiques et/ou comportementaux pour assurer le maintien de l'homéothermie.

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. Ils peuvent disposer de 1 à 5 étages, chacun pouvant être compartimentés en 2 à 4 blocs. D'après le règlement CE 1/2005 (EC Council, 2004), les véhicules de transport sont de deux types : type 1 (durée < 8 heures) et 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. Pour les transports de plus de 8 heures, les animaux doivent également disposer d'une litière quel que soit leur âge.

Zone de confort thermique (ZCT)

La zone de confort thermique correspond à la plage de température la plus confortable pour un animal. Elle représente l'environnement thermique préféré d'un individu, où les efforts métaboliques et physiologiques de thermorégulation sont minimales (Silanikove, 2000). Elle est parfois appelée « zone de sécurité » (EFSA AHAW Panel, 2022).



Zone de neutralité thermique (ZNT)

La zone de neutralité thermique couvre la plage de températures ambiantes au sein de laquelle le métabolisme et la production de chaleur d'un individu homéotherme restent stables et indépendants de la température ambiante. La zone est limitée par la température critique inférieure et la température critique supérieure (Figure 3).



Liste des abréviations

CNR BEA

Centre National de Référence pour le Bien-Être Animal

TA

Température ambiante

TCi

Température critique inférieure

TCs

Température critique supérieure

THI

Indice Température-Humidité

ZCT

Zone de confort thermique

ZNT

Zone de neutralité thermique



Liste des tableaux, figures et encadrés

Liste des figures

Figure 1. Evolution des températures maximales (du 1er juin au 31 août 2024) quotidiennes en France par rapport à la normale quotidienne (adapté de (Météo France, 2025)).....	9
Figure 2. Evolution des températures minimales (du 1er décembre 2023 au 29 février 2024) quotidiennes en France par rapport à la normale quotidienne (adapté de (Météo France, 2025)).	10
Figure 3. Représentation schématique de la zone de neutralité thermique pour le porcelet sevré, le porc en finition et la truie en lactation (d'après (Bruce & Clark, 1979; EFSA AHAW Panel, 2022; Gourdine et al., 2021; Serviento, 2022; Vermeer & Aarnink, 2023))	11



1 Méthode

Le présent document synthétise les informations relatives au stress thermique contenues dans l'avis EFSA « Welfare of pigs during transport » (EFSA AHAW Panel, 2022) paru au sujet du bien-être des porcs durant le transport. Quelques recherches bibliographiques supplémentaires ont été menées pour expliciter, notamment, les mécanismes de thermorégulation des porcs. Les sources utilisées par l'EFSA ne sont pas citées lorsque les informations qui en proviennent sont reprises dans ce rapport et l'EFSA (2022) n'est pas non plus citée lorsque ses propres avis sont utilisés. Les informations issues d'articles non mentionnés par l'EFSA sont clairement citées et référencées. Les réflexions propres au CNR BEA sont indiquées en bleu dans le texte, sauf pour le glossaire dans lequel les définitions non sourcées sont des définitions rédigées par le CNR BEA.

2 Mécanismes physiologiques et comportementaux de régulation de la température chez les porcs

Contrairement aux autres mammifères, les porcs présentent des particularités limitant leur capacité de thermorégulation : une majorité de leurs glandes sudoripares sont inactives, leurs poumons sont de petite taille ce qui limite l'efficacité du halètement, et ils possèdent une couche épaisse de tissu adipeux sous-cutané qui entrave la dissipation de chaleur. En conséquence, ils sont particulièrement vulnérables au stress au chaud.

Comme tous les animaux homéothermes, les porcs régulent leur température principalement via des ajustements comportementaux et physiologiques.

2.1 Exposés à des températures élevées

A des températures élevées, les porcs augmentent leur fréquence respiratoire et halètent pour augmenter la perte de chaleur par évaporation au niveau pulmonaire. Ils adoptent un couchage en décubitus latéral complet, ce qui leur permet de dissiper leur chaleur corporelle par conduction (avec le sol). Les dissipations de chaleur avec l'air alentour se font aussi par convection et par radiation. Des changements posturaux plus fréquents sont également observés. Leur température rectale augmente, leur consommation alimentaire diminue tandis que la consommation en eau augmente. Durant le transport, le manque d'accès à



l'eau associé à l'agitation et à la chaleur provoque une déshydratation hypertonique qui se traduit par une élévation de l'osmolarité plasmatique. La déshydratation hypertonique se produit lorsque la perte d'eau est proportionnellement plus importante que la perte d'électrolytes, l'eau passant de la cellule à l'espace extracellulaire en tant que mécanisme compensatoire. La soif prolongée et les efforts d'ajustement fournis par les porcs pour maintenir l'homéostasie thermique et hydrique lorsqu'ils sont exposés à une température suboptimale entraînent un stress incluant des états affectifs négatifs tels que l'inconfort et la détresse. Dans les cas les plus extrêmes, l'exposition au chaud peut entraîner une déshydratation sévère des individus en absence de consommation suffisante d'eau, qui peut conduire à leur mort. En effet, lorsque les températures sont comprises entre 28°C et 34,2°C, une étude montre un taux de mortalité en cours de transport 6,6 fois plus important qu'à des températures inférieures à 17°C chez des porcs en finition (Haley et al., 2010). Une autre étude montre que le taux de mortalité à l'arrivée chez des porcs de 115-135 kg après un transport (durées comprises entre 30 minutes et 4 heures) augmente de manière significative dès lors que la température de l'air à l'extérieur du camion dépasse 25°C (jusqu'à 0,30 % de porcs morts à l'arrivée) (Sutherland et al., 2009). En effet, la température à l'intérieur d'un camion de 4 étages peut monter jusqu'à 32°C après 7 heures de transport, même si la température extérieure n'est que de 23°C (Chen et al., 2024). Dans ces conditions, les animaux ne peuvent plus maintenir une température interne physiologique ni leur hydratation et sont en état de stress thermique et hydrique.

En France, la température maximale enregistrée en 2024 était de 35°C (Météo France, 2025) (Figure 1). Un pic record de 46°C a été atteint en 2019 dans l'Hérault (Météo France, 2020).

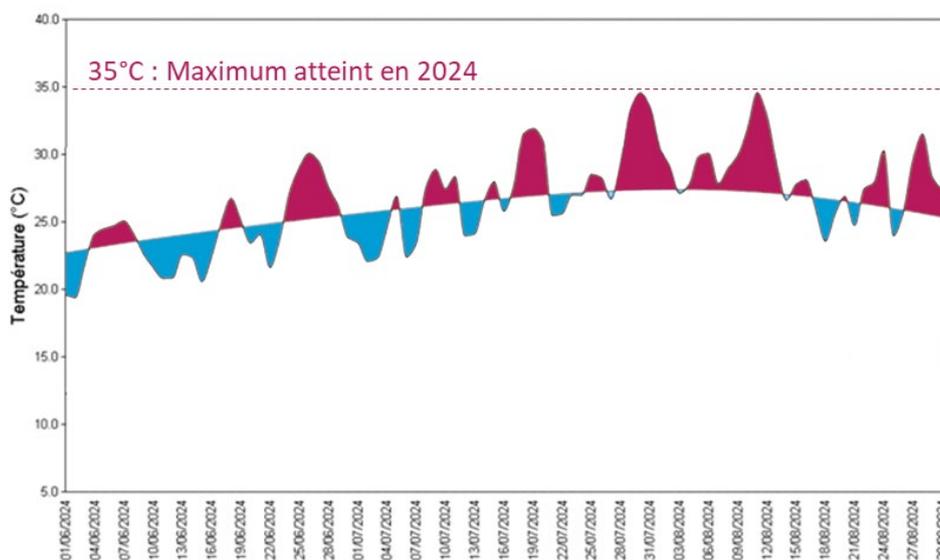


Figure 1. Evolution des températures maximales (du 1er juin au 31 août 2024) quotidiennes en France par rapport à la normale quotidienne (adapté de (Météo France, 2025))



2.2 Exposés à des températures basses

En cas de températures froides, les porcs développent des mécanismes pour produire de la chaleur métabolique tels que le frissonnement, défini comme de lentes et irrégulières vibrations sur le corps (Consortium du Projet des Guides pour le Transport des Animaux, 2018). Dépourvus de pelage épais, ils augmentent leur niveau d'activité et favorisent les contacts corporels avec leurs congénères en se couchant en cohésion. Une augmentation du comportement assis afin de réduire le contact avec le sol froid a été observée lors du transport par temps froid. L'exposition des porcs à des températures basses extrêmes entraîne un risque accru de gelures, d'hypothermie et d'hypoglycémie, notamment chez les porcelets, particulièrement vulnérables au froid, notamment en raison de leur faible quantité de tissus adipeux (Heath, 1989). Lorsque les températures descendent en dessous de 5°C pendant un transport, le pourcentage de porcs incapables de se déplacer à leur arrivée augmente significativement, allant jusqu'à 0,24 % (contre environ 0,12 % à des températures supérieures à 5°C) (Sutherland et al., 2009). Ainsi, la mortalité due au transport augmente en conditions froides (Ritter et al., 2006).

En France, la température minimale enregistrée en 2024 était de -4°C (Météo France, 2025) (Figure 2).

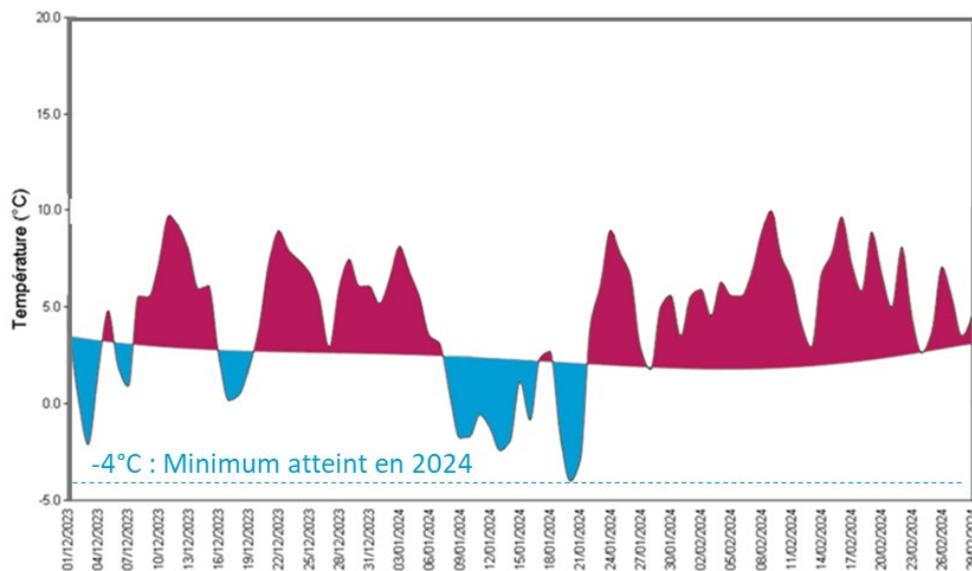


Figure 2. Evolution des températures minimales (du 1er décembre 2023 au 29 février 2024) quotidiennes en France par rapport à la normale quotidienne (adapté de (Météo France, 2025))

2.3 La zone de neutralité thermique

Les plages de la zone de neutralité thermique (ZNT) varient selon les études et selon les critères retenus pour les apprécier (rythme respiratoire, consommation alimentaire,



température corporelle...). De plus, ces plages dépendent de facteurs endogènes (notamment la catégorie animale) et exogènes (notamment l'humidité et la vitesse de l'air) (cf. paragraphe 3).

Estimation de la zone de neutralité thermique (Figure 3) : La ZNT est définie comme l'intervalle de températures ambiantes dans lequel les porcs n'ont pas besoin d'activer leurs mécanismes de régulation thermique puisque leur métabolisme y est relativement constant. Elle est bornée par la température critique inférieure (TCi) et la température critique supérieure (TCs). Au-delà des températures critiques, les porcs commencent à activer des mécanismes physiologiques pour maintenir la température corporelle dans la normale, augmentant ainsi les risques de stress thermique. Les TCi et TCs varient en fonction des catégories de porcs, diminuant progressivement à mesure que l'animal prend du poids. Pour les truies, ces valeurs sont estimées à 18 et 22-25°C, respectivement. Pour les porcs en finition, la TCi est d'environ 22°C et la TCs avoisine 25-27°C. Pour les porcelets sevrés (environ 10 kg), la TCi a été estimée à 24°C et la TCs de 30°C. La TCi du verrat serait de 20°C (Kemp et al., 1989).

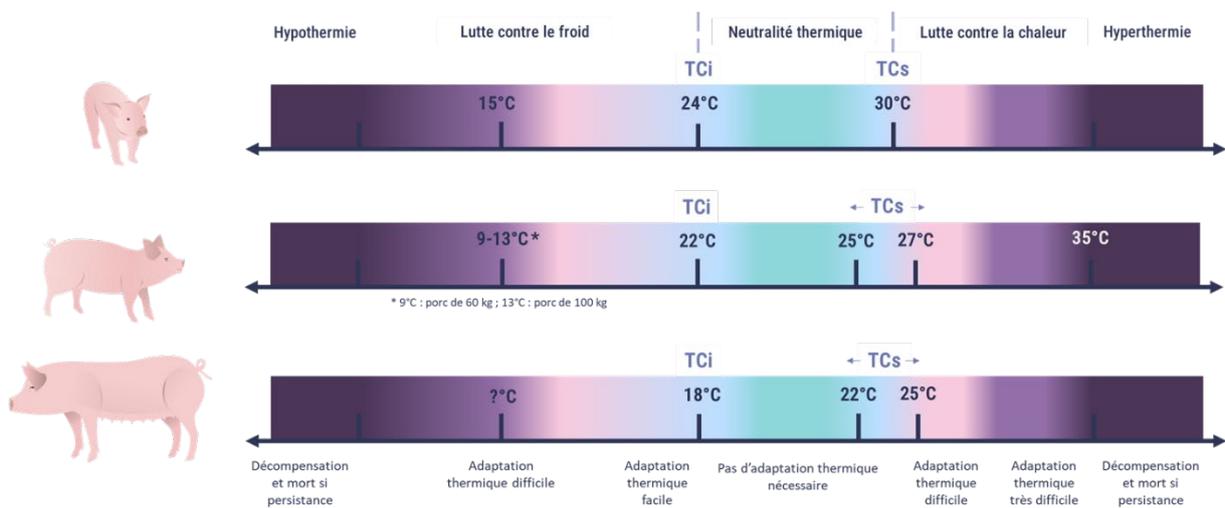


Figure 3. Représentation schématique de la zone de neutralité thermique pour le porcelet sevré, le porc en finition et la truie en lactation (d'après (Bruce & Clark, 1979; EFSA AHAW Panel, 2022; Gourdine et al., 2021; Serviento, 2022; Vermeer & Aarnink, 2023)). TCi : Température critique inférieure : TCs : Température critique supérieure

Pour éviter tout risque de stress thermique, les porcs doivent être transportés dans leur zone de neutralité thermique. La température effective, mesurée à proximité des porcs pendant le transport, ne doit jamais dépasser la TCs, soit 22-25°C pour les truies, 25-27°C pour les porcs en finition, et 30°C pour les porcelets sevrés. La température effective ne devrait jamais être inférieure à la TCi, soit 18°C pour des truies, 22°C pour des porcs en finition et 24 °C pour des porcelets sevrés.



3 Facteurs influençant le confort thermique des porcs

Afin d'éviter d'exposer les porcs à un stress thermique, qu'il soit chaud ou froid, les conditions environnementales doivent leur permettre de thermoréguler efficacement, particulièrement pendant le transport où d'autres facteurs de stress s'additionnent. Deux grandes catégories de facteurs influencent la température ressentie par les porcs (et par conséquent les valeurs-seuils de la ZNT propre à chaque individu) : les facteurs endogènes et les facteurs exogènes.

3.1 Facteurs endogènes

Les facteurs endogènes, c'est-à-dire propres à l'animal, qui influencent les capacités de thermorégulation de porcs, et donc leur ZNT, comprennent notamment :

- + **La génétique** : La sélection génétique pour la productivité et l'accumulation plus efficace de tissus maigres a augmenté d'environ 20% la production de chaleur métabolique des porcs élevés aujourd'hui au détriment de leur capacité à faire face au stress au chaud.
- + **La catégorie animale** : Les truies en lactation sont plus vulnérables au stress thermique pendant les jours qui précèdent le sevrage des porcelets, lorsque la production de lait atteint son maximum et que leur production de chaleur métabolique est donc très élevée. Les truies à un stade de gestation avancé sont également soumises à une activité métabolique élevée. Leur forte production de chaleur corporelle les rend donc également sensibles au stress au chaud. A l'inverse, les porcelets nouveau-nés et proches du sevrage sont probablement les moins vulnérables au stress au chaud par rapport aux autres catégories de porcs, mais ils sont les plus sensibles au stress au froid. En effet, les jeunes porcs présentent un risque accru d'hypothermie et d'hypoglycémie du fait de leurs faibles réserves énergétiques engendrant une faible capacité métabolique à produire de la chaleur corporelle. Les informations disponibles sur les verrats sont très limitées.
- + **Le poids corporel** : Les porcs les plus gros montrent une susceptibilité accrue au stress au chaud due à leur faible rapport surface/poids corporel et à des tissus adipeux sous-cutanés plus importants. La production de chaleur corporelle augmente avec le poids corporel (+2% pour chaque incrément de 5 kg), alors que le taux de dissipation de la chaleur diminue. A l'inverse, des porcelets de 20 kg sont plus résistants que leurs aînés lorsqu'ils sont exposés à des températures élevées, mais ils sont plus vulnérables à des



températures basses. Cette vulnérabilité s'explique par (i) leur surface corporelle relativement plus grande par rapport à leur volume, ce qui augmente la perte de chaleur par la peau et, (ii) leurs faibles réserves de graisse sous-cutanée réduisant leur isolation thermique naturelle (Bruce et Clark, 1979).

- + **Le niveau d'agitation** : L'activité physique d'un individu influence sa ZNT en augmentant sa production de chaleur métabolique. Ainsi, tout (dé)chargement des porcs lors d'un transport augmente le risque de stress au chaud. Par exemple, l'exercice musculaire important auquel les porcs sont contraints pour gravir une rampe d'accès inclinée ou pour maintenir l'équilibre dans le véhicule en mouvement entraîne une augmentation de la température corporelle. Le niveau d'activité et la production de chaleur métabolique augmentent également en cas de mélange d'individus non familiers dans un compartiment (Heetkamp et al., 1995) car il occasionne chez les porcs des comportements agressifs liés à l'instauration d'une hiérarchie.
- + **Le niveau d'ingestion** : La consommation d'aliments induit une production de chaleur liée à la digestion et à l'utilisation métabolique des nutriments (Quiniou et al., 2000). Ainsi, le niveau de nutrition des porcs influence le seuil de la TCi : plus le niveau de nutrition est élevé, plus les porcs tolèrent des températures basses (Bruce & Clark, 1979). A l'inverse, les animaux soumis à un apport énergétique élevé par rapport aux besoins d'entretien (chez les truies en lactation par exemple) sont généralement plus sensibles au stress au chaud. La tendance des porcs à développer le mal des transports limite la possibilité de les nourrir juste avant et pendant le transport. Or des porcs sous-nourris produisent environ 1,5 fois moins de chaleur que des porcs nourris à satiété (Del Barrio et al., 1993). **Par conséquent, la mise à jeun avant un transport augmente probablement le risque de stress au froid en période hivernale.**
- + **La race** : En faisant abstraction des facteurs endogènes mentionnés dans ce paragraphe tels que le poids corporel, nous ne savons pas si certaines races ou lignées de porcs provenant de certaines régions de l'UE sont mieux adaptés aux conditions chaudes que d'autres. On sait cependant que certaines races de porcs originaires des climats tropicaux sont plus adaptées au stress au chaud que la race commerciale européenne Large-White (Gourdine et al., 2007).

3.2 Facteurs exogènes

Les facteurs exogènes influencent la température effective et donc la ZNT des porcs pendant le transport. Idéalement, chaque facteur devrait être pris en compte dans l'évaluation des conditions microclimatiques de transport des animaux. Les facteurs exogènes comprennent :



- + **L'humidité** : Lorsque la température ambiante est élevée (supérieure à la TCs), un taux d'humidité élevé dans l'air réduit la perte de chaleur de l'animal par évaporation via les voies respiratoires et augmente encore le risque de stress thermique. C'est pourquoi certaines études utilisent le concept d'indice température-humidité (THI) en complément de la simple mesure de la température ambiante.
- + **Le rayonnement solaire** : Selon le matériau utilisé, le rayonnement du soleil sur le toit et les parois du camion augmente la température au sein du véhicule, et ainsi le risque de stress thermique pour les animaux. Pour cette raison, le transport d'animaux vivants en périodes chaudes devrait être programmé aux heures de la journée où le rayonnement solaire est le plus faible, à savoir, le matin ou la nuit.
- + **La circulation de l'air dans le camion** : La vitesse de l'air augmente la perte de chaleur par convection et par évaporation et modifie la température ressentie par les porcs. Des vitesses d'air de 0,7 m/s sont perçues par le porc comme un refroidissement qui élève leur TCi de 3,5°C (Randall, 1980; Chevillon et al., 1999). Ce phénomène peut être néfaste pour les porcs exposés à des températures basses. L'exposition intermittente de porcelets sevrés à des courants d'air lorsque la température ambiante n'est que de 20°C accroît leur taux de mortalité en raison de pathologies telles que les rhinites, les pneumonies et les diarrhées (Scheepens et al., 1991). Ainsi en hiver, une circulation d'air froid dans un véhicule roulant à 80 km/h est susceptible d'engendrer un changement métabolique et un stress au froid considérable pour les porcelets, ceci d'autant plus que la durée du transport est longue. A l'inverse, à une température élevée, la vitesse de l'air aide les animaux à mieux faire face au stress au chaud. En effet, en élevage, à des vitesses d'air comprises entre 0,56 et 1,30 m/s, des porcs en engraissement augmentent leur consommation alimentaire de 180 g/j lorsque la température ambiante passe de 20 à 28°C (Massabie et al., 2001). De même, à 30°C, le rythme respiratoire des truies diminue de 7,6 bpm lorsque la vitesse de l'air ventilé à proximité passe de 0,19 à 0,45 m/s (Brandt et al., 2024).

Il existe deux types de ventilation dans les véhicules de transport d'animaux vivants : la ventilation passive et la ventilation active forcée.

La ventilation passive repose sur deux flux d'air principaux : (i) un flux horizontal lié au déplacement du camion et à la différence de pression d'air créée entre l'avant et l'arrière du véhicule (créant un mouvement d'air continu de l'arrière vers l'avant du camion) et, (ii) un flux d'air vertical dû à l'effet cheminée lié à des différences de températures (créant un mouvement d'air chaud remplacé par de l'air froid – du bas vers le haut). Cette circulation d'air inégale crée des zones de températures plus élevées à certains endroits du camion. A l'arrêt, le mouvement du camion ne permet plus de créer la différence de pression nécessaire à l'entrée de l'air frais et à la sortie de l'air chaud, et l'efficacité de la ventilation passive est alors limitée. Le risque de stress thermique au chaud en raison de l'accumulation de la chaleur et de l'humidité augmente donc – notamment pour les animaux situés au plus haut niveau du véhicule (où l'air chaud s'accumule, sans être efficacement remplacé par de l'air plus frais).



La ventilation active forcée (mécanique) dans les véhicules de transport d'animaux vise à évacuer la chaleur et l'humidité générées par les animaux en remplaçant l'air intérieur par celui provenant de l'extérieur. Cette ventilation permet de stabiliser le micro-environnement thermique et aussi de réguler les niveaux de gaz (O_2 , CO_2 , NH_3). Une ventilation active est souvent plus efficace qu'une ventilation passive pour créer un flux d'air, la circulation de l'air à l'intérieur du camion étant forcée par l'activation de ventilateurs. Elle peut prendre le relai quand la ventilation passive ne suffit plus en cas d'arrêt prolongé par temps chaud. Les systèmes à ventilation forcée par ventilateur sont une exigence pour les trajets de plus de 8 heures. Selon le règlement CE 1/2005, le débit d'air minimal des ventilateurs ne doit pas être inférieur à $60 \text{ m}^3/\text{h}$ pour 100 kg de poids vif (Consortium du Projet des Guides pour le Transport des Animaux, 2018) et les ventilateurs doivent pouvoir fonctionner quand le véhicule est à l'arrêt. Cependant, par temps chaud et humide, une ventilation mécanique peut ne pas suffire pour maintenir les animaux dans leur ZNT.

- + **L'emplacement des animaux dans le camion :** La majorité des camions de transport de porcs utilisés dans l'Union européenne ont entre deux et cinq niveaux. En raison des flux d'air explicités ci-dessus dans le cas de la ventilation passive par temps chaud, les animaux situés à l'avant au plus haut niveau du camion où les vitesses d'air sont les plus faibles, sont plus exposés au risque de stress au chaud que les autres individus, alors que les emplacements les plus froids se situent à l'arrière au niveau le plus bas du camion. Avec des températures extérieures de $16,6^\circ\text{C}$ en moyenne pendant un trajet de 7 heures, les compartiments situés à l'avant des camions atteignent des températures supérieures à 30°C pendant 9,3 % du temps du trajet (Chen et al., 2024). De fait, en été, le taux de mortalité des porcs pendant le transport est le plus élevé à l'avant des camions (Bench et al., 2008). En périodes froides, lorsque la température extérieure avoisine 0°C , une étude récente a montré que la température enregistrée pendant le transport au niveau du pont supérieur ($15,2^\circ\text{C}$) était significativement plus basse que celle de l'étage inférieur ($16,9^\circ\text{C}$) (Pasquale et al., 2024). De plus, les porcs placés à proximité des volets d'aération subissent de fortes turbulences avec des vitesses d'air importantes (5 m/s), accentuant encore le froid ressenti (Chevillon et al., 1999). [Ainsi, en hiver, les porcs transportés dans les compartiments du pont supérieur, en particulier ceux situés à proximité des volets d'aération, seraient soumis à un stress au froid considérable pendant la totalité du trajet.](#)
- + **La densité de chargement :** Une densité élevée dans le camion limite la dissipation de chaleur et augmente le risque de stress thermique en cas de fortes chaleurs. L'EFSA cite une étude qui constate une augmentation de la température interne du camion de 7°C lorsque la densité de chargement passe de 1 à $2,6 \text{ porcs/m}^2$ (Dewey et al., 2009). A l'inverse, l'augmentation de l'espace disponible en diminuant le nombre d'animaux réduit la chaleur métabolique totale et l'humidité produites par les animaux à bord d'un véhicule. L'augmentation de l'espace disponible permet aussi



d'accroître les mécanismes de refroidissement par évaporation en augmentant l'exposition des surfaces corporelles à la ventilation et/ou par conduction. S'ils n'ont pas suffisamment d'espace disponible, les porcs ne peuvent pas se coucher en décubitus latéral complet, ce qui réduit leur possibilité de thermoréguler efficacement lorsque les températures sont élevées.

Par temps froid, les porcs ont également besoin d'espace pour pouvoir s'éloigner des zones froides, en particulier à proximité des volets d'aération.

- + **Le mélange d'individus non familiers** : Les porcs regroupés dans les camions peuvent être originaires de différentes cases. La non-familiarité entre les porcs entraîne souvent des comportements agressifs visant à instaurer une hiérarchie dans le groupe. Lors de ces combats, les porcs consomment de l'énergie et augmentent leur chaleur métabolique, ce qui accentue le risque de stress thermique en été. De plus, il a été montré que la fréquence des interactions agressives entre truies est positivement corrélée à la température à l'intérieur du véhicule de transport.
- + **L'espace vertical** : Les animaux peuvent rencontrer des difficultés à thermoréguler correctement en cas d'espace vertical limité - la ventilation de l'air au sein du véhicule étant alors réduite (SCAHAW, 2002). Dans certains types de remorques nord-américaines, la température et l'humidité relative du compartiment peuvent augmenter pendant les périodes stationnaires, lorsque la hauteur du pont est inférieure à 30 cm (pour les véhicules à ventilation passive) ou à 15 cm (pour les véhicules à ventilation active) au-dessus du point le plus élevé du corps du porc. Une augmentation de l'espace vertical de 20 cm permet de réduire significativement l'augmentation de la température intérieure par rapport à l'extérieur du camion (Chen et al., 2024).
- + **La durée des périodes d'attente** : La plupart des camions subissent un certain temps d'attente que ce soit pendant le chargement des animaux, pour le déchargement (qui dure en moyenne entre 13 et 77 minutes), lors des périodes d'arrêt dues au trafic routier ou aux pauses des conducteurs estimées en moyenne entre 5 et 40 minutes (Thodberg et al., 2022). Par temps chaud, dans les véhicules à ventilation passive maintenus à l'arrêt, les températures augmentent rapidement à des valeurs où les porcs subissent un stress au chaud. Ainsi, la température interne d'un camion à ventilation passive augmente de 1°C par minute pendant les périodes stationnaires, l'ampleur de l'augmentation étant influencée par les températures ambiantes, le type de porc, le type de véhicule et l'espace disponible.
- + **La privation d'eau** : Une privation d'eau avant et pendant le transport augmente le risque de stress au chaud, notamment en cas de températures élevées. Même lorsqu'un véhicule de transport est équipé de points d'eau, ces derniers ne sont pas toujours accessibles à l'ensemble des individus selon leur emplacement dans le camion, ni adaptés à la catégorie de porcs transportés. Les voyages qui durent plus



de 8 heures peuvent alors entraîner une soif prolongée qui peut conduire aux changements physiologiques liés à la déshydratation et aux états affectifs négatifs associés à la soif (frustration, inconfort, souffrance). Les truies allaitantes ont très probablement soif après un laps de temps plus court.

- + **La durée du transport** : Une augmentation des durées de transport expose les porcs à une accumulation des facteurs précités susceptibles d'accroître le risque de stress thermique avec, par exemple, des états de soif prolongée. Des signes comportementaux et physiologiques de soif ont été observés après 8 heures de transport sans accès effectif à l'eau.

4 Leviers d'action pour améliorer le confort thermique des porcs durant le transport en camion

4.1 Leviers d'action en cas de fortes températures

Les porcs ne doivent pas être transportés en dehors de leur ZNT, c'est-à-dire lorsque les températures à l'intérieur du camion excèdent la TCs ou sont inférieures à la TCi, ces températures variant selon la catégorie de porcs (Figure 3). Si les températures extérieures prévues en journée excèdent la ZNT, il est possible, dans une certaine mesure, de prévenir le risque de stress thermique en choisissant de transporter les animaux aux heures les plus fraîches de la journée. [Cependant, se fier uniquement à cette stratégie comporte un risque \(fiabilité des prévisions météorologiques, retard de chargement ou de transport avant les heures chaudes\), ce qui souligne la nécessité de prévoir des plans d'urgence afin de pouvoir répondre aux imprévus le cas échéant.](#)

4.1.1 Leviers d'action pendant le transport en camion

Les véhicules de transport doivent être conçus et ventilés de manière adéquate pour maintenir les porcs dans leur ZNT. Lorsque les animaux présentent des signes de stress au chaud, il convient d'abaisser la température effective dans le camion. Cela peut être réalisé de différentes manières :



- + **Ventilation active forcée (mécanique)** : Augmenter la ventilation dans les compartiments les plus chauds en installant un ventilateur à chaque étage à l'avant de la remorque, permettrait de souffler l'air vers l'arrière et réduirait le stress au chaud des animaux situés à l'avant en cas de fortes chaleurs. Les ventilateurs pourraient être retirés en hiver (Ellis et al., 2010). Cette ventilation active est particulièrement utile lors des arrêts prolongés du véhicule en cas de transport de longue durée ou si les espaces verticaux entre les étages sont faibles. Quand il reste 15 cm entre le point le plus haut des animaux et le plafond, un système de ventilation active doit être installé ; lorsque cette hauteur atteint 30 cm au-dessus des animaux, la ventilation passive peut suffire (SCAHAW, 2002). En cas de températures chaudes extrêmes, les conditions microclimatiques dans les véhicules stationnaires ou en mouvement devraient être maintenues dans la ZNT des porcs dans chaque compartiment et aux différents étages, par exemple au moyen de la climatisation.
- + **Ventilation passive (ouvertures)** : Plus la vitesse d'air est importante, plus la température ressentie par l'animal diminue, ce qui l'aide à lutter contre le stress au chaud (Randall, 1980; Chevillon et al., 1999). En été, lorsque les températures sont élevées, l'ouverture des volets latéraux (dont la hauteur est de 40-50 cm en France) quand le véhicule se déplace permet d'atteindre des vitesses d'air de 5 m/s au niveau des porcs situés à proximité des volets d'aération et de 3 m/s lorsqu'ils sont placés au milieu du camion (Chevillon et al., 1999). La taille, la forme et la position des ouvertures des volets latéraux pour chaque compartiment doivent être modifiées en fonction du taux de ventilation nécessaire pour maintenir la vitesse de l'air dans une fourchette confortable pour les porcs dans tous les compartiments. Pour limiter la chaleur et l'accumulation de CO₂ de l'étage supérieur à l'avant du camion, la taille des ouvertures et le nombre de volets ouverts doivent être plus importants dans les compartiments de l'étage supérieur situés à l'avant que dans les compartiments inférieurs situés à l'arrière (Ellis et al., 2010). L'idéal serait de disposer d'un système automatique permettant de modifier indépendamment selon les compartiments les ouvertures des volets latéraux en fonction des conditions extérieures susceptibles de changer en cours de transport.
- + **Monitoring** : Le contrôle automatique de la ventilation passive et active associé à la surveillance de l'humidité relative et de la température au niveau des porcs devrait permettre au transporteur d'obtenir des informations essentielles pour assurer le confort thermique des porcs au cours du transport. Les capteurs devraient être situés dans les différents étages et compartiments du camion.
- + **Accès à l'eau** : Le conducteur doit veiller à stocker (et/ou remplacer) suffisamment d'eau dans les réservoirs du véhicule et à vérifier le fonctionnement du système d'approvisionnement en eau dans chaque compartiment du camion. Les abreuvoirs doivent être propres, facilement accessibles, suffisamment nombreux (1 abreuvoir pour 15 individus) et à la hauteur appropriée pour chaque catégorie de porcs



transportés. Idéalement, ils devraient être du même type de conception que ceux utilisés dans les exploitations porcines pour que les porcs y soient habitués. L'espace disponible dans une case d'élevage a une influence sur l'accessibilité des points d'eau, dont l'utilisation est inversement corrélée avec la densité des animaux (Larsen & Pedersen, 2022) mais les connaissances actuelles sur ce sujet sont limitées. Cependant, dans un véhicule de transport, la disparition de l'eau (quantité d'eau restant dans le réservoir après le voyage) ne semble pas différente en fonction de la densité de chargement (0,42 ; 0,5 ; 0,6 m²/porc).

- + **Matériaux de construction du camion :** Lors de la construction des véhicules, il convient d'envisager l'utilisation de matériaux isolants de couleur claire réfléchissant le rayonnement solaire sur le toit et les parois afin de limiter le réchauffement à l'intérieur du véhicule.
- + **Baisse de la densité de chargement :** A des températures supérieures à 24°C, l'espace disponible dans les camions devrait être augmenté de 20 % pour permettre à des porcs adultes ou au poids d'abattage d'ajuster leur posture afin de mieux thermoréguler (règlement (CE) n° 1/2005 du Conseil). Le passage de la position sternale à la position latérale nécessite une augmentation de l'espace de 14 %. Cela suggère que la recommandation d'augmentation de l'espace de 20 % par temps chaud permettrait aux porcs de se coucher en décubitus latéral complet pour thermoréguler plus efficacement. En cas de fortes chaleurs, il conviendrait d'ajuster les densités de porcs selon leur emplacement dans la remorque, avec des densités plus faibles dans les compartiments avant.
- + **Familiarité des individus :** Pour éviter les comportements agressifs et la production de chaleur qui y est associée, les porcs issus d'exploitations ou de centres de rassemblement différents ne devraient pas être mélangés dans un même compartiment du véhicule.

4.1.2 Leviers d'action pendant les phases de (dé)chargement, aux centres de rassemblement, postes de contrôle et pendant les pauses

- + **Préparation et planification du voyage :** L'étape du chargement doit être organisée de manière à ce que le véhicule puisse démarrer le plus tôt possible et, si possible, le chargement doit être effectué au moment de la journée où les températures sont les plus fraîches. En effet, lors de transports de porcs en saisons chaudes – même de courtes durées –, une étude montre que le pourcentage le plus élevé de mortalité



est enregistré l'après-midi, suivi du matin, les pertes les plus faibles étant observées chez les porcs transportés la nuit (Machado et al., 2022). Il est crucial de bien planifier à l'avance toutes les étapes du voyage jusqu'à la destination, d'éviter les retards connus (déviation, zones de travaux) et d'informer le personnel présent à destination de l'heure d'arrivée, pour éviter l'attente des animaux dans le véhicule à l'arrêt. Le cas échéant, le conducteur devrait demander l'aide de la police pour que son voyage puisse se poursuivre le plus tôt possible lors d'un arrêt complet de la circulation (par exemple si la route est fermée en raison d'un accident (Consortium du Projet des Guides pour le Transport des Animaux, 2018)).

- + **Caractéristiques des zones de transit** : Les quais de (dé)chargement, les postes de contrôle et les centres de rassemblement doivent être ombragés, ventilés et équipés de points d'eau en nombre suffisant. En effet, l'apport d'eau avant le chargement et après le déchargement réduit le risque de stress au chaud. Il est donc crucial que les porcs aient accès à de l'eau en quantité suffisante jusqu'au moment du chargement et à leur arrivée.
- + **Aspersion d'eau** : Des systèmes de brumisation ou de douches peuvent aussi être mis en place pour refroidir les animaux. L'aspersion des porcs avant le départ et avant le déchargement pendant 5 minutes à l'intérieur du véhicule lorsque la température ambiante dépasse 23°C permet de réduire le stress thermique pendant le transport et au déchargement (Fox et al., 2014). L'utilisation de tels systèmes doit, néanmoins, être combinée à celle d'une ventilation puisque leur usage seul augmente l'humidité et par conséquent la vulnérabilité des individus au chaud. [Pendant les pauses, même sans décharger les animaux du camion, une brumisation peut permettre de réduire leur température corporelle.](#) Dans une étude récente, des porcs en croissance ayant reçu une douche de faible intensité pendant 2 minutes toutes les 30 minutes aux heures les plus chaudes de la journée, s'alimentent davantage et ont une température corporelle plus faible que des porcs non douchés (Segura et al., 2024). [Adapter cette pratique lors des arrêts du camion, même si elle est appliquée moins fréquemment que dans cette étude réalisée en bâtiment, contribuerait à prévenir le stress thermique en période de forte chaleur.](#)
- + **Rampes de chargement** : Les rampes de chargement équipées d'un revêtement antidérapant et inclinées à moins de 15° permettent d'éviter un effort physique excessif qui risque de générer une production de chaleur corporelle additionnelle.
- + **Détection d'animaux déshydratés** : Un porc montrant des signes d'hyperthermie ou de déshydratation pendant le chargement ne doit pas être transporté, mais doit être immédiatement déplacé vers un endroit frais, aspergé et approvisionné en eau. Une **grille d'indicateurs comportementaux** spécifiques du stress au chaud chez le porc devrait être fournie à chaque transporteur qui doit être formé à la détection d'animaux affaiblis. Des grilles pour l'évaluation de l'aptitude au transport sont déjà



disponibles sur le site du Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire ([Guide pratique pour évaluer l'aptitude au transport des porcs](#)), mais elles ne sont pas spécifiques au stress au chaud.

- + **Pendant les pauses à bord du camion** : Des temps de repos doivent être alloués aux animaux lors du trajet pour leur permettre de s'abreuver et de se reposer. Dans un véhicule stationnaire, les porcs doivent pouvoir avoir accès facilement aux abreuvoirs dans l'enceinte du camion pour éviter la déshydratation. Leur température corporelle doit être diminuée par aspersion d'eau et/ou par ventilation active mécanique. L'activation de ventilateurs à bord d'un véhicule stationnaire permet d'abaisser la température interne de 2-3°C quand la température extérieure atteint 30°C (Pasquale et al., 2024). Le véhicule devrait être garé dans un endroit ombragé et la rampe de chargement ouverte.
- + **Durée des temps de pause** : Les pauses au poste de contrôle doivent être suffisamment longues pour permettre à chaque animal de manger, de boire et de se reposer.

4.2 Leviers d'action en cas de températures basses

- + **Litière** : L'apport de litière abaisse la TCi de 5-6°C quelle que soit la catégorie de porcs (Bruce & Clark, 1979). De la litière sèche en quantité suffisante doit donc être fournie dans le camion par temps froid pour que les porcs puissent, éviter le contact avec le sol nu, dans l'idéal s'y enfouir, et maintenir leur température corporelle au niveau de confort requis. Cette litière doit garantir l'absorption de l'urine et des fèces de sorte que les animaux restent propres et secs pendant toute la durée du transport.
- + **Ventilation passive** : En période hivernale, l'ouverture des volets d'aération doit être réduite au minimum, tout en assurant un renouvellement d'air suffisant, pour éviter le stress au froid. Le bâchage partiel de la remorque et la fermeture des volets latéraux sont indispensables car ils réduisent par deux les vitesses d'air au niveau des porcs (Chevillon et al., 2004).
- + **Chauffage** : Par temps froid, les camions devraient disposer d'un chauffage intérieur.



5 Conclusions et recherches à mener

5.1 Conclusions du rapport

Lorsque les prévisions météorologiques pendant tout ou partie du trajet ne permettent pas d'assurer le maintien des porcs dans leur zone de neutralité thermique (ZNT) à l'intérieur du camion, le transport ne devrait pas avoir lieu, afin de réduire le risque de stress thermique chez les animaux. L'EFSA n'indique pas de durée seuil en dessous de laquelle les animaux pourraient être transportés en conditions sous-optimales. Ainsi, quelle que soit la durée du transport, aucun porc ne devrait être transporté lorsque les températures au sein du camion risquent de dépasser les TCs (plafonnées à 22-25°C pour les truies, 25-27°C pour les porcs en finition et 30°C pour les porcelets sevrés) ou d'être inférieures aux TCi (18°C pour les truies, 22°C les porcs en finition et 24°C pour les porcelets sevrés). Par temps chaud, il est donc préférable d'organiser le transport tôt le matin ou pendant la nuit. Concernant les températures basses, l'article 31 (paragraphe 2.a) de la proposition de Règlement de la Commission européenne précise que « lorsque des températures inférieures à 0 °C sont prévues, les véhicules routiers doivent être couverts et la circulation de l'air dans le compartiment des animaux doit être contrôlée, afin de protéger les animaux contre le risque de refroidissement pendant le voyage » (European Commission, 2023). A une température extérieure de 0°C, la température à l'intérieur d'un camion fermé ne dépasse pas 16,9°C (Pasquale et al., 2024), ce qui est inférieur à la TCi pour chaque catégorie de porc.

La zone de confort thermique (ZCT) est plus restreinte mais constitue la plage de température idéale pour le transport des porcs. Dans la littérature, les limites inférieures de la ZCT sont souvent confondues avec celles de la ZNT. La considération de la ZCT dans l'évaluation des conditions de transport sur le bien-être des individus devrait prévaloir sur celle de la ZNT. Cela implique néanmoins que les contours de la ZCT des porcs soient mieux définis, celle-ci ayant été, pour l'heure, peu étudiée.

Des capteurs mesurant en temps réel les conditions microclimatiques à différents emplacements du camion devraient alerter le transporteur en cas de dépassement de la ZNT en cours de transport, afin de décharger les animaux au poste de contrôle le plus proche. De plus, pour que les chauffeurs puissent appliquer les mesures préventives adéquates et détecter un éventuel stress thermique chez les animaux transportés, il est essentiel qu'ils soient correctement formés aux bonnes pratiques et à la lecture des indicateurs de stress thermique sur les animaux. S'il existe un risque de stress thermique, des mesures palliatives telles que celles énoncées dans la partie 4 doivent être prises par les transporteurs.



5.2 Recherches à mener

De nombreuses lacunes sur le sujet du transport des porcs en cas de températures extrêmes restent à combler.

La plupart des études concernant les conditions microclimatiques à l'intérieur des véhicules destinés au transport d'animaux vivants ont été réalisées sur des camions commercialisés et circulant à l'extérieur de **l'Union européenne**. Des recherches sont nécessaires pour clarifier les changements de température à l'intérieur des véhicules européens dans chaque compartiment selon le type de camions utilisés et selon les spécificités climatiques des pays du Nord au Sud de l'Europe.

À l'heure actuelle, aucune étude n'a documenté les **systèmes d'abreuvement** dans l'enceinte des camions, qu'il s'agisse de leur conception (tétine ou écuelle), de leur accessibilité et de leur utilisation effective par les animaux. Il s'agit là d'une lacune des connaissances. Les considérations relatives à l'espace minimal lors du transport de porcs doivent tenir compte de l'espace requis pour l'installation d'abreuvoirs, ainsi que de la capacité de manœuvre des porcs pour y accéder.

Des recherches sont nécessaires pour clarifier les avantages et les inconvénients du **jeûne** préconisé avant le transport des porcs. Par temps froid, cette baisse énergétique les rend plus vulnérables. Les études pourraient par exemple examiner l'impact de différents types d'aliments (humides ou secs) et de la quantité ingérée avant un transport sur les risques de nausées.

Il convient aussi de poursuivre les recherches sur la mise au point de **systèmes de ventilation** passive ou active permettant d'ajuster ou de maintenir des conditions microclimatiques dans la ZNT des animaux à l'intérieur des véhicules, stationnaires ou en mouvement, indépendamment pour chaque compartiment et pour chaque étage.

Des travaux de recherche devraient également être menés sur des **capteurs** pour que le transporteur puisse surveiller l'évolution des conditions microclimatiques à l'intérieur du camion pendant toute la durée du transport. Bien que des capteurs enregistrant la température sèche soient déjà couramment utilisés dans le transport des porcs, l'utilisation de capteurs améliorés prenant en compte les effets de **l'humidité en plus de la température** (Indice Température-Humidité - THI) constituerait un perfectionnement significatif. Les prises de mesures devraient être effectuées dans chaque compartiment et à chaque étage.

L'utilisation de **caméras** pour surveiller le comportement des porcs en combinaison avec un **système d'alerte** lorsque les températures à proximité du corps des porcs avoisinent la TCs ou la TCi permettrait au conducteur de prendre les dispositions nécessaires pour maintenir les porcs dans leur ZNT en ajustant la ventilation dans les compartiments les plus chauds. Les questions techniques (précision, entretien, emplacement, fiabilité, étalonnage) relatives à ces capteurs devront être traitées.

De **nouvelles technologies thermographiques infrarouges** sont actuellement en cours de développement et montrent qu'une simple mesure par infrarouge de la température oculaire des porcs offre de bonnes corrélations avec le THI de l'air ambiant, la



température rectale et le rythme respiratoire de porcs transportés dans des régions semi-arides (Neto et al., 2025). Ainsi équipés de ces détecteurs, les transporteurs pourraient déceler de façon précise un risque de stress thermique sur un échantillon d'animaux à tout moment du transport.

D'après Ellis et al. (2010), tous ces travaux de recherche devraient s'appuyer sur :

- l'utilisation de caméras vidéo couplées à des capteurs pour aider à déterminer le lien entre le comportement des porcs et des paramètres tels que la production de chaleur. De telles études permettraient d'élaborer une grille d'indicateurs comportementaux spécifiques du stress thermique que les transporteurs pourraient utiliser.
- l'évaluation de l'impact de différentes densités de chargement sur les conditions microclimatiques du camion.
- l'utilisation de gaz traceurs pour déterminer avec précision les taux de ventilation pour l'ensemble de la remorque et pour chaque compartiment, selon la taille des ouvertures des volets en cas de ventilation passive, et selon la puissance du ventilateur en cas de ventilation active. Ces études permettraient au transporteur d'agir avec précision sur la ventilation lorsque des températures extrêmes sont atteintes dans le camion et signalées par un système d'alerte.

5.3 Autres pistes d'amélioration

Pour éviter tout risque de stress thermique lors du transport des porcs, une alternative consistant à transporter les carcasses dans des camions réfrigérés plutôt que des animaux vivants destinés à l'abattage mériterait d'être davantage encouragée. Ainsi, rapprocher le lieu d'abattage du site de production en construisant des abattoirs de proximité et des abattoirs mobiles peut représenter une alternative au transport d'animaux vivants en satisfaisant les besoins des circuits de distribution courts tout en préservant mieux le bien-être des animaux et la qualité de la viande. Bien que ces types d'abattoirs ne puissent absorber qu'un faible pourcentage du nombre total d'animaux abattus et ne répondent qu'à une demande de niche, ils peuvent constituer une alternative à l'abattage conventionnel pour certains types d'exploitations et dans certaines régions où le nombre d'abattoirs est en recul (Astruc & Terlouw, 2023).

De même, rapprocher les différents sites de production (naisseur, engraisseur) permettrait de limiter les durées de transport des animaux au cours de leur vie.

Par ailleurs, les exportations d'animaux vivants en-dehors de l'Union européenne devraient être approuvées uniquement si le bien-être des animaux est respecté au regard de la réglementation européenne.





Bibliographie

Astruc, T., & Terlouw, E. M. C. (2023). *Towards the use of on-farm slaughterhouse*. *Meat Science*, 205, 109313. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109313>

Bench, C., Schaefer, A., Faucinato, L., Schaefer, A., & Faucinato, L. (2008). *The welfare of pigs during transport*. In *Welfare of pigs: From birth to slaughter* (Wageningen Academic, Vol. 6, p. 161-180).

Blazejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G., Staiger, H., & Tinz, B. (2012). *Comparison of UTCI to selected thermal indices*. *International Journal of Biometeorology*, 56(3), 515-535. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0453-2>

Brandt, P., Bjerg, B., Pedersen, P., Jensen, T., Rong, L., & Zhang, G. (2024). *The effect of increased air velocity on respirations rate and resting behavior in gestating sows on moderately warm summer days*. *Livestock Science*, 282, 105431. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105431>

Bruce, J. M., & Clark, J. J. (1979). *Models of heat production and critical temperature for growing pigs*. *Animal Production*, 353-369.

Causone, F., Corgnati, S. P., Filippi, M., & Olesen, B. W. (2010). *Solar radiation and cooling load calculation for radiant systems: Definition and evaluation of the Direct Solar Load*. *Energy and Buildings*, 42(3), 305-314. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.09.008>

Chen, G., Kobek-Kjeldager, C., Jensen, L. D., Kristensen, J. K., Kaiser, M., Thodberg, K., Zhang, G., Rong, L., Herskin, M. S., & Foldager, L. (2024). *Experimental study on temperature difference between the interior and exterior of the vehicle transporting weaner pigs*. *Biosystems Engineering*, 247, 119-131. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2024.09.001>

Chevillon, P., Frodin, P., & Rousseau, P. (2004). *Hauteur des compartiments et ventilation lors d'un transport de moins de 8 heures*. *Techni Porc*, 11-13.

Chevillon, P., Rousseau, P., Colleu, T., & Dutertre, C. (1999). *Mesure des circuits, des vitesses et des débits d'air en été dans les camions de ramassage des porcs charcutiers*. *Techni Porc*, 13-16.

Consortium du Projet des Guides pour le Transport des Animaux. (2018). *Guide des bonnes pratiques pour le transport des porcs*.



Del Barrio, A. S., Schrama, J. W., Van Der Hel, W., Beltman, H. M., & Verstegen, M. W. A. (1993). Energy metabolism of growing pigs after transportation, regrouping, and exposure to new housing conditions as affected by feeding level. *Journal of Animal Science*, 71(7), 1754-1760. <https://doi.org/10.2527/1993.7171754x>

Dewey, C., Haley, C., Widowski, T., Poljak, Z., & Friendship, R. (2009). Factors associated with in-transit losses of fattening pigs. *Animal Welfare*, 18(4), 355-361. <https://doi.org/10.1017/S0962728600000750>

EC Council. (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>

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

Ellis, M., Wang, X., Funk, T., Wolter, B., Murphy, C., Lenkaitis, A., Sun, Y., & Pilcher, C. (2010). Impact of trailer design factors on conditions during transport. 112-118. <https://hdl.handle.net/11299/131097>

European Commission. (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>

Fox, J., Widowski, T., Torrey, S., Nannoni, E., Bergeron, R., Gonyou, H. W., Brown, J. A., Crowe, T., Mainau, E., & Faucitano, L. (2014). Water sprinkling market pigs in a stationary trailer. 1. Effects on pig behaviour, gastrointestinal tract temperature and trailer micro-climate. *Livestock Science*, 160, 113-123. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.019>

Gourdine, Bidanel, J. P., Noblet, J., & Renaudeau, D. (2007). Rectal Temperature of Lactating Sows in a Tropical Humid Climate according to Breed, Parity and Season. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(6), 832-841. <https://doi.org/10.5713/ajas.2007.832>

Gourdine, J.-L., Rauw, W. M., Gilbert, H., & Pouillet, N. (2021). The Genetics of Thermoregulation in Pigs: A Review. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 770480. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.770480>

Hales, J. R. S., & Webster, M. E. D. (1967). Respiratory function during thermal tachypnoea in sheep. *The Journal of Physiology*, 190(2), 241-260. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1967.sp008205>

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.



Heath, M. E. (1989). *Effects of rearing temperature and level of food intake on organ size and tissue composition in piglets. Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 526-532.

Heetkamp, M. J., Schrama, J. W., De Jong, L., Swinkels, J. W., Schouten, W. G., & Bosch, M. W. (1995). *Energy metabolism in young pigs as affected by mixing. Journal of Animal Science*, 73(12), 3562. <https://doi.org/10.2527/1995.73123562x>

Huynh, T. T. T., Aarnink, A. J. A., Verstegen, M. W. A., Gerrits, W. J. J., Heetkamp, M. J. W., Kemp, B., & Canh, T. T. (2005). *Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities1. Journal of Animal Science*, 83(6), 1385-1396. <https://doi.org/10.2527/2005.8361385x>

Kemp, B., Verstegen, M. W. A., Den Hartog, L. A., & Grooten, H. J. G. (1989). *The effect of environmental temperature on metabolic rate and partitioning of energy intake in breeding boars. Livestock Production Science*, 23(3-4), 329-340. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(89\)90081-X](https://doi.org/10.1016/0301-6226(89)90081-X)

Larsen, M. L. V., & Pedersen, L. J. (2022). *Use of drinkers by finisher pigs depend on drinker location, pig age, time of day, stocking density and tail damage. Frontiers in Veterinary Science*, 9, 1029803. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1029803>

Machado, N. A. F., Barbosa-Filho, J. A. D., Martin, J. E., Da Silva, I. J. O., Pandorfi, H., Gadelha, C. R. F., Souza-Junior, J. B. F., Parente, M. D. O. M., & Marques, J. I. (2022). *Effect of distance and daily periods on heat-stressed pigs and pre-slaughter losses in a semiarid region. International Journal of Biometeorology*, 66(9), 1853-1864. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02325-y>

Mader, T. L., Davis, M. S., & Brown-Brandl, T. (2006). *Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. Journal of Animal Science*, 84(3), 712-719. <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>

Massabie, P., Granier, R., & Gasc, A. (2001). *Effet de la vitesse d'air sur le comportement et les performances du porc charcutier en fonction de la température ambiante. Journées de la Recherche Porcine en France.*

Météo France. (2020). *[Jeu de données].* <https://meteofrance.com/magazine/meteo-questions/quelle-est-la-temperature-la-plus-elevee-enregistree-en-france>

Météo France. (2025). *2024 : Les bilans climatiques.* <https://meteofrance.fr/actualite/publications/2024-les-bilans-climatiques>

Neto, G. A. C., Machado, N. A. F., Barbosa-Filho, J. A. D., Marques, J. I., Leite, P. G., De Andrade, H. A. F., De Sousa, A. M., Dos Santos, J. C. S., De Sousa, A. C., Da Silva Sousa, W., & Souza-Junior, J. B. F. (2025). *Infrared thermography as a non-invasive method to quantify the heat stress response in weaned piglets after road transport in a semi-arid region. International Journal of Biometeorology.* <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02844-w>



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>

Quiniou, N., Renaudeau, D., Collin, A., & Noblet, J. (2000). Effets de l'exposition au chaud sur les caractéristiques de la prise alimentaire du porc à différents stades physiologiques. *INRA Productions Animales*, 233-245.

Randall, J. M. (1980). Selection of piggery ventilation systems and penning layouts based on the cooling effects of air speed and temperature. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 25(2), 169-187. [https://doi.org/10.1016/0021-8634\(80\)90058-X](https://doi.org/10.1016/0021-8634(80)90058-X)

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.

SCAHAW. (2002). *The welfare of animals during transport (details for horses, pigs, sheep and cattle)*. https://food.ec.europa.eu/document/download/f5104969-2b3c-4c32-8e47-511634a449be_en?filename=sci-com_scah_out71_en.pdf

Scheepens, C. J. M., Tielen, M. J. M., & Hensing, M. J. C. (1991). Influence of daily intermittent draught on the health status of weaned pigs. *Livestock Production Science*, 29(2-3), 241-254. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(91\)90069-3](https://doi.org/10.1016/0301-6226(91)90069-3)

Segura, J., Calvo, L., Escudero, R., Rodríguez, A. I., Olivares, Á., Jiménez-Gómez, B., & López-Bote, C. J. (2024). Alleviating Heat Stress in Fattening Pigs: Low-Intensity Showers in Critical Hours Alter Body External Temperature, Feeding Pattern, Carcass Composition, and Meat Quality Characteristics. *Animals*, 14(11), 1661. <https://doi.org/10.3390/ani14111661>

Serviento, A. M. (2022). *Dynamic responses of growing pigs to heat stress modulated by prenatal life and feeding practices [Agricultural Sciences, Agrocampus Ouest]*. <https://theses.hal.science/tel-04061173v1>

Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67(1-2), 1-18. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7)

Sutherland, M. A., McDonald, A., & McGlone, J. J. (2009). Effects of variations in the environment, length of journey and type of trailer on the mortality and morbidity of pigs being transported to slaughter. *Veterinary Record*, 165(1), 13-18. <https://doi.org/10.1136/vetrec.165.1.13>



Thodberg, K., Foldager, L., Fogsgaard, K. K., Gaillard, C., & Herskin, M. S. (2022). *Temperature conditions during commercial transportation of cull sows to slaughter*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 192, 106626. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106626>

Vermeer & Aarnink. (2023). *Review on heat stress in pigs on farm (Version 1.0)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7620726>

Waubant, J. (2022). *Relation entre stress thermique et production laitière : Étude préliminaire à partir de l'exemple d'un élevage laitier d'Ile-de-France [Médecine vétérinaire et santé animale]*. Faculté de Médecine de Créteil (UPEC).





Centre national
de référence pour le
bien-être animal

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