



Synthèse bibliographique du CNR BEA sur les impacts des sols pleins partiels ou totaux sur le bien-être et le comportement des porcs

Demande d'expertise : Quels sont les impacts des différents types de sols pleins (partiel/total) avec ou sans présence de litière et/ou de fourrage sur le bien-être des porcs, en particulier sur leur comportement (manipulation, exploration, posture, interactions entre les animaux, comportement maternel, comportement d'élimination) en comparaison avec un sol caillebotis total ?

La réponse du CNR BEA considérera toutes les catégories d'animaux et tous les stades de développement en filière porcine.

Commanditaires : Compassion In World Farming (CIWF) France, Welfarm, Oeuvre d'Assistance aux Bêtes d'Abattoirs (OABA), La Fondation Droit Animal Ethique et Sciences (LFDA)

Date de saisine : 16/11/2023

Date de dernière modification : 08/09/2025

Résumé du contexte tel que défini par les commanditaires¹ : Le besoin d'exploration est un besoin comportemental très élevé chez les porcs. Lorsqu'il ne peut pas être rempli, les porcs ont tendance à le rediriger vers leurs congénères, ce qui se traduit notamment par des morsures de la queue. Pour prévenir la caudophagie, les éleveurs de porcs pratiquent encore largement la caudectomie systématique des porcelets. Or la Directive 2008/120/CE (Commission européenne, 2008) interdit la caudectomie de routine et demande que « d'autres mesures [soient] prises afin de prévenir la caudophagie ». Parmi les mesures possibles, l'enrichissement du milieu avec de la litière et/ou du fourrage s'avère efficace pour permettre aux porcs d'exprimer leur comportement exploratoire. Mais il est difficilement compatible avec le caillebotis intégral, qui reste le type de sol majoritaire en élevage porcin. En effet, la litière et/ou le fourrage peuvent obstruer le système d'évacuation des lisiers des systèmes en caillebotis intégral. Les sols pleins ou partiellement pleins (caillebotis partiel) représentent des alternatives intéressantes au caillebotis intégral plus compatibles avec l'apport de litière et/ou de fourrage et donc plus à même de permettre aux porcs d'exprimer leur comportement d'exploration.

Sollicitation du commanditaire : Réaliser une courte synthèse bibliographique pour comparer les effets des sols pleins ou partiellement pleins sur le bien-être et en particulier l'ensemble des comportements des porcs par rapport au caillebotis intégral. S'intéresser plus spécifiquement :

- aux facteurs permettant un usage optimal des sols pleins totaux ou partiels et aux freins et leviers de leur déploiement ;
- à la profondeur de litière qu'il faut utiliser pour permettre, notamment, aux animaux de creuser ;
- à la mise à disposition de ces types de sols alternatifs au caillebotis intégral à tous les stades de vie des porcs, y compris pour les truies ;
- aux facteurs qui permettraient un usage optimal des sols pleins ou partiellement pleins en maternité et en phase de gestation afin de répondre aux besoins de la truie et de supprimer le recours à la caudectomie des porcelets, tout en identifiant les freins et leviers à la mise en place de telles évolutions.

Précaution : Le corpus bibliographique utilisé pour cette synthèse est composé de littérature académique et de littérature grise. La façon dont il a été constitué est donnée en Annexe 2. Le CNR BEA peut inclure certaines références au corpus bibliographique sans pour autant partager les opinions qu'elles véhiculent si elles contiennent des informations qui ont été jugées pertinentes à relayer.

¹ Pour l'intégralité du contexte défini par les commanditaires, voir l'Annexe 1.

Table des matières

Glossaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux, figures et encadrés

1.	Contexte.....	1
1.1	<i>Comportement du porc.....</i>	<i>1</i>
1.1.1	Comportement de manipulation, d'investigation et d'exploration.....	1
1.1.2	Comportement de repos.....	1
1.1.3	Comportement de confort.....	1
1.1.4	Comportement alimentaire.....	1
1.1.5	Comportement d'élimination.....	2
1.1.6	Comportement de thermorégulation.....	2
1.1.7	Comportement de nidification.....	2
1.1.8	Interactions avec les congénères.....	2
1.1.9	Comportements redirigés.....	3
1.2	<i>Les différents types de sols en bâtiment.....</i>	<i>3</i>
1.2.1	Caillebotis intégral.....	3
1.2.2	Caillebotis partiel.....	4
1.2.3	Sol plein.....	5
1.2.4	Sol plein avec litière raclée.....	5
1.2.5	Litière profonde.....	6
1.3	<i>Système d'hébergements majoritaires en France selon les catégories de porcs.....</i>	<i>6</i>
1.3.1	Cochettes et truies gestantes.....	6
1.3.2	Truies péri-partum et porcelets non sevrés.....	6
1.3.3	Porcelets sevrés.....	7
1.3.4	Porcs en engraissement.....	7
1.3.5	Verrats.....	7
1.4	<i>Les matériaux manipulables utilisés en élevage porcin.....</i>	<i>7</i>
1.4.1	Nature.....	7
1.4.2	Caractéristiques physiques.....	8
1.4.3	Impacts des matériaux sur le bien-être et le comportement des porcs.....	8
1.4.4	Impacts des matériaux manipulables sur le bien-être et le comportement des truies péri-partum.....	9
1.4.5	Le choix des types de litières.....	10
1.4.6	Inconvénients de l'apport de matériaux manipulables.....	10
1.5	<i>Cadre réglementaire.....</i>	<i>10</i>
2.	Impacts des types de sols sur le bien-être et le comportement des porcs	11
2.1	<i>Caillebotis intégral.....</i>	<i>11</i>
2.1.1	Avantages du caillebotis intégral.....	11
2.1.2	Inconvénients du caillebotis intégral.....	11
2.1.3	Possibilités d'amélioration d'un logement sur caillebotis intégral.....	12
2.2	<i>Caillebotis partiel.....</i>	<i>15</i>
2.2.1	Avantages du caillebotis partiel.....	15
2.2.2	Inconvénients du caillebotis partiel.....	16
2.2.3	Proportion surface pleine / caillebotis dans des enclos en caillebotis partiel.....	16
2.2.4	Apport de paille ou de fourrage sur caillebotis partiel.....	17
2.2.5	Optimisation d'un logement sur caillebotis partiel.....	21
2.2.6	Faisabilité de la transformation d'une salle en caillebotis intégral en caillebotis partiel.....	23
2.3	<i>Sol plein.....</i>	<i>24</i>
2.3.1	Avantages du sol plein.....	24
2.3.2	Inconvénients du sol plein.....	25
2.3.3	Optimisation d'un logement sur sol plein.....	25
2.4	<i>Sol plein avec litière raclée.....</i>	<i>26</i>
2.4.1	Avantages du sol plein avec litière raclée.....	26
2.4.2	Inconvénients du sol plein avec litière raclée.....	27
2.4.3	Focus sur les truies en maternité.....	27

2.5	<i>Litière profonde</i>	28
2.5.1	Avantages de la litière profonde.....	28
2.5.2	Inconvénients de la litière profonde.....	29
2.5.3	Gestion de la litière profonde afin de favoriser le bien-être des porcs.....	29
2.6	<i>Freins et leviers au développement des alternatives au caillebotis intégral</i>	30
2.6.1	Freins.....	30
2.6.2	Leviers.....	32
	Conclusions et recommandations du CNR BEA	35
	Annexe 1 : Contexte formulé par les commanditaires dans leur demande d'expertise	41
	Annexe 2 : Constitution du corpus bibliographique	44
	<i>Recherche systématique</i>	44
	<i>Recherche ciblée</i>	44
	<i>Constitution du corpus bibliographique final</i>	44
	Annexe 3 : Extraits du cadre réglementaire européen relatif aux types de sols et à l'apport de matériaux manipulables en élevage porcin	46
	<i>Législation européenne</i>	46
	<i>Législation française</i>	47
	Bibliographie	49

Glossaire

Besoin comportemental : « Exigence qui, si elle est non satisfaite, entraîne une altération du bien-être pouvant aller jusqu'à la souffrance. Cette altération du bien-être chez l'animal peut se traduire par un comportement perturbé, un risque de maladie et/ou un profil hormonal indicateur d'un état de stress (adapté de Jensen et Toates, 1997). Un besoin comportemental est à mettre en relation avec une motivation à exprimer un comportement particulier. » (Anses, 2015, p. 5)

Bien-être animal : « Le bien-être d'un animal est l'état mental et physique positif lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal. » (Anses, 2018)

Bursite : Une bursite est une inflammation aiguë ou chronique d'une bourse séreuse qui survient à la suite d'une pression constante et d'un traumatisme de la peau recouvrant une proéminence osseuse. La membrane ou périoste qui recouvre l'os réagit en créant plus d'os (formant alors un gonflement) et la peau s'épaissit jusqu'à l'apparition d'une masse molle proéminente. Les symptômes comprennent des douleurs (en particulier à la mobilité ou à la pression), une tuméfaction et une sensibilité locale (Dalal, n.d.). La bursite peut entraîner une rupture de la peau, favorisant le développement d'une infection secondaire (CNR BEA, 2024).

Caudophagie : « Morsures de queue infligées par des congénères » entraînant des lésions de la peau, des muscles, des os, des cartilages, des vaisseaux sanguins et des tissus nerveux » (EFSA Panel on AHAW, 2022, p. 197), voire une perte d'une partie de la queue.

Caudectomie : Pratique d'élevage consistant à « amputer une partie de la queue des animaux ». [...] [Elle] est largement pratiquée pour réduire les lésions dues aux morsures de queue chez les porcs élevés dans des conditions intensives » (EFSA Panel on AHAW, 2022a, p. 197). Le raccourcissement de la queue entraîne des lésions de la peau, des muscles, des os, des cartilages, des vaisseaux sanguins et des tissus nerveux ». (EFSA Panel on AHAW, 2022a, p. 197)

Comportement alimentaire : « Ensemble des actions de l'animal ayant pour finalité la recherche, le choix des aliments, et leur ingestion en quantité adaptée à la satisfaction des besoins en énergie et en nutriments de l'organisme (Jean-Blain, 2002). Dans cette synthèse, il intègre les comportements associés à la recherche de nourriture, la prise alimentaire, la mastication et l'ingestion, ainsi que l'abreuvement.

Comportements d'investigation et d'exploration : « Le comportement d'investigation caractérise les actes moteurs impliqués dans l'inspection d'un objet ou plus largement de l'environnement [...] avec une utilisation des différentes voies sensorielles selon la cible de l'investigation. » (Anses, 2015, p. 5). Il devient un comportement d'exploration si l'animal est exposé à un nouvel objet ou un nouvel environnement. Il se caractérise par un état d'alerte, une focalisation des sens et une activité motrice dirigée vers le nouveau stimulus rencontré (Boissy et al., 2007).

Comportement de confort : Actions visant à « maintenir la fonction et l'intégrité du tégument (par exemple, [...] rester propre, se gratter) » (EFSA Panel on AHAW, 2022b, p. 14)

Comportement de fouissage (ou fouissement) : Comportement adopté par les porcs lorsqu'ils frottent ou poussent les objets ou les matériaux qu'ils examinent avec leur groin (Day et al. 2008). En

conditions naturelles, ils le font normalement pour creuser le sol et rechercher la nourriture (The Pig Site)².

Comportement de manipulation : « Comportement mettant en jeu la voie sensorielle essentiellement tactile par une utilisation de la bouche/du groin ou de l'extrémité des membres. » (Anses, 2015, p. 5)

Comportement de nidification : Ensemble de comportements de construction du nid observés avant la mise-bas, incluant le fouissage avec le groin (mouvements du groin sur le sol ou manipulation de substrat), le creusement avec les pattes, la mastication, la manipulation et le transport de substrats (EFSA Panel on AHAW, 2022a, p. 77)

Comportement de recherche de nourriture : « Comportement d'investigation de nature alimentaire. Les dictionnaires relatifs aux comportements des animaux indiquent : « *behaviour involving search food* » (Hurnik et al., 1999) ou « *behaviour associated with searching for, subduing, capturing, and consuming food* » (Mc Farland, 2006). En version française on parlera de « comportement de recherche de nourriture » ou d'« exploration alimentaire. » (Anses, 2015, p. 5)

Comportement de repos : Ensemble des actions et des postures adoptées par les porcs lorsqu'ils ne sont pas actifs, visant à se détendre, à dormir ou à récupérer (adapté de EFSA Panel on AHAW, 2022a)

Comportement de thermorégulation : Ensemble des actions et réponses comportementales qu'un animal adopte pour maintenir sa température corporelle (réduire ou augmenter la perte de chaleur) dans une plage optimale, malgré les variations des conditions environnementales.

Comportement redirigé : « Comportement orienté vers un but autre que celui initialement recherché » (Anses, 2015, p. 14)

Enrichissement du milieu : L'enrichissement du milieu vise à répondre aux besoins physiologiques et psychologiques des animaux en captivité en complexifiant l'environnement par le biais de divers stimuli (Newberry, 1995; Näslund et Johnsson, 2016). Les enrichissements environnementaux peuvent être classés en cinq catégories (non exclusives) : l'enrichissement physique [...], occupationnel, [...], sensoriel [...], alimentaire [...], social » (EURCAW-Ruminants & Equines, 2023) ; Veissier et al., 2024).

Fouling : Terme anglophone désignant le phénomène d'encrassement d'un sol plein par l'urine et les fèces des porcs, associé à de fortes émissions d'ammoniac. En cas de températures élevées, le niveau de propreté des porcs est impacté par le *fouling* car ils choisissent de se coucher dans les zones souillées pour se rafraîchir (Aarnink et al., 1997).

Fourrage : « Toute substance d'origine végétale, à l'exception des grains, servant à la nourriture et à l'entretien du bétail, en particulier plantes, tiges, feuilles et racines fraîches ou séchées de prairies naturelles ou artificielles. » (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales)

Interactions agonistiques : « Interactions ou engagements sociaux qui comportent un acte de menace, d'agression, de combat ou de soumission » (Young, 2019)

Litière : « Paille ou autre espèce de fourrage qu'on répand dans les écuries, dans les étables pour que les bêtes puissent s'y coucher » (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales)

Matériau manipulable : Selon la Directive 2008/120/CE, « material enabling proper investigation and manipulation activities » Matériaux qui contribuent à un enrichissement du milieu de vie. Les matériaux de nidification sont distingués des matériaux manipulables dans la directive 2008/120/CE. Cependant, ils seront traités comme des matériaux manipulables dans la suite de cet avis en considérant que

² https://www.pig333.com/pig-glossary/R/root_140/

certains matériaux manipulables peuvent remplir plusieurs fonctions, dont la nidification. » (Anses, 2015, p. 6)

Motivation : « Facteurs internes et externes qui, en interaction, poussent un organisme [en l'occurrence, un porc] à agir dans un but précis. La motivation ne peut être mesurée directement, mais elle est inférée à partir d'observations quantifiables de l'organisme, l'expression comportementale et la mesure d'indicateurs physiologiques. » (Anses, 2015, p. 5)

Stéréotypies : « Séquence d'actes moteurs limités et répétés et sans fonctionnalité biologique évidente » (Anses, 2015, p. 15)

Liste des abréviations

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail

AHAW : *Animal Health and Welfare*

CE : Commission européenne

CNR BEA : Centre national de référence pour le bien-être animal

EFSA : Autorité européenne de sécurité des aliments (*European Food Safety Authority*)

GOPEI : Groupe opérationnel du partenariat européen pour l'innovation

IFIP : Institut du porc

INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

MTD : Meilleures techniques disponibles

RMT : Réseau mixte technologique

UE : Union européenne

Liste des tableaux, figures et encadrés

Liste des figures

Figure 1 : Porcelets en engraissement sur caillebotis intégral.....	4
Figure 2 : Porcs en engraissement sur caillebotis partiel.....	4
Figure 3 : Porcs en engraissement sur sol plein en béton.....	5
Figure 4 : Truies gestantes sur sol plein avec litière raclée.....	5
Figure 5 : Porcs en engraissement sur litière profonde.....	6
Figure 6 : Utilisation par des porcs en engraissement d'un tapis en plastique placé sur du caillebotis intégral.....	14
Figure 7 : Schéma d'une case d'engraissement en caillebotis partiel (ici, 60% plein, 40% caillebotis) optimisée pour permettre la distribution de paille.....	22
Figure 8 : Truies gestantes sur caillebotis partiel avec apport de paille dans un râtelier positionné au niveau de la surface pleine.....	22
Figure 9 : Râtelier « panier » facilitant la préhension de la paille par des porcs à l'engrais.....	23
Figure 10 : Constitution du corpus bibliographique.....	45

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultats des principaux travaux de recherche portant sur la quantité de paille (en tiges longues ou hachée) fournie aux porcs élevés sur caillebotis (intégral ou partiel) et les effets positifs obtenus sur le comportement des porcs.....	18
Tableau 2 : Synthèse des avantages des différents types de sols.....	37
Tableau 3 : Synthèse des inconvénients des différents types de sols.....	38
Tableau 4 : Synthèse des recommandations pour améliorer le bien-être des porcs sur les différents types de sols.....	39
Tableau 5 : Synthèse des freins et des leviers à l'adoption d'un type de sol alternatif au caillebotis intégral.....	40

Liste des encadrés

Encadré 1 : Principaux points à retenir sur le caillebotis intégral.....	15
Encadré 2 : Principaux points à retenir sur le caillebotis partiel.....	24
Encadré 3 : Principaux points à retenir sur le sol plein.....	26
Encadré 4 : Principaux points à retenir sur le sol plein avec litière raclée.....	27
Encadré 5 : Principaux points à retenir sur la litière profonde.....	30

1. Contexte

1.1 Comportement du porc³

En semi-liberté, les porcs passent la majorité de leur temps actif diurne dans des activités liées à l'exploration, la recherche de nourriture et l'alimentation. En élevage en bâtiment, ils passent l'essentiel de leur temps couchés au repos, puis à s'alimenter et à manipuler leur environnement (CNR BEA, 2024).

1.1.1 Comportement de manipulation, d'investigation et d'exploration

Les porcs en semi-liberté étant très motivés par les comportements de recherche de nourriture et d'exploration (Stolba et Wood-Gush, 1989; Wood-Gush et Vestergaard, 1991), l'accès à du matériel d'investigation et de manipulation, y compris de fouissement, est essentiel pour répondre à leurs besoins. « Les porcs montrent une forte préférence à fouiller avec le groin et manipuler les matériaux avec la bouche. [...] Ces comportements peuvent [...] avoir une fonction exploratoire ou une autre fonction, non directement liée à la nourriture. Les substrats appropriés sont de la terre pour fouiller et des matériaux destructibles comme de la paille ou des brindilles pour la manipulation. » (Anses, 2015, p. 4). Le comportement d'investigation occupe plus de 25 % du temps d'activité du porc lorsqu'il a accès à de la litière en grande quantité (Beattie et al., 2000). D'après le rapport de l'Anses (2015), « les comportements d'investigation et de manipulation peuvent être associés avec les besoins de recherche alimentaire ; de confort (trouver une aire de couchage) ; de nidification pour la truie ; d'investiguer stricto sensu, associé à l'intérêt d'identifier ce qui est nouveau [explorer] ou de garder une connaissance de l'environnement physique et social (Studnitz et al., 2007) ». Si l'environnement n'est pas suffisamment variable ou complexe, un processus d'habituation se met en place rapidement, qui peut déboucher sur un désintérêt vis-à-vis de l'environnement et générer de la frustration (Wood-Gush et Vestergaard, 1991; Vanheukelom et al., 2012).

1.1.2 Comportement de repos

En élevage en bâtiment, un porc passe 80% de son temps couché (Ekkel et al., 2003) donc le confort des zones de couchage est essentiel pour le bien-être de cet animal. Quand le porc a la possibilité de définir des zones fonctionnelles, le temps qu'il passe couché est considéré comme le meilleur indicateur de préférence pour une zone de la case ou pour un type de sol (Pouteaux et al., 1983). En effet, les porcs préfèrent se reposer et dormir dans une aire dédiée, confortable, propre, sèche et protégée, à l'abri des courants d'air, et où ils se sentent en sécurité. Ils adoptent une posture au repos différente selon la température ambiante : en décubitus latéral sur une surface fraîche, lorsqu'ils ont chaud, et en décubitus ventral et blottis les uns contre les autres lorsqu'ils ont froid (Ducreux et al., 2002; Mormède et al., 2006).

1.1.3 Comportement de confort

Chez le porc, le comportement de confort inclut notamment : se toiletter, se gratter, frotter le corps contre des objets, des éléments de l'enclos ou un congénère, se rouler au sol, ou étirer le corps ou une partie du corps (Camerlink, 2014; Li et al., 2020; EFSA Panel on AHAW, 2022b).

1.1.4 Comportement alimentaire

Les porcs sont très motivés pour la recherche de nourriture, surtout lorsqu'elle est associée à la prise alimentaire (de Jonge et al., 2008). Les porcs préfèrent chercher leur nourriture dans la litière plutôt que de l'avoir directement à disposition ou que de manipuler le substrat seul, même lorsqu'ils sont nourris *ad libitum* (de Jonge et al., 2008; Holm et al., 2008).

³ Le glossaire donne la définition des différents comportements.

En élevage, le comportement alimentaire dépend des horaires de distribution des repas. Les porcs sont nourris sous forme de repas ou avec un nourrisseur offrant de l'aliment en continu. Cependant, les truies et les cochettes gestantes sont restreintes alimentaires pour prévenir les risques d'obésité. Il est donc nécessaire de leur fournir un aliment fibreux ou de la paille pour leur satiété, et afin d'éviter les stéréotypies orales liées à la faim (Lawrence et Terlouw, 1993).

L'ingestion d'eau se fait principalement au moment des repas (Ramonet et al., 2017) et la quantité ingérée dépend notamment des conditions thermiques (Andersen et al., 2014) et de la nature de leur aliment.

1.1.5 Comportement d'élimination

Lorsqu'ils en ont la possibilité, les porcs établissent une aire d'élimination dans la partie la moins confortable de la stabulation, éloignée des aires de couchage et d'alimentation, et souvent à proximité d'un mur ou d'un coin (CNR BEA, 2023). A la naissance, les porcelets éliminent près du nid puis s'en éloignent avec l'âge. Les porcs ont tendance à s'isoler et à renifler l'environnement avant d'éliminer. L'élimination se fait principalement après les périodes d'activité et d'abreuvement. La fréquence d'élimination diminue avec l'âge (Andersen et al., 2020).

1.1.6 Comportement de thermorégulation

La zone de confort thermique des porcs dépend de l'âge des animaux. Elle est évaluée entre 28 et 32°C chez les porcelets, entre 15 et 25°C chez les porcs en fin d'engraissement, entre 15 et 24°C pour les truies gestantes et entre 15 et 21°C pour les truies en lactation (Marcon, 2016; IFIP, 2019a). Les porcelets nouveau-nés, qui ont une pilosité limitée, un rapport surface/masse élevé et peu de graisse sous-cutanée, sont particulièrement sensibles au froid et se blottissent les uns contre les autres pour éviter les pertes de chaleur (Gómez-Prado et al., 2022; CNR BEA, 2023). Les porcs adultes sont moins sensibles au froid que les nouveau-nés. Du fait de l'absence de glandes sudoripares, les porcs ne peuvent pas transpirer. Les porcs adultes sont donc sensibles à la chaleur et au stress thermique. Pour réguler leur température, ils adaptent leur comportement en haletant, en diminuant leur activité et leur prise alimentaire, en recherchant les sols frais et mouillés, en adoptant la position couchée en décubitus latéral plutôt que sternal, en s'éloignant les uns des autres (Gómez-Prado et al., 2022; CNR BEA, 2023).

1.1.7 Comportement de nidification

Le comportement de construction du nid est fortement motivé par des facteurs intrinsèques chez les truies, qui sont susceptibles d'être frustrées si elles ne peuvent pas se déplacer et collecter des matériaux de construction du nid (Arey, 1992). En présence de matériaux de nidification, la truie commence à construire le nid 24 heures avant la mise bas (Jensen, 1989) mais est plus active entre 4 et 12 heures avant la mise bas (Damm et al., 2003; Yun et al., 2014). L'avis de l'EFSA (2022a) identifie quatre étapes du comportement de construction des nids pour les truies et les cochettes : le fouissage et la palpation du matériau sur le sol pour créer une dépression ; le transport du matériau vers le nid ; la morsure et la déchirure du matériau pour obtenir la structure correcte ; et la disposition du matériau en un tas sur le site du nid.

1.1.8 Interactions avec les congénères

Les porcs sont des animaux sociaux qui vivent en groupes hiérarchisés stables, la hiérarchie étant basée sur des relations de dominance/subordination. En élevage, les interactions agonistiques surviennent principalement lors de l'allotement au sevrage et des réallotements où le mélange d'animaux perturbe la hiérarchie, d'où des combats et des agressions pendant la première journée ; et en cas de compétition pour les ressources (Nielsen et al., 1995; CNR BEA, 2023) Cependant, dans des groupes stables, la proportion d'interactions positives entre congénères est prédominante par rapport aux interactions agonistiques (Stolba and Wood-Gush, 1989; Rault, 2019; Clouard et al., 2022). Les interactions sociales positives au sein du groupe incluent notamment le reniflement social (flairage), les contacts groin à groin, et, chez les jeunes, le jeu social, qui participent à la reconnaissance sociale et au maintien de la cohésion de groupe.

1.1.9 Comportements redirigés

D'après l'avis de l'Anses de 2015, la frustration provenant de la non-satisfaction d'un besoin comportemental peut se traduire par : « des niveaux d'agitation et des comportements redirigés à savoir des comportements orientés vers un but autre que celui initialement recherché. Par exemple :

- si les animaux n'ont pas la possibilité d'explorer ou de manipuler des matériaux manipulables, des comportements d'investigation fortement orientés sur l'environnement physique, mais aussi sur les congénères se manifestent. Ils incluent les coups de groins, les comportements oraux dirigés vers le ventre des autres porcelets, connus sous le terme de « *belly-nosing* » (Dybkjær, 1992), les mordillements des oreilles et de la queue, ceux-ci pouvant aller jusqu'à la caudophagie (Beattie et al., 2000; Kelly et al., 2000; van de Weerd et Day, 2009; Scollo et al., 2013; Telkänranta et al., 2014; De Briyne et al., 2018). Les comportements orientés vers les congénères sont à l'origine de blessures et de morsures pouvant aller jusqu'au cannibalisme [ici, caudophagie] (Meunier-Salaün et al., 2007) ;
- des interactions agonistiques entre porcs en dehors d'un contexte de compétition sociale (van de Weerd et Day, 2009) ;
- une réduction des comportements de jeux. » (Anses, 2015)

Focus sur la caudophagie et la caudectomie

La caudophagie est la manipulation orale de la queue d'un porc par un congénère, qui provoque des lésions tissulaires. Ce comportement anormal peut entraîner des blessures graves pour le porc mordu (Henry et al., 2021). « On peut distinguer deux stades dans le développement de la caudophagie : Le stade pré-lésionnel, avant la présence d'une blessure visuelle sur la queue, et le stade lésionnel, lorsque la queue est blessée et saigne. Les épisodes de morsures de queue sont généralement précédés d'une période de mordillement de la queue ou de comportement « queue dans la bouche », qui est la manipulation douce et le mordillement de la queue d'un autre porc. [...] et passe le plus souvent inaperçue pour l'éleveur. Ce comportement « queue dans la bouche » peut être suivi plus ou moins rapidement, d'une blessure bien visible à la queue, accompagnée d'un saignement. Au stade lésionnel, l'agitation augmente considérablement car des congénères sont attirés par le sang et par l'activité de caudophagie en cours dans l'enclos : c'est la flambée de morsures de queue » (EFSA Panel on Animal Welfare, 2007a, p. 20). La caudophagie est un problème multifactoriel et l'avis de l'EFSA (2022a) a identifié sept facteurs de risque principaux de caudophagie dans les pratiques d'élevage, parmi lesquels le pourcentage de sol en caillebotis et un apport en matériaux d'enrichissement inadéquat (résumé dans (CNR BEA, 2024, p. 67).

La caudophagie a des répercussions majeures, à la fois sur le bien-être des animaux et sur la rentabilité économique des élevages (Henry et al., 2021). Pour la prévenir, la majorité des éleveurs a recours à la caudectomie. Cependant, la caudectomie provoque des douleurs aiguës et des données scientifiques suggèrent qu'elle pourrait entraîner des douleurs chroniques chez le porc (Tallet et al., 2019 ; Prunier et al., 2019, p.121-122), et ne traite pas les causes de la caudophagie (Valros, 2022). De plus, dans une enquête, des éleveurs finlandais ont indiqué qu'une queue intacte était selon eux un bon indicateur de bien-être (Valros et al., 2016). La caudectomie est interdite en routine par la législation européenne mais fait l'objet d'une dérogation lorsqu'il existe des preuves de blessures de queues dans un élevage alors même que des mesures de prévention de la caudophagie sont appliquées (Commission européenne, 2008). Cependant, en France, les autorités compétentes estimaient qu'en 2019, 99% des éleveurs continuaient de pratiquer la caudectomie en routine sur la base d'une dérogation (Commission européenne, DG(SANTE), 2019).

1.2 *Les différents types de sols en bâtiment*

1.2.1 Caillebotis intégral

Le caillebotis intégral est un sol ajouré sur sa totalité, avec une alternance de lattes pleines et d'ouvertures qui laissent passer les déjections (Figure 1). Celles-ci sont stockées dans une préfosse sous les animaux, puis le lisier est évacué vers une fosse extérieure. Les matériaux de construction sont variés : béton, fonte, acier, aluminium, plastique, ou autres matériaux polymères, ainsi que des

combinaisons de matériaux. Le béton est prédominant en salles d'engraissement et de gestation tandis que le plastique et le métal sont les plus utilisés dans les salles de post-sevrage et en maternité (Anses, 2015). La largeur des lattes et des ouvertures doit être adaptée à la taille des pieds des animaux (EFSA Panel on AHAW, 2005); elle fait l'objet de normes réglementaires (cf Annexe 3).

Ce type de sol est le plus répandu dans l'UE et en France. La proportion de places de porcs à l'engrais en France avec du caillebotis intégral a été estimée à 93% en 2008 (Martin-Houssart, 2010).



Figure 1 : Porcelets en engraissement sur caillebotis intégral

Ifip, station d'expérimentation nationale porcine de Romillé.
Crédit : Christophe Maitre, INRAE.

1.2.2 Caillebotis partiel

Le caillebotis partiel est un type de sol constitué d'une partie en caillebotis (de 30 à 50% de la surface du sol), le reste étant en sol plein (aussi appelé « gisoir ») (Anses, 2015). Les porcs se couchent préférentiellement sur le gisoir (Figure 2) tandis que l'aire d'élimination est située dans la partie en caillebotis. La proportion optimale de sol plein versus caillebotis fait encore l'objet de recherche. Il s'agit de trouver un compromis entre suffisamment de caillebotis pour maintenir l'hygiène de l'enclos et l'aire de couchage propre, et suffisamment de sol plein pour le confort de repos des porcs (EFSA Panel on AHAW, 2022a). Quel que soit le type de caillebotis (intégral ou partiel), des tapis en caoutchouc peuvent être disposés au sol pour améliorer le confort des animaux au repos.



Figure 2 : Truies gestantes couchées sur le gisoir d'une case en caillebotis partiel

Crédit : Chambre d'agriculture de Bretagne

1.2.3 Sol plein

Le sol plein se caractérise par une surface non perforée souvent en béton (Figure 3). Les aires de couchage et d'excrétion sont généralement structurellement distinctes et les déchets doivent être évacués de l'aire d'élimination (EFSA Panel on AHAW, 2005). Cette opération de nettoyage est effectuée à intervalles fréquents, souvent quotidiennement, manuellement ou à l'aide de racleurs mécaniques. L'urine est souvent drainée séparément. Les sols pleins sont utilisés pour toutes les catégories de porcs, du sevrage à l'abattage, ou en combinaison avec d'autres constructions. Ces systèmes peuvent être gérés sans litière ou avec de la paille éparse raclee.



Figure 3 : Porcelets en engraissement sur sol plein en béton
Crédit : Shutterstock

1.2.4 Sol plein avec litière raclee

Un exemple de système de sol plein avec litière raclee a été développé dans les années 1990 (système *Straw-Flow* ou à flux de paille), utilisé pour les porcs en croissance de 10 semaines (20-30 kg) à l'abattage (90-150 kg). Le sol plein est en béton et le paillage régulier se fait sur l'aire de couchage qui présente une surface inclinée vers l'aire d'élimination, elle aussi inclinée, permettant au fumier de s'écouler dans une fosse (Figure 4). L'apport de 50 grammes de paille par porc et par jour permet un écoulement satisfaisant. La quantité ne doit pas dépasser 100 grammes pour éviter les engorgements ou les problèmes d'écoulement (EFSA Panel on AHAW, 2007a).



Figure 4 : Truies gestantes sur sol plein avec litière raclee
Crédit : Chambre d'agriculture de Bretagne.

1.2.5 Litière profonde

D'après l'avis de l'EFSA (2007a), les systèmes en litière profonde (ou accumulée) ont un sol plein en béton. L'ensemble de l'enclos est recouvert de litière (Figure 5). Les litières profondes (> 10 - 15 cm de litière) sont composées de matériaux absorbants tels que la paille, la sciure de bois, les copeaux de bois, la tourbe, etc, qui s'accumulent au cours du cycle d'élevage. Les effluents d'élevage accumulés sont évacués à la fin du cycle. Une quantité initiale de litière est nécessaire au démarrage du fonctionnement microbien, suivie d'apports fréquents de litière fraîche (sans brassage). L'ensemble de ces étapes participe au bon entretien de la litière profonde et au confort des porcs (Chambre d'agriculture de Bretagne, 2012). Afin d'assurer une disponibilité suffisante de carbone et d'oxygène à la flore microbienne dégradant la matière organique, la surface recommandée par porc sur litière paillée est environ deux fois plus importante que sur caillebotis (IFIP, 2019b). Ce mode d'élevage représentait 5% à 7% des élevages porcins français en 2012 (Chambre d'agriculture de Bretagne, 2012; Temple et al., 2012).



Figure 5 : Porcs en engraissement sur litière profonde
Crédit : Chambre d'agriculture de Bretagne

1.3 *Système d'hébergements majoritaires en France selon les catégories de porcs*

1.3.1 Cochettes et truies gestantes

En France, les cochettes et les truies sont généralement logées dans deux zones successives : celle de verraterie (où a lieu la mise à la reproduction, généralement par insémination artificielle ou plus rarement par monte naturelle) et celle de gestation (CNR BEA, 2024). En Europe, on distingue trois systèmes de logement en zone de verraterie : en case individuelle en bâtiment (90% des élevages), en groupes en bâtiment et en plein air. En France, des experts ont estimés que « plus de 66 % des élevages avec des femelles logées en cage individuelle en zone de verraterie élèvent leurs animaux sur des sols en béton (plein ou de type caillebotis) dépourvus de litière ou de tapis en caoutchouc. Dans la plupart des élevages, un sol plein en béton est installé à l'avant des cages, et du caillebotis est installé à l'arrière » (CNR BEA, 2024).

Une fois les truies confirmées gravides, plus de 90 % des élevages français les élèvent en zone de gestation, en groupes, au sein de bâtiments ne fournissant pas d'accès à l'extérieur (CNR BEA, 2024). Le sol est alors le plus souvent composé de caillebotis en béton, intégral ou partiel.

1.3.2 Truies péri-partum et porcelets non sevrés

Environ cinq jours avant la date présumée de la mise-bas, les truies péri-partum quittent la zone de gestation pour se rendre en maternité. Là, elles peuvent être logées au sein de différents systèmes : dans des cases de mise-bas avec cage de contention (permanente ou temporaire), ou des systèmes

de mise-bas en liberté (ou cases de maternité liberté) – tels que les enclos de mise-bas (individuels ou partagés avec d'autres truies durant la période de lactation). En France, plus des deux tiers des exploitations utilisent les systèmes de case de mise-bas avec cage de contention permanente – c'est-à-dire jusqu'au moment du sevrage des porcelets à 21 ou 28 jours (CNR BEA, 2024). Les cages à contention permanente ont été développées pour réduire le risque d'écrasement des porcelets, mais elles affectent le bien-être des truies à plusieurs niveaux – en entravant notamment leurs mouvements. Pour trouver un équilibre entre sécurité des porcelets non sevrés et bien-être des truies, des cages à contention temporaire (c'est-à-dire, avec une période de contention réduite de la truie) ont été développées même s'il ne s'agit pas d'une exigence réglementaire. Ces cages sont installées dans des cases individuelles – au sein desquelles la truie peut évoluer plus librement, lorsqu'elle n'est pas bloquée en cage. Les cases de maternité liberté où la truie est libérée pendant la majeure partie de la phase de maternité (Ramonet et al., 2018a, 2018b) sont en développement et représentent aujourd'hui plus de 75% des nouveaux bâtiments de maternité (CNR BEA, 2024). Selon les équipementiers, 75 à 100 % des cases qui ont été vendues au cours de l'année 2022 étaient des cases liberté (Chambre d'agriculture de Bretagne, 2024).

En maternité, les cases sont généralement recouvertes d'un sol en caillebotis partiel (en plastique ou en métal). L'aire de couchage de la truie est généralement en caillebotis et les surfaces pleines se trouvent au niveau du nid des porcelets (équipé d'un tapis en caoutchouc). Des matériaux manipulables (paille en tiges longues, toile de jute) peuvent ainsi être fournis dans un râtelier, placé au-dessus du rail de sécurité ou de la mangeoire, sans qu'ils ne tombent directement dans les interstices du caillebotis. Un sol drainé se trouve à l'arrière de la case.

1.3.3 Porcelets sevrés

En France, les porcelets sevrés sont élevés en groupes dans des bâtiments sans accès à l'extérieur dans plus de 90 % des élevages (CNR BEA, 2024). En 2023, il a été estimé que les sols des enclos de post-sevrage étaient de type caillebotis intégral dans plus de 80% des élevages français (CNR BEA, 2024).

1.3.4 Porcs en engraissement

En France, les porcs en engraissement sont élevés en groupes en bâtiment sans accès à l'extérieur (90-95% des élevages engraisseurs), ou avec accès à l'extérieur (<10%) (CNR BEA, 2024). Ils sont généralement logés sur des sols entièrement ou partiellement constitués de caillebotis en béton (EFSA Panel on AHAW, 2007a).

1.3.5 Verrats

Les verrats sont hébergés en case individuelle dans plus de 90% des élevages français (CNR BEA, 2024). Le sol des cases est principalement constitué de caillebotis partiel en béton, comprenant parfois un tapis en caoutchouc ou de la litière en quantité limitée.

1.4 *Les matériaux manipulables utilisés en élevage porcin*

1.4.1 Nature

Les matériaux manipulables permettant aux porcs d'exprimer des comportements d'investigation et de manipulation comprennent (Commission européenne, 2008; Anses, 2015; Chambres d'agriculture de France et al., 2019) :

- les matériaux organiques généralement constitutifs des litières : paille, sciure/copeaux de bois, tourbe, mais aussi branchages et compost de champignons qui sont disposés à même le sol ;
- les matériaux de nidification : les matériaux manipulables tels que la litière, la paille à longue tige, la paille hachée, le foin de luzerne, l'ensilage de foin ou le foin, et la toile de jute constituent des matériaux de nidification optimaux pour la truie pré-partum (Anses, 2015). Du papier journal peut être parfois fourni aux truies.

- les matériaux de type fourrage : paille, foin et autres fourrages, qui sont distribués dans des râteliers, des distributeurs ou des auges ;
- les objets déformables : par exemple, tuyaux en caoutchouc, bâtons en bois, cordes, toiles de jute ;
- les objets indéformables : balles, ballons en plastique ou chaînes métalliques.

1.4.2 Caractéristiques physiques

Les matériaux d'enrichissement doivent posséder toutes les caractéristiques suivantes pour répondre aux besoins essentiels des porcs et être considérés comme optimaux : être sans danger, comestibles, pouvoir être mâchés, investigués, manipulés au moyen de la bouche, disponibles en nombre ou quantité suffisante pour éviter les problèmes de compétition, propres et hygiéniques (Commission européenne, 2016; Anses, 2018; CNR BEA, 2024). D'après Studnitz et al. (2007), les comportements d'exploration et d'investigation des porcs est stimulé de façon optimale par des matériaux complexes, que l'on peut changer facilement, destructibles, manipulables et contenant des parties comestibles. Pour être facilement accessibles, les matériaux ne doivent pas être fixes, sans toutefois être libres dans toute la case. Ils doivent être régulièrement remplacés ou renouvelés car s'ils sont attirés par la nouveauté, les porcs s'habituent et se désintéressent rapidement des matériaux qui leur sont proposés (Van de Weerd et al., 2003; Anses, 2015).

1.4.3 Impacts des matériaux sur le bien-être et le comportement des porcs

La paille distribuée directement sur le sol stimule le comportement exploratoire naturel des porcs qui présentent alors des niveaux d'activité plus élevés (Lyons et al., 1995; Beattie et al., 1996; Morgan et al., 1998; Beattie et al., 2000; Kelly et al., 2000; Beattie et O'Connell, 2002; Averos et al., 2010).

En l'absence de matériaux manipulables adéquats, les porcs réorientent leur comportement de recherche de nourriture et de manipulation et manifestent des comportements oraux non alimentaires (reniflage, léchage, mâchouillement) dirigés vers les éléments de l'environnement ou vers les congénères (Hunter et al., 2001; Studnitz et al., 2007; Scott et al., 2007; Ruckli et al., 2024). La présence de litière réduit considérablement ces problèmes de manipulations persistantes entre congénères, observés le plus souvent chez les porcelets sevrés ou les porcs en engraissement. L'avis de l'EFSA (2022a) estime que les épisodes de caudophagie pourraient être limités par l'utilisation de substrats manipulables, dont l'efficacité dépend du type (paille, bois tendre et toile de jute étant les plus efficaces), de la quantité (l'avis recommande 20 g de paille/animal/jour), de la propreté, de l'accessibilité (efficacité atténuée en cas de compétition) et de la manière de distribuer ces matériaux (efficacité maximale des substrats organiques lorsqu'ils sont distribués au sol). Ainsi, Van de Weerd et al. (2006) ont montré que la fourniture de 5 cm de paille au sol était plus efficace pour limiter les morsures de queues que l'apport des objets manipulables (de type Bite Rite).

Chez les porcelets sevrés, le comportement de *belly-nosing* est également réduit en présence d'un matelas en plastique posé contre le mur ou de tuyaux en caoutchouc suspendus (Bench et Gonyou, 2006). De même, le risque de comportements agressifs en réponse aux individus manipulateurs ou liés à la hiérarchie est réduit en présence de divers matériaux d'enrichissement tels que des pneus ou des morceaux de bois au bout d'une chaîne, des jouets à mâcher fixés au mur au bout d'une chaîne, ou libres, posés au sol, de la paille, de la terre, de la tourbe (Wood-Gush et Beilharz, 1983; Appleby et Wood-Gush, 1988; Schaefer et al., 1990; Blackshaw et al., 1997; van de Weerd et Day, 2009).

Chez les porcelets non sevrés, l'accès à du papier et des cordes diminue les comportements d'investigation dirigés vers la mère, qui présente alors moins de lésions aux mamelles (Lewis et al., 2006). De plus, l'approvisionnement en matériaux d'enrichissement avant le sevrage semble réduire le risque ultérieur de caudophagie en post-sevrage et en engraissement, même s'il existe des résultats contradictoires sur ce sujet (EFSA Panel on AHAW, 2007a; Anses, 2015).

Si les sols avec de la litière sont une forme efficace d'enrichissement, l'apport de paille présente en outre d'autres effets bénéfiques. La présence de paille limite les problèmes d'hypothermie liés à la perte de chaleur vers le sol des porcelets nouveau-nés (Pedersen et al., 2016). Plusieurs études ont montré que l'apport de paille améliore la propreté des porcs et des enclos (Spooler et al., 2000; Wallgren et al., 2020; Ocepek et Andersen, 2022). De plus, la présence de paille limite les risques de blessures aux pattes par rapport aux sols pleins nus (Tuytens, 2005).

Ainsi, les matériaux manipulables servent non seulement à satisfaire le besoin d'exploration des porcs, et, dans le cas de la litière, ils participent au confort physique et thermique en période froide.

1.4.4 Impacts des matériaux manipulables sur le bien-être et le comportement des truies péri-partum

La littérature souligne l'impact positif de l'apport de matériaux de type paille, branchages, sciure ou compost, toile de jute ou chiffon pour favoriser et canaliser l'augmentation d'activité classiquement observée avant la mise-bas et associée au comportement de nidification (van de Weerd et Day, 2009; EFSA Panel on AHAW, 2014).

Ce comportement est stimulé de différentes manières selon les matériaux de construction de nid proposés. Ainsi, Damm et al. (2000) ont rapporté que lorsque des truies élevées en semi-liberté avaient accès à de la paille et des branches, elles pouvaient construire des nids plus structurés et fonctionnels que lorsqu'on ne leur fournissait que de la paille. Swan et al. (2018) ont constaté que le comportement de nidification de truies en cage de gestation était davantage stimulé si on leur fournissait du papier journal plutôt que de la paille ou des copeaux de bois : elles passaient plus de temps à construire leur nid et moins à mordre les barreaux de leur cage. Bolhuis et al. (2018) ont observé que des truies gestantes en cages ou en maternité liberté étaient davantage stimulées à construire leur nid si on leur fournissait de la toile de jute que de la paille. Cependant, d'autres auteurs ont estimé que la toile de jute n'avait pas un impact suffisant pour satisfaire le besoin de nidification (Markland et al., 2020). Une étude récente montre peu de comportements de nidification malgré l'apport de divers matériaux autour de la mise-bas (2,5 kg de paille en longues tiges ou 2 feuilles de papier journal, ou encore une toile de jute de 65x77cm), ce que les auteurs attribuent à une quantité trop faible de ces matériaux (Hukkinen et al., 2024). D'autres auteurs avaient fait même constat (Damm et al., 2005). L'avis de l'EFSA (2022a) considère, avec une certitude supérieure à 66 %, que la paille fournie en longues tiges, le foin et l'ensilage de foin constituent les matériaux de nidification les plus adéquats lorsqu'ils sont fournis en quantité suffisante (c.-à-d. qu'ils permettent aux truies de « creuser » dans le sol). Il semblerait en effet que lorsque la paille est hachée, la truie manifeste davantage de stéréotypies au moment de la nidification et moins de comportements maternels après la mise-bas que quand la paille est fournie en tiges entières (Burri et al., 2009). On manque de données sur la quantité de matériaux manipulables optimale à fournir (EFSA Panel on AHAW, 2022a). Pour des truies logées en case de maternité liberté, Pedersen et al. (2015) estiment qu'il convient de fournir une quantité de paille (ou d'autres matériaux de nidification) supérieure à 1 à 2 kg par truie pour répondre au besoin de construction du nid, renforcer la division de l'espace en aires de vie distinctes, améliorer le confort thermique des truies et des porcelets et aider les porcelets à sécher après la mise-bas.

Cependant, de façon globale, la présence de matériaux de construction de nids, leur quantité et le moment où ils sont fournis influencent davantage leur utilisation par la truie que le type des matériaux (Damm et al., 2010; EFSA Panel on AHAW, 2014; Rosvold et al., 2019).

L'apport des matériaux de nidification ne permet d'exprimer que certains éléments du comportement inné de nidification, donc de réduire, sans l'éliminer totalement, la frustration associée à l'impossibilité de construire un véritable nid. En effet, même si des matériaux de nidification sont apportés, les truies élevées en bâtiment ne sont pas réellement en capacité de fabriquer un nid puisqu'elles ne peuvent pas creuser le sol (CNR BEA, 2024). Lorsqu'elles sont maintenues en cages individuelles, l'absence de matériaux pour la construction du nid ou l'inhibition des mouvements de la truie n'empêche pas l'expression du comportement de nidification, même à vide, comme le frottement du groin contre le sol, les mouvements de pattes et les morsures (Damm et al., 2003; Yun et Valros, 2015). Des stéréotypies (mâchonnements à vide, léchages/mordillements des structures de la cage) peuvent également être observées (Dantzer, 1986; Lawrence et Terlouw, 1993). Ces comportements de frustration sont d'autant plus prononcés que les truies reçoivent une ration alimentaire restreinte (60-70%) pour limiter le risque d'obésité. Dans ce cas, les matériaux fibreux satisfont également la motivation alimentaire (recherche et ingestion) en créant un sentiment de satiété favorable au bien-être (Meunier-Salaün et Bolhuis, 2014; EFSA Panel on AHAW, 2022a; CNR BEA, 2024).

1.4.5 Le choix des types de litières

Si la paille reste la litière la plus utilisée en élevage porcin, les éleveurs font face de plus en plus régulièrement à des problèmes de qualité, d'approvisionnement, et donc de surcoût (Chambre d'agriculture de Bretagne et al., 2012, fiche 1). Certaines alternatives à la paille comme les copeaux de bois, la sciure de bois ou la tourbe s'avèrent intéressantes pour le bien-être et la santé des porcs (en permettant aux animaux de rester secs et propres, en évitant que le sol soit glissant ou abrasif, en fournissant un couchage confortable, en stimulant le comportement de fouissage et de nidification, etc.) et peuvent avoisiner les qualités de la paille en matière de pouvoir d'absorption et de drainage (SRDP Farm Advisory Service, 2024). De plus, la tourbe (Rosvold et Andersen, 2019) ou le compost de champignons (Durrell et al., 1997; Elmore et al., 2011) présentent l'avantage de ne pas bloquer les canaux d'évacuation du lisier. La tourbe a un pouvoir d'absorption trois à quatre fois supérieur que la paille (SRDP Farm Advisory Service, 2024). Sa capacité de liaison de l'ammoniac est supérieure à celui des litières de paille, des copeaux ou sciure de bois, ce qui permet de diminuer le taux d'ammoniac ambiant et d'obtenir un lisier à très bon pouvoir fertilisant (Kemppainen, 1987). La structure de la tourbe est proche de celle de la terre et stimule le comportement d'exploration des porcs qui l'utilisent pour fouir, creuser, se vautrer (Studnitz et al., 2007, Vanheukelom et al., 2011). Elle stimule également le comportement de nidification chez les truies, même s'il reste moins complet qu'avec de la paille qui permet la réalisation de toutes les étapes de la nidification (Rosvold et al., 2018). Ces substrats alternatifs peuvent, comme la paille, contribuer à réduire les comportements indésirables (comportements oraux dirigés vers les congénères et agressions) et à favoriser le repos (Beattie et al., 1995, 2001; Durrell et al., 1997). Dans un test de préférence, des porcs en croissance ont préféré la tourbe, le compost de champignons et la sciure de bois, puis le sable, l'écorce de bois et la paille, le béton nu restant le moins apprécié (Beattie et al., 1998). Dans une autre étude, des copeaux de bois et des écorces de riz ou de café, utilisés sous des climats tropicaux, ont généré des comportements d'investigation et diminué les comportements agressifs de porcelets sevrés et de porcs en engraissement (Caldara et al., 2014; Hötzel et al., 2009).

1.4.6 Inconvénients de l'apport de matériaux manipulables

Les matériaux manipulables peuvent présenter un risque sanitaire. Par exemple, la paille peut avoir été contaminée par des agents pathogènes lors de sa récolte, de son stockage ou de son transport ; le bois et les copeaux de bois peuvent avoir été traités et contenir des contaminants chimiques ; il a été montré que la tourbe est souvent contaminée, alors qu'on l'emploie de façon privilégiée en maternité (Matlova et al., 2005). Les objets de mauvaise qualité peuvent s'abîmer et provoquer des lésions buccales. Il est donc nécessaire de vérifier l'innocuité des matériaux manipulables, respecter les règles de biosécurité lors de leur introduction, et en assurer la traçabilité (Anses, 2015). Enfin, les objets utilisés comme éléments d'enrichissement doivent être changés régulièrement pour éviter tout phénomène d'habituation et renouveler l'intérêt des animaux (Van de Weerd et al., 2003).

1.5 *Cadre réglementaire*

Les principales informations des réglementations européenne et française impliquant directement ou indirectement le choix et la conception des sols des hébergements et la mise à disposition de matériaux d'enrichissement en élevage porcin sont rappelées en Annexe 3.

2. Impacts des types de sols sur le bien-être et le comportement des porcs

2.1 Caillebotis intégral

2.1.1 Avantages du caillebotis intégral

Confort et hygiène

Les caillebotis contribuent à la propreté des animaux en permettant l'élimination rapide des produits fécaux et urinaires à travers les ouvertures, favorisant la mise en place d'une aire de couchage sèche. Ainsi, les porcs et les enclos sont plus propres sur caillebotis intégral que sur caillebotis partiel (Guingand, 2003). Or les porcs, quand ils en ont la possibilité, cherchent à garder les aires de repos et d'alimentation propres (Nannoni et al., 2020).

Les sols en caillebotis sont plus frais que les sols pleins. En cas de température élevée, les porcs les préfèrent aux sols pleins pour se coucher ; les sols en caillebotis participent donc au comportement de thermorégulation des porcs en période chaude (Hörning, 2007).

Santé

Du fait d'une meilleure hygiène des animaux comme de leur environnement, la prévalence de salmonelles (Davies et al., 1997; Nollet et al., 2004) et de bactéries (Rantzer et Svendsen, 2001) est réduite sur caillebotis intégral par rapport au caillebotis partiel.

2.1.2 Inconvénients du caillebotis intégral

Confort et hygiène

Quand la température ambiante est en-dessous de la limite basse de la zone de confort thermique du porc, le caillebotis intégral, du fait de sa structure ajourée et du système de ventilation qui lui est associé, rend le comportement de thermorégulation moins efficace en conditions hivernales (Fraser, 1985; EFSA Panel on AHAW, 2005, 2022a).

Les porcs sur caillebotis intégral ont des risques élevés de développer des bursites qui affectent le confort de couchage. Par exemple, dans l'étude de Courboulay et al. (2009) le pourcentage de porcs avec bursite était de 82% des animaux élevés sur caillebotis total contre 14% pour ceux élevés sur sol plein avec litière.

Expression des besoins comportementaux

Avec les sols en caillebotis intégral, il est difficile de fournir des matériaux d'enrichissement de type litière ou fourrage car ils tombent à travers les ouvertures du caillebotis et peuvent obstruer les ouvertures et les systèmes d'évacuation du lisier (Tuytens, 2005; Day et al., 2008). Les matériaux compatibles avec le caillebotis sont moins efficaces pour satisfaire le comportement d'exploration. De plus, la densité d'animaux est souvent plus élevée en système caillebotis intégral qu'en systèmes en caillebotis partiel ou en sol plein (IFIP, 2019b; Nannoni et al., 2020; EFSA Panel on AHAW, 2007b, 2022a). Le cumul de ces deux facteurs (forte densité et manque d'enrichissement adéquat) constitue un risque élevé de comportements redirigés vers les congénères (Guy et al., 2002), et tout particulièrement de caudophagie chez les porcs sevrés et en engraissement (cf partie 1.4.3) (EFSA Panel on AHAW, 2007a, 2022a).

Santé

Certaines caractéristiques des caillebotis, dont la surface inégale, la surface d'appui réduite, l'absence de litière, augmentent le risque de blessures aux pattes et de boiteries (KilBride et al., 2009a). Un élément essentiel dans le choix des caillebotis est la proportion entre les largeurs des lattes et des ouvertures par rapport aux dimensions des pieds du porc à un âge donné. Mal adaptés à la taille du pied, les caillebotis risquent de blesser les animaux qui peuvent se coincer le pied et s'arracher les ongles (EFSA Panel on AHAW, 2022a). Les largeurs convenables selon la catégorie de porcs sont

définies réglementairement (Commission européenne, 2008 ; cf Annexe 3). La qualité du caillebotis (conception, propriétés physiques, abrasivité, humidité) joue également un rôle majeur dans les blessures aux pieds et aux pattes. Par exemple, les caillebotis constitués de fil métallique tissé nu ou en métal expansé avec un faible rapport entre les lattes et les ouvertures (treillis métallique) augmentent significativement les lésions aux pattes, sauf s'ils sont recouverts de plastique (Lewis et al., 2005).

Les plaies au corps et les lésions aux queues (Courboulay et al., 2008; Ramonet et Villain, 2021) et aux oreilles (Courboulay et al., 2008), ainsi que les boiteries (Courboulay et al., 2009; KilBride et al., 2009a, 2009b) sont plus fréquentes chez des porcs en croissance élevés sur caillebotis intégral que sur litière. Les truies en lactation logées en cages de gestation présentent davantage de blessures aux pattes et aux trayons sur des sols à caillebotis que sur des sols pleins avec de la litière (Edwards et Lightfoot, 1986).

Dans les systèmes en caillebotis intégral, les émissions d'ammoniac provenant de la fosse à lisier sont élevées (European Commission. Joint Research Centre., 2017, p. 365), ce qui, si la ventilation n'est pas adéquate, peut entraîner une mauvaise qualité de l'air et des problèmes respiratoires et oculaires pour les animaux, dont la gravité croît avec la concentration en ammoniac (EFSA Panel on AHAW, 2014, 2022a). De plus, de fortes concentrations d'ammoniac dans l'air constituent un facteur de risque de caudophagie (Scollo et al., 2016; EFSA Panel on AHAW, 2022a).

2.1.3 Possibilités d'amélioration d'un logement sur caillebotis intégral

Même si l'avis de l'EFSA (2022a) préconise de privilégier les sols pleins ou en caillebotis partiel lors de la construction de nouveaux bâtiments, des améliorations peuvent être envisagées pour les bâtiments déjà existants.

Gestion de l'ambiance du bâtiment

Afin de prévenir les troubles respiratoires et oculaires liés à de fortes concentrations en ammoniac, et d'abaisser la température ambiante pour assurer le confort thermique des porcs en période chaude, il est nécessaire de concevoir les bâtiments de façon à assurer une ventilation efficace (INERIS, 2018; EFSA Panel on AHAW, 2022a). Afin de prévenir les risques pour la santé des porcs et des humains, le taux d'ammoniac dans l'air doit être maintenu en dessous de 10 ppm (Colina et al., 2000), notamment via une réduction des surfaces de lisier émettrices, une bonne hygiène des sols et l'évacuation régulière du lisier vers une installation de stockage extérieure couverte (Espagnol et al., 2015), et en séparant les urines des fèces (European Commission Joint Research Centre, 2017). D'après les MTD (Meilleures Techniques Disponibles) établies dans la Décision d'exécution (UE) 2017/302 de la Commission européenne du 15 février 2017, si les fosses sont suffisamment profondes, elles peuvent être utilisées en association avec un système d'épuration d'air, de refroidissement du lisier et/ou de réduction du pH du lisier (Commission européenne, 2017). Diminuer la température ambiante joue également sur les émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre. Une étude sur des porcs en engraissement en unité thermorégulée a montré qu'abaisser la température du bâtiment de 22 à 18°C permet de diminuer les émissions d'ammoniac et de méthane de 36% et 54% respectivement, et de diminuer la production de lisier de 25%, sans effet significatif sur les performances zootechniques (Guinand et al., 2024). Les effets de la température ambiante et de la ventilation sur l'émission d'ammoniac et de gaz à effet de serre sont interdépendants : élever le débit de l'air abaisse sa température. La bonne conception du système de ventilation et le contrôle du débit et des schémas de circulation, en abaissant la température du bâtiment et en réduisant la vitesse de circulation de l'air à la surface du lisier et au niveau du sol, permettent de modérer les émissions en ammoniac du bâtiment (European Commission. Joint Research Centre, 2017, p. 366).

Limiter les émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre doit être pris en compte lors de la conception des bâtiments (European Commission Joint Research Centre, 2017, p. 367) : les caractéristiques physiques du caillebotis, dont la porosité du béton, la présence d'un matériau lisse sur le béton (pour accélérer le passage des déjections et éviter qu'elles ne se collent aux lattes), la forme et la largeur des lattes et des ouvertures, influencent les capacités drainantes du sol. L'aire d'élimination doit être située à un endroit bien ventilé et de température basse pour limiter les émissions à hauteur des porcs. La position des auges et des abreuvoirs, l'installation de cloisons pleines dans la zone que l'on prévoit pour le couchage afin de limiter les courants d'air et augmenter le confort, et de cloisons ajourées dans la

zone prévue pour l'élimination pour y abaisser la température permettent d'influencer l'endroit où les porcs vont uriner et déféquer et de limiter la surface souillée. Augmenter la surface par animal et installer un système d'arrosage pour refroidir les animaux pourrait limiter les émissions (European Commission, Joint Research Centre, 2017).

Enfin, il convient de suivre les MTD de l'European Commission Joint Research Centre (2017) pour la conception d'un système d'évacuation des déjections efficace. La gestion du lisier doit permettre de maintenir l'ambiance (par contrôle du dégagement d'ammoniac), et le statut sanitaire des animaux (en évitant la remise en circulation des germes du lisier via la ventilation) (European Commission Joint Research Centre, 2017, p.369 et suivantes; IFIP, 2019b).

Enrichissement du milieu

L'apport de litière répond aux besoins comportementaux de fouissage des porcs et permet de réduire considérablement les problèmes de caudophagie (cf. paragraphe 1.4.3). La question est donc de savoir s'il est possible de fournir suffisamment de matériaux manipulables aux porcs dans les systèmes d'élevage déjà aménagés en caillebotis intégral.

- Conditions d'utilisation de litière ou fourrage sur un sol en caillebotis intégral

Selon la recommandation n°15 de Spooler et al. (2011, p. 75), de petites quantités de paille ou autres matériaux manipulables devraient être fournies aux porcs même s'ils sont logés sur caillebotis intégral, afin d'améliorer leur bien-être. En effet, il a été montré que l'apport de paille au sol ou dans des râteliers n'est pas incompatible avec les caillebotis à condition qu'elle soit fournie en petites quantités (≤ 20 g/porc/jour) et hachée pour éviter l'obstruction des ouvertures ou la chute dans la fosse (D'Eath et al., 2014). D'après Jensen et al. (2008), lorsqu'il a le choix, le porc ne montre pas de préférence pour une paille hachée ou conservée en longues tiges, même s'il semblerait que les niveaux d'agressions (Lahrman et al., 2015) et de morsures de queues (Day et al., 2008) observés dans des groupes de porcs soient plus faibles lorsque la paille est fournie en longues tiges (>7cm). L'IFIP a analysé l'utilisation de petites quantités de paille hachée en brins courts (4 cm) par des porcs en engraissement élevés sur caillebotis intégral selon son mode de distribution : en râteliers (avec un bac placé sur le caillebotis pour limiter le passage de la paille ; 8,3 g/porc/jour) ou avec un « nourripaille » (nourrisseur monoplace contenant de la paille accessible à travers une grille placée sur la partie basse ; 10,1 g/porc/jour). Le râtelier semble favoriser l'utilisation de paille par les animaux dont les lésions de la queue et des oreilles sont plus rares, alors que l'accès limité et les salissures réduisent l'intérêt du nourripaille (Courboulay, 2019). Pour qu'un râtelier soit utilisable par les porcs, sa position en hauteur et la taille de ses ouvertures doivent être adaptées à la taille du porc et de son groin respectivement pour qu'il puisse accéder au matériau d'enrichissement facilement et que le matériau ne tombe pas directement au sol (EU Platform on Animal Welfare, 2023).

La distribution de paille sur caillebotis nécessite néanmoins un système adéquat d'élimination des déchets et n'est pas compatible avec des bâtiments équipés d'une simple préfosse de stockage de lisier sans modification technique. La technique du lisier flottant, utilisée dans l'essai réalisé par l'IFIP, consiste à ajouter une fine couche d'eau (40 L/porc) en fond de préfosse pour empêcher la sédimentation de la fraction solide et faciliter l'évacuation des écoulements lors des vidanges. Cette technique présente l'intérêt de ne pas modifier l'ensemble d'un bâtiment déjà construit sur caillebotis (Guinand et Courboulay, 2016). D'autres techniques d'évacuation existent également mais doivent être prises en compte dès la conception du bâtiment. Il peut s'agir de tuyaux d'évacuation de plus grand diamètre, de pompes à lisier équipées de lames de hachage, de systèmes de lisier plus petits et à écoulement plus rapide, ou de pompes à cavité progressive adaptées aux liquides visqueux (D'Eath et al., 2014). Des systèmes d'évacuation mécanique équipés d'un racleur en V épousant le fond de fosse permettent l'évacuation fréquente (6 à 12 fois par jour) du fumier de la préfosse destiné au compostage, tout en séparant les urines (Loussarn et al., 2014). Ce système a permis de fournir de la paille (30 g/porc/jour) dans des râteliers à des porcs en engraissement élevés sur caillebotis intégral sans boucher les canalisations (Caille et Loussouarn, 2016).

- Fourniture d'objets manipulables

Dans la pratique, à l'heure actuelle, peu d'éleveurs français utilisant des sols en caillebotis intégral fournissent de la paille ou d'autres matériaux organiques meubles comme matériaux d'enrichissement ; ils proposent plutôt des éléments d'enrichissement de type objets. Les objets non destructibles et

mobiles dans la case (balles, ballons) sont vite souillés et intéressent peu les animaux, sauf s'ils sont souvent remplacés (Moinard et al., 2003; Scott et al., 2007; Studnitz et al., 2007; Vanheukelom et al., 2012). En outre, la Commission européenne considère que les chaînes et autres matériaux non destructibles ne sont pas optimaux selon la définition donnée par la Directive du Conseil de l'Europe (Commission européenne, 2008). L'avis EFSA (2022a) considère que la paille, le foin et l'ensilage sont plus efficaces pour réduire les morsures de queue que les matériaux d'enrichissement suspendus au plafond ou fixés au mur, ou que les blocs de paille pressée ou les distributeurs qui nécessitent une manipulation prolongée pour obtenir le substrat. Toutefois, même s'ils satisfont moins le comportement alimentaire et de fouissage du porc qu'un fourrage, les objets déformables suspendus au niveau de l'animal (pour éviter les souillures) ou fixés au sol (offrant la possibilité aux porcs de les manipuler en position couchée) tels que des morceaux de bois, des tuyaux en caoutchouc ou des cordes suscitent l'intérêt des animaux (Bracke et al., 2006; Trickett et al., 2009; Courboulay, 2019). D'après une étude, des bâtons de bois (5-10 cm de diamètre) suspendus sur des chaînes horizontales à la hauteur de l'animal semblent efficaces pour réduire la caudophagie (Telkänranta et al., 2014), mais du bois tendre (pin) serait à privilégier au bois dur (acacia) pour que le matériau soit davantage mâchonnable, déformable, ingérable et destructible (Telkänranta et al., 2014; Caille et Loussouarn, 2016).

L'idéal pour le bien-être des porcs serait de cumuler différentes stratégies d'enrichissement car multiplier les matériaux dans une case permet de multiplier leur utilisation par les porcs (Caille et Loussouarn, 2016), diminuant ainsi les comportements indésirables. Sur caillebotis intégral ne permettant l'apport que d'une petite quantité de paille, de préférence hachée, l'enrichissement du milieu pourrait consister à cumuler un apport de paille au moyen de râteliers, et d'objets déformables suspendus et/ou fixés au sol.

- Installation de tapis

L'ajout de tapis en caoutchouc (ou en plastique) (Figure 6) dans les cases sur caillebotis intégral permettrait d'améliorer le confort de couchage des animaux, en particulier celui des truies gestantes (Elmore et al., 2011), des truies allaitantes et de leurs porcelets (confort physique et thermique) (Boyle et al., 2000; Baxter et al., 2011), tout en disposant de surfaces pleines pour retenir la litière, distribuée en petites quantités, pour qu'elle reste disponible pour les animaux sans obstruer les caillebotis (EFSA Panel on AHAW, 2022a). Des tapis en caoutchouc disposés sur un caillebotis intégral permettent également de diminuer les risques de blessures aux pattes des porcs en engraissement (Falke et al., 2018) et de réduire l'occurrence des comportements agressifs lors du mélange des truies primipares (Lagoda et al., 2021). Des experts français alertent néanmoins « qu'en cas d'utilisation, les tapis de caoutchouc doivent être nettoyés régulièrement pour ne pas devenir des nids à bactéries susceptibles de contaminer » les animaux (CNR BEA, 2024).



Figure 6 : Utilisation par des truies gestantes d'un tapis en caoutchouc placé sur du caillebotis intégral

Le tapis sert de zone de repos. Crédit : Anses, photo extraite de Réussir porc (2024)

Encadré 1 : Principaux points à retenir sur le caillebotis intégral

Points d'attention lors de la conception du bâtiment

- En cas de conception de bâtiment neuf, un sol plein avec litière ou un caillebotis partiel est à privilégier.
- Le caillebotis en plastique (ou plastifié) pour les porcelets ou en béton non abrasif pour les plus gros animaux sont à privilégier pour limiter le risque de blessures.
- L'espacement entre les lattes du caillebotis doit être adapté à la taille de l'animal qui ne doit jamais pouvoir se coincer les onglons dans les interstices.
- Le caillebotis constitué de fil métallique devrait être évité.

Possibilités d'enrichissement du milieu

- Le caillebotis intégral ne permet pas un apport suffisant en substrats meubles (paille) pour l'expression des comportements d'exploration et de nidification. En conséquence le risque de caudophagie sur caillebotis intégral est plus élevé que sur d'autres types de sol, toutes conditions étant égales par ailleurs.
- La paille devrait être fournie au moyen de râteliers avec un dispositif placé en dessous pour éviter qu'elle ne tombe trop vite dans la fosse à travers le caillebotis.
- La paille hachée risque moins de boucher les ouvertures et le système d'évacuation du lisier que la paille entière. Elle permet de réduire le risque de caudophagie mais n'est pas un matériel de nidification optimal pour la truie.
- Une stratégie d'enrichissement adaptée au caillebotis intégral pourrait consister à cumuler un apport de paille au moyen de râteliers, et d'objets déformables suspendus et/ou fixés au sol.
- En cas d'apport de paille hachée, la technique du lisier flottant facilite l'évacuation des déchets sans modifier la conception du bâtiment.
- L'ajout de tapis en caoutchouc (ou en plastique) sur caillebotis intégral facilite l'approvisionnement de matériaux d'enrichissement au sol, limite les risques de blessures aux pattes et améliore le confort des animaux autour des phases de repos.

Contrôle de l'ambiance du bâtiment

- Le bâtiment doit être ventilé efficacement et le lisier régulièrement évacué pour maintenir un taux d'ammoniac dans l'air inférieur à 10 ppm.

2.2 Caillebotis partiel

2.2.1 Avantages du caillebotis partiel

Confort

L'aire de couchage sur la partie pleine permet un plus grand confort pour les porcs lorsqu'ils sont en zone thermoneutre.

Expression des besoins comportementaux

Les sols en caillebotis partiel permettent aux porcs de séparer l'espace en plusieurs aires de vie, notamment une aire de couchage (sol plein) et une aire d'élimination (caillebotis). La surface nécessaire par animal est donc plus grande que sur caillebotis total (EFSA Panel on AHAW, 2005). Il est probable que les porcs ne choisissent pas un endroit spécifique pour éliminer, mais qu'ils privilégient la partie la plus confortable pour se reposer (la zone pleine), et évitent alors d'éliminer dans leur aire de couchage (Nannoni et al., 2020; Ocepek et Andersen, 2022).

Les systèmes en caillebotis partiel permettent aux porcs d'exprimer leur comportement de thermorégulation plus facilement que sur caillebotis intégral, car ils peuvent choisir de se coucher sur les caillebotis en période chaude (avec un risque de déjections sur la zone pleine) et sur le sol plein en période plus froide (Huynh et al, 2004).

Santé

Les sols en caillebotis partiel génèrent moins de lésions aux pattes et de boiteries et présentent donc des avantages pour le bien-être des porcs par rapport aux sols en caillebotis intégral (Nielsen et al.,

2002; KilBride et al., 2009b; Temple et al., 2012). Candotti et al. (2004) suggèrent que sur un sol plein à plus de 40 %, les symptômes cliniques de boiterie sont moindres que sur un sol en caillebotis intégral.

2.2.2 Inconvénients du caillebotis partiel

Hygiène et confort

L'avis de l'EFSA (2022a) recommande de maintenir une bonne hygiène de la partie en sol plein des sols en caillebotis partiel. En effet, certaines études concluent que la propreté des enclos et des porcs est inférieure sur caillebotis partiel (50% caillebotis/50% sol plein en béton) que sur un caillebotis intégral en béton (Guingand et Granier, 2001; Courboulay et al., 2003). Dans un enclos en caillebotis partiel, si la température et/ou la densité d'animaux sont trop élevées, les porcs modifient leur comportement en excréant non plus dans l'aire d'élimination en caillebotis mais dans l'aire de couchage en sol plein. Ce phénomène multifactoriel, dénommé *fouling* en anglais, peut entraîner une baisse de l'hygiène des animaux et de l'enclos.

Expression des besoins comportementaux

Comme pour les sols en caillebotis intégral, les sols en caillebotis partiel sont souvent dépourvus de matériaux de fouissage de type paille, fourrage. L'insatisfaction du besoin d'investigation des porcs se traduit alors par des comportements oraux réorientés vers les congénères. Sans ajout de paille, un sol en caillebotis, qu'il soit partiel ou intégral, augmente le risque de morsures de queues entre congénères (Moinard et al., 2003).

Le *fouling* entraîne également une perturbation du comportement de repos des porcs et une augmentation des interactions agonistiques (Larsen et al., 2018, 2019; Nannoni et al., 2020).

Santé

- **Lésions et blessures** : En comparaison avec un sol plein recouvert de litière épaisse, un sol en caillebotis partiel favorise l'apparition de blessures aux pattes (ostéochondrose) à l'origine des boiteries observées chez les porcs en engraissement (van Grevenhof et al., 2011).

- **Emission d'ammoniac** : L'étude des effets du caillebotis partiel sur les émissions d'ammoniac a donné des résultats contradictoires. Dans les conditions de l'étude de Guingand et Granier (2001), l'émission d'ammoniac était supérieure sur caillebotis partiel que sur caillebotis intégral, l'aire de couchage étant une source d'ammoniac importante si la ventilation n'est pas correctement gérée. A l'inverse, selon d'autres auteurs, les émissions d'ammoniac augmentent avec la proportion de caillebotis (Aarnink et al., 1996). Cependant, l'émission d'ammoniac est étroitement liée à la température ambiante dont les moyennes sur la période évaluée étaient différentes entre ces deux études : 27,5°C (Guingand et Granier, 2001) vs 23,6°C (Aarnink et al., 1996). Or Granier et al. (1996) estiment qu'à débits de ventilation identiques, l'émission d'ammoniac augmente de 15% quand la température passe de 24 à 28°C.

2.2.3 Proportion surface pleine / caillebotis dans des enclos en caillebotis partiel

D'après l'EFSA (2022a), il est difficile de déterminer le pourcentage optimal de sol plein et de caillebotis dans un logement en caillebotis partiel. Certains résultats concernant la propreté des cases et les émissions d'ammoniac sont contradictoires : d'après Spooler (2002), dans des cases de 12 à 24 porcs en engraissement où la surface par animal était de 1 m², les cases étaient plus sales si elles comportaient 60% de sol plein plutôt que 40%. De même, Aarnink et al. (1993, 1997, 2001, 2006) (cités dans Vermeij et al., 2009) ont étudié la saleté (le *fouling*) des enclos et les émissions d'ammoniac avec des sols pleins à 50%, 60% et 75%. Ils montrent que les enclos sont d'autant plus sales que la proportion de sol plein augmente. Au contraire, Ocepek et Andersen (2022) ont trouvé que la propreté de la case augmentait avec la proportion de sol plein par animal et avec la quantité de litière présente sur la partie pleine.

Concernant les émissions d'ammoniac, Aarnink et al. (1996) ont observé que la réduction de la surface en caillebotis (et donc de la fosse à lisier) dans les bâtiments d'élevage de porcs diminue les émissions d'ammoniac provenant de la fosse, mais augmente la saleté et les émissions provenant du sol. Les

émissions d'ammoniac ne dépendent pas uniquement de la surface en caillebotis mais également de la température ambiante, qui, quand elle est élevée, augmente les phénomènes de *fouling* sur les surfaces pleines, les animaux préférant alors se reposer sur la partie en caillebotis (Vermeij et al., 2009). Ainsi à basses températures, la surface pleine de couchage émettrait autant d'ammoniac qu'une surface équivalente en caillebotis, mais en été, sans système de refroidissement de l'air, le gisoir émettrait deux fois plus d'ammoniac que sa surface équivalente en caillebotis (Guinand et Granier, 2001).

La disparité des résultats des travaux de recherche s'explique par la complexité du sujet. Il s'agit en effet d'évaluer l'influence multifactorielle du type de sol (proportion de surface en caillebotis, largeur des ouvertures et des lattes), de l'âge des animaux, de la densité, de la ventilation, de la température, de l'apport ou non de paille) sur de multiples paramètres (confort, hygiène, expression des besoins comportementaux, santé, environnement). Du fait du manque de consensus de la part de la communauté scientifique, il existe de grandes différences dans les exigences de proportion du sol en caillebotis partiel entre les États membres de l'UE. La directive 91/630/CEE du Conseil, modifiée par 2001/88/CE et 2001/93/CE, établissant des normes minimales pour la protection des porcs, inclut des exigences concernant la proportion de sol plein, uniquement pour les cochettes après la saillie et les truies gestantes (« au moins 0,95 m² par cochette et 1,3 m² par truie de la superficie totale d'espace libre doit avoir un revêtement plein continu », Annexe 3, article 3.2a). Cependant, les Pays-Bas exigent une proportion de 40 % de sol plein également pour les porcs en croissance et les porcelets. De son côté, le Danemark légifère pour 50 % de sol plein pour les porcelets sevrés et 33 % pour les porcs en croissance. L'Allemagne exige quant à elle 50 % de sol plein pour les porcs en croissance et les cochettes (Enting et al., 2006, cité dans (Vermeij et al., 2009)).

Pour déterminer le ratio de caillebotis et de sol plein optimal, l'avis de l'EFSA (2022a) propose de déterminer en premier lieu la surface minimale de sol plein nécessaire au confort de couchage (0,77 m²/porc de 110 kg), puis d'en déduire la surface de caillebotis nécessaire à l'expression des comportements d'activité, d'alimentation/abreuvement et d'élimination. Cette approche conduirait à des surfaces totales par animal supérieures à celles actuellement recommandées (minimum 1 m² par porc de plus de 110 kg, cf Annexe 3, article 3.1a).

2.2.4 Apport de paille ou de fourrage sur caillebotis partiel

Compatibilité du caillebotis partiel avec la distribution de paille

Sur un sol en caillebotis partiel, il est plus facile de fournir des matériaux manipulables meubles tels que de la paille hachée, de la tourbe ou de la sciure de bois que sur caillebotis intégral. Le substrat peut être fourni au niveau de la surface pleine, directement sur le sol ou au moyen de râteliers, afin qu'un minimum de matériaux tombe dans la fosse à lisier et que le substrat reste disponible pour les animaux. Fournie en petites quantités (≤ 20 g/porc/jour), la paille peut être évacuée avec des pompes à lisier (Munsterhjelm et al., 2009) ou tout autre technique d'élimination (cf. paragraphe 2.1.3). Le Tableau 1 résume les données sur les effets positifs obtenus sur les comportements des porcs avec différentes quantités de paille et les problèmes d'évacuation du lisier éventuellement rencontrés.

Quantité optimale de paille

Bien que différentes études ont montré que les comportements exploratoires dirigés vers la paille ou d'autres substrats manipulables augmentaient avec la quantité de substrat fournie et que les comportements redirigés vers les congénères diminuaient (Day et al., 2002; Fraser et al., 1991), peu de travaux ont été menés spécifiquement sur le caillebotis partiel.

- pour l'expression du comportement exploratoire

Jensen et al. (2015) ont testé l'effet de différentes quantités de paille sur le comportement exploratoire de porcs en engraissement élevés sur caillebotis partiel (1/3 caillebotis, 1/3 sol plein, 1/3 sol drainé). Ils ont montré que le temps passé à la manipulation de la paille augmentait avec la quantité de paille fournie jusqu'à 250 g/porc/jour, quantité au-delà de laquelle l'effet n'était plus significatif. Des résultats similaires ont été trouvés par Bodin et al. (2015) : des porcs en post-sevrage et en engraissement sur caillebotis partiel (40% caillebotis/60% sol plein) ont reçu des quantités croissantes de paille (de 20 à 300 g/porc/jour) distribuées en 1 à 4 fois.

Tableau 1 : Résultats des principaux travaux de recherche portant sur la quantité de paille (en tiges longues ou hachée) fournie aux porcs élevés sur caillebotis (intégral ou partiel) et les effets positifs obtenus sur le comportement des porcs

La gestion de la paille et le système d'évacuation du lisier sont rapportés quand les informations sont disponibles.

Type de sol (%plein-%caillebotis) ¹	Stade d'élevage	Type de paille (hachée ou longue)	Quantité fournie (g/porc/jour) ²	Impacts positifs sur le comportement des porcs ³	Gestion de la paille et évacuation du lisier ⁴	Références
CI	Porcs en engraissement	Tiges longues Râtelier	64,4	Investigation et manipulation de la paille	Pompe hacheuse => Evacuation manuelle du surnageant solide	Courboulay (2006)
CI	Porcs en engraissement	Paille hachée (4 cm) Râtelier ou nourripaille	8,3 (râtelier) 10,1 (nourripaille)	Moins de lésions aux oreilles et à la queue avec râtelier	Lisier flottant	Courboulay (2019)
CI	Porcs en engraissement	Tiges longues Râtelier	30	Investigation et manipulation de la paille	Racleur en V actionné 6 à 12 fois/jour (début et fin d'engraissement respectivement)	Caille et Loussouarn (2016)
CP (67%-33%)	Porcs en engraissement	Tiges longues (>7 cm) ou paille hachée (5-6 cm) Distribuées au sol (partie pleine)	100	Pas d'effet de la longueur des tiges sur les comportements Moins de porcs légèrement blessés aux épaules avec de la paille en tige longue	Racleur à lisier dans la fosse => Evacuation manuelle des tiges longues (mais pas hachées) obstruant les fentes	Lahrman et al. (2015)
CP (73%-27%)	Porcs en engraissement	Tiges longues (>7 cm) ou paille hachée (1-7 cm) Distribuées au sol (partie pleine)	400	Investigation et manipulation de la paille Moins de morsures de queue Davantage d'effets positifs avec les tiges longues	Enclos nettoyé 3 fois/semaine	Day et al. (2008)
CP (75%-25%)	Porcs en engraissement	Paille hachée + copeaux de bois Distribués au sol (partie pleine)	12,5 (dont 5g de paille)	Moins de lésions à la queue	Pompe à lisier Paille renouvelée 2 fois/jour	Munsterhjelm et al. (2009)
CP (33%-33% drainé-33%)	Porcs en engraissement	Tiges longues Distribuées au sol (partie pleine)	10 à 500 (QO = 250)	Investigation et manipulation de la paille	Paille renouvelée 1 fois/jour Enclos nettoyé 2 fois/semaine	Jensen et al. (2015)
CP (33%-33% drainé-33%)	Porcs en engraissement	Tiges longues Distribuées au sol (partie pleine)	10 à 1000 (QO = 387)	Investigation et manipulation de la paille Moins de comportements redirigés vers congénères	Paille renouvelée 1 fois/jour Enclos nettoyé 2 fois/semaine	Pedersen et al. (2014)

Type de sol (%plein-%caillebotis) ¹	Stade d'élevage	Type de paille (hachée ou longue)	Quantité fournie (g/porc/jour) ²	Impacts positifs sur le comportement des porcs ³	Gestion de la paille et évacuation du lisier ⁴	Références
CP(70%-30%)	Porcs en engraissement	Paille hachée (1-10 cm) Distribuée au sol (partie pleine)	20 à 300 (QO = 200)	Investigation et manipulation de la paille Moins de comportements redirigés vers congénères	Pompe à lisier Paille renouvelée 1 à 4 fois/jour	Bodin et al. (2015)
CP (78,6%-21,4%)	Porcs en engraissement	Tiges longues Râtelier	86	Investigation et manipulation de la paille Moins de morsures de queue	<i>Information non disponible</i>	Van de Weerd et al. (2006)
CP (67%-33%)	Porcelets sevrés	Paille hachée Distribuée au sol (partie pleine)	13,3 + 7 g si épisode de caudophagie	Réduit la progression des épisodes de caudophagie	Pompe à lisier Paille renouvelée 1 fois/jour => Evacuation manuelle de la paille obstruant les fentes => Obstruction occasionnelle des tuyaux d'évacuation du lisier	Lahrman et al. (2018)
CP (50%-50%)	Porcelets sevrés	Tiges longues Râtelier ou distribuées au sol (partie pleine)	5 (râtelier) 20 (au sol, en 2 fois)	Moins de lésions à la queue	Pompe à lisier => Obstruction occasionnelle du tuyau d'évacuation du lisier avec 20g/p/j de paille au sol	Zonderland et al. (2008)
CP (50%-50%)	Truies en cases de maternité liberté	Paille hachée (3,9 cm, 7 cm ou 13 cm)	15 kg au moment de la mise-bas	Comportement de nidification	Racleur à lisier dans la fosse => Obstruction des fentes du caillebotis avec les tiges les plus longues (13cm) uniquement (pas d'obstruction avec les 2 longueurs de tiges courtes)	Westin et. 2013

1 : CI : caillebotis intégral
CP : caillebotis partiel

2 : QO : quantité optimale pour les comportements observés

3 : avec la quantité de paille indiquée ou optimale selon les études

4 : => Problèmes techniques mentionnés dans l'étude

Le temps passé à manipuler la paille a augmenté alors que celui passé en comportements redirigés vers les congénères a diminué en fonction de la quantité de paille distribuée. Les auteurs estiment que la quantité minimale de paille efficace sur ces deux paramètres est de 200 g de paille/porc/jour.

- pour la prévention de la caudophagie

Pour limiter les manipulations orales entre congénères, Pedersen et al. (2014) estiment que la quantité optimale de paille à fournir au sol à des porcs en engraissement sur caillebotis partiel (1/3 caillebotis, 1/3 sol plein, 1/3 sol drainé) est d'environ 400 g/porc/jour et qu'un apport au-delà de cette quantité n'a plus d'impact sur les comportements indésirables. A l'inverse, en-deçà de cette quantité, les auteurs montrent que ces comportements augmentent de façon linéaire quand la quantité diminue (de 400 à 10 g/porc/jour).

D'autres auteurs montrent que chez des porcs élevés sur caillebotis partiel, les risques de caudophagie diminuent significativement lorsque de la paille est fournie au sol (seulement 2 fois 10 g/porc/jour) plutôt que dans un râtelier fournissant environ 5 g de paille/porc/jour ou qu'avec l'apport d'objets (chaîne métallique, tuyaux en caoutchouc suspendus) (Van de Weerd et al., 2006; Zonderland et al., 2008).

Dans une autre étude menée sur des porcelets sevrés et non sevrés et des porcs en engraissement, les morsures de queues ont été fortement réduites en distribuant de petites quantités de paille hachée fine complétée de copeaux de bois (12,5 g/porc/jour) sur le sol (Munsterhjelm et al., 2009). Par ailleurs, cette étude montre que l'apport de paille en petites quantités dès la maternité prévient et réduit les comportements agressifs des porcelets aux stades de développement ultérieurs. Des quantités de paille hachée encore inférieures (7 g/porc/jour) ont aussi été testées et ajoutées à la quantité initialement fournie (13,3 g/porc/jour) dès les premiers signes de morsures de queues chez des porcelets sevrés élevés sur caillebotis partiel (1/3 caillebotis béton, 2/3 sol plein béton). Cet apport supplémentaire en paille a réduit significativement la progression des épisodes de caudophagie (Lahrman et al., 2018). La plupart de ces études montrent que la fourniture de paille sur caillebotis partiel, même en petites quantités, réduit l'incidence de la caudophagie (Day et al., 2002), du moins dans les systèmes de production présentant une densité d'animaux relativement faible (Wallgren et al., 2019). Dans son avis de 2022, l'EFSA considère que fournir 20 grammes de substrat organique par porc et par jour sur le sol plein permet de réduire la caudophagie, tout en indiquant qu'en fournir davantage, jusqu'à 400 grammes, est plus efficace. Cependant, les experts du sous-groupe sur le bien-être des porcs de la plateforme européenne pour le bien-être animal estiment qu'il est difficile de formuler une recommandation précise sur la quantité de matériaux d'enrichissement à fournir, car elle dépend du système d'élevage et de l'âge des porcs. Ils considèrent que ce n'est pas tant la quantité de paille qui importe mais le fait que les porcs l'utilisent réellement, pour diminuer le risque de caudophagie. Selon eux, il est préférable de donner aux porcs de petites quantités d'enrichissement une ou deux fois par jour plutôt qu'une grande quantité une fois par semaine. Ils concluent que des quantités de paille de 400 grammes par animal ne seraient pas envisageables dans les élevages de porcs en engraissement qui peuvent héberger jusqu'à 2 000 porcs. Une telle exigence pourrait entraîner des pénuries de paille dans l'UE (EU Platform on Animal Welfare, 2023).

La Finlande - où la coupe de queue est interdite depuis 2003, et où la majorité des élevages est sur caillebotis partiel (D'Eath et al., 2014) - encourage ses élevages porcins à l'utilisation de petites quantités de paille renouvelée deux fois par jour, et les morsures de queue arrivent à être partiellement contrôlées (Valros, 2022).

Sikava est un système de certification finlandais qui couvrait en 2021 environ 90 % des exploitations porcines et 97 % de la production (Valros, 2022). Les contrôles vétérinaires effectués en 2020 dans les élevages Sikava ont montré que 73,5% de ces élevages comptaient plus de 95% d'animaux à queues intactes (sans signe de morsure récente ou ancienne), 18,1% des élevages avaient plus de 80% des animaux à queues intactes, 7,3% plus de 70% de queues intactes et 1% moins de 70% de queues intactes (Eläinten Hyvinvointikeskus, 2023, p. 276). De plus, un contrôle réalisé dans un abattoir finlandais en 2019 indique que les animaux présentant une plaie sévère à la queue ne représentaient que 2,5% des carcasses et que ceux dont la longueur de queue est maximale (> 24 cm) étaient majoritaires (81,7%) (Valros et al., 2020). Ainsi, des conditions d'élevage sur caillebotis partiel avec apport de paille, même en petites quantités, et une bonne gestion de l'ambiance des bâtiments, permet de limiter la caudophagie en l'absence de caudectomie.

- pour la propreté des porcs et des enclos

Wallgren et al. (2020) ont comparé l'effet de la quantité « habituelle » de paille distribuée par des éleveurs de porcs en engraissement sur caillebotis partiel (de 4,5 à 54,5 g/porc/jour selon les élevages et l'âge des porcs) et d'une quantité doublée (de 9 à 109 g/porc/jour). Très peu d'enclos et d'animaux ont été jugés sales, quelle que soit la quantité de paille distribuée et aucune corrélation entre la quantité de paille et la propreté des enclos n'a été mise en évidence, ce que les auteurs attribuent à l'effet confondant d'autres facteurs d'ambiance. Ils concluent que distribuer de la paille dans les enclos de porcs en engraissement sur caillebotis partiel dans les quantités pratiquées dans les élevages étudiés permet de maintenir propre l'environnement des animaux.

D'après Westin et al. (2013), il est techniquement possible de concilier l'élevage de truies gestantes en groupe sur caillebotis partiel avec l'apport de paille en grande quantité pour leur permettre de construire leur nid, à condition que la paille soit coupée. Elle peut alors être drainée correctement et la propreté de l'enclos est maintenue. Par ailleurs, ces auteurs ont rapporté que des truies en case de maternité liberté sur caillebotis partiel choisissent de construire leur nid sur la partie pleine de la case (Westin et al., 2013).

2.2.5 Optimisation d'un logement sur caillebotis partiel

Conception des enclos

Pour permettre aux porcs d'établir une aire de couchage séparée de la zone d'élimination, il est préférable que l'aire d'élimination, donc le caillebotis, soit placée à l'arrière de la case, plutôt que sur le côté long d'une case en longueur (Larsen et al., 2018). Dans cette configuration, les animaux et l'enclos sont plus propres et les taux d'ammoniac dans l'air diminuent (Ocepek et Andersen, 2022). Concernant le confort au repos, les experts du sous-groupe sur le bien-être des porcs de la plateforme européenne pour le bien-être animal ont affirmé que « les porcs préfèrent le sol plein vers les parois arrière [de l'enclos], où la zone est plus calme » alors que « pour des raisons pratiques, les éleveurs préfèrent placer le sol plein vers le couloir entre les enclos, car il est plus facile de distribuer la paille. » (EU Platform on Animal Welfare, 2023). Des cloisons peuvent être aménagées pour séparer les aires d'élimination des aires de couchage sur caillebotis partiel. Dans ce cas, des cloisons ajourées permettent une meilleure circulation de l'air, ce qui contribue également à diminuer les taux d'ammoniac (Ocepek et Andersen, 2022) (Figure 7).

L'avis de l'EFSA (2022a) donne des recommandations particulières pour les truies logées sur caillebotis partiel en maternité : dans le cas où les truies en fin de gestation seraient maintenues en cage individuelle sur caillebotis partiel, une surface pleine doit être aménagée à l'avant de la stalle pour leur permettre de déposer et de manipuler les matériaux de nidification. Ces matériaux doivent être accessibles dans un râtelier placé au niveau de la tête de l'animal et régulièrement renouvelés. Si les cochettes et les truies gestantes sont maintenues en cage individuelle sur caillebotis partiel pendant les 4 premières semaines de gestation, la fourniture d'un substrat sur le sol (paille) est recommandée.

Pour limiter le passage du substrat de la partie pleine à la partie caillebotis et éviter de boucher les ouvertures, il est possible de concevoir des enclos comportant des bordures (de 5,5 cm de haut par exemple (Zwicker et al., 2013)) ou deux niveaux dans lesquels la partie caillebotis est surélevée (Van Putten, 1980). Dans les cases à caillebotis surélevé, celui-ci est placé 18 à 25 cm (pré- et fin d'engraissement, respectivement) au-dessus de la surface pleine (Götz et al., 1992) (Figure 7).

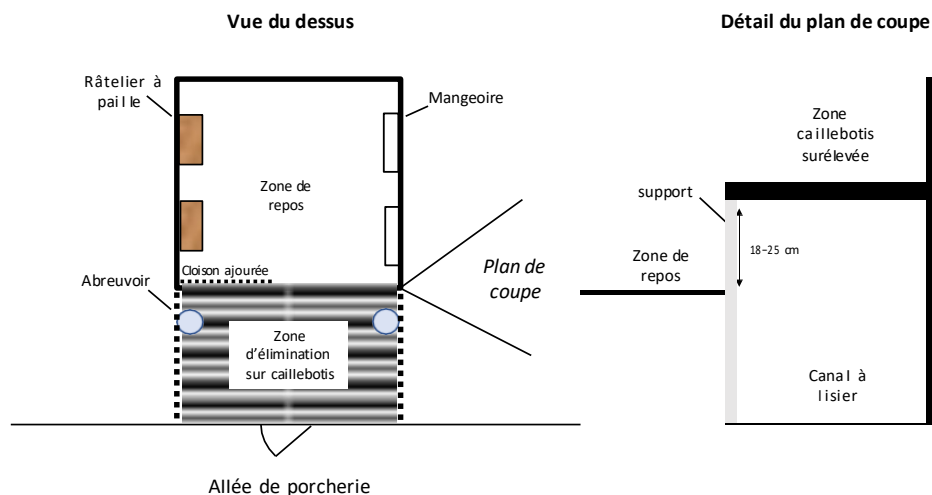


Figure 7 : Schéma d'une case d'engraissement en caillebotis partiel (ici, 60% plein, 40% caillebotis) optimisée pour permettre la distribution de paille

La zone d'élimination sur caillebotis est surélevée (18 à 25 cm en pré- et fin d'engraissement respectivement (d'après Götz et al., 1992)). Une cloison ajourée sépare la zone de repos de la zone d'élimination. Des râteliers à paille sont disposés dans la zone de repos.

Gestion de l'ambiance du bâtiment

Les recommandations sont globalement les mêmes que celles mentionnées dans la partie 2.1.3 pour le caillebotis intégral. En outre, l'European Commission Joint Research Centre (2017, p.367) recommande de diminuer la surface de caillebotis et de la fosse à lisier pour diminuer les émissions d'ammoniac. Cependant, les émissions d'ammoniac proviennent également des déjections sur le gisoir surtout en période de fortes chaleurs. Il convient donc de nettoyer régulièrement le gisoir pour limiter les émissions d'ammoniac. Une étude montre que pendant les périodes chaudes sur caillebotis partiel, une augmentation de la vitesse de l'air de 0,5 m/s à 1,0 m/s (maximum) dans la zone de couchage (en redirigeant l'air entrant du plafond vers cette zone), incitait les porcs à s'y coucher et à faire leurs déjections sur le caillebotis, réduisant ainsi les problèmes de *fouling* et diminuant les émissions d'ammoniac de 21% (Jeppsson et al., 2021).

Utilisation de râteliers pour distribuer la paille

Pour optimiser l'utilisation de paille sur caillebotis partiel, sans boucher les ouvertures et le système d'évacuation, il semble que mettre de la paille à la disposition des porcs au moyen de râteliers soit efficace (Beattie et al., 2001; Van de Weerd et al., 2006; Zwicker et al., 2012, 2013). L'activité de préhension dans le râtelier (positionné au niveau d'une zone pleine), puis la manipulation de la paille tombée au sol présente l'intérêt d'occuper doublement les animaux, tout en fournissant peu de paille (Figure 8).



Figure 8 : Truies gestantes sur caillebotis partiel avec apport de paille dans un râtelier positionné au niveau de la surface pleine Crédit : Ifip

Le type de râtelier utilisé est important. Il faut que le grillage soit suffisamment large pour que la paille soit accessible, mais sans qu'elle ne tombe trop vite au sol (Caille et Loussouarn, 2016), et qu'il soit à hauteur du groin des animaux (Figure 9).

Dans l'étude de Wallgren et Gunnarson (2022) menée sur un sol en caillebotis partiel (25,5% de caillebotis et 74,5% de sol plein), des porcs en engraissement approvisionnés en paille dans des râteliers positionnés en hauteur (à 50 cm du sol) n'ont pas utilisé la paille avant une semaine. La familiarisation à la présence de râteliers dès le post-sevrage pour apprendre aux porcelets à lever la tête, ainsi qu'une hauteur plus basse des râteliers (les porcs mesuraient 44–47 cm) faciliteraient leur utilisation par les porcs. Dans cette étude, le comportement exploratoire des porcs était similaire que la paille soit distribuée au sol (soit environ 100 g/porc/jour) ou accessible au moyen de râteliers remplis quotidiennement (Wallgren et Gunnarson, 2022).



Figure 9 : Râtelier « panier » facilitant la préhension de la paille par des porcs à l'engrais

Image issue de Caille et Loussouarn, 2016

2.2.6 Faisabilité de la transformation d'une salle en caillebotis intégral en caillebotis partiel

La mise en œuvre des MTD doit permettre de réduire l'impact environnemental dans les élevages de porcs. Trois paramètres principaux sont visés, à savoir l'ammoniac, la consommation d'eau et d'énergie. Parmi les MTD listées (Commission européenne, 2017), la diminution de la surface en caillebotis, et donc de la fosse, est présentée comme une voie de réduction des émissions d'ammoniac dans l'ambiance des bâtiments. Dans le cas d'une modification d'un caillebotis intégral en caillebotis partiel, en remplaçant une partie du caillebotis par un gisoir plein et sans modifier les préfosse, une étude montre néanmoins que les paramètres de qualité de l'air (ammoniac dans l'ambiance, à l'émission et odeurs) sont notablement dégradés (Guinand, 2003). La réduction des émissions d'ammoniac avec du caillebotis partiel nécessiterait des températures ambiantes plus basses qu'avec du caillebotis intégral, conduisant à une dégradation de l'indice de consommation et de la qualité des carcasses et un surcoût de production (Guinand et al., 2010).

Concernant l'état de propreté et l'utilisation de l'espace par les animaux, une étude montre qu'un aménagement de salles sur caillebotis intégral en caillebotis partiel ne permet pas d'améliorer le bien-être des porcs (Courboulay et al., 2003). En comparaison avec le caillebotis intégral, les animaux sont plus sales et n'ont pas pu se créer des zones spécifiques de repos, de déjection et d'alimentation. La transformation d'une salle en caillebotis partiel ne se justifie que si elle s'accompagne de stratégies d'enrichissement de l'environnement (apport de paille sur la zone pleine et d'objets manipulables).

Les études concernant les coûts occasionnés par la transformation d'un bâtiment sur caillebotis intégral en caillebotis partiel sont rares et anciennes. En 2001, Gourmelen et ses collaborateurs avaient estimé que le passage du caillebotis total en caillebotis partiel entraînait un surcoût en engraissement de

0,18 F/kg de carcasse, du fait des investissements dans le bâtiment et de l'augmentation de la surface par animal.

Encadré 2 : Principaux points à retenir sur le caillebotis partiel

Points d'attention lors de la conception du bâtiment

- Dès la conception du bâtiment d'élevage, des sols en caillebotis partiel devraient être privilégiés par rapport aux sols en caillebotis intégral car ils favorisent le confort et le comportement de repos.
- En caillebotis partiel, le ratio de caillebotis et de sol plein optimal ne fait pas consensus dans la littérature. Il s'agit de trouver le bon compromis entre l'hygiène et la propreté des animaux et de l'enclos d'une part, et le confort, la possibilité d'apporter suffisamment de matériaux d'enrichissement, et la diminution du risque de caudophagie d'autre part.
- Sur caillebotis partiel, l'EFSA recommande une surface minimale de sol plein nécessaire au confort de couchage de 0,77 m²/porc de 110 kg.

Possibilités d'enrichissement du milieu

- Un caillebotis partiel est plus adapté à la distribution de paille qu'un caillebotis intégral.
- Comme sur caillebotis intégral, l'apport de matériaux manipulables sur caillebotis partiel limite les risques de caudophagie.
- Une fourniture de 20 g de paille par porc et par jour peut limiter les risques de caudophagie chez les porcelets sevrés et les porcs en engraissement élevés sur caillebotis partiel, même si cet effet s'accroît avec la quantité de paille fournie. Sur caillebotis partiel, l'effet maximal semble être obtenu avec 400 g/porc/jour, mais des épisodes de caudophagie peuvent se juguler avec l'ajout de paille en très faible quantité (7 g/porc/jour).
- Le comportement exploratoire des porcs est satisfait avec 200 g de paille/porc/jour sur caillebotis partiel.
- La propreté des enclos et des porcs peut être maintenue avec un minimum de 4,5 g de paille/porc/jour sur caillebotis partiel.
- La paille hachée limite les obstructions des fentes du caillebotis et des systèmes d'évacuation du lisier, contrairement à la paille fournie en tiges entières.
- La fourniture de paille au moyen de râteliers positionnés au niveau de la surface pleine permet d'occuper efficacement les porcs.
- Pour améliorer le bien-être des truies péri-partum, le passage à un système de logement sans cage avec une surface pleine est préconisé de façon à pouvoir apporter aux animaux des matériaux de nidification optimaux en quantité suffisante.

Contrôle de l'ambiance du bâtiment

- Pour limiter les émissions d'ammoniac, il est recommandé de diminuer la surface de caillebotis et de la fosse à lisier, de nettoyer régulièrement le gisoir, et de mettre en place une ventilation efficace.

2.3 Sol plein

2.3.1 Avantages du sol plein

Confort et hygiène

Les porcs préfèrent se coucher sur des sols pleins lorsqu'ils sont dans leur zone de confort thermique. (Aarnink et al., 1996; Larsen et al., 2018; EFSA Panel on AHAW, 2022a). En particulier, il a été montré que des truies gestantes de rang hiérarchique supérieur dans le groupe choisissent de se reposer sur la partie pleine du sol, laissant les parties caillebotis aux plus jeunes et aux truies de rang moins élevé dans la hiérarchie (Horback et al., 2021).

Expression des besoins comportementaux

Une méta analyse a montré que les interactions sociales agonistiques chez les porcs sont moins nombreuses sur sol plein que sur caillebotis (Averos et al., 2010).

Santé

Les porcs présentent moins de blessures aux pattes au niveau des onglons et moins de boiteries lorsqu'ils sont élevés sur sol plein que lorsqu'ils sont élevés sur caillebotis (Fritschen, 1979, cité dans EFSA, 2007a; Nielsen et al., 2002; Jørgensen, 2003).

2.3.2 Inconvénients du sol plein

Confort et hygiène

Sur des sols durs et abrasifs comme le béton, les animaux les plus lourds (porcs en fin d'engraissement, truies, verrats) n'ont pas la capacité de se reposer confortablement (EFSA Panel on AHAW, 2022a). Les blessures aux pattes de types bursites sous-cutanées et usure du jarret, sources d'inconfort, sont davantage associées au couchage sur des sols durs (Moultotou et al., 1998, 1999; Scott et al., 2006). Si le drainage/nettoyage des sols plein n'est pas suffisant, les déjections peuvent s'accumuler, ce qui réduit la capacité des porcs à rester propres (EFSA Panel on AHAW, 2022a). De fait, les animaux sont souvent plus sales lorsqu'ils sont élevés sur sol plein que sur caillebotis (Guingand et Granier, 2001). L'hygiène des sols est plus difficile à maintenir dans des cases comprenant tout ou partie de sol plein impliquant des raclages de lisier fréquents comparativement au caillebotis intégral.

Santé

Sur des sols pleins glissants, du fait notamment de la présence d'excréments, les gros animaux élevés en groupes lors d'interactions agonistiques ou les truies qui manifestent des comportements de monte en période d'œstrus sont susceptibles de glisser et de tomber. Ainsi des cochettes et des truies présentent davantage de boiteries ou des altérations de la démarche lorsqu'elles sont élevées sur des sols pleins rugueux humides et sales (glissants) que sur des sols pleins lisses, secs et propres (Wachenfelt et al., 2008).

En absence de litière, le matériau du sol influe sur le risque de lésions aux pattes. Ainsi, les sols en béton en mauvais état ou trop abrasifs provoquent davantage de blessures aux pattes (de type callosités (Leeb et al., 2001)) qu'un sol en béton lisse (Brennan et Aherne, 1987; EFSA Panel on AHAW, 2022a), ce qui peut engendrer des troubles locomoteurs (KilBride et al., 2009b).

L'avis de l'EFSA (2022a) indique que les troubles gastro-entériques seraient plus fréquents sur les sols pleins, en particulier lorsque l'évacuation des matières fécales est peu fréquente ou inefficace.

2.3.3 Optimisation d'un logement sur sol plein

Pour maintenir l'hygiène du sol, l'avis de l'EFSA (2022a) recommande des pratiques d'élevage préventives : un drainage efficace, un plan de nettoyage du sol adéquat, une conception des enclos qui encourage l'utilisation de différentes aires fonctionnelles et le nettoyage régulier des sols qui peut se faire de façon mécanisée à l'aide d'un racleur.

Le lissage à la machine des sols en béton initialement rugueux, l'application d'une peinture à la résine ou au caoutchouc sur les sols en béton (Brennan et Aherne, 1987), ou l'utilisation d'un matériau de sol synthétique qui amortit ou réduit la friction (Phillips et Pawluczuk, 1995; Phillips et al., 1995; Gu et al., 2010) seraient des solutions à envisager pour limiter l'abrasivité des sols pleins (y compris la partie pleine des sols en caillebotis partiel), en particulier pour les porcelets non sevrés dont la peau et les sabots sont mous et vulnérables (Kirkden et al., 2013). Des chapes en béton récemment coulées donc lisses, ou en latex occasionnent moins de lésions sévères au niveau des grassets chez des porcelets non sevrés que d'anciennes chapes de béton (Kirkden et al., 2013).

L'ajout de tapis sur la zone de couchage peut limiter les blessures aux pattes. Il peut s'agir de tapis en plastique (surface lisse ou structurée antidérapante) ou en caoutchouc. Une étude montre que l'utilisation de tapis dans la zone de repos chez des porcs à l'engrais, en particulier les tapis en plastique souples et à la surface lisse, se traduit par une diminution des blessures aux membres par rapport à des sols nus en béton ou même recouverts d'une fine couche de litière (Savary et al., 2008).

En case de maternité, les tapis de couchage en caoutchouc diminuent l'occurrence des bursites chez les truies (Díaz et al., 2013) et des lésions aux pattes chez les porcs en engraissement (Falke et al., 2018). De même, un tapis en néoprène placé sous la truie et dans la zone d'allaitement des porcelets réduit les blessures aux pattes des porcelets, augmente le confort de la truie et diminue l'incidence de

la mortalité par écrasement (Gu et al., 2010). Lorsqu'on leur donne le choix, des truies logées en groupe préfèrent se coucher sur un tapis en caoutchouc que sur un sol plein nu (Tuytens, 2005). Pour éviter les risques de blessures, les sols pleins devraient donc être constitués de matériaux lisses (non abrasifs), aux propriétés anti-dérapantes, ou couverts de tapis (Baxter et al., 2011), et être régulièrement récurés.

Encadré 3 : Principaux points à retenir sur le sol plein

- En zone thermoneutre, un sol plein est plus confortable pour le repos des porcs qu'un sol en caillebotis.
- Chez les porcelets, les sols pleins réduisent le risque de lésions au niveau des onglons.
- Pour éviter les risques de blessures, les sols pleins doivent être régulièrement nettoyés, être constitués de matériaux lisses, aux propriétés anti-dérapantes et en bon état, ou être couverts d'un tapis.

2.4 Sol plein avec litière raclée

2.4.1 Avantages du sol plein avec litière raclée

Par rapport au caillebotis, le principal avantage d'un sol plein est qu'il permet l'apport d'une plus grande quantité de substrats manipulables dont les effets bénéfiques sur le bien-être des porcs sont largement démontrés (cf. paragraphes 1.4.3 et 1.4.4 ; EFSA Panel on AWA, 2022a ; CNR BEA 2024). La litière est alors fournie sur l'aire de couchage, tandis que les aires d'alimentation et d'élimination en sont dépourvues. On parle alors de systèmes raclés ou de type *Straw-Flow* (à flux de paille).

Selon les études, les effets de la présence de paille sur les aplombs et le comportement des porcs sont variables voire contradictoires, ce qui est probablement lié à la quantité de paille fournie.

Confort et hygiène

Les aires de vie sont bien délimitées dans les cases grâce notamment à la zone de couchage paillée, ce qui réduit les risques de *fouling*.

En conditions thermo-neutres, les porcs préfèrent s'allonger sur des sols avec de la litière plutôt que sur des sols bruts, mais cette préférence dépend de la température ambiante, la paille étant choisie aux températures basses tandis que le sol brut est choisi lorsque la température est plus élevée (Fraser, 1985).

Si la quantité de paille fournie est épaisse, les animaux souffrent moins de bursites aux articulations des pattes (EFSA Panel on AHAW, 2012) qui sont sources d'inconfort et perturbent le repos.

Expression des besoins comportementaux

Les risques de caudophagie, qui surviennent chez les porcs quand leurs besoins comportementaux ne sont pas satisfaits, diminuent lorsque les porcs sont élevés sur sols pleins avec un apport de litière. En effet, Madsen (1980) (cité dans (EFSA Panel on AHAW, 2007a)) a constaté que la prévalence des porcs victimes de caudophagie était de 29% lorsque le sol était entièrement en caillebotis, de 16% lorsque le sol était partiellement en caillebotis et de 2% sur des sols pleins avec litière raclée. Des porcs en post-sevrage et en engraissement élevés sur sol plein avec litière ont moins d'interactions négatives avec leurs congénères et plus de comportements de jeu que ceux élevés sur caillebotis partiel nu (Hötzel et al., 2009). Des porcelets sevrés à trois semaines manifestent moins de comportements oraux redirigés vers leurs congénères dans des systèmes à flux de paille par rapport à des porcelets logés sur caillebotis en métal expansé (Kelly et al., 2000). Ainsi, les comportements sociaux négatifs, mais aussi positifs, sont globalement moins présents sur litière que sur caillebotis (Courboulay et al., 2008, 2009), ce qui serait aussi lié à la promiscuité entre congénères dans les systèmes sur caillebotis où la densité d'animaux est souvent plus élevée.

Une étude épidémiologique britannique montre que l'élevage sur litière raclée stimulerait davantage le comportement d'exploration des porcs et réduirait ainsi les risques de comportements redirigés et de caudophagie par rapport au système à litière profonde (Hunter et al., 2001). Selon les auteurs, un approvisionnement régulier en petites quantités de paille fraîche est plus attrayant pour les porcs qu'une

litière profonde où la paille est constamment disponible, mais moins fréquemment renouvelée et davantage contaminée par les excréments (Hunter et al., 2001).

Santé

Une litière de paille assure une meilleure adhérence au sol et limite les risques de chutes chez les animaux les plus lourds. Ainsi, chez des truies gestantes élevées en groupe, une litière de paille (quelle que soit la quantité) réduit les risques de chutes en cas de combats, ce qui expliquerait la diminution des blessures et de boiteries par rapport à un sol plein sans litière (Andersen et al., 1999; Barnett et al., 2001).

2.4.2 Inconvénients du sol plein avec litière raclée

Expression des besoins comportementaux

La fourniture de litière en petites quantités sur un sol plein ne réduit pas autant la caudophagie et les comportements agressifs que sur litière profonde chez des porcs en engraissement (KilBride et al., 2009b).

Santé

Si elle est distribuée en petites quantités (litière éparsée ou peu épaisse), le risque de boiteries et de bursites est plus important que sur litière profonde chez des porcs en engraissement (KilBride et al., 2009b).

Si la paille est humide, des mycotoxines produites par les moisissures risquent d'altérer la santé des animaux (effet immunosuppresseur et à l'origine de maladies respiratoires et digestives) (EFSA Panel on AHAW, 2022a).

2.4.3 Focus sur les truies en maternité

Une étude a montré que des truies gestantes logées en groupe dans un environnement enrichi (sol plein 50% béton-50% sable, râtelier de paille) exprimaient un comportement de nidification similaire en tout point à celui de truies gardées dans des conditions de plein air : 24h avant la mise-bas, elles fouillaient et creusaient le sable pour former un creux entouré d'un rebord de sable, puis transportaient de la paille en grande quantité (23 kg en moyenne par truie) dans le creux et sur ses bords, elles déplaçaient et manipulaient cette paille avec les pattes et le groin (Arey et al., 1991).

Une litière de sable sur sol plein en béton associée à un râtelier de paille améliore le confort (moins de changements de posture) et le comportement maternel des truies allaitantes (moins de porcelets écrasés, meilleures reconnaissances et réponse aux vocalisations de détresse de leurs petits, durée des tétées plus longue) par rapport à des truies élevées sur un sol plein sans litière ni râtelier (Herskin et al., 1999).

Chez les truies gestantes et allaitantes, les cas de bursites diminuent autant sur litière profonde que sur litière éparsée (Munsterhjelm et al., 2015).

Encadré 4 : Principaux points à retenir sur le sol plein avec litière raclée

- Un sol plein avec litière raclée favorise le confort de couchage, stimule davantage le comportement exploratoire des porcs et de nidification des truies, et diminue plus fortement les comportements négatifs dirigés vers les congénères – dont la caudophagie – que sur des sols en caillebotis intégral.
- Si les effets positifs sur le bien-être des porcs augmentent avec la quantité de paille, on manque de données scientifiques pour déterminer la quantité de paille optimale à fournir dans les systèmes avec litières raclées.
- La majorité des études concluent sur une réduction des lésions aux pattes en présence de litière, même éparsée. La présence de litière sèche aide également à la bonne adhérence des onglons sur sol lisse et limite les risques de chute des gros animaux élevés en groupe.

2.5 Litière profonde

2.5.1 Avantages de la litière profonde

Confort et hygiène

Dans un système de litière profonde (ou accumulée), toute la surface occupée par l'animal est maintenue dans un état propre et sec par l'apport régulier du matériau de litière absorbant.

Afin de maintenir l'hygiène d'une litière profonde, le nombre de porcs au m² doit être inférieur à celui des autres systèmes. Les porcs disposent donc de plus d'espace par rapport à ceux sur caillebotis intégral ou partiel (EFSA Panel on AHAW, 2007b).

En cas de température ambiante basse, la présence de litière profonde procure un confort thermique aux animaux (EFSA Panel on AHAW, 2022a). Les porcs peuvent choisir de se coucher dans la zone la plus confortable du point de vue thermique et de faire leurs besoins dans une ou plusieurs zones de l'enclos plus froides et humides. En période froide, la sensation de confort thermique est améliorée car une litière sèche et bien entretenue chauffe. À l'inverse, les porcs peuvent préférer se coucher sur des zones plus humides en cas de fortes chaleurs.

Une étude montre que les truies gestantes mettent deux fois moins de temps à passer de la position debout à la position couchée sur litière que sur caillebotis, suggérant un confort accru sur litière (Salaün et al., 2002). De même, le risque de bursite chez les porcs en croissance diminue selon le type de sol (Moultotou et al., 1998, 1999), et les auteurs le classent de la façon suivante : le risque est prédominant sur un sol à caillebotis total, suivi du sol à caillebotis partiel, puis de la paille éparsée sur un sol plein (< 10 cm) et enfin la litière profonde (>10 cm) qui donne les meilleurs résultats.

Expression des besoins comportementaux

En bâtiment, les systèmes sur litière profonde offrent de fait un substrat manipulable et ne requièrent pas de matériaux supplémentaires (Anses, 2015). Le porc montre une forte activité, orientée notamment vers la litière, en exprimant des comportements d'investigation (Courboulay et al., 2009) ou des comportements de jeu et de mastication chez les porcelets (Tuytens, 2005). Cette activité participe au bon fonctionnement de la litière, nécessaire à la fermentation aérobie, en améliorant sa porosité (Chambres d'Agriculture de Bretagne et al., 2012).

Une étude récente a montré que le comportement d'investigation et de fouissage de truies gestantes était maximal quand elles étaient élevées sur litière profonde plutôt que sur caillebotis intégral, que celui-ci soit ou non enrichi avec d'autres matériaux d'enrichissement (Merlot et al. 2022). Sur la phase maternité, toutes les truies de l'essai étaient logées sur caillebotis. La survie des porcelets dans les 12 premières heures était meilleure pour les truies ayant été sur litière pendant la gestation ; de plus ces truies interrompaient moins les séquences d'allaitement en début de lactation que celles qui avaient été logées sur caillebotis sans matériaux d'enrichissement pendant la gestation, ce que les auteurs associent à un meilleur niveau de bien-être des truies pendant la gestation (Merlot et al., 2022).

Des porcelets sevrés à trois semaines manifestent moins de comportements oraux redirigés vers leurs congénères dans des systèmes à litière profonde par rapport à des porcelets logés sur caillebotis en métal expansé (Kelly et al., 2000).

D'après une étude, lorsque les porcs sont élevés sur litière, plus celle-ci est épaisse, plus les interactions sociales sont positives et moins de comportements agressifs ou indésirables (*belly-nosing*) sont observés, par rapport à une faible quantité de paille (Tuytens, 2005). Les problèmes de caudophagie deviennent anecdotiques en présence de litière profonde (Fraser et al., 1991; Ramonet et Villain, 2021) ce qui peut avoir un impact économique sur la production porcine (Van Staaveren et al., 2021).

Santé

Une étude a montré que des porcs en engraissement présentaient un nombre significativement moins élevé de lésions du carpe et du tarse dans les systèmes à litière profonde que sur les sols à caillebotis

partiel ou intégral (EFSA Panel on AHAW, 2005). Dans les systèmes à litière profonde, il n'y a pas de risque de glissade des animaux sur le sol en béton puisqu'il est toujours recouvert de litière.

2.5.2 Inconvénients de la litière profonde

Confort

En période estivale, comme la litière fermente davantage et produit une grande quantité de chaleur, les porcs peuvent avoir des problèmes de thermorégulation et entrer en stress thermique (EFSA Panel on AHAW, 2007b).

Expression des besoins comportementaux

Morrison et al. (2007) ont montré que, chez des porcs en croissance et à l'engrais, les comportements d'investigation et de manipulation des matériaux générés par la présence de litière profonde augmentaient au détriment des contacts sociaux positifs entre porcs. Cependant, ces résultats sont contradictoires avec ceux de Tuytens (2005) qui montrent davantage de comportement sociaux positifs sur litière profonde.

Santé

La fourniture de paille, en particulier de mauvaise qualité, et l'utilisation de copeaux de bois et de sciure de bois augmentent la production de particules en suspension dans l'air, telles que des poussières, des moisissures et des champignons associés à des troubles respiratoires chez les porcs et les humains (Boon et Wray, 1989; EFSA Panel on AHAW, 2007b).

Le système de litière profonde présente l'inconvénient d'augmenter les émissions de gaz, dont l'ammoniac qui nuit à l'ambiance du bâtiment, le protoxyde d'azote et le méthane, qui sont deux gaz à effet de serre (Chambre d'agriculture de Bretagne et al., 2012; EFSA Panel on AHAW, 2007b).

De même, si les processus de dégradation des litières ne sont pas correctement gérés, les litières profondes peuvent accumuler des agents viraux (Ewald et al., 1994), bactériens (Skjerve et al., 1998) et parasitaires (Roepstorff et Jorsal, 1990) (cités dans Tuytens, 2005).

2.5.3 Gestion de la litière profonde afin de favoriser le bien-être des porcs

Lors de la conception d'une unité d'élevage sur litière paillée, un point important à réfléchir est la facilité de manutention pour le paillage d'entretien et le curage en présence des animaux (hauteur du bâtiment pour les engins/tracteurs, largeur des couloirs, hauteurs des cloisons, zones de parage) (Chambre d'agriculture de Bretagne et al., 2012).

En système de litière profonde, un apport massif de paille est effectué en début de bande (entre 20 et 25 kg par porc) (Welfarm, 2015). Le paillage d'entretien doit avoir lieu tous les 7 à 10 jours, en priorisant les zones de déjections. Le curage et la désinfection des cases n'ont lieu qu'au départ des animaux.

L'humidité de la litière et sa porosité sont deux paramètres essentiels pour une bonne gestion de la litière profonde. Favoriser l'évaporation de l'eau et limiter les dégagements gazeux permet de conserver la litière sèche (donc confortable pour les porcs) et saine (sans accumulation d'agents pathogènes).

L'isolation du sol et des murs du bâtiment et la ventilation sont donc essentielles, y compris pour limiter les pertes de chaleur en hiver. Si l'évaporation de la litière est réduite en raison d'une météo froide et humide, un paillage plus fréquent permet de conserver la litière sèche. Une étude a comparé cinq matériaux de litière profonde différents fournis à des verrats reproducteurs (deux sortes de copeaux de bois, paille de chanvre, paille de lin, cosses d'épeautre) et a évalué leurs impacts respectifs sur la température dégagée par la litière, la propreté des enclos (en hiver), et la charge de mouches (en été). Les auteurs recommandent l'utilisation de matériaux en bois comme litière profonde pendant l'été en raison d'un développement de chaleur plus faible et d'éviter le remplacement de la litière pendant les périodes les plus chaudes (Riedel et al., 2024). L'avis de l'EFSA (2022a) recommande de donner accès à un autre type de sol aux animaux en cas d'épisodes caniculaires. Pour les systèmes utilisant des copeaux de bois (sciure), la couche apportée initialement en début de bande doit être suffisamment épaisse (pas moins de 15-20 cm) en raison du pouvoir particulièrement absorbant de ce matériau.

Pour les porcelets sevrés et les porcs en engraissement, il est nécessaire de surélever les zones d'alimentation de 40 à 50 cm par rapport à la zone paillée, car elle peut atteindre cette hauteur en fin de bande. Une marche est indispensable pour qu'en début de bande les porcelets puissent accéder

facilement aux auges. De même, les couloirs de déplacements des animaux doivent être surélevés par rapport à la zone de litière pour qu'en fin de bande, le couloir soit au même niveau que le fumier et que les porcs puissent accéder facilement au couloir de sortie (Chambre d'agriculture de Bretagne et al., 2012).

Encadré 5 : Principaux points à retenir sur la litière profonde

- La litière profonde permet l'expression maximale des comportements d'investigation des porcs et leur procure un bon confort.
- Sur litière profonde, le risque de caudophagie est minimal.
- En période chaude, les porcs élevés sur litière profonde peuvent être en stress thermique. Il est donc nécessaire que le bâtiment d'élevage soit bien isolé et bien ventilé.
- La litière profonde peut affecter la qualité de l'air ambiant : elle émet différents gaz dont de l'ammoniac, et libère des particules en suspension dans l'air, ce qui peut provoquer des troubles respiratoires et oculaires chez les animaux. Une bonne ventilation du bâtiment est donc nécessaire.
- Le risque d'émission de gaz à effets de serre peut être plus élevé sur litière profonde.
- La gestion de la litière profonde est plus technique que celle du caillebotis et demande donc plus de surveillance à l'éleveur.

2.6 Freins et leviers au développement des alternatives au caillebotis intégral

Les systèmes d'élevages alternatifs au caillebotis intégral visant à satisfaire les besoins comportementaux des porcs peuvent être résumés et hiérarchisés selon leur impact positif croissant sur le bien-être des porcs de la façon suivante :

1. **Système de caillebotis partiel** : zone pleine et zone caillebotis distinctes facilitant la délimitation des zones de vie. Des objets manipulables déformables (morceaux de bois, tuyaux en caoutchouc ou cordes) fixés au mur ou au sol sont mis à la disposition des porcs.
2. **Système de caillebotis partiel paillé** : caillebotis partiel avec apport de paille en petites quantités distribuée au moyen de râteliers ou éparse (de préférence hachée pour faciliter son évacuation) sur la zone pleine dédiée au repos, et mise à disposition d'objets manipulables.
3. **Système à litière raclée** : sol plein avec apport de litière (de préférence paille en longue tige) sur la zone dédiée au repos. Un paillage d'entretien et un raclage régulier sont nécessaires.
4. **Système à litière profonde (ou accumulée)** : sol plein entièrement recouvert d'une grande quantité de litière accumulée (de préférence paille en longue tige). Un paillage d'entretien est nécessaire.

En novembre 2019, les élevages sur litière (raclée et accumulée) représentaient 5% des élevages porcins français (RMT Elevage et Environnement, 2019). Malgré leurs impacts positifs sur le bien-être animal, ces systèmes restent donc marginaux du fait d'un certain nombre de freins.

Le déploiement des systèmes d'élevages alternatifs au caillebotis intégral se heurte à différents freins, principalement en lien avec l'apport de paille, ce qui peut représenter le point de blocage pour certains éleveurs. Des leviers d'action existent cependant pour la mise en place de ces systèmes d'élevage. Dans cette partie, nous abordons les différents freins à la mise en place des trois principaux systèmes alternatifs impliquant l'apport d'un substrat meuble et permettant une amélioration du bien-être des porcs (système de caillebotis partiel paillé, système à litière raclée et système à litière profonde), ainsi que les possibles leviers d'action.

2.6.1 Freins

Freins économiques :

Les données disponibles concernent principalement les systèmes paillés.

- **Coûts d'aménagement des infrastructures** : les bâtiments et les équipements nécessaires pour les systèmes avec apport de paille nécessitent de modifier l'organisation des bâtiments : bétonner le sol et augmenter la surface par animal par rapport au caillebotis ; aménager un couloir, les cases, installer des barrières ; organiser un système d'évacuation des déjections par raclage de la litière versus par des rigoles ou une fosse sur caillebotis ; stocker les déjections nécessitant une fumière pour le compostage versus une fosse à lisier sur caillebotis. Le bâtiment doit être réfléchi en amont pour faciliter l'organisation du travail, notamment si la manutention de la paille est mécanisée (hauteur sous plafond, largeur de couloir compatibles avec le passage d'engins). Rousseliere (2024) a comparé le coût de construction des bâtiments et le coût à la place (en ne prenant en compte que les coûts de construction et non pas ceux des intrants et du travail) de porcs en engraissement élevés sur paille et sur caillebotis en 2023. Les coûts à la place d'un porc en engraissement étaient de 757 € sur paille contre 583 € sur caillebotis, soit un surcoût de 30%, attribués à l'augmentation des standards de construction et de la technicité des bâtiments sur paille.

- **Coûts de fonctionnement** :

- Coût d'intrants : l'achat et la gestion de la paille représentent des coûts supplémentaires par rapport aux systèmes à caillebotis intégral (D'Eath et al., 2014).
- Coût alimentaire : du fait d'une moins bonne conversion alimentaire et d'un indice de consommation supérieure des animaux sur litière (lié à plus de dépenses énergétiques pour l'activité physique et la thermorégulation), le coût du poste d'alimentation est supérieur (Giorgetti et Robin, 2008; Chambre d'agriculture de Bretagne et al., 2012)
- Coût de main d'œuvre supplémentaire : la manipulation de la paille (paillage, raclage) et le nettoyage des bâtiments peuvent nécessiter plus de main-d'œuvre (Bornett et al., 2003).

- **Rentabilité de l'élevage** :

- Réduction du nombre d'animaux à surface égale par rapport au caillebotis : le maintien des déjections dans la case, l'établissement d'aires fonctionnelles dédiées à l'élimination et au couchage, et l'évaporation efficace au sein de la litière de paille nécessitent de disposer de plus d'espace par porc que sur caillebotis.
- Surcoût global par animal : une étude de 2008 l'a estimé à 3 €/porc élevé sur paille plutôt que sur caillebotis (Giorgetti et Robin, 2008), ce qui équivaldrait à 3,95 € en 2024 (en tenant compte de l'inflation moyenne pour l'ensemble des postes : investissement, consommables, travail).

Freins techniques :

- **Approvisionnement en litière de qualité** : s'il s'agit de paille, elle entre en compétition avec d'autres usages (par exemple usage en tant que biocarburant), ce qui peut entraîner des difficultés d'approvisionnement selon les années et les récoltes, qu'elle provienne d'auto-approvisionnement, d'approvisionnement extérieur ou mixte (European Commission Joint Research Centre, 2017). La qualité de la paille doit être garantie. Elle dépend, entre autres, de la méthode de récolte et de stockage. La quantité de paille nécessaire varie au cours de l'année, elle est plus importante en hiver.

- **Systèmes d'élimination des déchets** : en système d'élevage sur caillebotis partiel avec apport de paille (système mixte), la gestion et l'évacuation des lisiers dans la fosse nécessitent des techniques (lisier flottant) ou des aménagements particuliers (pompes à lisier équipées de lames de hachage, etc.), même si la paille est distribuée en petites quantités.

- **Productivité et performances zootechniques** : les performances de croissance et de conversion alimentaire des porcs sont moins bonnes sur litière que sur caillebotis (Chambre d'agriculture de Bretagne et al., 2012). Les porcs en engraissement ont tendance à produire des carcasses plus grasses sur litière que sur caillebotis (Paboeuf et al., 2009), ce qui peut entraîner une dévalorisation des carcasses à l'abattoir. La croissance des animaux nécessite une surveillance plus étroite des porcs sur litière que sur caillebotis. En effet, l'alimentation et le plan de rationnement peuvent influencer sur la composition en gras des carcasses et sur le taux de muscle des pièces (Chambre d'agriculture de Bretagne et al., 2012).

- **Complexité de gestion** : la gestion des systèmes sur litière peut être plus complexe et nécessite une surveillance accrue et des compétences spécifiques. Pour les systèmes à litière profonde, cela inclut notamment la surveillance régulière de l'évolution de l'état de la litière (surtout en début de bande) pour

avoir une fermentation aérobie optimale, éviter le compostage *in situ* de la litière et donc une augmentation de la température de la litière et des émissions d'ammoniac (European Commission Joint Research Centre, 2017). Elle implique aussi la surveillance de l'état corporel des porcs à l'engraissement, la gestion de la température, et donc de la ventilation.

- Ergonomie du travail :

- Temps de travail : certaines tâches en systèmes alternatifs sont chronophages telles que la gestion de la litière qui nécessite un raclage et un paillage réguliers sur système à litière raclée, et un curage et une désinfection des cases en fin de bandes pour les systèmes à litière profonde. Les autres postes qui prennent plus de temps sont l'alimentation et le tri des animaux. L'étude de Giorgetti et Robin (2008) a montré un temps de travail par porc 50% plus élevé en atelier d'engraissement sur paille par rapport au caillebotis.
- Pénibilité du travail : le paillage et le tri des animaux sont deux tâches jugées particulièrement pénibles en systèmes alternatifs.
- Ambiance de travail : la manipulation de paille, surtout de mauvaise qualité, de copeaux de bois et de sciure peut entraîner l'émission de particules en suspension dans l'air, dont des poussières, des moisissures et des champignons qui peuvent être à l'origine de troubles respiratoires pour les humains comme pour les animaux (EFSA Panel on AHAW, 2007a).

- **Risques sanitaires** : la gestion des pathogènes peut être plus complexe dans les systèmes sur litière, qui nécessitent une surveillance et des mesures sanitaires rigoureuses. C'est particulièrement vrai en post-sevrage, où les animaux sont plus sensibles aux pathogènes.

- **Encore trop peu d'expérience avec les systèmes alternatifs** : du fait du faible nombre d'élevages en système sur litière, peu de généralisations sont possibles sur les bonnes pratiques d'élevage, et les éleveurs peuvent encore difficilement comparer leur situation à celles d'autres élevages. Cette difficulté est renforcée par le fait que les publications scientifiques et techniques sur le sujet donnent des résultats parfois contradictoires, les conditions expérimentales étant souvent peu comparables.

Freins environnementaux

- **Émissions de gaz** : les systèmes sur litière entraînent des émissions de gaz à effet de serre, notamment de protoxyde d'azote, et d'ammoniac supérieures par rapport aux systèmes à caillebotis total, nécessitant des stratégies de gestion spécifiques. Lagadec et al. (2013) ont évalué la volatilisation de l'azote dans l'air à 72% de l'azote des déjections avec une litière en sciure, et à 57% avec de la paille, dont la majeure partie sous forme d'ammoniac, qui dégrade la qualité de l'air et participe à l'eutrophisation. Les émissions d'ammoniac varient fortement dans le temps et sont peu prévisibles, si ce n'est qu'elles augmentent avec la durée de l'élevage (elles sont supérieures en fin de bande) (Giorgetti et Robin, 2008).

- **Consommation de paille** : l'apport de paille en élevage porcin nécessite davantage de cultures de céréales, donc d'utilisation de surfaces agricoles.

Freins sociétaux

- **Résistance au changement** : alors que la majorité des élevages reste sur caillebotis en France, passer à un système alternatif peut être perçu par les pairs comme une remise en cause, voire une attaque, du système dominant. De plus, le relatif manque de recul sur les effets bénéfiques réels et à long terme des systèmes alternatifs peut pousser les éleveurs à surévaluer les risques et sous-évaluer les avantages et donc les inciter à ne pas changer de système. A titre d'exemple, Taylor et al. (2023) ont enquêté auprès d'éleveurs sur les freins à l'utilisation d'enrichissement et ont identifié le manque de connaissance sur l'effet réel des enrichissements sur le bien-être animal comme la deuxième raison la plus citée, le coût financier étant la première.

2.6.2 Leviers

Leviers économiques :

- Valorisation des animaux :

- L'impact positif de la litière profonde sur l'intégrité des porcs, en particulier la faible proportion d'animaux victimes de caudophagie permet de produire des carcasses mieux valorisées avec

moins de risques de saisies à l'abattoir pour le critère de lésions très graves à la queue, limitant les pertes pour l'éleveur (Harley et al., 2012). La perte de rémunération pour ce critère a en effet été estimée à 3,6 € par carcasse en 2018 (Courboulay et Drouet, 2018).

- L'intégration des élevages sur litière dans un mode de valorisation alternatifs des produits (labellisation, circuit court...) permet d'envisager une augmentation du prix de vente. Pour certains éleveurs, cette valorisation des produits est indispensable pour compenser les coûts d'élevage plus élevés (Welfarm, 2015).

- **Valorisation du fumier** : le fumier produit par l'élevage sur paille a une haute valeur agronomique, supérieure à celle du lisier. Le fumier peut être utilisé directement par l'éleveur pour l'épandage de ses cultures s'il en a (économie d'intrants alors que le prix des engrais augmente fortement), ou vendu à des maraîchers ou encore échangé à des céréaliers contre de la paille (Giorgetti et Robin, 2008; Welfarm, 2015).

- **Réduction de certains frais de fonctionnement** :

- Les frais vétérinaires sont réduits par rapport aux systèmes en caillebotis intégral : la litière favorisant le confort et l'hygiène des animaux et diminuant les comportements sociaux agonistiques, les porcs présentent moins de blessures et sont moins stressés que des porcs élevés sur caillebotis. Les frais vétérinaires sont donc généralement réduits.
- L'effet de la litière sur la réduction de la caudophagie peut avoir un impact sur les coûts d'alimentation. Ainsi, une étude a montré qu'une prévalence de lésions sévères de la queue supérieure à 0,86 % était associée à une diminution de 4,8 % du gain moyen quotidien, entraînant une augmentation de la période d'élevage de 7 jours par rapport aux élevages présentant moins de lésions de la queue pour atteindre le poids d'abattage cible, d'où des coûts d'alimentation supérieurs de 1,5% et une réduction du bénéfice annuel moyen de 15,1% (Van Staaveren et al., 2021).
- Les frais d'énergie dans les systèmes sur paille sont sensiblement inférieurs que sur caillebotis. En effet, sur caillebotis, 80% des dépenses énergétiques sont liées à la ventilation mécanique, alors que l'élevage sur litière avec une ventilation naturelle du bâtiment peut conduire à une réduction importante de la consommation d'énergie d'un atelier d'engraissement (-90%) (Giorgetti et Robin, 2008). Enfin, en 2008, il a été estimé que l'absence de traitement du lisier permettait une réduction de coût de production globale de 10 €/porc (soit, avec l'inflation, 13,15 € de 2024) (Giorgetti et Robin, 2008).

- **Possibilité d'intervention des pouvoirs publics** : des collectivités locales ont soutenu des éleveurs souhaitant passer en systèmes sur litières avec des systèmes d'aides financières (Giorgetti et Robin, 2008; Welfarm, 2015). De telles initiatives pourraient être généralisées à l'échelle nationale au travers de subventions et d'aides financières pour les investissements dans des infrastructures et des équipements nécessaires à la mise en place de systèmes alternatifs, ou d'incitations fiscales pour les éleveurs qui adoptent des pratiques plus durables et respectueuses du bien-être animal.

Leviers techniques

- **Pour l'ergonomie et le confort de travail** :

- Certains éleveurs décident de passer à un système d'élevage alternatif afin de ne plus avoir de lisier à gérer sur l'élevage. En effet, l'élevage sur litière bien conduit génère moins d'odeurs et une meilleure ambiance de travail qui peut aussi agir sur la santé de l'éleveur.
- En système mixte (caillebotis partiel et apport de paille), fournir de la paille hachée évite l'obstruction des fentes du caillebotis.
- L'automatisation/la mécanisation de certaines tâches peuvent diminuer le temps et la pénibilité du travail : mécanisation de la manutention de la paille et du raclage, distribution automatisée de l'aliment.
- Ne pas étaler la paille avant l'arrivée des porcs permet une économie de temps de travail et une meilleure intégration des porcs (porc sur paille).
- L'élevage des porcs sur litière limitant considérablement la caudophagie, il n'est plus nécessaire de recourir à la caudectomie des porcelets en routine. Ce temps d'intervention est ainsi gagné.

- **Opportunité liée à la reconversion de bâtiments** : pour limiter les problèmes techniques liés aux systèmes sur litière listés dans le paragraphe 2.5.2, il est nécessaire de prendre en compte, dès la conception du bâtiment, le choix des équipements intérieurs, la technique de gestion de la litière et de

tri des animaux pour diminuer le temps de travail. En bétonnant les fosses à lisier et en décroissant, d'anciens bâtiments sur caillebotis intégral peuvent être réhabilités sur litière.

- **Capitalisation, partage des résultats de la recherche et développement et diffusion de « success stories »** : de nombreux programmes de recherche s'intéressent à la conception et à la conduite d'élevage en systèmes alternatifs, comme, en France, le projet [GOPEI Occitanie](#), le projet Bâtiment Porcin 2022, le projet Casdar [BâtiPorc C4E](#), le projet de [co-conception de bâtiments d'élevage porcin à haute valeur en santé et bien-être animal](#) dans le cadre du LIT OUESTEREL, le [RMT BATICE](#). Au niveau européen, le projet [Welfarmers](#) qui vient de débiter vise à améliorer le bien-être des porcs en identifiant et en partageant les bonnes pratiques d'éleveurs des différents pays membres participant au projet. L'un de ses 4 axes de recherche concerne l'espace par animal et les sols.

La diffusion large des résultats de ces recherches, et notamment, des bonnes pratiques identifiées dans les stations expérimentales (Ramonet et al., 2015; Ramonet et Villain, 2021) ou dans des élevages commerciaux, donc par des pairs, pourrait permettre de vaincre les réticences de certains éleveurs. Des visites d'élevage pourraient être organisées pour permettre des échanges directs entre éleveurs.

- **Formation des conseillers agricoles et des éleveurs** (actuels et futurs) : organiser des formations sur les meilleures pratiques de gestion des systèmes sur litière permettrait de diffuser les résultats de recherche et développement.

Un changement de pratiques d'élevage pour améliorer le bien-être des porcs peut facilement interpeller les futurs acteurs de la filière. Renforcer l'enseignement sur les pratiques alternatives au caillebotis intégral dans les lycées agricoles et en études supérieures favoriserait cette évolution.

Leviers environnementaux

- **Gestion de la litière** : la paille peut réduire les émissions d'ammoniac si elle est correctement gérée, donc maintenue sèche (European Commission Joint Research Centre, 2017). En effet, les taux d'émission d'ammoniac sont très dépendants de la gestion de la litière et des déjections, ce qui représente donc un levier d'amélioration (Ruckli et al., 2024).

- **Gestion des effluents** :

- o Valorisation des effluents : la litière utilisée peut être valorisée en tant qu'amendement organique pour les cultures, offrant ainsi une opportunité de recyclage des nutriments. L'azote épandu est moins lessivable, et l'amendement de fumier ou de compost de litière participe à l'apport de matière organique et donc à l'enrichissement en humus, particulièrement intéressant en Bretagne où la qualité de l'humus baisse (Giorgetti et Robin, 2008). Un enrichissement en humus améliore la vie et la structure du sol, sa capacité de rétention en eau, réduit le lessivage des nitrates et pesticides et améliore les rendements. A l'inverse, l'utilisation continue de lisier pour fertiliser les sols entraîne un manque de matière organique et une diminution, voire une disparition de la vie des sols (Giorgetti et Robin, 2008).
- o La pollution de l'eau et l'émission d'odeurs nauséabondes sont moindres en élevage sur litière.

Leviers sociétaux

- **Ethique et acceptabilité sociétale de l'élevage porcin** : les systèmes alternatifs peuvent être perçus plus favorablement par les consommateurs soucieux du respect de l'environnement et du respect du bien-être animal (expression des comportements de fouissage, d'exploration, de nidification, moins d'ennui et de stress des animaux, moins d'interactions agonistiques, réduction de la caudophagie).

Il en résulte une meilleure image et acceptabilité de l'élevage et du métier d'éleveur. Des initiatives ont été rapportées telles que des visites d'élevage suite au passage à un système alternatif : soit spontanées (visites de riverains), soit organisées par les groupements ou les fournisseurs (Giorgetti et Robin, 2008).

- **Satisfaction des éleveurs** : « En général les éleveurs sont satisfaits de leur bâtiment [après passage sur litière]. Quand ils élèvent des porcs sur litière, sauf problème technique ou de construction avéré, ils apprécient l'ambiance du bâtiment, le fait d'avoir de la lumière naturelle pour travailler. Ils notent que leurs animaux sont plus toniques que sur caillebotis. » (Giorgetti et Robin, 2008).

Conclusions et recommandations du CNR BEA

Les Tableau 2 et Tableau 3 résument les principales informations présentées dans ce rapport concernant les avantages et inconvénients de chaque type de sol sur le bien-être des porcs, du point de vue de l'animal.

En résumé, les sols alternatifs (caillebotis partiel préférentiellement paillé, sol plein à litière raclée, litière accumulée) nécessitent une meilleure gestion de l'ambiance du bâtiment (ventilation) et plus de surfaces disponibles que le caillebotis intégral pour maintenir :

- la propreté des animaux et des enclos,
- le confort thermique en période chaude,
- le risque de maladies infectieuses.

Les sols alternatifs au caillebotis intégral peuvent être plus performants pour :

- l'expression de comportements d'exploration et de nidification qui sont naturels chez le porc,
- la réduction du risque de caudophagie,
- le confort de couchage et le confort thermique
- la possibilité d'établir des aires fonctionnelles séparées, du fait de l'espace disponible plus important,
- la réduction de l'incidence des lésions et blessures aux pattes et des boiteries.

L'impact positif sur ces critères de bien-être augmente selon un gradient (caillebotis intégral < caillebotis partiel < sol plein < litière profonde) qui est associé à la quantité de paille fournie.

Très peu d'études existent sur les impacts en termes de bien-être animal du caillebotis partiel sans paille ou du sol plein sans paille comparés au caillebotis intégral ou au sol plein paillé, respectivement. Le passage sur caillebotis partiel ou sur sol plein semble le plus souvent associé à la fourniture de paille. De fait, les connaissances scientifiques permettent d'affirmer que la fourniture d'un substrat manipulable, préférentiellement de la paille, est le moyen d'enrichissement le plus efficace pour améliorer le bien-être des porcs en élevage en bâtiment à tous les stades de développement. Il convient de privilégier les types de sols compatibles avec la distribution de paille, et donc d'éviter le caillebotis intégral lors de la construction de nouveaux bâtiments ou de la rénovation d'anciens bâtiments.

Cependant, il n'est pas toujours envisageable pour un éleveur de changer de type de sol à court terme, pour des raisons essentiellement techniques et économiques qui peuvent représenter des freins. Rappelons que le caillebotis intégral reste le type de sol majoritaire aujourd'hui en France.

L'étude bibliographique montre qu'il existe des possibilités pour améliorer le bien-être des porcs quel que soit le type de sol (cf Tableau 4). Conformément à la Directive 2008/120/CE (Commission européenne, 2008), pour améliorer le bien-être des animaux et réduire le recours à la caudectomie systématique, il convient de mettre en place des mesures préventives adaptées au(x) type(s) de sol présent(s) dans l'élevage. Outre l'apport de matériaux manipulables (essentiellement de la paille), de multiples facteurs essentiels sont à prendre en compte dans la prévention de la caudophagie : l'espace disponible, la composition du groupe social, la maîtrise de l'ambiance des bâtiments (confort thermique et qualité de l'air : chauffage en post-sevrage, ventilation, absence de courants d'air) et une alimentation adéquate (De Briyne et al., 2018). Selon le type de sol, certains de ces facteurs sont plus critiques que d'autres.

Certains pays européens (Finlande, Suède, Lituanie) ont totalement interdit la caudectomie avec un niveau de caudophagie limité dans la plupart des élevages sans pour autant avoir interdit le caillebotis partiel (Valros, 2022). Il serait intéressant d'effectuer un parangonnage des mesures préconisées par ces pays, de leur mise en place effective et de leur impact sur la réduction de la caudophagie et sur le bien-être des porcs.

De nombreuses études ont conclu que les effets bénéfiques pour le bien-être des porcs croissent avec la quantité de paille fournie. Bien qu'il y ait des résultats contradictoires, les recommandations actuelles indiquent une fourchette allant de 20 à 400 g/porc/jour pour les porcs en post-sevrage et en engraissement, la plus petite quantité donnant un effet significatif sur l'exploration et la diminution de la caudophagie, et 400 g donnant l'effet le plus important. Cependant, la quantité optimale de paille à fournir selon les stades de développement n'est pas clairement définie à ce jour.

Cette difficulté provient notamment de conditions expérimentales non comparables entre études, et du risque d'effets confondants au sein des études prises individuellement. En effet, l'apport de matériaux manipulables est souvent combiné à d'autres facteurs tels que l'augmentation de l'espace de vie et l'enrichissement social (mélange de portées en maternité). La quantité de paille optimale dépend donc des conditions d'élevage. Il convient que l'éleveur, dans son contexte particulier, 1) vérifie si la paille est bien utilisée par les porcs, 2) évalue si la quantité distribuée est convenable (présence de reste de paille dans le râtelier ou au sol ; pas de paille gâchée) ; 3) optimise les autres pratiques d'élevage influant sur le bien-être et le risque de caudophagie. Il n'existe pas de système-type car l'éleveur peut adapter la conduite de son atelier sur litière selon ses contraintes. Par exemple, certains éleveurs choisissent d'élever leurs porcelets sevrés (plus sensibles aux problèmes sanitaires) sur caillebotis avant de les passer sur paille pour l'engraissement.

De même, les études de l'effet du type de sol sur le comportement des porcs et le risque de caudophagie sont nombreuses mais rarement comparables. Dans un certain nombre de travaux, il est difficile de dissocier l'impact du type de sol de l'apport de matériaux manipulables ou d'autres facteurs influant le comportement des animaux.

Plus de recherches en milieu contrôlé sont donc nécessaires pour déterminer l'effet strict du type de sol et/ou de matériaux d'enrichissement sur le comportement des porcs et les phénomènes de caudophagie. Ces études devraient également intégrer certains facteurs essentiels pour le bien-être des porcs, tels que l'ambiance des salles d'élevage (luminosité, température, qualité de l'air, niveau sonore, etc.). Cela permettrait d'aboutir à des recommandations pour optimiser le bien-être des porcs sur chaque type de sol alternatif au caillebotis intégral.

Enfin, ce rapport a évoqué l'importance des aspects socio-économiques et environnementaux. Les Tableau 2 et Tableau 3 résument les avantages et inconvénients des différents types de sol pour l'éleveur et pour l'environnement, dans une approche One Welfare. Le Tableau 5 donne une synthèse des freins et leviers au développement des alternatives au caillebotis, qui sont essentiellement liés à ces aspects socio-économiques et environnementaux. Pour lever les réticences de certains éleveurs sur la rentabilité et la faisabilité technique du passage à un système d'élevage alternatif au caillebotis intégral, les principaux leviers identifiés incluent le partage d'expériences réussies, la formation, la diffusion des résultats de recherche et développement, et l'aide financière de l'Etat.

Tableau 2 : Synthèse des avantages des différents types de sols

Type de sol	Avantages *	
	Pour le bien-être des porcs	Autres
Caillebotis intégral	<ul style="list-style-type: none"> - Bon drainage des effluents => Propreté des animaux et de l'enclos - Favorable à la thermorégulation des animaux en période chaude - Bonne hygiène des animaux et de l'environnement => moins de maladies infectieuses 	<p><u>Pour l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'intrants (substrats, matériels techniques) modérés - Peu de coût de main d'oeuvre pour le nettoyage et le traitement des déchets - Densité d'animaux plus élevée => meilleure rentabilité de l'espace dans le bâtiment - Valorisation du lisier (épandage)
Caillebotis partiel	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de séparer l'espace en aires de vie distinctes (élimination, couchage) => favorable pour garder une aire de couchage propre en période froide - Moins de lésions aux pattes et moins de boiteries 	<p><u>Pour l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'intrants (substrats, matériels techniques) modérés - Peu de coût de main d'oeuvre pour le nettoyage et le traitement des déchets <p><u>Pour l'environnement et l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Emissions d'ammoniac provenant de la fosse moins élevées dans certaines études (des résultats contradictoires) - Emissions d'odeurs moins fortes qu'avec le caillebotis intégral
Caillebotis partiel avec apport de paille	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible avec un certain apport de paille (de préférence hachée) : système plus favorable au BEA => meilleure expression des comportements d'exploration et de nidification, dépendant de la quantité de paille fournie -> risque de caudophagie diminué, même avec de petites quantités de paille -> meilleur confort de couchage -> meilleur confort thermique en période froide -> meilleure hygiène des enclos et des porcs - Moins de lésions aux pattes et moins de boiteries - Moins de bursites chez les truies 	<p><u>Pour l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Moins de saisies et déclassements à l'abattoir - Moins de soins aux animaux - Valorisation du lisier (épandage) <p><u>Pour l'environnement et l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Emissions d'ammoniac moins élevées dans certaines études (des résultats contradictoires) - Emissions d'odeurs moins fortes qu'avec le caillebotis intégral
Sol plein	<ul style="list-style-type: none"> - Meilleur confort au repos - Moins d'interactions sociales négatives - Moins de lésions aux pattes et moins de boiteries 	<p><u>Pour l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Moins de frais d'énergie
Sol plein avec litière raclée	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de grande quantité de litière : système favorable au BEA => meilleure expression des comportements d'exploration et de nidification, dépendant de la quantité de paille fournie -> risque de caudophagie fortement diminué -> meilleur confort thermique en période froide et en période chaude -> meilleur confort de couchage -> moins de lésions aux pattes et moins de boiteries -> moins de bursites aux articulations des pattes - Moins d'émission d'ammoniac du fait du pouvoir absorbant de la litière - Plus d'espace par animal 	<p><u>Pour l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Moins de saisies et de déclassements à l'abattoir - Moins de blessures => moins de soins aux animaux - Valorisation du fumier (épandage) - Moins de frais d'énergie <p><u>Pour l'environnement et l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Emissions d'ammoniac moins élevées - Emissions d'odeurs moins fortes qu'avec le caillebotis intégral
Sol plein / système à litière profonde	<ul style="list-style-type: none"> - Quantité de litière maximale : système favorable au BEA => confort de couchage maximal -> confort thermique maximal en période froide -> enclos propre et sec -> expression maximale du comportement exploratoire -> risque de caudophagie le plus faible -> plus d'interactions sociales positives -> meilleur comportement d'allaitement des truies -> meilleure survie des porcelets -> moins de blessures et lésions des pattes - Plus d'espace par animal 	<p><u>Pour l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Peu de saisies et de déclassements à l'abattoir - Peu de soins aux animaux - Valorisation du fumier (épandage) - Moins de frais d'énergie <p><u>Pour l'environnement et l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Emissions d'ammoniac moins élevées

* : pour les sols alternatifs : avantages par rapport au caillebotis intégral

Tableau 3 : Synthèse des inconvénients des différents types de sols

Type de sol	Pour le bien-être des porcs	Inconvénients *	Autres
Caillebotis intégral	<ul style="list-style-type: none"> - Peu compatible avec l'apport de paille ou de fourrages => peu de possibilité d'expression des comportements d'exploration et de nidification => risque de caudophagie élevé - Risque de blessures aux pattes et de boiteries, de plaies aux queues et aux oreilles, de bursites - Risque de stress thermique en période froide - Densité plus élevée => plus de risques d'interactions agonistiques (dont caudophagie) - Emissions d'ammoniac dans l'air => risque d'atteintes respiratoires et oculaires => facteur de risque de caudophagie 	<p><u>Pour l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Conséquences de la caudophagie : * pertes économiques => déclassements des carcasses et saisies à l'abattoir => réduction de la marge brute par porc * conduite d'élevage => plus d'interventions sur les animaux (soins aux blessés, séparation des mordeurs et des mordus et problèmes lors de leur réintroduction) => plus de risques à manipuler les animaux du fait du stress lors d'épisodes aigus de caudophagie <p><u>Pour l'environnement et l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Emissions d'ammoniac depuis la fosse à lisier => pollution de l'environnement - Emission d'odeurs depuis la fosse à lisier => pollution de l'environnement => problèmes de voisinage 	
Caillebotis partiel	<ul style="list-style-type: none"> - Sans apport de paille ou de fourrages : => peu de possibilité d'expression des comportements d'exploration et de nidification => risque de caudophagie élevé - Moindre propreté de l'enclos et des animaux - Risque de stress thermique augmenté en période chaude => Risque de souillure de l'aire de couchage (fouling) 	<p><u>Pour l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Conséquences de la caudophagie : identiques au caillebotis intégral <p><u>Pour l'environnement et l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Emissions d'ammoniac plus élevées en période chaude sur l'aire de couchage dans certaines études (des résultats contradictoires) - Emissions d'odeurs depuis la fosse à lisier : identique au caillebotis intégral 	
Caillebotis partiel avec apport de paille	<ul style="list-style-type: none"> - Risque de stress thermique augmenté en période chaude => Risque de souillure de l'aire de couchage (fouling) - Si paille humide : risques de développement de moisissures produisant des mycotoxines => Risque d'atteinte à la santé des animaux 	<p><u>Pour l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Davantage de travail (raclage de la zone de couchage + distribution de paille) - Risque d'obstruction des fentes du caillebotis avec de la paille non hachée - Risque d'obstruction des tuyaux d'évacuation si diamètre trop petit - Coût de la paille <p><u>Pour l'environnement et l'éleveur :</u> identique au caillebotis partiel</p>	
Sol plein	<ul style="list-style-type: none"> - Moindre propreté de l'enclos et des animaux - Si sol nu dur et abrasif : mauvais confort de couchage, risque de blessures et de lésions (bursites, usures du jarret, callosités) - Si sol nu glissant : risque de chute et de boiterie - Si le sol n'est pas curé correctement : risque de gastroentérites augmenté 	<p><u>Pour l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Davantage de travail (curage) 	
Sol plein avec litière raclée	<ul style="list-style-type: none"> - Si paille distribuée en trop petite quantité : => persistance du risque de caudophagie => persistance du risque de boiteries - Si paille humide : risques de développement de moisissures produisant des mycotoxines => Risque d'atteinte à la santé des animaux, risque de baisse de fertilité des truies 	<p><u>Pour l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Davantage de travail : * distributions de paille * hygiène des sols plus difficile à maintenir, raclages plus fréquents - Coût de la litière 	
Sol plein / système à litière profonde	<ul style="list-style-type: none"> - Dégagement de chaleur par la litière : => risque de stress thermique important en période chaude - Emissions de gaz depuis la litière : ammoniac, gaz à effets de serre => risques de troubles respiratoires et oculaires - Risque accru de particules en suspension dans l'air => risques de troubles respiratoires et oculaires - Si mauvaise dégradation de la litière : => risque de contamination par des agents infectieux 	<p><u>Pour l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Coût d'investissement (nécessité de bâtiments conçus spécifiquement) - Coût de la litière - Moins de porcs élevés - Problèmes d'approvisionnement en paille possibles - Davantage de travail : * paillage initial * nettoyage/désinfection en fin de bande <p><u>Pour l'environnement et l'éleveur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Emissions de gaz depuis la litière : ammoniac, gaz à effet de serre 	

* : pour les sols alternatifs : inconvénients par rapport au caillebotis intégral

Tableau 4 : Synthèse des recommandations pour améliorer le bien-être des porcs sur les différents types de sols

Type de sol	Recommandations pour améliorer le bien-être des porcs	
	sans changement du bâtiment	lors de la conception ou de la rénovation d'un bâtiment
Caillebotis intégral	<p><u>Pour permettre l'expression de comportements d'exploration et réduire le risque de caudophagie :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fournir de la litière en petites quantités, par exemple de la paille hachée - Distribuer plusieurs types d'objets manipulables à la fois, renouvelés régulièrement, et conformes à la Recommandation (UE) 2016/336 <p><u>Pour augmenter le confort de couchage et le confort thermique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Installer des tapis en caoutchouc, régulièrement nettoyés <p><u>Pour améliorer la qualité de l'air et réduire le risque de problèmes respiratoires et oculaires :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Assurer une ventilation efficace du bâtiment - Evacuer le lisier régulièrement <p><u>Pour limiter les risques de blessures :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Privilégier les caillebotis : <ul style="list-style-type: none"> * en plastique/plastifiés pour les porcelets * en matériaux non abrasifs * avec des tailles de lattes et des ouvertures respectant la Directive 2008/120/CE et convenant à l'âge des porcs hébergés - Vérifier le bon état des caillebotis 	<p><u>Pour le BEA :</u> éviter le caillebotis intégral</p>
Caillebotis partiel	<p><u>Pour augmenter le confort de couchage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Installer des tapis en caoutchouc, régulièrement nettoyés <p><u>Pour limiter le risque de caudophagie chez les porcelets sevrés et les porcs à l'engrais :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Distribuer plusieurs types d'objets manipulables à la fois, renouvelés régulièrement, et conformes à la Recommandation (UE) 2016/336 <p><u>Pour limiter les risques de blessure, privilégier :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - les caillebotis en plastique/plastifiés pour les porcelets - les matériaux non abrasifs 	<p><u>Pour le BEA :</u> privilégier autant que possible le caillebotis partiel avec paille plutôt que le caillebotis sans paille.</p> <p><u>Pour maximiser les avantages/minimiser les inconvénients du caillebotis partiel :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Concevoir les logements en prenant en compte (liste non exhaustive) : <ul style="list-style-type: none"> * la qualité des matériaux * la position de l'aire en caillebotis et sa bonne ventilation <p><u>Pour définir la proportion de sol plein et de caillebotis optimale :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Déterminer en priorité la surface de sol plein nécessaire au confort de couchage (que l'EFSA évalue à 0,77 m²/porc de 110 kg)
Caillebotis partiel avec apport de paille	<p><u>Identique au caillebotis partiel non paillé, plus :</u></p> <p><u>Pour augmenter l'expression de comportements d'exploration et de nidification sans boucher le système d'évacuation du lisier :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fournir de la paille sur la partie pleine du caillebotis - Envisager la distribution de paille dans un râtelier, dont la conception doit être adaptée au stade physiologique des animaux et à la taille des tiges de paille - Disposer un tapis en caoutchouc sur lequel déposer la paille, ou sous le râtelier - Fournir aux truies gestantes des matériaux de nidification (paille en tiges longues, toile de jute) dans un râtelier situé sur la partie en sol plein <p><u>Pour limiter le risque de caudophagie chez les porcelets sevrés et les porcs à l'engrais :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fournir un minimum de 20 g de paille/jour/animal, et jusqu'à 400 g pour un effet maximal et adapter la quantité de paille à son usage effectif par les animaux - Fournir de la paille aux porcelets avant le sevrage <p><u>Pour favoriser la distribution de litière et augmenter le confort de couchage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Installer des tapis en caoutchouc, régulièrement nettoyés 	<p><u>Identique au caillebotis partiel non paillé, plus :</u></p> <p><u>Pour maximiser les avantages/minimiser les inconvénients du caillebotis partiel paillé :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Concevoir les logements en prenant en compte : <ul style="list-style-type: none"> * la prévention du passage de la paille depuis le sol plein vers le caillebotis * l'élimination des déchets
Sol plein	<p><u>Pour le confort de couchage et limiter les boiteries :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Recouvrir les sols en béton d'un matériau amortissant ou réduisant la friction - Installer des tapis en caoutchouc, régulièrement nettoyés <p><u>Pour l'hygiène :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Nettoyer le sol régulièrement 	<p><u>Pour l'hygiène du sol et des animaux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Prévoir un drainage efficace - Concevoir un espace favorisant l'établissement d'aires fonctionnelles séparées <p><u>Pour limiter les blessures et boiterie :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Préférer le béton lisse au béton rugueux
Sol plein avec litière raclée	<p><u>Identique au sol plein, plus :</u></p> <p><u>Pour un comportement d'exploration maximal :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fournir de la paille en quantité suffisante/adaptée <p><u>Pour le confort de couchage et limiter les boiteries :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fournir au moins 20 g de paille <p><u>Pour l'hygiène :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Remplacer la litière souillée 	<p><u>Identique au sol plein partiel non paillé</u></p>
Sol plein / système à litière profonde	<p><u>Pour maintenir la litière propre, sèche et saine et donc pour le confort des animaux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Effectuer un paillage d'entretien tous les 7 à 10 jours, en priorisant les zones d'élimination <p><u>Pour éviter le stress thermique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Donner accès à un autre type de sol pendant les épisodes de fortes chaleurs <p><u>Pour assurer le confort des animaux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Anticiper la hauteur de litière en fin de bande (+ 40 à 50 cm) par exemple en surélevant les zones d'alimentation 	<p><u>Pour favoriser l'ergonomie du travail et la manutention :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bien concevoir le bâtiment : hauteur du toit, largeur des couloirs, des cloisons, zones de pacages... <p><u>Pour favoriser l'évaporation d'eau, limiter les dégagements gazeux et contrôler la température :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Isoler correctement le sol et les murs du bâtiment - Concevoir une ventilation efficace

Tableau 5 : Synthèse des freins et des leviers à l'adoption d'un type de sol alternatif au caillebotis intégral

Type de sol	Freins et leviers à l'adoption d'un type de sol alternatif au caillebotis intégral*	
	Freins	Leviers
Caillebotis partiel avec apport de paille	<p><u>Freins économiques :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'aménagement des infrastructures (bâtiment et système d'élimination des déchets) - Coût de main-d'œuvre et d'intrants (substrat) <p><u>Freins techniques :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Approvisionnement en litière de qualité - Ergonomie au travail : temps et pénibilité de la distribution et du raclage de la litière - Manque de connaissances/doute de certains éleveurs concernant l'efficacité réelle des substrats manipulables sur le bien-être des porcs et sur la rentabilité de l'élevage 	<p><u>Leviers techniques :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Surcharge de travail limitée car paillage uniquement des zones de repos - Possibilité de combiner litière et caillebotis - Fournir de la paille hachée évite l'obstruction des fentes du caillebotis - L'évacuation du lisier sans modification du bâtiment peut fonctionner par la technique du lisier flottant <p><u>Leviers sociétaux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Meilleure prise en compte du BEA - Pression sociétale pour un changement de système
Sol plein	<p><u>Freins économiques :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'aménagement du bâtiment et de main-d'œuvre - Moins d'animaux pour la même surface au sol 	<i>Données non disponibles.</i>
Sol plein avec litière raclée	<p><u>Freins économiques : freins principaux pour les éleveurs</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Idem que pour sol plein non paillé + coûts des intrants (paille) <p><u>Freins techniques :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Approvisionnement en litière de qualité quelles que soient la saison et l'année - Ergonomie au travail : temps et pénibilité de la distribution de la litière, temps de raclage (système à litière raclée), de contrôle du bon fonctionnement de la litière, de désinfection entre bandes; ambiance de travail (poussières) - Risque sanitaire : gestion des pathogènes si litière mal gérée - Complexité de la gestion : surveillance et gestion de l'évolution de la litière, de l'état corporel des animaux à l'engraissement, de la température, de la ventilation - Manque de connaissances/doute de certains éleveurs concernant l'efficacité réelle des substrats manipulables sur le bien-être des porcs et la rentabilité des élevages alternatifs 	<p><u>Leviers économiques :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Valorisation des animaux : meilleure valorisation des produits carnés (label, moins de déclassement à l'abattage car moins de caudophagie) - Interventions moins fréquentes du vétérinaire - Valorisation du fumier - Moins de dépenses énergétiques avec ventilation naturelle - Le cas échéant : des dispositifs d'aides financières pour le passage en système sur litière <p><u>Leviers techniques :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ergonomie et confort de travail : <ul style="list-style-type: none"> * manutention mécanisable * arrêt possible de la caudectomie => moins d'interventions sur les animaux, moins d'odeurs et meilleure qualité de l'air qu'avec caillebotis - Possibilité de réhabilitation d'un ancien bâtiment : anticiper l'organisation du travail pour minimiser le temps et la pénibilité du travail - De nombreux projets de recherche et développement en cours sur la gestion des systèmes à litière : diffuser et communiquer les résultats - Des expériences réussies d'éleveurs à partager (visites d'élevage, échanges entre pairs) - Former les conseillers agricoles et les éleveurs
Sol plein / système à litière profonde	<p><u>Freins environnementaux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Emissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac - Variabilité des émissions difficile à anticiper <p><u>Freins sociétaux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Résistance au changement, pression des pairs travaillant sur caillebotis 	<p><u>Leviers environnementaux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Diminution de l'émission d'ammoniac possible avec une bonne gestion de la litière - Fumier = amendement organique de qualité - Moins de pollution de l'eau et d'émission d'odeurs nauséabondes <p><u>Leviers sociétaux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Meilleur respect du BEA, prise en compte d'attente des consommateurs - Meilleure image du métier d'éleveur - Meilleure acceptabilité de l'élevage - Satisfaction de l'éleveur au travail

* Etant donné que les données manquent pour le caillebotis partiel non paillé, ce dernier n'est pas traité ici.

Annexe 1 : Contexte formulé par les commanditaires dans leur demande d'expertise

La caudophagie résulte de l'expression d'un mal-être chez les porcs dont les causes peuvent être multiples et variables. Les facteurs expliquant l'apparition de ce comportement sont notamment des matériaux d'enrichissement du milieu de vie absents ou inadéquats, une densité d'animaux par enclos trop élevée, une trop forte compétition entre congénères pour la nourriture ou l'eau, un régime alimentaire inadapté (manque de fibres, de protéines...), des conditions d'ambiance dégradées, ainsi que des causes génétiques, et certaines pratiques d'élevage telles que le réallotement provoquant une instabilité sociale au sein des groupes d'animaux (EFSA Panel on AHAW, 2007a ; Valros et al., 2016 ; Ramonet et Villain, 2021).

Interdite en routine depuis 1994, la coupe de la queue des porcs est encore pratiquée de manière systématique en France (De Briyne et al., 2018) et ce, malgré les dispositions renforcées de la directive 2008/120/CE définissant les mesures à prendre afin de réduire les risques de caudophagie. La Commission européenne n'a pu que constater lors de son audit d'évaluation des mesures de prévention de la caudophagie mises en place en France afin de réduire les risques de caudophagie et d'éviter le recours à la coupe systématique des queues des porcs (2019) que très peu de mesures concrètes ont été prises pour améliorer le respect des dispositions de cette directive.

Parmi les solutions identifiées pour améliorer l'application de la réglementation européenne, certains pays tels que le Danemark, la Suède ou les Pays-Bas, ont choisi de faire évoluer les bâtiments d'élevage vers le déploiement de sols pleins, partiellement ou en totalité, en remplacement des sols en caillebotis intégral.

Les porcs sont des animaux sociaux ayant des besoins comportementaux d'exploration très importants. Si l'animal en a les capacités dans son environnement, il va passer une majorité de son temps d'activité à des occupations de fouille, d'exploration de son milieu de vie et de recherche de nourriture, et ce, même lorsque les animaux sont nourris *ad libitum* (EFSA Panel on AHAW, 2007a). Le porc actif exprime principalement un besoin comportemental de type fouisseur (i.e. explorer avec le groin, mâchonner et « creuser »). Lorsque le besoin comportemental d'exploration n'est pas assouvi, la frustration des animaux peut s'exprimer par une redirection du comportement exploratoire sur les congénères, augmentant les risques d'apparition de blessures et d'épisodes de caudophagie (EFSA Panel on AHAW, 2007a). Afin que les animaux puissent exprimer ce comportement exploratoire, il est nécessaire de mettre à disposition des animaux des matériaux manipulables dont les propriétés leur permettent de fouir et de mâchonner. L'utilisation de fourrage et de litière, telle que la paille, est un moyen de répondre à ce besoin. Ces derniers peuvent servir de substrat récréatif et/ou nutritionnel, et la litière présente également l'avantage d'améliorer le confort thermique et physique des animaux (Day et al., 2002 ; Valros et al., 2016). Toutefois, l'ajout de matériaux organiques manipulables tels que la paille ne semble pas compatible avec les systèmes 100% caillebotis (sol le plus fréquent en élevage français), empêchant l'évacuation des lisiers dans certains systèmes (Anses, 2015) et rendant plus difficile leur épandage. L'évacuation des déjections nécessiterait l'utilisation de racleurs (Westin et al., 2013) et ce type d'installation est peu répandu dans les élevages (Anses, 2015). Afin de remédier à cette difficulté, certaines exploitations font le choix de sols 100% plein avec litière épaisse (type "porc sur paille") ou avec mise à disposition de fourrages, et d'autres développent des sols dit "mixtes", comportant une zone pleine et une zone de caillebotis, qui offrent aux porcs un environnement différencié, moins monotone, répondant mieux à leur besoin d'organisation de leur espace de vie et selon l'enrichissement fourni, à celui d'explorer cet environnement.

Ces types de sol, selon leurs conceptions et/ou leur usage plus ou moins optimal, pourraient permettre aux animaux d'avoir un apport en litière et/ou fourrages suffisant pour leur permettre d'exprimer leurs comportements naturels. Diverses études ont été menées sur l'ajout de ces substrats au sol ou dans différents types de râteliers, en particulier l'ajout de paille, du fait de sa pertinence biologique pour les porcs (EFSA Panel on AHAW, 2007a ; D'Eath et al, 2014). Certains râteliers semblent plus favorables

à l'expression du comportement naturel que d'autres, car l'accès de la paille conditionne sa fréquence d'utilisation, et donc l'activité des porcs (Zwicker et al. 2012, Caille et al. 2016). En effet, la quantité de comportements dirigés vers la paille est proportionnelle à la quantité de paille fournie et plus cette quantité croît, moins les animaux sont agressifs et mordillent les autres porcs (Day et al., 2002). Afin de donner aux porcs un accès permanent à de la paille non souillée en tant que fourrage, Pedersen et al (2014) ont estimé qu'il est nécessaire d'apporter au minimum 400 g de paille par porc et par jour. Par ailleurs, cette quantité minimale réduit significativement l'apparition de comportements anormaux chez les porcs. Toutefois, les auteurs jugent que cette quantité n'est pas suffisante pour répondre totalement aux besoins comportementaux des porcs. Il serait intéressant de déterminer les facteurs permettant un usage optimal de ce type de sol et d'identifier les freins et les leviers de leur déploiement. La mise à disposition d'une litière est régulièrement citée dans la bibliographie comme étant un facteur indispensable pour permettre aux porcs d'exprimer le comportement de fouissage. Il semble nécessaire d'approfondir les recherches sur la profondeur de litière qu'il faut utiliser pour permettre, notamment, aux animaux de creuser.

Enfin, il semble important d'explorer la question de la mise à disposition de ces types de sols alternatifs au caillebotis intégral à tous les stades de vie des porcs, y compris pour les truies. En effet, si les conditions d'élevages et les pratiques en phase de post-sevrage semblent déterminantes pour éviter l'apparition de la caudophagie, la maternité semblerait également une phase importante (EFSA Panel on AHAW, 2022a). En effet, l'accès à des matériaux manipulables pertinents pour les porcelets dès la naissance jouerait un rôle dans le bon déroulement de l'élevage sans caudectomie. Day et al (2002) démontrent que lorsque les animaux ont eu un apprentissage de l'utilisation de la paille en étant porcelets, ils expriment significativement moins de comportements agonistiques par la suite. La paille apportée (même en faible quantité) au stade post-sevrage et engraissement peut servir à atténuer les effets négatifs du changement de logement.

Par ailleurs, la mise à disposition de matériaux d'enrichissement pour la truie, qu'elle soit en phase de gestation, juste avant la mise-bas ou lors de la phase d'allaitement, concourt à l'amélioration de son bien-être et à la survie des porcelets. Merlot et al. (2017) ont observé une diminution du stress des truies gestantes logées dans un système enrichi avec une litière de paille, associée à une diminution de la mortalité des porcelets avant le sevrage. Pour les truies en fin de gestation, la présence d'une zone de sol plein dans la case de mise-bas permet la mise à disposition de matériaux de nidification. Ce comportement est essentiel chez les truies puisqu'il s'exprime même lorsque ces dernières sont en contention et en l'absence de matériaux de nidification (Pedersen et al., 2013 ; Yun et Valros, 2015). Les truies nidifient alors « à vide », redirigent les comportements oraux dédiés à la manipulation de matériaux et à la construction du nid vers les barres et équipements de la case (Goumon et al., 2022 ; Pedersen et al., 2013). Pendant cette phase, la truie se prépare à l'arrivée des porcelets, de nombreux changements hormonaux s'opérant et influençant la mise-bas et la survie des porcelets lors des premiers jours qui suivent leur naissance (Yun et Valros, 2015). En effet, un taux d'ocytocine plus élevé a pu être observé chez les truies libres ayant accès à des matériaux de nidification, ce qui accélère et renforce les contractions de l'utérus tout en réduisant l'intervalle entre ces dernières, diminuant ainsi la durée de la mise-bas et augmentant les chances de survie des porcelets (Choi et al., 2020 ; Weber et al., 2007). La présence de caillebotis dans la case de maternité n'étant pas compatible avec la mise à disposition de matériaux fouissables par les truies et les porcelets, des questions se posent quant à la pertinence des matériaux mis temporairement à disposition des truies (toile de jute) et retirés rapidement après la mise-bas. Il serait intéressant de déterminer quels facteurs permettraient un usage optimal des sols pleins ou partiellement pleins en maternité et en phase de gestation afin de répondre aux besoins de la truie et de supprimer le recours à la caudectomie des porcelets, tout en identifiant les freins et leviers à la mise en place de telles évolutions.

– ANSES, (2015). Avis de l'ANSES relatif à « l'enrichissement du milieu d'élevage des porcs par la mise à disposition de matériaux manipulables », suite à la saisine N°203-SA-0180.

– Caille ME., Loussouarn A., (2016). Apports de paille et autres matériaux de manipulation dans une salle équipée de racleurs en V. Rapport d'étude. Chambres d'agriculture de Bretagne, 8 pages.

- Choi, Y., Min, Y., Kim, Y., Jeong, Y., Kim, D., Kim, J., & Jung, H. (2020). Effects of loose farrowing facilities on reproductive performance in primiparous sows. *Journal of Animal Science and Technology*, 62(2), 218-226.
- Day J.E.L., Burfoot A., Docking C.M., Whittaker X., Spooler H.A.M., Edwards S.A., (2002). The effect of prior experience of straw and the level of straw provision on the behaviour of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 76 : 189-2002.
- De Briyne, N., Berg, C., Blaha, T., Palzer, A., Temple, D. (2018). Phasing out pig tail docking in the EU – present state, challenges and possibilities. *Porcine Health Management*, 4, 27.
- D'Eath RB., Arnott G., Turner SP., Jensen T., Lahrmann HP., Busch ME., Niemi JK., Lawrence AB., Sandøe P. (2014). Injurious tail biting in pigs: how can it be controlled in existing systems without tail docking? *Animal*. Sep;8(9):1479-97. doi: 10.1017/S1751731114001359. PMID: 25130712.
- EFSA, (2007). The risks associated with tail biting in pigs and possible means to reduce the need for tail docking considering the different housing and husbandry systems. *The EFSA Journal*, 611, 1-13.
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). (2022). Welfare of pigs on farm. *EFSA Journal* 2022;20(8):7421
- Goumon, S., Illmann, G., Moustsen, V. A., Baxter, E. M., & Edwards, S. A. (2022). Review of Temporary Crating of Farrowing and Lactating Sows. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2022.811810>
- Merlot, E., Calvar, C. and Prunier, A. (2017). Influence of the housing environment during sow gestation on maternal health, and offspring immunity and survival. *Animal Production Science* 57, 1751–1758.
- Pedersen, L.J., Malmkvist, J., & Andersen, H. M. L. (2013). Housing of sows during farrowing: A review on pen design, welfare and productivity. In A. Aland & T. Banhazi (Éds.), *Livestock housing* (p. 93-112). Wageningen Academic Publishers. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-771-4_0
- Pedersen, L.J., Mette S. Herskin, Björn Forkman, Ulrich Halekoh, Kristian M. Kristensen, Margit B. Jensen, (2014). How much is enough? The amount of straw necessary to satisfy pigs' need to perform exploratory behaviour, *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 160, 46-55.
- Ramonet, Y., Villain, N., (2021). Elevage de porcs à queue entière sur litière. Effet de la génétique mâle Duroc et Piétrain sur les performances et l'état des queues. *Chambre d'agriculture de Bretagne*. 9 pages.
- Valros, A., Munsterhjelm, C., Hänninen, L., Kauppinen, T., Heinonen, M., (2016). Managing undocked pigs: on-farm prevention of tail biting and attitudes towards tail biting and docking. *Porcine Health Management*, 2, 2.
- Weber, R., Keil, N. M., Fehr, M., & Horat, R. (2007). Piglet mortality on farms using farrowing systems with or without crates. *Animal Welfare-Potters Bar Then Wheathampstead-*, 16(2), 277.
- Westin, R., Holmgren, N., Mattsson, B., Algers, B. (2013) Throughput capacity of large quantities of chopped straw in partly slatted farrowing pens for loose housed sows. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 63(1) 18-27.
- Zwicker, B., Gygax, L., Wechsler, B., Weber, R., (2012). Influence of accessibility of straw in racks on exploratory behaviour in finishing pigs. *Livestock Science*, vol 148, p67-73.

Annexe 2 : Constitution du corpus bibliographique

Recherche systématique

Le Web of Science (<https://www.webofscience.com/>) a été interrogé avec les requêtes suivantes : « pig and floor* and slat* and behavio* » ; « pig and floor* and (bedding or litter or enrichment material) and behavio* », « Pig and floor* and 'nest-building' and behavio* », « Pig and floor* and behavio* and 'enrichment material' ». Les doublons ont été retirés. La sélection des articles pertinents s'est faite sur la lecture des résumés.

Le corpus bibliographique ainsi constitué contenait 82 références.

Une trame de lecture des documents a été établie avec les entrées suivantes : Référence de l'article ; Type de sol ; Précisions sur le sol ; Présence de litière ; Précisions sur la litière ; Présence de fourrage ; Précisions sur le fourrage ; Catégorie d'animaux ; Effet sur le comportement de manipulation, ; Effet sur le comportement exploratoire ; Effet sur la posture/le repos/les déplacements ; Effet sur les interactions agonistiques ; Effets sur les interactions sociales positives ; Effet sur le comportement maternel ; Effet sur le comportement d'élimination ; Autres effets.

La trame a été utilisée pour lire les 82 articles et en tirer les informations pertinentes.

Recherche ciblée

Elle a été basée sur la lecture des synthèses scientifiques suivantes :

- Avis du CNR BEA sur les implications de l'avis EFSA au sujet du bien-être des porcs pour les élevages en France (CNR BEA, 2024)
- Caractéristiques et besoins physiologiques et comportementaux du porc (CNR BEA, 2023)
- Welfare of pigs on farm (EFSA Panel on AHAW, 2022a)
- Avis de l'Anses relatif à « l'enrichissement du milieu d'élevage des porcs par la mise à disposition de matériaux manipulables » (Anses, 2015)
- Scientific opinion concerning a multifactorial approach on the use of animal and non-animal-based measures to assess the welfare of pigs (EFSA Panel on AHAW, 2014)
- The risks associated with tail biting in pigs and possible means to reduce the need for tail docking considering the different housing and husbandry systems (EFSA Panel on AHAW, 2007a)
- Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to animal health and welfare in fattening pigs in relation to housing and husbandry (EFSA Panel on AHAW, 2007b)
- Scientific report "The welfare of weaners and rearing pigs: effects of different space allowances and floor types" (EFSA Panel on AHAW, 2005)

Elle a été complétée de références citées par les commanditaires dans le document de saisine, celles recommandées par les experts sollicités ; celles identifiées pendant la phase de lecture ; et d'une recherche ciblée de la base documentaire de l'IFIP (<https://ifip.asso.fr/documentations/>).

Constitution du corpus bibliographique final

Les documents issus des deux recherches ont été confrontés et les doublons éliminés. Le corpus final contenait 252 documents.

Il a été utilisé pour rechercher des informations complémentaires, non remontées de l'analyse systématique effectuée sur le corpus de 82 articles, ou pour obtenir des précisions sur des informations trouvées dans les synthèses scientifiques.

La Figure 10 résume la méthodologie décrite ci-dessus.

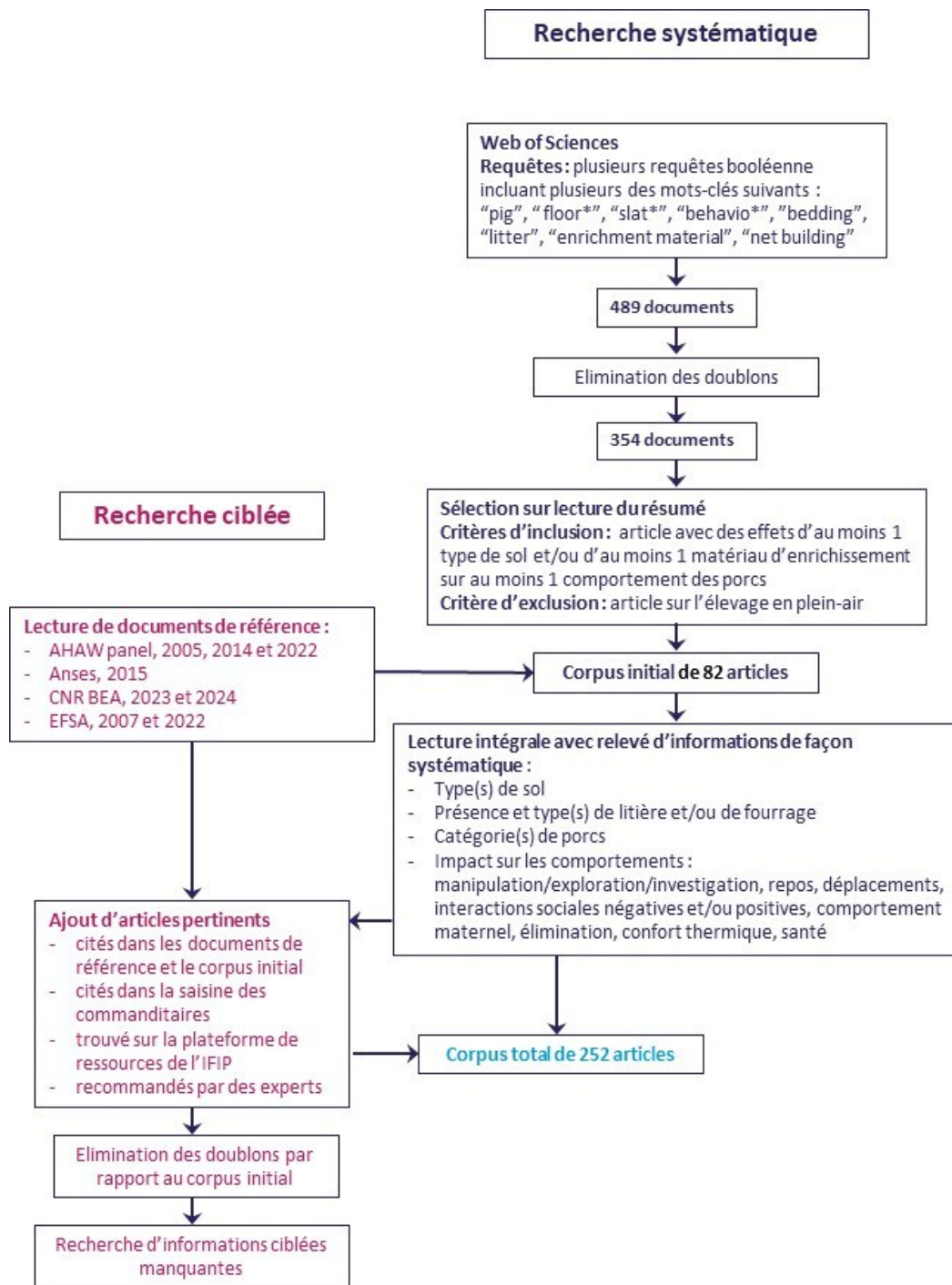


Figure 10 : Constitution du corpus bibliographique

Annexe 3 : Extraits du cadre réglementaire européen relatif aux types de sols et à l'apport de matériaux manipulables en élevage porcin

Législation européenne

Directive 2008/120/CE du Conseil du 18 décembre 2008 établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs (Commission européenne, 2008)

Article 3. Les États membres veillent à ce que les revêtements de sol soient conformes aux exigences suivantes :

1. a) chaque porc sevré ou porc de production élevé en groupe – à l'exception des cochettes après la saillie et des truies – dispose obligatoirement d'une superficie d'espace libre au moins égale à :

Poids de l'animal vivant (en kilogrammes)	m ²
Jusqu'à 10	0,15
Plus de 10 et jusqu'à 20	0,20
Plus de 20 et jusqu'à 30	0,30
Plus de 30 et jusqu'à 50	0,40
Plus de 50 et jusqu'à 85	0,55
Plus de 85 et jusqu'à 110	0,65
Plus de 110	1,00

2. a) pour les cochettes après la saillie et les truies gestantes élevées en groupes, au moins 0,95 m² par cochette et 1,3 m² par truie de la superficie totale d'espace libre doit avoir un revêtement plein continu, dont 15 % au maximum sont réservés aux ouvertures destinées à l'évacuation.

Lorsque le revêtement utilisé pour des porcs élevés en groupe est un caillebotis en béton, la largeur maximale des ouvertures doit être égale à :

- 11 mm pour les porcelets,
- 14 mm pour les porcs sevrés,
- 18 mm pour les porcs de production,
- 20 mm pour les cochettes après la saillie et les truies.

La largeur minimale des pleins doit être égale à :

- 50 mm pour les porcelets et les porcs sevrés,
- 80 mm pour les porcs de production, les cochettes après la saillie et les truies.

7. Les États membres veillent à ce que toutes les truies et cochettes sèches gestantes, afin d'apaiser leur faim et compte tenu de la nécessité de mastiquer, reçoivent une quantité suffisante d'aliments volumineux ou riches en fibres ainsi que des aliments à haute teneur énergétique.

Annexe 1, chap I : Le logement des porcs doit être construit de manière à permettre aux animaux :

- d'avoir accès à une aire de couchage confortable du point de vue physique et thermique et qui soit convenablement asséchée et propre, permettant à tous les animaux de se coucher en même temps ;

- de se reposer et de se lever normalement.

Les sols doivent être lisses mais non glissants de manière à ce que les porcs ne puissent pas se blesser et doivent être conçus, construits et entretenus de façon à ne pas causer de blessures ou de souffrances aux porcs. Ils doivent être adaptés à la taille et au poids des porcs et, en l'absence de litière, former une surface rigide, plane et stable.

Les porcs doivent avoir un accès permanent à une quantité suffisante de matériaux permettant des activités de recherche et de manipulation suffisantes, tels que la paille, le foin, le bois, la sciure de bois, le compost de champignons, la tourbe ou un mélange de ces matériaux qui ne compromette pas la santé des animaux.

La section partielle de la queue [...] ne peut être réalisée sur une base de routine, mais uniquement lorsqu'il existe des preuves que des blessures causées [...] aux queues d'autres porcs ont eu lieu. Avant d'exécuter ces procédures, d'autres mesures doivent être prises afin de prévenir la caudophagie et d'autres vices, en tenant compte du milieu de vie et des taux de charge. Pour cette raison, les conditions d'ambiance ou les systèmes de conduite des élevages doivent être modifiés s'ils ne sont pas appropriés.

Annexe 1, chap II :

Truies et cochettes : Au cours de la semaine précédant la mise-bas prévue, les truies et les cochettes doivent pouvoir disposer de matériaux de nidification en quantité suffisante à moins que le système d'évacuation ou de récupération du lisier utilisé dans l'établissement ne le permette pas.

Porcelets : Une partie de la surface totale au sol suffisamment large pour permettre aux animaux de se reposer en même temps doit être suffisamment solide ou être couverte d'un revêtement, d'une litière de paille ou de tout autre matériau approprié.

Porcelets sevrés et porcs de production : Lorsque des signes de combats violents sont constatés, les causes doivent en être immédiatement recherchées et des mesures appropriées telles que la mise à disposition de grandes quantités de paille pour les animaux, si possible, ou d'autres matériaux permettant des activités de recherche, doivent être prises.

Recommandation UE 2016/336 de la Commission du 8 mars 2016 sur l'application de la directive 2008/120/CE (Commission européenne, 2016)

En vue de prévenir la caudophagie, cette recommandation préconise certaines améliorations des pratiques d'élevage, notamment l'utilisation de matériaux d'enrichissement. Elle préconise que les matériaux d'enrichissement présentent l'ensemble des caractéristiques suivantes : être sans danger, être comestibles, pouvoir être mâchés, investigués, manipulables au moyen de la bouche, d'intérêt durable (ce qui implique qu'ils encouragent le comportement exploratoire des porcs et soient régulièrement remplacés et complétés), disponibles en quantité suffisante, et propres et hygiéniques. La recommandation établit trois catégories de matériaux d'enrichissement : les matériaux optimaux – qui remplissent toutes les caractéristiques précédemment énumérées et peuvent être utilisés seuls ; les matériaux sous-optimaux – qui remplissent la plupart des caractéristiques susnommées et doivent être utilisés en combinaison avec d'autres matériaux – et les matériaux d'intérêt minime – qui offrent une distraction aux porcs mais qui ne devraient pas être considérés comme satisfaisant leurs besoins essentiels, et donc sont à utiliser avec des matériaux optimaux ou ou-optimaux.

Législation française

Arrêté du 17 novembre 2021 modifiant l'Arrêté du 16 janvier 2003 établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021)

Avec cet arrêté, la législation française va au-delà de la réglementation européenne pour les points mentionnés ci-après :

Annexe, Chapitre I : Le type et le nombre de matériaux manipulables sont les suivants (selon les définitions de la recommandation (UE) 2016/336 de la Commission du 8 mars 2016) :

- pour les cases contenant jusqu'à 25 porcs : au moins un matériau optimal ou un matériau sous-optimal et un matériau d'intérêt minime ;
- pour les cases contenant de 26 à 40 porcs : au moins un matériau optimal, ou deux matériaux sous-optimaux (ou un si plus de deux porcs peuvent accéder simultanément), et un d'intérêt minime ;
- pour les cases contenant plus de 40 porcs : au moins un matériau optimal ou deux matériaux sous-optimaux et deux matériaux d'intérêt minime (ou un si plus de deux porcs peuvent accéder simultanément) ;
- dans le cas particulier des cases contenant jusqu'à 10 porcs femelles reproductrices, des verrats en case individuelle et des cochettes et porcs femelles reproductrices en stalle individuelle : au moins un matériau optimal ou sous-optimal.

Bibliographie

- Aarnink, A.J.A., Hoeksma, P., Ouwerkerk, E.N.J., 1993. Factors affecting ammonium concentration in slurry from fattening pigs, in: Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences : Proceedings of the First International Symposium on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences. Wageningen, pp. 413–420. <https://edepot.wur.nl/317111>
- Aarnink, A.J.A., Schrama, J.W., Heetkamp, M.J.W., Stefanowska, J., Huynh, T.T.T., 2006. Temperature and body weight affect fouling of pig pens. *J. Anim. Sci.* 84, 2224–2231. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-521>
- Aarnink, A.J.A., Schrama, J.W., Verheijen, R.J.E., Stefanowska, J., 2001. Pen Fouling in Pig Houses Affected by Temperature, in: *Livestock Environment VI: Proceedings of the 6th International Symposium*. ED. Richard R. Stowell, Ray Bucklin, and Robert W. Bottcher, Louisville, Kentucky, USA, pp. 180–186. <https://doi.org/10.13031/2013.7071>
- Aarnink, A.J.A., Swierstra, D., van den Berg, A.J., Speelman, L., 1997. Effect of Type of Slatted Floor and Degree of Fouling of Solid Floor on Ammonia Emission Rates from Fattening Piggeries. *J. Agric. Eng. Res.* 66, 93–102. <https://doi.org/10.1006/jaer.1996.0121>
- Aarnink, A.J.A., Van Den Berg, A.J., Keen, A., Hoeksma, P., Verstegen, M.W.A., 1996. Effect of Slatted Floor Area on Ammonia Emission and on the Excretory and Lying Behaviour of Growing Pigs. *J. Agric. Eng. Res.* 64, 299–310. <https://doi.org/10.1006/jaer.1996.0071>
- Aarnink, A. J. A., van den Berg, A.J., Keen, A., Hoeksma, P., Verstegen, M.W.A., 1996. Effect of Slatted Floor Area on Ammonia Emission and on the Excretory and Lying Behaviour of Growing Pigs. *J. Agric. Eng. Res.* 64, 299–310. <https://doi.org/10.1006/jaer.1996.0071>
- Andersen, H.M.-L., Dybkjær, L., Herskin, M.S., 2014. Growing pigs' drinking behaviour: number of visits, duration, water intake and diurnal variation. *Animal* 8, 1881–1888. <https://doi.org/10.1017/S175173111400192X>
- Andersen, H.M.-L., Kongsted, A.G., Jakobsen, M., 2020. Pig elimination behavior—A review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 222, 104888. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.104888>
- Andersen, I.L., Bøe, K.E., Kristiansen, A.L., 1999. The influence of different feeding arrangements and food type on competition at feeding in pregnant sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 65, 91–104. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00058-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00058-1)
- Anses, 2018. Avis de l'Anses relatif au « Bien-être animal : contexte, définition et évaluation ». <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2016SA0288.pdf>
- Anses, 2015. Avis de l'Anses relatif à « l'enrichissement du milieu d'élevage des porcs par la mise à disposition de matériaux manipulables ». <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2013sa0180.pdf>
- Appleby, M.C., Wood-Gush, D.G.M., 1988. Effect of earth as an additional stimulus on the behaviour of confined piglets. *Behav. Processes* 17, 83–91. [https://doi.org/10.1016/0376-6357\(88\)90027-7](https://doi.org/10.1016/0376-6357(88)90027-7)
- Arey, D.S., 1992. Straw and food as reinforcers for prepartal sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 33, 217–226. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(05\)80009-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(05)80009-7)
- Arey, D.S., Petchey, A.M., Fowler, V.R., 1991. The preparturient behaviour of sows in enriched pens and the effect of pre-formed nests. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 31, 61–68. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(91\)90153-O](https://doi.org/10.1016/0168-1591(91)90153-O)
- Averos, X., Brossard, L., Dourmad, J.-Y., de Greef, K.H., Edge, H.L., Edwards, S.A., Meunier-Salaun, M.-C., 2010. A meta-analysis of the combined effect of housing and environmental enrichment characteristics on the behaviour and performance of pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 127, 73–85. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2010.09.010>
- Barnett, J.L., Hemsworth, P.H., Cronin, G.M., Jongman, E.C., Hutson, G.D., 2001. A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing. *Aust. J. Agric. Res.* 52, 1-28. <https://doi.org/10.1071/AR00057>
- Baxter, E.M., Lawrence, A.B., Edwards, S.A., 2011. Alternative farrowing systems: design criteria for farrowing systems based on the biological needs of sows and piglets. *Animal* 5, 580–600. <https://doi.org/10.1017/S1751731110002272>

- Beattie, V.E., O'Connell, N.E., 2002. Relationship Between Rooting Behaviour and Foraging in Growing Pigs. *Anim. Welf.* 11, 295–303. <https://doi.org/10.1017/S0962728600024878>
- Beattie, V.E., O'Connell, N.E., Moss, B.W., 2000. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livest. Prod. Sci.* 65, 71–79. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00179-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00179-7)
- Beattie, V.E., Sneddon, I.A., Walker, N., Weatherup, R.N., 2001. Environmental enrichment of intensive pig housing using spent mushroom compost. *Anim. Sci.* 72, 35–42. <https://doi.org/10.1017/S1357729800055533>
- Beattie, V.E., Walker, N., Sneddon, I.A., 1998. Preference Testing of Substrates by Growing Pigs. *Anim. Welf.* 7, 27–34. <https://doi.org/10.1017/S0962728600020236>
- Beattie, V.E., Walker, N., Sneddon, I.A., 1996. An investigation of the effect of environmental enrichment and space allowance on the behaviour and production of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 48, 151–158. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(96\)01031-3](https://doi.org/10.1016/0168-1591(96)01031-3)
- Beattie, V.E., Walker, N., Sneddon, I.A., 1995. Effects of Environmental Enrichment on Behaviour and Productivity of Growing Pigs. *Anim. Welf.* 4, 207–220. <https://doi.org/10.1017/S0962728600017802>
- Bench, C.J., Gonyou, H.W., 2006. Effect of environmental enrichment at two stages of development on belly nosing in piglets weaned at fourteen days¹. *J. Anim. Sci.* 84, 3397–3403. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-050>
- Blackshaw, J.K., Thomas, F.J., Lee, J.-A., 1997. The effect of a fixed or free toy on the growth rate and aggressive behaviour of weaned pigs and the influence of hierarchy on initial investigation of the toys. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 53, 203–212. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01087-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01087-8)
- Bodin, L., Algers, B., Andersson, M., Olsson, A.C., Botermans, J., 2015. The Amount of Straw for Growing-Finishing Pigs Considering the Reduction of Time Spent in Manipulative Behavior. *SOJ Vet. Sci.* 1, 1–6. <https://doi.org/10.15226/2381-2907/1/1/00105>
- Boissy, A., Manteuffel, G., Jensen, M.B., Moe, R.O., Spruijt, B., Keeling, L.J., Winckler, C., Forkman, B., Dimitrov, I., Langbein, J., Bakken, M., Veissier, I., Aubert, A., 2007. Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiol. Behav.* 92, 375–397. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.02.003>
- Bolhuis, J.E., Raats-van den Boogaard, A.M.E., Hoofs, A.I.J., Soede, N.M., 2018. Effects of loose housing and the provision of alternative nesting material on peri-partum sow behaviour and piglet survival. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 202, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.01.004>
- Boon, C.R., Wray, C., 1989. Building design in relation to the control of diseases of intensively housed livestock. *J. Agric. Eng. Res.* 43, 149–161. [https://doi.org/10.1016/S0021-8634\(89\)80014-9](https://doi.org/10.1016/S0021-8634(89)80014-9)
- Bornett, H.L.I., Guy, J.H., Cain, P.J., 2003. Impact of Animal Welfare on Costs and Viability of Pig Production in the UK. *J. Agric. Environ. Ethics* 16, 163–186. <https://doi.org/10.1023/A:1022994131594>
- Boyle, L.A., Regan, D., Leonard, F.C., Lynch, P.B., Brophy, P., 2000. The Effect of Mats on the Welfare of Sows and Piglets in the Farrowing House. *Anim. Welf.* 9, 39–48. <https://doi.org/10.1017/S0962728600022235>
- Bracke, M.B.M., Zonderland, J.J., Lenskens, P., Schouten, W.G.P., Vermeer, H., Spoolder, H.A.M., Hendriks, H.J.M., Hopster, H., 2006. Formalised review of environmental enrichment for pigs in relation to political decision making. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 98, 165–182. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.08.021>
- Brennan, J.J., Aherne, F.X., 1987. Effect of floor type on the severity of foot lesions and osteochondrosis in swine. *Can. J. Anim. Sci.* 67, 517–523. <https://doi.org/10.4141/cjas87-050>
- Burri, M., Wechsler, B., Gygax, L., Weber, R., 2009. Influence of straw length, sow behaviour and room temperature on the incidence of dangerous situations for piglets in a loose farrowing system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 117, 181–189. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.12.005>
- Caille, M.-E., Lousouarn, A., 2016. Apport de paille et autres matériaux de manipulation pour des porcs charcutiers logés dans une salle équipée de racleurs en V. *Chambre d'agriculture de Bretagne*. https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=171300
- Caldara, F.R., Garcia, R.G., de Lima Almeida Paz, I.C., Naeaes, I. de A., Silva dos Santos, R. de K., Foppa, L., 2014. Assessing the most suitable floor system for growing-finishing piggery under

- tropical conditions using the analytic hierarchy process. *Ital. J. Anim. Sci.* 13. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.2830>
- Camerlink, I., 2014. Sociable swine: indirect genetic effects on growth rate and their effect on behaviour and production of pigs in different environments. <http://library.wur.nl/WebQuery/wda/2060806>
- Candotti, P., Rota Nodari, S., Archetti, I., De Angelis, E., Caldara, G., Borghetti, P., 2004. Influence of floor type on the incidence and severity of leg weakness syndrome and of articular osteochondrosis in Italian heavy pig. In: Proceedings of the International Society for Animal Hygiene. <https://www.isah-soc.org/userfiles/downloads/symposiums/2004/Candotti.pdf>
- Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, n.d. Fourrage : définition [WWW Document]. URL <https://www.cnrtl.fr/definition/fourrage> (consulté le 17/07/24).
- Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales. Litière : définition [WWW Document]. URL <https://www.cnrtl.fr/definition/academie8/liti%C3%A8re//0> (consulté le 17/07/24).
- Chambre d'agriculture de Bretagne, 2024. Une liberté de mouvement pour les truies à tous les stades [WWW Document]. URL <https://bretagne.chambres-agriculture.fr/mes-productions/elevage/porcs/bien-etre-animal/liberte-de-mouvement-pour-les-truies/> (consulté le 16/06/2024).
- Chambre d'agriculture de Bretagne, Chambre d'agriculture des pays de la Loire, IFIP, INRA, 2012. Elever des porcs sur litière - Comprendre les fonctionnements, améliorer les résultats. https://bretagne.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Bretagne/PDF/Elevage/Porcs/Elever_des_porcs_sur_litiere.pdf
- Chambres d'agriculture de France, IFIP, FNP, COOP de France, INAPORC, AVPO, SNGTV, 2019. Fiche technique matériaux manipulables. https://www.leporc.com/assets/fiche_matmanipulablesporc-1681742044.pdf
- Clouard, C., Resmond, R., Prunier, A., Tallet, C., Merlot, E., 2022. Exploration of early social behaviors and social styles in relation to individual characteristics in suckling piglets. *Sci. Rep.* 12, 2318. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06354-w>
- CNR BEA, 2024. Avis du CNR BEA sur les implications de l'avis EFSA au sujet du bien-être des porcs pour les élevages en France. <https://www.cnr-bea.fr/expertise-travaux/analyse-francaise-de-lavis-efsa-sur-les-porcs/>
- CNR BEA, 2023. Caractéristiques et besoins physiologiques et comportementaux du porc *Sus scrofa domesticus*. <https://www.cnr-bea.fr/expertise-travaux/caracteristiques-et-besoins-physiologiques-et-comportementaux-du-porc/>
- Colina, J.J., Lewis, A.J., Mille, P.S., 2000. A review of the ammonia issue and pork production. *Neb. Swine Rep.* 24–25. https://digitalcommons.unl.edu/coopext_swine/108
- Commission européenne, 2017. Conclusions sur les MTD pour les « élevages intensifs de volailles ou de porcs ». <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D0302&from=HR>
- Commission européenne, 2016. Recommandation (UE) 2016/336 de la Commission - du 8 mars 2016 - sur l'application de la directive 2008/120/CE du Conseil établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs en ce qui concerne des mesures visant à diminuer la nécessité de l'ablation de la queue. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016H0336&from=EN>
- Commission européenne, 2008. Directive 2008/120/CE du Conseil de l'UE du 18 décembre 2008 établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0120&from=FR>
- Commission européenne, DG(SANTE), 2019. Final report of an audit carried out in France from 17 June 2019 to 21 June 2019 in order to evaluate member state activities to prevent tail-biting and avoid routine tail-docking of pigs (No. 2019–6603). <https://ec.europa.eu/food/audits-analysis/audit-report/details/4245>
- Courboulay, V., 2019. Paille ou objets à manipuler : quelle attractivité pour le porc en croissance logé sur caillebotis ? [WWW Document]. IFIP. URL <https://ifip.asso.fr/actualites/paille-ou-objets-a-manipuler-que-choisir-pour-le-porc-sur-caillebotis/> (consulté le 16/02/2024).

- Courboulay, V., 2006. Intérêts comparés d'un objet fixé au sol ou d'un apport de paille comme matériaux d'enrichissement du milieu de vie pour le porc à l'engrais. *Journ. Rech. Porc.* 38, 421–426. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2006/06BienEtre/be03.pdf>
- Courboulay, V., Bregeon, A., Massabie, P., Meunier-Salaün, M.-C., 2003. Incidence du type de sol (caillebotis partiel/caillebotis intégral) et de la taille de la case sur le bien-être des porcs charcutiers. *Journ. Rech. Porc.* 35, 163-170. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2003/03txtBienetre/b0303.pdf>
<https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2003/03txtBienetre/b0303.pdf>
- Courboulay, V., Delarue, E., Eugène, A., 2008. Évaluation du bien-être des porcs : comparaison d'élevages sur litière ou sur caillebotis. *Journ. Rech. Porc.* 40, 243–250. <https://docs.ifip.asso.fr/pro/ils/DigitalCollection/DigitalCollectionAttachmentDownloadHandler.aspx?parentDocumentId=7795&documentId=14231>
- Courboulay, V., Drouet, A., 2018. Evaluation de la prévalence de caudophagie par la notation des carcasses en abattoir. *Journ. Rech. Porc.* 50, 333–334. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2018/bienetre/b13.pdf>
- Courboulay, V., Eugène, A., Delarue, E., 2009. Welfare assessment in 82 pig farms: effect of animal age and floor type on behaviour and injuries in fattening pigs. *Anim. Welf.* 18, 515–521. <https://doi.org/10.1017/S0962728600000932>
- Dalal, D.S. Bursite - Troubles musculosquelettiques et du tissu conjonctif [WWW Document]. Édition Prof. Man. MSD. URL <https://www.msmanuals.com/fr/professional/troubles-musculosquelettiques-et-du-tissu-conjonctif/affections-des-bourses-articulaires.-des-muscles-et-des-tendons/bursite> (consulté le 17/07/24).
- Damm, B.I., Heiskanen, T., Pedersen, L.J., Jørgensen, E., Forkman, B., 2010. Sow preferences for farrowing under a cover with and without access to straw. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 126, 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2010.06.009>
- Damm, B.I., Lisborg, L., Vestergaard, K.S., Vanicek, J., 2003. Nest-building, behavioural disturbances and heart rate in farrowing sows kept in crates and Schmid pens. *Livest. Prod. Sci.* 80, 175–187. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00186-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00186-0)
- Damm, B.I., Pedersen, L.J., Heiskanen, T., Nielsen, N.P., 2005. Long-stemmed straw as an additional nesting material in modified Schmid pens in a commercial breeding unit: effects on sow behaviour, and on piglet mortality and growth. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 92, 45–60. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.10.013>
- Damm, B.I., Vestergaard, K.S., Schrøder-Petersen, D.L., Ladewig, J., 2000. The effects of branches on prepartum nest building in gilts with access to straw. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 69, 113–124. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00122-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00122-2)
- Dantzer, R., 1986. Symposium on “Indices to Measure Animal Well-Being”: Behavioral, Physiological and Functional Aspects of Stereotyped Behavior: A Review and a Re-Interpretation. *J. Anim. Sci.* 62, 1776–1786. <https://doi.org/10.2527/jas1986.6261776x>
- Davies, P.R., Morrow, W.E.M., Jones, F.T., Deen, J., Fedorka-Cray, P.J., Harris, I.T., 1997. Prevalence of salmonella in finishing swine raised in different production systems in North Carolina, USA, in: *Epidemiol. Infect.* pp. 237–244. <https://doi.org/10.1017/S095026889700784X>
- Day, J.E.L., Burfoot, A., Docking, C.M., Whittaker, X., Spooler, H.A.M., Edwards, S.A., 2002. The effects of prior experience of straw and the level of straw provision on the behaviour of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 76, 189–202. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00017-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00017-5)
- Day, J.E.L., Van de Weerd, H.A., Edwards, S.A., 2008. The effect of varying lengths of straw bedding on the behaviour of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 109, 249–260. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.02.006>
- De Briyne, N., Berg, C., Blaha, T., Palzer, A., Temple, D., 2018. ‘Phasing out pig tail docking in the EU - present state, challenges and possibilities.’ *Porc. Health Manag.* 4, 27. <https://doi.org/10.1186/s40813-018-0103-8>
- De Jonge, F.H., Tilly, S.-L., Baars, A.M., Spruijt, B.M., 2008. On the rewarding nature of appetitive feeding behaviour in pigs (*Sus scrofa*): Do domesticated pigs contrafreeload? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 114, 359–372. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.03.006>

- D'Eath, R.B., Arnott, G., Turner, S.P., Jensen, T., Lahrmann, H.P., Busch, M.E., Niemi, J.K., Lawrence, A.B., Sandøe, P., 2014. Injurious tail biting in pigs: how can it be controlled in existing systems without tail docking? *Animal* 8, 1479–1497. <https://doi.org/10.1017/S1751731114001359>
- Díaz, J.A.C., Fahey, A.G., KilBride, A.L., Green, L.E., Boyle, L.A., 2013. Longitudinal study of the effect of rubber slat mats on locomotory ability, body, limb and claw lesions, and dirtiness of group housed sows¹. *J. Anim. Sci.* 91, 3940–3954. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5913>
- Ducreux, E., Aloui, B., Robin, P., Dourmad, J.-Y., Courboulay, V., Meunier-Salaün, M.-C., 2002. Les porcs affichent leurs préférences vis-à-vis du type de sol en fonction de la température ambiante. *Journ. Rech. Porc.* 34, 211–216. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2002/02txtBienetre/BE0202.pdf>
- Durrell, J., Sneddon, I.A., Beattie, V.E., 1997. Effects of Enrichment and Floor Type on Behaviour of Cubicle Loose-Housed Dry Sows. *Anim. Welf.* 6, 297–308. <https://doi.org/10.1017/S0962728600020017>
- Dybkjær, L., 1992. The identification of behavioural indicators of 'stress' in early weaned piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 35, 135–147. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(92\)90004-U](https://doi.org/10.1016/0168-1591(92)90004-U)
- Edwards, S.A., Lightfoot, A.L., 1986. The effect of floor type in farrowing pens on pig injury. II. Leg and teat damage of sows. *Br. Vet. J.* 142, 441–445. [https://doi.org/10.1016/0007-1935\(86\)90045-X](https://doi.org/10.1016/0007-1935(86)90045-X)
- EFSA Panel on AHAW, 2022a. Welfare of pigs on farm. *EFSA J.* 20, e07421. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7421>
- EFSA Panel on AHAW, 2022b. Methodological guidance for the development of animal welfare mandates in the context of the Farm to Fork Strategy. *EFSA J.* 20. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7403>
- EFSA Panel on AHAW, 2014. Scientific Opinion concerning a Multifactorial approach on the use of animal and non-animal-based measures to assess the welfare of pigs. *EFSA J.* 12, 3702. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3702>
- EFSA Panel on AHAW, 2007a. The risks associated with tail biting in pigs and possible means to reduce the need for tail docking considering the different housing and husbandry systems - Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare. *EFSA J.* 611, 1-13. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2007.611>
- EFSA Panel on AHAW, 2007b. Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to animal health and welfare in fattening pigs in relation to housing and husbandry. *EFSA J.* 5, 564. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2007.564>
- EFSA Panel on AHAW, 2005. Scientific report "The welfare of weaners and rearing pigs: effects of different space allowances and floor types" : EFSA-Q-2004-077. *EFSA J.* 268, 1-19. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2005.268>
- Ekkel, E.D., Spoolder, H.A.M., Hulsegge, I., Hopster, H., 2003. Lying characteristics as determinants for space requirements in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 80, 19–30. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00154-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00154-5)
- Eläinten Hyvinvointikeskus, 2023. Animal Welfare in Finland. <https://www.elaintieto.fi/wp-content/uploads/2024/04/Animal-Welfare-in-Finland-III.pdf>
- Elmore, M.R.P., Garner, J.P., Johnson, A.K., Kirkden, R.D., Richert, B.T., Pajor, E.A., 2011. Getting around social status: Motivation and enrichment use of dominant and subordinate sows in a group setting. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 133, 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.05.017>
- Enting, J., Vermeij, I., Bosma, A.J.J., van Buiten, A., 2006. Level playing field in de varkenshouderij : implementatie, interpretatie en controle op naleving van EU-richtlijnen voor de varkenshouderij, Animal Sciences Group Wageningen UR. <https://edepot.wur.nl/33726>
- Espagnol, S., Guingand, N., Genermont, S., Hassouna, M., 2015. Efficacité sur les émissions gazeuses d'itinéraires techniques en élevage porcin intégrant des bonnes pratiques environnementales. *Journ. Rech. Porc.* 171–176. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2015/enviro/04E.pdf>
- EU Platform on Animal Welfare, 2023. Minutes of the 10th meeting of the sub-group on the welfare of pigs (No. 10th). https://food.ec.europa.eu/document/download/bb51e535-8ca0-4d63-826a-33007db621ac_en?filename=aw_platform_20230508_sub-pigs_min.pdf

- EURCAW-Ruminants & Equines, 2023. Enrichissement de l'environnement pour les bovins. <https://www.eurcaw-ruminants-equines.eu/wp-content/uploads/2022/10/TFS-Ruminants-Equines-2023-05-FR-Enrichment-for-cattle.pdf>
- European Commission Joint Research Centre, 2017. Best Available Techniques (BAT) reference document for the intensive rearing of poultry or pigs: Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). Publications Office, LU. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/020485>
- Ewald, C., Heer, A., Havenith, U., 1994. [Factors associated with the occurrence of influenza A virus infections in fattening swine]. Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr. 107, 256–262 (résumé en anglais : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7945181/>. Reste du texte en allemand).
- Falke, A., Friedli, K., Gygax, L., Wechsler, B., Sidler, X., Weber, R., 2018. Effect of rubber mats and perforation in the lying area on claw and limb lesions of fattening pigs. *Animal* 12, 2130–2137. <https://doi.org/10.1017/S175173111700341X>
- Fraser, D., 1985. Selection of bedded and unbedded areas by pigs in relation to environmental temperature and behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 14, 117–126. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(85\)90023-1](https://doi.org/10.1016/0168-1591(85)90023-1)
- Fraser, D., Phillips, P.A., Thompson, B.K., Tennessen, T., 1991. Effect of straw on the behaviour of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 30, 307–318. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(91\)90135-K](https://doi.org/10.1016/0168-1591(91)90135-K)
- Fritschen, R.D., 1979. Housing and its effect on feet and leg problems, in: *Proc. Pig Vet. Soc.* pp. 95–98.
- Giorgetti, J., Robin, P., 2008. Eléments de comparaison du coût de revient et des émissions gazeuses de l'engraissement de porcs sur litière et sur caillebotis. <http://www.porc-sur-paille.org/wp-content/uploads/2014/06/Etude-comparative-CR-porc-liti%C3%A8re-vs-caillebotis-Rapport-final-74p.pdf>
- Gómez-Prado, J., Pereira, A.M.F., Wang, D., Villanueva-García, D., Domínguez-Oliva, A., Mora-Medina, P., Hernández-Avalos, I., Martínez-Burnes, J., Casas-Alvarado, A., Olmos-Hernández, A., Ramírez-Necochea, R., Verduzco-Mendoza, A., Hernández, A., Torres, F., Mota-Rojas, D., 2022. Thermoregulation mechanisms and perspectives for validating thermal windows in pigs with hypothermia and hyperthermia: An overview. *Front. Vet. Sci.* 9, 1023294. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1023294>
- Götz, M., Hilty, R., Herzog, D., 1992. Garde de porcs d'engraissement: porcheries à caillebotis partiel (Rapports FAT No. 413). Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural, Confédération suisse. <https://link.ira.agroscope.ch/fr-CH/publication/17796>
- Gourmelen, C., Salaün, Y., Rousseau, P., 2001. Incidence économique, en production porcine, de l'évolution des contraintes réglementaires relatives au bien-être animal. *Journ. Rech. Porc.* 33, 325–331. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2001/01txtBienetre/B0105.pdf>
- Granier, R., Guingand, N., Massabie, P., 1996. Influence du niveau d'hygrométrie, de la température et du taux de renouvellement de l'air sur l'évolution des teneurs en ammoniac. *Journ. Rech. Porc.* 209–216. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/1996/96txtLog/L9605.pdf>
- Gu, Z., Xin, H., Wang, Chaoyuan, Shi, Z., Liu, Z., Yang, F., Lin, B., Wang, Chao, Li, B., 2010. Effects of neoprene mat on diarrhea, mortality and foreleg abrasion of pre-weaning piglets. *Prev. Vet. Med.* 95, 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.pvetmed.2010.03.011>
- Guingand, N., 2003. Influence de la mise en place de caillebotis partiel et de la taille de la case sur les émissions d'ammoniac et d'odeurs en engraissement. *Journ. Rech. Porc.* 35, 15–20. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2003/03txtEnv/e0303.pdf>
- Guingand, N., Courboulay, V., 2016. Effet du fractionnement des apports d'eau dans la technique du lisier flottant pour réduire les émissions d'ammoniac et d'odeurs en engraissement. *Journ. Rech. Porc.* 51, 181–186. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2019/environnement/env03.pdf>
- Guingand, N., Granier, R., 2001. Comparaison caillebotis partiel et caillebotis intégral en engraissement. *Journ. Rech. Porc.* 33, 31–36. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2001/01txtEnvlog/L0105.pdf>

- Guingand, N., Quiniou, N., Courboulay, V., 2010. Emissions comparées d'ammoniac et de gaz à effet de serre par des porcs charcutiers élevés au froid sur caillebotis partiel ou à la thermoneutralité sur caillebotis intégral. *Journ. Rech. Porc.* <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2010/env/En3.pdf>
- Guingand, N., Rousseliere, Y., Thomas, J., Collin, A., 2024. Agir sur la température ambiante pour réduire les émissions de NH₃, N₂O et CH₄ d'une porcherie d'engraissement. *Journ. Rech. Porc.* 56, 395–400. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2024/environnement/env01.pdf>
- Guy, J.H., Rowlinson, P., Chadwick, J.P., Ellis, M., 2002. Behaviour of two genotypes of growing–finishing pig in three different housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 75, 193–206. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(01\)00197-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(01)00197-6)
- Harley, S., More, S.J., O'Connell, N.E., Hanlon, A., Teixeira, D., Boyle, L., 2012. Evaluating the prevalence of tail biting and carcass condemnations in slaughter pigs in the Republic and Northern Ireland, and the potential of abattoir meat inspection as a welfare surveillance tool. *Vet. Rec.* 171, 621–621. <https://doi.org/10.1136/vr.100986>
- Henry, M., Jansen, H., Amezcua, M. del R., O'Sullivan, T.L., Niel, L., Shoveller, A.K., Friendship, R.M., 2021. Tail-Biting in Pigs: A Scoping Review. *Animals* 11, 2002. <https://doi.org/10.3390/ani11072002>
- Herskin, M., Jensen, K., Thodberg, K., 1999. Influence of environmental stimuli on nursing and suckling behaviour in domestic sows and piglets. *Anim. Sci.* 68, 27–34. <https://doi.org/10.1017/S1357729800050049>
- Holm, L., Jensen, M., Pedersen, L., Ladewig, J., 2008. The importance of a food feedback in rooting materials for pigs measured by double demand curves with and without a common scaling factor. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 111, 68–84. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.05.013>
- Horback, K., McVey, C., Pierdon, M., 2021. Association patterns across multiple gestation cycles within a dynamic sow pen. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 242. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105426>
- Hörning, B., 2007. Floor type, in: Velarde, A., Geers, R. (Eds.), *On Farm Monitoring of Pig Welfare*. Brill | Wageningen Academic, pp. 135–139. https://doi.org/10.3920/9789086865918_022
- Hötzel, M., Lopes, E., de Oliveira, P., Guidoni, A., 2009. Behaviour and performance of pigs finished on deep bedding with wood shavings or rice husks in summer. *Anim. Welf.* 18, 65–71. <https://doi.org/10.1017/S0962728600000075>
- Hukkinen, V.M., Munsterhjelm, C., Kurtti, M., Immonen, N., Valros, A., 2024. Impact of farrowing system and prepartum nest-building material on nest-building behaviour and farrowing in sows. *Animal* 18, 101183. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101183>
- Hunter, E.J., Jones, T.A., Guise, H.J., Penny, R.H.C., Hoste, S., 2001. The Relationship Between Tail Biting in Pigs, Docking Procedure and Other Management Practices. *Vet. J.* 161, 72–79. <https://doi.org/10.1053/tvjl.2000.0520>
- Huynh, T., Aarnink, A., Spoolder, H., Verstegen, M. W. A., Kemp, B., 2004. Effects of floor cooling during high ambient temperatures on the lying behavior and productivity of growing finishing pigs. *Trans. ASAE* 47, 1773–1782. <https://doi.org/10.13031/2013.17620>
- IFIP, 2019a. Fiche conseil “Porciséanté bâtiments et équipements” n°7 : Fondamentaux sur l'ambiance. https://ifip.asso.fr/app/uploads/2022/10/porci_bat-sept2022.zip
- IFIP, 2019b. Fiche conseil “Porciséanté bâtiments et équipements” n°2 : Elevage sur paille : quelques points clés. https://ifip.asso.fr/app/uploads/2022/10/porci_bat-sept2022.zip
- INERIS, 2018. Etat de l'art relatif aux meilleures techniques disponibles - Réduction des émissions d'ammoniac au niveau du stockage de lisier porcin dans les bâtiments (No. INERIS-DRC-17-163622-11651A). <https://www.maisonbleue.fr/sites/default/files/webmaster/02-pdf/Rapport%20INERIS-%20MEILLEURES%20TECHNIQUES%20DISPONIBLES%20AU%20NIVEAU%20DU%20STOCKAGE%20DE%20LISIER%20PORCIN%20DRC-17-163622-11651A.pdf>
- Jean-Blain, C., 2002. Introduction à la nutrition des animaux domestiques, EMI. ed, Tec & Doc.
- Jensen, M.B., Herskin, M.S., Forkman, B., Pedersen, L.J., 2015. Effect of increasing amounts of straw on pigs' explorative behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 171, 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.08.035>

- Jensen, M.B., Studnitz, M., Halekoh, U., Pedersen, L.J., Jørgensen, E., 2008. Pigs' preferences for rooting materials measured in a three-choice maze-test. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 112, 270–283. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.07.012>
- Jensen, P., 1989. Nest site choice and nest building of free-ranging domestic pigs due to farrow. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 22, 13–21. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(89\)90076-2](https://doi.org/10.1016/0168-1591(89)90076-2)
- Jeppsson, K., Olsson, A., Nasirahmadi, A., 2021. Increased air velocity in the lying area improves pen hygiene and reduces ammonia emissions from houses with partly slatted pens for growing/finishing pigs. *Livest. Sci.* 251, 104607. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104607>
- Jørgensen, B., 2003. Influence of floor type and stocking density on leg weakness, osteochondrosis and claw disorders in slaughter pigs. *Anim. Sci.* 77, 439–449. <https://doi.org/10.1017/S1357729800054382>
- Kelly, H.R.C., Bruce, J.M., English, P.R., Fowler, V.R., Edwards, S.A., 2000. Behaviour of 3-week weaned pigs in Straw-Flow®, deep straw and flatdeck housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 68, 269–280. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00109-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00109-X)
- Kemppainen, E., 1987. Ammonia binding capacity of peat, straw, sawdust and cutter shavings. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/471600>
- KilBride, A., Gillman, C., Green, L., 2009a. A cross-sectional study of the prevalence of lameness in finishing pigs, gilts and pregnant sows and associations with limb lesions and floor types on commercial farms in England. *Anim. Welf.* 18, 215–224. <https://doi.org/10.1017/S096272860000464>
- Kilbride, A., Gillman, C., Ossent, P., Green, L., 2009b. Impact of flooring on the health and welfare of pigs. *In Pract.* 31, 390–395. <https://doi.org/10.1136/inpract.31.8.390>
- Kirkden, R.D., Broom, D.M., Andersen, I.L., 2013. INVITED REVIEW: Piglet mortality: Management solutions. *J. Anim. Sci.* 91, 3361–3389. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5637>
- Lagadec, S., Landrain, B., Landrain, P., Ramonet, Y., Hassouna, M., Robin, P., 2013. Emissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre en engraissement de porcs sur litière. https://bretagne.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Bretagne/PDF/Elevage/Porcs/Emissions_d_ammoniac_et_de_gaz_a_effet_de_serre_en_engraissement_de_porcs_sur_litiere.pdf
- Lagoda, M.E., Boyle, L.A., Marchewka, J., Calderón Díaz, J.A., 2021. Mixing aggression intensity is associated with age at first service and floor type during gestation, with implications for sow reproductive performance. *Animal* 15, 100158. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100158>
- Lahrmann, H.P., Hansen, C.F., D'Eath, R.B., Busch, M.E., Nielsen, J.P., Forkman, B., 2018. Early intervention with enrichment can prevent tail biting outbreaks in weaner pigs. *Livest. Sci.* 214, 272–277. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.06.010>
- Lahrmann, H.P., Oxholm, L.C., Steinmetz, H., Nielsen, M.B.F., D'Eath, R.B., 2015. The effect of long or chopped straw on pig behaviour. *Animal* 9, 862–870. <https://doi.org/10.1017/S1751731114003024>
- Larsen, M.L.V., Bertelsen, M., Pedersen, L.J., 2019. Pen Fouling in Finisher Pigs: Changes in the Lying Pattern and Pen Temperature Prior to Fouling. *Front. Vet. Sci.* 6. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00118>
- Larsen, M.L.V., Bertelsen, M., Pedersen, L.J., 2018. Review: Factors affecting fouling in conventional pens for slaughter pigs. *ANIMAL* 12, 322–328. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001586>
- Lawrence, A.B., Terlouw, E.M.C., 1993. A review of behavioral factors involved in the development and continued performance of stereotypic behaviors in pigs. *J. Anim. Sci.* 71, 2815–2825. <https://doi.org/10.2527/1993.71102815x>
- Leeb, B., Leeb, C., Troxler, J., Schuh, M., 2001. Skin Lesions and Callosities in Group-Housed Pregnant Sows: Animal-Related Welfare Indicators. *Acta Agric. Scand. Sect. Anim. Sci.* 51, 82–87. <https://doi.org/10.1080/090647001316923126>
- Lewis, E., Boyle, L.A., O'Doherty, J.V., Brophy, P., Lynch, P.B., 2005. The Effect of Floor Type in Farrowing Crates on Piglet Welfare. *Ir. J. Agric. Food Res.* 44, 69–81. <http://www.jstor.org/stable/25562533>

- Lewis, E., Boyle, L.A., O'Doherty, J.V., Lynch, P.B., Brophy, P., 2006. The effect of providing shredded paper or ropes to piglets in farrowing crates on their behaviour and health and the behaviour and health of their dams. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 96, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.04.015>
- Li, D., Zhang, K., Li, Z., Chen, Y., 2020. A Spatiotemporal Convolutional Network for Multi-Behavior Recognition of Pigs. *Sensors* 20, 2381. <https://doi.org/10.3390/s20082381>
- Loussarn, A., Lagadec, S., Robin, P., Hassouna, M., 2014. Raclage en « V » : bilan environnemental et zootechnique lors de sept années de fonctionnement à Guernévez. *Journ. Rech. Porc.* 46, 199–204. https://www.maisonbleue.fr/sites/default/files/webmaster/02-pdf/telechargement/raclage_en_v_bilan_environmental_et_zootechnique_station_de_guernevez_-_2014%20%281%29.pdf
- Lyons, C.A.P., Bruce, J.M., Fowler, V.R., English, P.R., 1995. A comparison of productivity and welfare of growing pigs in four intensive systems. *Livest. Prod. Sci.* 43, 265–274. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(95\)00050-U](https://doi.org/10.1016/0301-6226(95)00050-U)
- Madsen, A., 1980. Environmental influence on health of bacon pigs. *Proceedings IPVS, Copenhagen.* <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:68773291>
- Marcon, M., 2016. Les porcs ne manquent pas d'air. *Tech Porc* 31, 24–25. <https://docs.ifip.asso.fr/pro/ils/DigitalCollection/DigitalCollectionAttachmentDownloadHandler.aspx?parentDocumentId=34794&documentId=39926>
- Markland, M.L., Gaskill, B.N., Johnson, J.S., Lay, D.C., 2020. PSI-16 Investigation of Jute to Stimulate Sow Nesting Behavior in Farrowing Crates. *J. Anim. Sci.* 98, 267. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa278.481>
- Martin-Houssart, G., 2010. Les bâtiments d'élevage porcin entre 2001 et 2008 - Les exploitations porcines aux normes européennes. *Agreste Primeur* 253 <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/Pri253/primeur253.pdf>
- Matlova, L., Dvorska, L., Ayele, W.Y., Bartos, M., Amemori, T., Pavlik, I., 2005. Distribution of Mycobacterium avium Complex Isolates in Tissue Samples of Pigs Fed Peat Naturally Contaminated with Mycobacteria as a Supplement. *J. Clin. Microbiol.* 43, 1261–1268. <https://doi.org/10.1128/jcm.43.3.1261-1268.2005>
- Merlot, E., Meunier-Salaun, M.-C., Peuteman, B., Pere, M.-C., Louveau, I., Perruchot, M.-H., Prunier, A., Gardan-Salmon, D., Gondret, F., Quesnel, H., 2022. Improving maternal welfare during gestation has positive outcomes on neonatal survival and modulates offspring immune response in pigs. *Physiol. Behav.* 249, 113751. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2022.113751>
- Meunier-Salaun, M. C., Bolhuis, J. E., 2014. 5. High-Fibre feeding in gestation, in: *The Gestating and Lactating Sow.* Wageningen Academic Publishers, pp. 95–116. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-803-2_5
- Meunier-Salaun, M.C., Bizeray, D., Colson, V., Courboulay, V., Lensink, J., Prunier, A., Remience, V., Vandenheede, M., 2007. Bien-être et élevage des porcs. *INRAE Prod. Anim.* 20, 73–80. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2007.20.1.3438>
- Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2020. Arrêté du 17 novembre 2021 modifiant l'arrêté du 24 février 2020 modifiant l'arrêté du 16 janvier 2003 établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs.
- Moinard, C., Mendl, M., Nicol, C.J., Green, L.E., 2003. A case control study of on-farm risk factors for tail biting in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81, 333–355. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00276-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00276-9)
- Morgan, C.A., Deans, L.A., Lawrence, A.B., Nielsen, B.L., 1998. The effects of straw bedding on the feeding and social behaviour of growing pigs fed by means of single-space feeders. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 58, 23–33. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(97\)00141-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(97)00141-X)
- Mormède, P., Foury, A., Meunier-Salaun, M.-C., 2006. Bien-être du porc : le point de vue de l'animal, approches biologiques et comportementales. *Bull. Académie Vét. Fr.* 159, 191–204. <https://doi.org/10.4267/2042/47833>
- Morrison, R.S., Johnston, L.J., Hilbrands, A.M., 2007. The behaviour, welfare, growth performance and meat quality of pigs housed in a deep-litter, large group housing system compared to a

- conventional confinement system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 103, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.04.002>
- Mouttotou, N., Green, L.E., Hatchell, F.M., 1998. Adventitious bursitis of the hock in finishing pigs: prevalence, distribution and association with floor type and foot lesions. *Vet. Rec.* 142, 109–114. <https://doi.org/10.1136/vr.142.5.109>
- Mouttotou, N., Hatchell, F.M., Green, L.E., 1999. Prevalence and risk factors associated with adventitious bursitis in live growing and finishing pigs in south-west England. *Prev. Vet. Med.* 39, 39–52. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(98\)00141-X](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(98)00141-X)
- Munsterhjelm, C., Heinonen, M., Valros, A., 2015. Application of the Welfare Quality® animal welfare assessment system in Finnish pig production, part II: Associations between animal-based and environmental measures of welfare. *Anim. Welf.* 24, 161–172. <https://doi.org/10.7120/09627286.24.2.161>
- Munsterhjelm, C., Peltoniemi, O.A.T., Heinonen, M., Hälli, O., Karhapää, M., Valros, A., 2009. Experience of moderate bedding affects behaviour of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 118, 42–53. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.01.007>
- Nannoni, E., Aarnink, A.J.A., Vermeer, H.M., Reimert, I., Fels, M., Bracke, M.B.M., 2020. Soiling of Pig Pens: A Review of Eliminative Behaviour. *Animal* 10, 2025. <https://doi.org/10.3390/ani10112025>
- Näslund, J., Johnsson, J.I., 2016. Environmental enrichment for fish in captive environments: effects of physical structures and substrates. *Fish & Fisheries* 17, 1–30. <https://doi.org/10.1111/faf.12088>
- Newberry, R.C., 1995. Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 44, 229–243. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00616-Z](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00616-Z)
- Nielsen, B.L., Lawrence, A.B., Whittemore, C.T., 1995. Effect of group size on feeding behaviour, social behaviour, and performance of growing pigs using single-space feeders. *Livest. Prod. Sci.* 44, 73–85. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(95\)00060-X](https://doi.org/10.1016/0301-6226(95)00060-X)
- Nielsen, E.O., Hassing, A.G., Wachmann, H., Baekbo, P., Petersen, H.H., Nielsen, J.P., 2002. Associations between housing system, management and lameness in slaughter pigs. In: . Ames, Iowa, USA, 2-5 June 2002, in: 17th International Pig Veterinary Society Congress. Ames, Iowa, USA. <https://researchprofiles.ku.dk/en/publications/associations-between-housing-system-management-and-lameness-in-sl>
- Nollet, N.D., Maes, D., De Zutter, L., Duchateau, L., Houf, K., Huysmans, K., Imberechts, H., Geers, R., de Kruif, A., Van Hoof, J., 2004. Risk factors for the herd-level bacteriologic prevalence of Salmonella in Belgian slaughter pigs. *Prev. Vet. Med.* 65, 63–75. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2004.06.009>
- Ocepek, M., Andersen, I.L., 2022. The Effects of Pen Size and Design, Bedding, Rooting Material and Ambient Factors on Pen and Pig Cleanliness and Air Quality in Fattening Pig Houses. *Animals* 12. <https://doi.org/10.3390/ani12121580>
- Paboeuf, F., Gautier, M., Cariolet, R., Ramonet, Y., Dourmad, J.-Y., 2009. Effet de la surface, de la nature du sol et du mode d'alimentation sur les performances zootechniques et la production d'effluents des porcs en croissance. *Journ. Rech. Porc.* 209–216. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2009/conduite/be02.pdf>
- Pedersen, L.J., Herskin, M.S., Forkman, B., Halekoh, U., Kristensen, K.M., Jensen, M.B., 2014. How much is enough? The amount of straw necessary to satisfy pigs' need to perform exploratory behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 160, 46–55. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.08.008>
- Pedersen, L.J., Larsen, M.L.V., Malmkvist, J., 2016. The ability of different thermal aids to reduce hypothermia in neonatal piglets. *J. Anim. Sci.* 94, 2151–2159. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0219>
- Pedersen, L.J., Malmkvist, J., Andersen, H.M.L., 2015. Housing of sows during farrowing: a review on pen design, welfare and productivity, in: Aland, A., Banhazi, T. (Eds.), *Livestock Housing*. Brill | Wageningen Academic, pp. 93–112. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-771-4_05
- Phillips, Fraser, Pawluczuk, 1995. Effects of Cushioned Flooring on Piglet Leg Injuries. *Trans. ASAE* 38, 213–216. <https://doi.org/10.13031/2013.27832>
- Phillips, P.A., Pawluczuk, B., 1995. A floor overlay for reducing leg abrasion injuries on piglets. *Can. Agric. Eng.* https://library.csbe-scgab.ca/docs/journal/37/37_3_231_ocr.pdf

- Pouteaux, V.A., Christison, G.I., Stricklin, W.R., 1983. Perforated-floor preference of weanling pigs. *Appl. Anim. Ethol.* 11, 19–23. [https://doi.org/10.1016/0304-3762\(83\)90075-5](https://doi.org/10.1016/0304-3762(83)90075-5)
- Prunier, A., Devillers, N., Herskin, M. s., Sandercock, D. a., Sinclair, A. r. I., Tallet, C., von Borell, E., 2019. 4. Husbandry interventions in suckling piglets, painful consequences and mitigation, in: *The Suckling and Weaned Piglet*. Wageningen Academic Publishers, pp. 107–138. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-894-0_4
- Ramonet, Y., Bertin, C., Kergoulay, F., Villain, N., 2018a. Truies libres en maternité. *Terra*. https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=103154
- Ramonet, Y., Bertin, C., Villain, N., Caille, M.-E., Dubois, A., Meunier-Salaün, M.-C., 2018b. Les truies libres en maternité: modalités de logement et de conduite, performances, conditions de travail et bien-être. *Chambres d'Agriculture de Bretagne*. <https://hal.science/hal-01985343>
- Ramonet, Y., Chiron, J., Etoire, F., Laval, A., Nielsen, B., Pol, F., Prunier, A., Meunier-Salaün, M.-C., 2017. Abreuvement des porcs : état des connaissances et conséquences sur le bien-être des animaux et la gestion des effluents chez des porcs alimentés en soupe. *Journ. Rech. Porc.* 49, 139–150. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2017/bienetre/B03.pdf>
- Ramonet, Y., Le Gac, M., Giteau, J.L., 2015. Typologie des exploitations qui détiennent des porcs sur litière en Bretagne. https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=172312
- Ramonet, Y., Villain, N., 2021. Élevage de porcs à queue entière sur litière. Effet de la génétique mâle Duroc et Piétrain sur les performances et l'état des queues, *Chambres d'agriculture de Bretagne*. ed. <https://www.researchgate.net/publication/350545570>
- Rantzer, D., Svendsen, J., 2001. Slatted versus Solid Floors in the Dung Area: Comparison of Pig Production System (Moved versus not Moved) and Effects on Hygiene and Pig Performance, Weaning to Four Weeks after Weaning. *Acta Agric Scand Sect Anim. Sci* 51, 175–183. <https://doi.org/10.1080/09064700120126>
- Rault, J.-L., 2019. Be kind to others: Prosocial behaviours and their implications for animal welfare. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 210, 113–123. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.10.015>
- Réussir Porc, 2024. Effet limité des tapis en gestation sur les troubles locomoteurs des truies [WWW Document], 2019. URL <https://www.reussir.fr/porc/effet-limite-des-tapis-en-gestation-sur-les-troubles-locomoteurs> (consulté le 18/09/24).
- Riedel, A., Pieper, L., Lautner, M., Leiding, C., Jung, M., Schulze, M., 2024. Influence of deep-litter bedding materials on environmental and welfare-related factors in boar studs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 273, 106215. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2024.106215>
- RMT Elevage et Environnement, 2019. Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage. Fiche P12 Logement sur litière. <https://www.rmtelevagesenvironnement.org/docs/fiches/gbpee/porc/p-fiche-12.pdf>
- Roepstorff, A., Jorsal, S.E., 1990. Relationship of the prevalence of swine helminths to management practices and anthelmintic treatment in Danish sow herds. *Vet. Parasitol.* 36, 245–257. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(90\)90036-B](https://doi.org/10.1016/0304-4017(90)90036-B)
- Rosvold, E.M., Andersen, I.-L., 2019. Straw vs. peat as nest-building material – The impact on farrowing duration and piglet mortality in loose-housed sows. *Livest. Sci.* 229, 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.05.014>
- Rosvold, E.M., Newberry, R.C., Andersen, I.L., 2019. Early mother-young interactions in domestic sows – Nest-building material increases maternal investment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 219, 104837. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.104837>
- Rosvold, E.M., Newberry, R.C., Framstad, T., Andersen, I.-L., 2018. Nest-building behaviour and activity budgets of sows provided with different materials. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 200, 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.12.003>
- Rousseliere, Y., 2024. Evolution des coûts à la place et des bâtiments porcins entre 2015 et 2023. Poster présenté au Colloque BOW, Rennes. <https://ifip.asso.fr/documentations/46165-evolution-des-couts-a-la-place-et-des-batiments-porcins-entre-2015-et-2023/>
- Ruckli, A. K., Hörtenhuber, S., Dippel, S., Ferrari, P., Gebaska, M., Heinonen, M., Helmerichs, J., Hubbard, C., Spooler, H., Valros, A., Winckler, C., Leeb, C., 2024. Access to bedding and

- outdoor runs for growing-finishing pigs: is it possible to improve welfare without increasing environmental impacts? *Animal* 18, 101155. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101155>
- Ruckli, A.K., Hörtenhuber, S., Dippel, S., Ferrari, P., Gebaska, M., Heinonen, M., Helmerichs, J., Hubbard, C., Spoolder, H., Valros, A., Winckler, C., Leeb, C., 2024. Access to bedding and outdoor runs for growing-finishing pigs: is it possible to improve welfare without increasing environmental impacts? *Animal* 18, 101155. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101155>
- Salaün, C., Callarec, J., Toudic, M., 2002. Effet du type de sol sur le bien-être des truies gestantes en groupe alimentées au Distributeur Automatique de Concentré (DAC). *Journ. Rech. Porc.* 34, 216–223. <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2002/02txtBienetre/BE0203.pdf>
- Savary, P., Hauser, R., Wechsle, B., 2008. Emploi de tapis en plastique dans l'aire de repos des porcs à l'engrais - Effets positifs sur le comportement des animaux au repos ainsi que sur les dommages constatés sur leurs membres (No. 684), Rapports ART. Département fédéral de l'économie, Confédération suisse. <https://ira.agroscope.ch/en-US/publication/17838>
- Schaefer, A.L., Salomons, M.O., Tong, A.K.W., Sather, A.P., Lepage, P., 1990. The effect of environment enrichment on aggression in newly weaned pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 27, 41–52. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90006-Y](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90006-Y)
- Scollo, A., Contiero, B., Gottardo, F., 2016. Frequency of tail lesions and risk factors for tail biting in heavy pig production from weaning to 170 kg live weight. *Vet. J.* 207, 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.10.056>
- Scollo, A., Di Martino, G., Bonfanti, L., Stefani, A.L., Schiavon, E., Marangon, S., Gottardo, F., 2013. Tail docking and the rearing of heavy pigs: the role played by gender and the presence of straw in the control of tail biting. Blood parameters, behaviour and skin lesions. *Res. Vet. Sci.* 95, 825–830. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.06.019>
- Scott, K., Chennells, D.J., Campbell, F., Hunt, B., Armstrong, D., Taylor, L., Gill, B., Edwards, S., 2006. The welfare of finishing pigs in two contrasting housing systems: Fully-slatted versus straw-bedded accommodation. *Livest. Sci.* 103, 104–115. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.01.008>
- Scott, K., Taylor, L., Gill, B.P., Edwards, S.A., 2007. Influence of different types of environmental enrichment on the behaviour of finishing pigs in two different housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 105, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.042>
- Skjerve, E., Lium, B., Nielsen, B., Nesbakken, T., 1998. Control of *Yersinia enterocolitica* in pigs at herd level. *Int. J. Food Microbiol.* 45, 195–203. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(98\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(98)00162-7)
- Spoolder, H., 2002. Pens for finishing pigs with 60% solid floor area. Wageningen U R. <https://edepot.wur.nl/34313>
- Spoolder, H., Bracke, M., Mueller-Graf, C., Edwards, S., 2011. Preparatory work for the future development of animal based measures for assessing the welfare of pig - Report 2: Preparatory work for the future development of animal based measures for assessing the welfare of weaned, growing and fattening pigs including aspects related to space allowance, floor types, tail biting and need for tail docking. EFSA Support. Publ. 8. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2011.EN-181>
- Spoolder, H.A.M., Edwards, S.A., Corning, S., 2000. Legislative methods for specifying stocking density and consequences for the welfare of finishing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 64, 167–173. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00152-9](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00152-9)
- SRDP Farm Advisory Service, 2024. Alternative Bedding Materials. <https://www.fas.scot/downloads/alternative-bedding-materials/>
- Stolba, A., Wood-Gush, D.G.M., 1989. The behaviour of pigs in a semi-natural environment. *Anim. Sci.* 48, 419–425. <https://doi.org/10.1017/S0003356100040411>
- Studnitz, M., Jensen, M.B., Pedersen, L.J., 2007. Why do pigs root and in what will they root?: A review on the exploratory behaviour of pigs in relation to environmental enrichment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 107, 183–197. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.11.013>
- Swan, K.-M., Peltoniemi, O.A.T., Munsterhjelm, C., Valros, A., 2018. Comparison of nest-building materials in farrowing crates. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 203, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.02.008>

- Tallet, C., Rakotomahandry, M., Herlemont, S., Prunier, A., 2019. Evidence of Pain, Stress, and Fear of Humans During Tail Docking and the Next Four Weeks in Piglets (*Sus scrofa domesticus*). *Front. Vet. Sci.* 6, 462. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00462>
- Taylor, P.S., Schrobback, P., Verdon, M., Lee, C., 2023. An effective environmental enrichment framework for the continual improvement of production animal welfare. *Anim. Welf.* 32, e14. <https://doi.org/10.1017/awf.2023.5>
- Telkänranta, H., Bracke, M.B.M., Valros, A., 2014. Fresh wood reduces tail and ear biting and increases exploratory behaviour in finishing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 161, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.09.007>
- Temple, D., Courboulay, V., Velarde, A., Dalmau, A., Manteca, X., 2012. The welfare of growing pigs in five different production systems in France and Spain: assessment of health. *Anim. Welf.* 21, 257–271. <https://doi.org/10.7120/09627286.21.2.257>
- Trickett, S.L., Guy, J.H., Edwards, S.A., 2009. The role of novelty in environmental enrichment for the weaned pig. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 116, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.07.007>
- Tuytens, F.A.M., 2005. The importance of straw for pig and cattle welfare: A review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 92(3), 261–282. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.05.007>
- Valros, A., 2022. Review: The tale of the Finnish pig tail - how to manage non-docked pigs? *Animal* 16. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100353>
- Valros, A., Munsterhjelm, C., Hänninen, L., Kauppinen, T., Heinonen, M., 2016. Managing undocked pigs – on-farm prevention of tail biting and attitudes towards tail biting and docking. *Porc. Health Manag.* 2, 2. <https://doi.org/10.1186/s40813-016-0020-7>
- Valros, A., Välimäki, E., Nordgren, H., Vugts, J., Fàbrega, E., Heinonen, M., 2020. Intact Tails as a Welfare Indicator in Finishing Pigs? Scoring of Tail Lesions and Defining Intact Tails in Undocked Pigs at the Abattoir. *Front. Vet. Sci.* 7, 405. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00405>
- Van de Weerd, H.A., Day, J.E.L., 2009. A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 116, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.08.001>
- Van de Weerd, H.A., Docking, C.M., Day, J.E.L., Avery, P.J., Edwards, S.A., 2003. A systematic approach towards developing environmental enrichment for pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 84, 101–118. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(03\)00150-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(03)00150-3)
- Van de Weerd, H.A., Docking, C.M., Day, J.E.L., Breuer, K., Edwards, S.A., 2006. Effects of species-relevant environmental enrichment on the behaviour and productivity of finishing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 99, 230–247. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.10.014>
- Van Grevenhof, E.M., Ott, S., Hazeleger, W., van Weeren, P.R., Bijma, P., Kemp, B., 2011. The effects of housing system and feeding level on the joint-specific prevalence of osteochondrosis in fattening pigs. *Livest. Sci.* 135, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.010>
- Van Putten, G.V., 1980. Objective observations on the behaviour of fattening pigs. *Anim. Regul. Stud.* 3.
- Van Staaveren, N., Boyle, L.A., Manzanilla, E.G., O'Driscoll, K., Shalloo, L., Díaz, J.A.C., 2021. Severe tail lesions in finisher pigs are associated with reduction in annual profit in farrow-to-finish pig farms. *Vet. Rec.* 188, e13. <https://doi.org/10.1002/vetr.13>
- Vanheukelom, V., Driessen, B., Geers, R., 2012. The effects of environmental enrichment on the behaviour of suckling piglets and lactating sows: A review. *Livest. Sci.* 143, 116–131. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.10.002>
- Veissier, I., Lesimple, C., Brunet, V., Aubé, L., Botreau, R., 2024. Review: Rethinking environmental enrichment as providing opportunities to acquire information. *Animal* 18, 101251. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101251>
- Vermeij, I., Enting, J., Spoolder, H. a. M., 2009. Effect of slatted and solid floors and permeability of floors in pig houses on environment, animal welfare and health and food safety: a review of literature. *Animal Sciences Group*. <https://edepot.wur.nl/1600>
- Wachenfelt, H. von, Pinzke, S., Nilsson, C., Olsson, O., Ehlorsson, C.-J., 2008. Gait analysis of unprovoked pig gait on clean and fouled concrete surfaces. *Biosyst. Eng.* 101, 376–382. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.09.002>

- Wallgren, T., Gunnarson, S., 2022. Implementation of Straw Racks in Commercial Pig Housing-Impact on Straw Availability and Pig Behaviour. *Agric.-BASEL* 12, 5. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010005>
- Wallgren, T., Larsen, A., Lundeheim, N., Westin, R., Gunnarsson, S., 2019. Implication and impact of straw provision on behaviour, lesions and pen hygiene on commercial farms rearing undocked pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 210, 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.10.013>
- Wallgren, T., Lundeheim, N., Gunnarsson, S., 2020. Impact of amount of straw on pig and pen hygiene in partly slatted flooring systems. *BMC Vet. Res.* 16, 377. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02594-y>
- Welfarm, 2015. Des porcs, des élevages, des litières - Des éleveurs témoignent. <https://objectif-litiere.fr/wp-content/uploads/2015/06/guide-porcs-welfarm-2015.pdf>
- Westin, R., Holmgren, N., Mattsson, B., Algiers, B., 2013. Throughput capacity of large quantities of chopped straw in partly slatted farrowing pens for loose housed sows. *Acta Agric. Scand. Sect. - Anim. Sci.* 63, 18–27. <https://doi.org/10.1080/09064702.2013.780633>
- Wood-Gush, D.G.M., Beilharz, R.G., 1983. The enrichment of a bare environment for animals in confined conditions. *Appl. Anim. Ethol.* 10, 209–217. [https://doi.org/10.1016/0304-3762\(83\)90142-6](https://doi.org/10.1016/0304-3762(83)90142-6)
- Wood-Gush, D.G.M., Vestergaard, K., 1991. The seeking of novelty and its relation to play. *Anim. Behav.* 42, 599–606. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(05\)80243-X](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80243-X)
- Young, C., 2019. Agonistic Behavior, in: Vonk, J., Shackelford, T. (Eds.), *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*. Springer, Cham, pp. 1–6. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47829-6_320-1
- Yun, J., Swan, K.-M., Farmer, C., Oliviero, C., Peltoniemi, O., Valros, A., 2014. Prepartum nest-building has an impact on postpartum nursing performance and maternal behaviour in early lactating sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 160, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.08.011>
- Yun, J., Valros, A., 2015. Benefits of Prepartum Nest-building Behaviour on Parturition and Lactation in Sows - A Review. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 28, 1519–1524. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0174>
- Zonderland, J.J., Wolthuis-Fillerup, M., van Reenen, C.G., Bracke, M.B.M., Kemp, B., Hartog, L.A. den, Spoolder, H.A.M., 2008. Prevention and treatment of tail biting in weaned piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 110, 269–281. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.04.005>
- Zwicker, B., Gygas, L., Wechsler, B., Weber, R., 2013. Short- and long-term effects of eight enrichment materials on the behaviour of finishing pigs fed ad libitum or restrictively. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 144, 31–38. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.11.007>
- Zwicker, B., Gygas, L., Wechsler, B., Weber, R., 2012. Influence of the accessibility of straw in racks on exploratory behaviour in finishing pigs. *Livest. Sci.* 148, 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.05.008>