



Intérêt d'un système de raclage à plat pour les émissions gazeuses, les performances, le bien-être et la santé des porcs en engraissement

Élise Pye

► To cite this version:

Élise Pye. Intérêt d'un système de raclage à plat pour les émissions gazeuses, les performances, le bien-être et la santé des porcs en engraissement. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02371682

HAL Id: dumas-02371682

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02371682>

Submitted on 20 Nov 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Année universitaire : 2018 - 2019 Spécialité : SIPA	Mémoire de fin d'études ☒ d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage ☐ de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage ☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)
---	---

Intérêt d'un système de raclage à plat pour les émissions gazeuses, les performances, le bien-être et la santé des porcs en engraissement

Par : Elise PYPE

Soutenu à Rennes le 06/09/2019

Devant le jury composé de :

Président : Yannick LE COZLER

Maître de stage : Anne-Laure BOULESTREAU-BOULAY

Enseignant référent : Justine FAURE

Autres membres du jury : Aude DUBOIS (co-encadrante)

Ludovic BROSSARD (rapporteur)

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation

« Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France »

disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



SOMMAIRE

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

INTRODUCTION..... 1

MATERIEL ET METHODES..... 3

Animaux et conduite 3

Bâtiments et équipements 4

Plan expérimental 4

Analyse des résultats 8

RESULTATS 9

Performances techniques 9

Mesures sur la santé respiratoire 9

Critères de bien-être 11

Mesures sur les émissions de gaz 12

DISCUSSION 13

CONCLUSION 20

BIBLIOGRAPHIE 21

ANNEXES 24

LISTE DES ABBREVIATIONS

APPI : Actinobacillus pleuropneumoniae index

BREF : Best available techniques reference documents

C : Carbone

CH₄ : Méthane

CMJ : Consommation moyenne journalière

CO₂ : Dioxyde de carbone

EFSA : European food safety authority

GMQ : Gain moyen quotidien

GTE : Gestion technico-économique

H₂O : Eau

IC : Indice de consommation

IED : Industrial emission directive

IFIP : Institut du porc

K : Potassium

MTD : Meilleures techniques disponibles

N : Azote

N₂O : Protoxyde d'azote

NH₃ : Ammoniac

ONG : Organisation non-gouvernementale

PDC : Pleurésie dorso-caudale

Ppm : Partie par million

RMT : Réseau mixte technologique

TMP : Taux de muscle des pièces

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan d'une salle d'engraissement

Figure 2 : Evolution du nombre d'éternuements des lots Témoin et Essai des bandes 2 et 3

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des contrôles abattoir

Tableau 2 : Résultats techniques des lots Témoins et Essai

Tableau 3 : Résultats des notations à l'abattoir pour les bandes 1 et 2

Tableau 4 : Comptage des toux et éternuements des salles Témoin et Essai de chaque bande

Tableau 5 : Notes de lésions et proportions de boiteries des porcs des lots Témoin et Essai

Tableau 6 : Notes sur 5 obtenues par les lots Témoin et Essai lors de l'audit TIBENA

Tableau 7 : Taux de recouvrement du phosphore (P) et du potassium (K) issus du bilan de masse du 07/01/2019 au 21/01/2019 pour la bande 1

Tableau 8 : Pertes d'azote gazeux estimées par le bilan de masse et l'analyseur du 07/01/2019 au 21/01/2019 pour la bande 1

Tableau 9 : Paramètres d'ambiance des salles Essai et Témoin de chaque bande

Tableau 10 : Effet de la fréquence de raclage sur les concentrations en NH_3 dans les salles et les émissions de NH_3

Tableau 11 : Comparaison des performances des porcs de l'essai avec la GTE régionale 2015 et avec les résultats de 7 bandes des Trinottières entre 2018 et 2019

Tableau 12 : Références pour les notations de lésions lors des contrôles en abattoir

Tableau 13 : Classement IFIP des notes de pneumonie et de rhinite en 3 groupes (*Corrigé, 2004*)

Tableau 14 : Grille d'interprétation IFIP des pourcentages de porcs indemnes de pneumonie ou rhinite et de porcs avec des lésions étendues de pneumonie ou rhinite (*Corrigé, 2004*)

Tableau 15 : Etendue des lésions de pneumonie et rhinite des salles Témoin et Essai de la bande 2 et de la référence Porvéo selon la grille IFIP, 2004

Tableau 16 : Références TIBENA du groupement Porvéo (*Porvéo, 2019*)

Tableau 17 : Comparaison des émissions moyennes de NH_3 des essais de Lagadec et al, 2016 et RACPAGE EVAL, 2019

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Description de 3 maladies respiratoires porcines et des facteurs de risque associés

Annexe 2 : Grille IFIP de notation des lésions respiratoires à l'abattoir (*Corrégé, 2004*)

Annexe 3 : Coupe transversale de groin pour la notation des lésions de rhinite à l'abattoir (*IFIP, 2004*)

Annexe 4 : Grille de notation des lésions de queues (*Courboulay, 2016*)

Annexe 5 : Grille adaptée de notation des lésions d'oreilles (*Mouchet, 2016*)

Annexe 6 : Grille de notation des boiteries (*Courboulay, 2008*)

Annexe 7 : Répartition des notes de pneumonie et de rhinite pour les porcs des lots Témoin et Essai

Annexe 8 : Exemple de notes attribuées en abattoir à des cas de pneumonie et pleurésie (*références internes CEVA*)

Annexe 9 : Exemple de notes attribuées en abattoir à des cas de rhinite (*images personnelles*)

Annexe 10 : Evolution du nombre de toux des porcs des bandes 2 et 3

Annexe 11 : Répartition des notes de lésions d'oreilles et de queue pour les porcs des lots Témoin et Essai lors des périodes de transition et de fin d'engraissement

Annexe 12 : Résultat de l'audit TIBENA des lots Témoin et Essai

Annexe 13 : Etendue des lésions de pneumonie et rhinite des porcs de la bande 1 et de la référence Porvéo selon la grille IFIP, 2004

Annexe 14 : Grille de notation des lésions de queue à l'abattoir (*Courboulay, 2018*)

Annexe 15 : Etat de propreté de la dalle réceptrice de paille dans une case avant l'arrivée des porcs et pendant l'engraissement

INTRODUCTION

La thématique de la qualité de l'air en élevage de porcs est un enjeu majeur qui est lié aux problématiques environnementales mais aussi aux aspects de santé et de bien-être des animaux et des travailleurs. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude.

La grande majorité des porcs français (95%) sont logés sur caillebotis, qu'il soit intégral ou partiel (*Lagadec et al, 2012*). Le lisier peut être soit évacué régulièrement, soit stocké en pré-fosse sous les animaux pendant l'engraissement, ce qui est fait dans la grande majorité des cas. Or, le porc est un animal très sensible aux modifications des facteurs d'ambiance tels que la concentration en gaz, l'humidité, la température et la vitesse d'air.

Les gaz produits lors du stockage du lisier sous caillebotis sont issus de la volatilisation du carbone et de l'azote contenus dans la matière organique. La réaction de transformation de l'urée, présente dans l'urine, en ammoniac et dioxyde de carbone, est catalysée par l'uréase, une enzyme synthétisée par les bactéries présentes dans les fèces. L'action de cette enzyme devient significative après deux heures de contact entre les urines et les déjections (*Dai et Karring, 2014*). Des gaz à effet de serre au fort pouvoir de réchauffement global sont aussi libérés, tels que le méthane (CH_4), produit en milieu anaérobie par des bactéries méthanogènes qui dégradent la matière organique, ou encore le protoxyde d'azote (N_2O), formé en très faible quantité par les micro-organismes au cours des processus de nitrification et dénitrification. Du dioxyde de carbone (CO_2) et de la vapeur d'eau (H_2O) issus de la respiration des animaux et des bactéries aérobies présentes dans le lisier sont aussi libérés. L'évacuation fréquente des déjections permet d'améliorer les conditions d'ambiance en réduisant la formation de gaz (*Landrain et al, 2009*) et d'odeurs (*Guingand, 2000*). Les performances de croissance des porcs peuvent également être augmentées (*Landrain et al, 2010 et Loussouarn et al, 2014*), ce qui implique une diminution des charges liées à l'alimentation, via une réduction de l'indice de consommation.

Outre les problématiques environnementales que la gestion des déjections soulève, les enjeux de santé et de bien-être animal qui en découlent sont également au premier plan des attentes sociétales. Evacuer régulièrement les déjections peut favoriser un meilleur état de santé des animaux, grâce notamment à des épisodes sanitaires plus courts (*Madec et al, 1990*). En effet, les micro-organismes présents dans les déjections animales peuvent survivre plusieurs semaines dans le lisier (*Strauch, 1987*). Une ambiance dégradée en bâtiment peut également favoriser les maladies respiratoires (Annexe 1). Celles-ci représentent un enjeu

majeur en élevage de porc puisque la diminution de l'usage d'antibiotiques en élevage est une attente sociétale forte. En cas de fortes concentrations en gaz par exemple, les cornets nasaux s'irritent, l'épithélium pulmonaire perd en partie son rôle de protection et les agents pathogènes (bactéries, virus) peuvent coloniser beaucoup plus facilement les organes respiratoires, même lorsqu'un vaccin a été réalisé. Ces maladies sont généralement responsables d'une diminution des performances zootechniques et peuvent entraîner des pertes économiques dues aux coûts des traitements, à l'augmentation du nombre de jours d'engraissement avant abattage et parfois à la mortalité des animaux (*Corrége, 2004*). L'intérêt d'une évacuation fréquente des déjections sur la santé respiratoire a déjà été démontré avec un système en « V » (*Landrain et al, 2009*). Une ambiance inadaptée peut aussi conduire à des troubles comportementaux tels que le cannibalisme, principalement au niveau de la queue (caudophagie), des oreilles et des flancs. La caudophagie est un problème majeur en élevage de porcs : entre 30 et 70% des exploitations porcines européennes seraient touchées (*EFSA, 2007*). Les performances zootechniques sont également diminuées et les pertes économiques non négligeables, dues aux soins et aux saisies partielles des animaux fortement mordus. Le nombre de porcs atteints au sein des élevages européens est variable selon les études, allant en moyenne de 1 à 5% (*Courboulay et Drouet, 2018*).

Le raclage à plat constitue une technique mécanique d'évacuation fréquente du lisier encore peu développée. Ce système est caractérisé par une lame (rabot), tirée par un câble, qui sort le lisier de la salle une à plusieurs fois par jour. Le raclage en V et les techniques hydrauliques avec liquide de chasse provenant du lisier, sont d'autres façons d'évacuer le lisier quotidiennement. Contrairement à la technique du raclage à plat, la méthode en V, bien que minoritaire face au stockage en pré-fosse, se développe fortement et a fait l'objet de nombreuses publications scientifiques. Les données sur l'efficacité du raclage à plat sont principalement attendues par des éleveurs qui souhaitent améliorer les conditions d'ambiance de leurs salles d'engraissement, sans pour autant atteindre les niveaux d'investissement du raclage en V. Ce dernier permettant l'export d'une partie des déjections, il est plutôt adapté aux exploitations qui présentent un plan d'épandage contraint. Cette étude doit aussi créer des références utilisables dans le cadre des meilleures techniques disponibles (MTD), listées dans le document de référence européen BREF, 2017 (Best available techniques reference documents). Ces MTD sont destinées aux élevages soumis à la directive IED (Industrial Emission Directive), qui doivent déclarer chaque année leurs émissions polluantes. Sont concernés les élevages de plus de 2000 places de porcs (de plus de 30 kg) ou de plus de 750

places de truies, ce qui représente une cinquantaine d'élevages en Pays de la Loire et quasiment 700 exploitations porcines à l'échelle française.

L'objectif du projet RACLAGÉ EVAL est d'étudier l'intérêt d'un système de raclage à plat, comparé à un lisier stocké, du point de vue des émissions gazeuses, des performances, de la santé respiratoire, et du bien-être des porcs en engraissement. Les salles témoins ont mimé un stockage du lisier en pré-fosse avec un seul raclage par jour sous le caillebotis, tandis que les salles essais ont été raclées toutes les deux heures, afin de prévenir la formation de l'ammoniac notamment.

MATERIEL ET METHODES

Animaux et conduites

3 lots consécutifs de 240 porcs à l'engrais ont fait l'objet d'un suivi dans le nouveau bâtiment d'engraissement de la station expérimentale des Trinottières (49). L'expérimentation s'est déroulée entre décembre 2018 et août 2019. Pour chaque lot, les porcs sont répartis dans deux salles d'engraissement identiques.

Les porcs étaient issus de truies croisées Large White x Landrace inséminées en Piértrain pur. Le meulage des dents, la caudectomie et la castration des porcelets ont été réalisés au cours de la première semaine de vie. Le sevrage a eu lieu au bout de 4 semaines et l'entrée en engraissement s'est faite à 8 semaines d'âge. Les porcelets issus du post-sevrage ont d'abord été conduits en double densité dans une seule salle, soit 240 porcs dans la salle. Puis, au bout de 15 jours, ils ont été répartis dans deux salles d'engraissement, en respectant un nombre de porcs, un poids moyen et un sex-ratio équivalents dans chaque salle. Le suivi a réellement commencé à partir de cette date. Les porcs âgés de 10 semaines étaient alors environ 120 par salle et pesaient en moyenne $28,0 \pm 5,1$ kg. La salle ayant accueilli les porcs en double densité correspond au témoin tandis que l'autre est la salle en essai. L'âge moyen d'abattage était de 176 ± 11 jours.

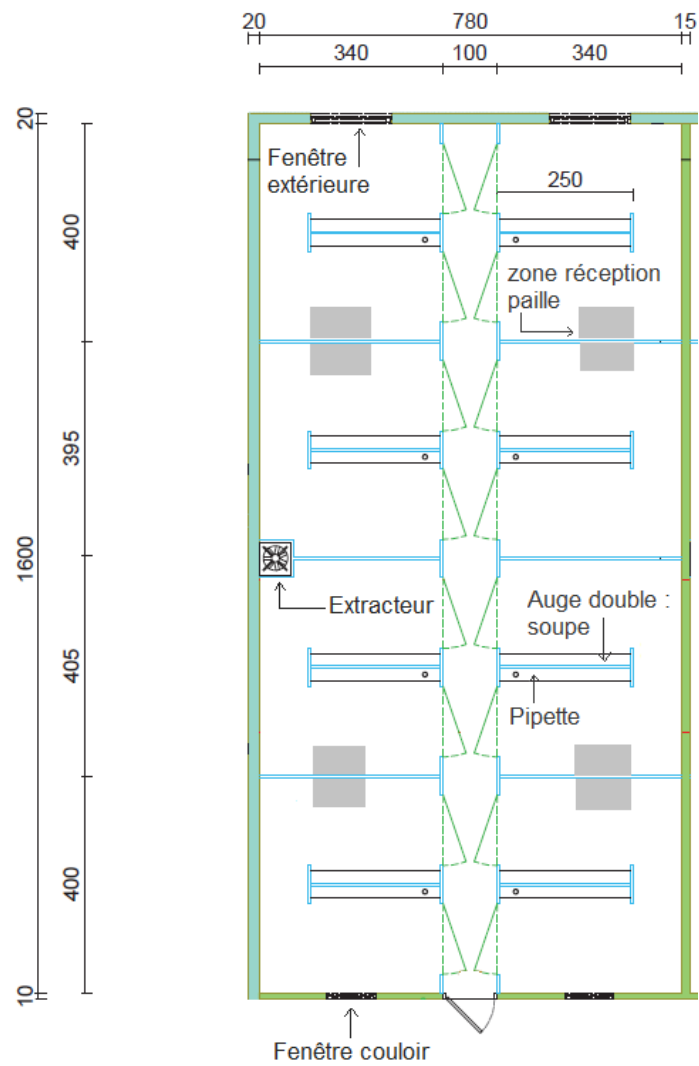


Figure 1 : Plan d'une salle d'engraissement aux Trinottières

Les chiffres sont donnés en centimètres.

Bâtiments et équipements

Les porcs d'une même bande sont logés dans deux salles contiguës et les salles aux extrémités du bâtiment sont exclues de l'essai. Chaque salle contient 8 cases de 15 places avec une surface de 0,82 m² par porc (Figure 1). Le sol du bâtiment est en caillebotis intégral. La ventilation est dynamique en dépression avec, dans chaque salle, une entrée d'air par 4 trappes reliées à une gaine centrale au plafond et une extraction basse sous le caillebotis. Le raclage se fait à plat et 4 racleurs par salle sont activés automatiquement pour amener le lisier en sortie de salle vers un racleur secondaire extérieur à la salle. L'alimentation est de type biphasé en soupe avec un système de distribution Spotmix® et 3 repas par jour : vers 4h, 9h30 et 17h. La distribution automatique de paille manipulable a été interrompue pour l'essai.

Plan expérimental

Dans la salle témoin, le raclage a lieu une fois par jour. Dans la salle en essai, le raclage est réalisé toutes les 2 heures de 7h à 19h, soit 7 raclages par jour. Dans les deux salles, la température et le niveau de ventilation ont été relevés en continu pendant l'engraissement, afin de vérifier que les salles possédaient les mêmes caractéristiques d'ambiance.

- Performances zootechniques :

Pour chaque lot, les gains de poids moyen quotidien (GMQ) et les indices de consommation (IC) ont été calculés sur trois périodes : entrée en engraissement-transition, transition-fin d'engraissement, entrée en engraissement-fin d'engraissement. Pour cela, les porcs des deux salles ont été pesés individuellement en entrée en engraissement (au moment du passage en simple densité), en milieu d'engraissement (transition) et une semaine avant le premier départ à l'abattoir (fin d'engraissement). Les consommations d'aliments et d'eau par cases ont également été relevées aux mêmes moments.

Les consommations individuelles d'aliments n'étaient pas disponibles et le poids de chaque animal n'a pas été relevé la veille du départ à l'abattoir. C'est pourquoi un IC, un GMQ et une consommation moyenne journalière (CMJ) par salle sur toute la période d'engraissement ont été estimés à partir des poids de carcasse froide par salle et du rendement théorique de 76,5% des carcasses à l'abattoir. Pour cela, les consommations d'aliments par salle sur l'engraissement entier, ainsi que les durées de présence totales des porcs dans chaque salle ont été relevées. Aucun écart-type ou test statistique ne sera proposé pour ces résultats zootechniques globaux puisque seules deux bandes ont pu être analysées.

Tableau 1 : Caractéristiques des contrôles abattoir

Maladie	Nombre de porcs observés	Grille de notation utilisée	Echelle d'observation	Critères d'observation	Note d'échelle	Note totale
Pneumonie	Lot entier	IFIP, 2004	Lobe pulmonaire	Etendue de la pneumonie (couleur rouge foncée et texture ferme)	6 lobes notés /4	/24
Pleurésie	Lot entier	IFIP, 2004	Poumon	Importance de l'adhésion à la carcasse (fibrine...)	Note /4	/4
Rhinite atrophique	30 par lot	IFIP, 2004	Volutes, cornet et cloison nasale	Remplissage par les volutes de l'espace nasal, lésion des cornets et déviation de la cloison nasale	4 volutes notées /4 et cloison notée /4	/20

Les pertes d'animaux ont été notées tout au long de la période d'engraissement avec la date et le poids de l'animal. Des photos d'autopsie des animaux morts ont également été prises afin de déterminer la cause la mort. Le taux de muscle des pièces (TMP) et le poids de carcasse ont été obtenus à partir des bordereaux d'abattage UNIPORC.

- Suivi sanitaire :

Les évènements cliniques (hernie, caudophagie...) ont été relevés pendant toute la durée de l'essai, ainsi que les traitements individuels effectués. Les porcs envoyés à l'infirmerie en cours d'engraissement ont été retirés de l'essai.

Les toux et éternuements ont été comptés 2 fois par semaine dans chaque salle, depuis la répartition des porcs en simple densité en engraissement, jusqu'au premier départ à l'abattoir. La mesure était réalisée après le repas de 9h. L'observateur faisait un aller-retour dans le couloir central de la salle pour mettre les animaux en activité puis il attendait 30 secondes que les porcs se calment avant de commencer le comptage pendant 3 minutes. Durant le comptage, l'observateur faisait des allers-retours dans le couloir central. Les quintes de toux ont été comptabilisées comme une toux unique. Le nombre de toux et d'éternuements pour 100 porcs par minute a ensuite été calculé pour chaque salle.

Des notations de pneumonie, pleurésie et rhinite atrophique ont été réalisées en abattoir pour chaque départ de porcs, soit 3 à 4 départs par bande (Tableau 1 et Annexe 2). La notation de rhinite a été obtenue après avoir scié les groins manuellement au niveau des premières prémolaires supérieures (Annexe 3). L'APPI (Actinobacillus Pleuropneumoniae Index) donne une idée de la prévalence et de gravité de la pleurésie dorso-caudale (PDC) sur les lots. Cet indice a été calculé selon la méthode du laboratoire CEVA : Nombre de poumons présentant une PDC/ nombre de poumons contrôlés * Note moyenne des poumons avec une PDC.

- Evaluation du bien-être :

Pour chaque lot, une évaluation TIBENA porc® a été réalisée en fin d'engraissement, soit 3 semaines avant le premier départ à l'abattoir. Il s'agit d'un outil d'évaluation du bien-être en élevage porcin, sous forme d'application smartphone réservée aux techniciens d'élevage, qui a été développée en 2015 par la coopérative Terrena en coopération avec l'ONG CIWF (Compassion In World Farming). TIBENA porc® comprend au total 90 indicateurs qui se déclinent en cinq thèmes: l'alimentation (stéréotypie, débit abreuvoirs ...), le confort (bursites, propreté des porcs, odeur NH₃, espace disponible ...), la santé (toux, éternuements,

lésions d'oreilles, mortalité, propreté des yeux...), la tranquillité (comportement agressif, test d'approche...) et le comportement (lésions des queues, exploration, alerte...). L'évaluation se fait en partie à l'échelle de la salle entière, dans le couloir, et en partie à l'échelle individuelle, à l'intérieur des cases. L'audit dure environ 45 minutes par salle.

Des notations des lésions de queues et d'oreilles ont également été réalisées individuellement et 2 fois pour chaque bande : lors de la transition et en fin d'engraissement. La grille de notation de Courboulay a été utilisée pour les queues (Courboulay, 2016) (Annexe 4) et une grille issue d'une thèse vétérinaire (Mouchet, 2016) a servi à noter les oreilles (Annexe 5). Des notations de boiteries (Courboulay, 2008) ont également eu lieu au moment de la transition et en fin d'engraissement (Annexe 6).

- Emissions gazeuses

Les concentrations en ammoniac (NH_3), protoxyde d'azote (N_2O), dioxyde de carbone (CO_2), méthane (CH_4) et en eau (H_2O) ont été relevées dans les deux salles par l'analyseur INNOVA 1412 Photoacoustic Field Gas Monitor. Nous nous intéresserons ici principalement au NH_3 . Cet appareil possède une sonde mesurant toutes les heures les concentrations en gaz de l'air extérieur (air entrant), une autre mesurant celles de l'air extrait dans la cheminée (air sortant) et une autre pour les concentrations dans l'air ambiant de la salle. Les émissions de gaz sont calculées à partir de la formule suivante :

Emission gaz (mg/h/porc) =

$$\begin{aligned} & \text{Gradient de concentration en gaz (mg/m}^3\text{)} * \text{Débit de ventilation (m}^3\text{/h/porc)} \\ & = (\text{Concentration en gaz de l'air sortant} * \text{Débit ventilation}) - (\text{Concentration en gaz de l'air} \\ & \quad \text{entrant} * \text{Débit de ventilation}) \end{aligned}$$

Seul le niveau de ventilation dans la salle (en %) est connu initialement. En effet, la température ambiante dans les salles et le niveau de ventilation ont été relevés toutes les heures pendant la durée de l'engraissement. Le débit de ventilation n'étant pas connu, il a donc été estimé grâce à un thermo-anémomètre à fil chaud. Cet appareil a permis de mesurer la vitesse de l'air (m.s^{-1}) à travers la surface de la cheminée (m^2), qui avait été auparavant estimée. Le débit d'air extrait de la salle ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) est obtenu en multipliant ces deux valeurs. Le résultat est ensuite converti en heures et ramené au nombre de porcs présents dans la salle, afin d'obtenir un débit en $\text{m}^3.\text{h}^{-1}.\text{porc}^{-1}$. Pour des niveaux de ventilation imposés, le débit

d'air extrait correspondant a donc été mesuré dans chaque salle, afin de créer une courbe d'étalonnage. Les émissions gazeuses sont quant à elles converties en g/j/porc.

Pour valider les résultats d'émissions gazeuses, des bilans de masse sur le carbone (C), l'azote (N) et l'eau (H₂O) ont été effectués. Ils sont basés sur la différence entre les entrées et les sorties de ces éléments dans chaque salle. L'exemple de l'N pris ci-dessous est également valable pour le C et l'H₂O :

Les entrées d'N comprennent les quantités d'N ingérées via l'alimentation et les quantités d'N retenues dans les carcasses en début de période de mesure. Les sorties correspondent aux quantités d'N contenues dans les déjections et aux quantités d'N retenues dans les carcasses en fin de période de mesure. La différence entre les entrées et les sorties équivaut aux quantités d'N volatilisées.

Soit, $N \text{ volatilisé} = N \text{ ingéré} + N \text{ retenu début période} - N \text{ excrété} - N \text{ retenu fin période}$

Ainsi, pour valider les mesures d'émissions gazeuses, la quantité d'N volatilisée sur la période de mesure doit être égale aux émissions cumulées de NH₃ et N₂O trouvées par l'analyseur sur cette même période. De même, la quantité de C volatilisée doit être égale aux émissions cumulées de CO₂ et CH₄. Et, la quantité de H₂O volatilisée doit être égale aux émissions de H₂O.

Une méthode précise a été suivie pour faire ces bilans. 2 périodes de mesure ont été effectuées par lot, l'engraissement entier ne pouvant être couvert puisque le matériel de mesure devait rester disponible pour d'autres études en cours. Chaque période de mesure durait 2 semaines : elle commençait par une pesée par case et se terminait par une autre pesée par case. En fin de période, des prélèvements de lisier étaient réalisés dans les 2 salles. Les porcs étaient âgés de 14 semaines en début de première période de mesure et ils consommaient un aliment croissance. Ils avaient 18 semaines en début de deuxième période de mesure et consommaient un aliment finition. Pour chaque période de mesure, les consommations d'eau et d'aliment ont été relevées dans chaque salle. De plus, des analyses en laboratoire ont permis de connaître la composition en eau, azote, carbone, phosphore et potassium des aliments utilisés dans la soupe. La rétention corporelle de ces éléments par les porcs a été calculée à partir des valeurs proposées par le RMT Elevage et Environnement en 2016. Le volume de lisier produit a été estimé à partir d'une simulation (*Rigolot et al, 2010*) prenant en compte de nombreux paramètres tels que l'IC, le taux de dilution de la soupe, la

digestibilité de la matière azotée et de la matière sèche par exemple. Des analyses en laboratoire ont permis de déterminer la composition du lisier de chaque salle en eau, carbone, azote, potassium et phosphore. Les prélèvements ont été effectués de la manière suivante : étant donné que chaque salle possède 4 racleurs, 4 bacs étaient disposés en sortie des racleurs pour récolter le lisier. Pour la salle en essai, 6 des 7 raclages journaliers ont fait l'objet d'un prélèvement de lisier à analyser. A chaque passage du racleur, un échantillon d'un litre était créé à partir d'un mélange des 4 bacs. Cette opération était réalisée en homogénéisant le lisier mais sans trop remuer afin d'éviter la volatilisation de l'azote au contact de l'air. A la fin de la journée, les six échantillons d'un litre étaient mélangés afin d'obtenir un litre représentatif des déjections de la journée. Pour la salle témoin, les 4 racleurs ne passaient qu'une fois dans la journée, à 8h. L'échantillon d'un litre de lisier représentatif était donc obtenu en réalisant un mélange des 4 bacs.

Les taux de recouvrement du phosphore (P) et du potassium (K) ont été utilisés pour valider le bilan de masse puisqu'il s'agit d'éléments non-volatils: la différence entre les entrées et les sorties doit être proche de zéro, soit un taux de recouvrement de 100%, mais un écart de 10% est accepté. On cherche donc à obtenir :

- 1) $P \text{ ingéré} + P \text{ retenu en début de période} = P \text{ excrété} + P \text{ retenu en fin de période}$
- 2) $K \text{ ingéré} + K \text{ retenu en début de période} = K \text{ excrété} + K \text{ retenu en fin de période}$

En parallèle de ces mesures, les concentrations en gaz étaient relevées en continu sur la période de mesure par l'analyseur INNONA 1412, ce qui a permis de comparer les résultats d'émissions cumulées issus de l'analyseur avec ceux obtenus par le bilan de masse. La mesure de l'analyseur est validée si l'écart entre ces deux résultats est inférieur à 30%.

Analyse des résultats

Les résultats ont été analysés grâce au logiciel statistique R. La normalité des données a été vérifiée grâce au test de Shapiro-Wilk. Dans le cas de données suivant une loi Normale et à variances égales, le T-Test de Student a été réalisé pour comparer les moyennes de deux lots. Dans le cas de données non-normales ou variances non-égales, le test de Wilcoxon a été choisi pour comparer les médianes. Pour mettre en parallèle des proportions, le test d'homogénéité du Khi-2 a été appliqué. La significativité de la p-value est précisée pour chaque test statistique (NS : non-significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$, *** : $p < 0,001$).

Tableau 2 : Résultats techniques des lots Témoins et Essai

	Lots Témoin	Lots Essai	Significativité
Poids moyen d'entrée (kg)	27,9 ± 5,5	28,1 ± 4,8	NS ¹
IC entrée - fin	2,5 ± 0,2	2,5 ± 0,1	NS ¹
IC entrée - transition	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,1	NS ¹
IC transition – fin	3,1 ± 0,5	3,1 ± 0,4	NS ¹
GMQ entrée - fin (g/j)	885,2 ± 94,9	879,2 ± 92,8	NS ¹
GMQ entrée – transition (g/j)	898,9 ± 120,8	882,8 ± 114,8	NS ¹
GMQ transition – fin (g/j)	870,4 ± 137,6	872,3 ± 118,9	NS ¹
Taux de pertes (%)	2,2	0,4	NS ²
Age abattage (j)	175 ± 11	177 ± 10	NS ¹
Poids carcasse froid (kg)	92,4 ± 5,0	93,0 ± 5,8	NS ¹
TMP	62,2 ± 2,1	62,3 ± 2,1	NS ¹

¹ : T-test de Student ² : Test d'homogénéité du Khi-2

Tableau 3 : Résultats des notations à l'abattoir pour les bandes 1 et 2

	Bande 1			Bande 2		
Salle	Témoin	Essai	Signif.	Témoin	Essai	Signif.
Pneumonie (note/24)	3,0 ± 3,1	3,6 ± 4,1	NS ¹	0,4 ± 0,7	0,4 ± 0,6	NS ¹
Rhinite (note/20)	2,0 ± 2,1	1,9 ± 2,2	NS ¹	2,8 ± 2,6	2,1 ± 2,0	NS ¹
Pneumonie cicatricielle (%)	39,3	37,4	NS ²	2,8	0,9	NS ²
Pleurésie crâniale (%)	2,7	3,5	NS ²	0,9	1,7	NS ²
Pleurésie dorso-caudale (%)	0,9	2,6	NS ²	0,9	0,9	NS ²
APPI Index	0,04	0,10	-	0,04	0,02	-

¹ : T-test de Student ² : Test d'homogénéité du Khi-2

RESULTATS

Performances techniques

Le terme de « lot » sera utilisé si une moyenne sur plusieurs salles a été réalisée. Les résultats des performances zootechniques portent sur les deux premières bandes de l'essai.

La consommation moyenne journalière des animaux est la même entre les lots Témoin ($2,25 \pm 0,01$ kg d'aliment/jour/porc) et Essai ($2,24 \pm 0,01$ kg d'aliment/jour/porc). L'IC technique sur toute la durée de l'engraissement est de $2,53 \pm 0,01$ pour les deux lots. Le GMQ technique global favorise légèrement les lots Témoin (890 ± 3 g/jour) plutôt que les lots Essai (885 ± 4 g/jour). Les faibles écarts-types montrent la forte similarité des deux bandes du point de vue des performances.

Les résultats techniques sur les trois périodes de mesure ne montrent aucune différence significative entre les lots Essai et Témoin (Tableau 2). Les IC sont quasiment identiques entre les deux lots pour les trois périodes de mesure. Les GMQ et les IC des deux lots sont meilleurs en première partie d'engraissement (entrée – transition). Bien qu'il n'y ait pas de significativité statistique, les salles Témoin tendent à avoir une meilleure croissance que les salles Essai en début d'engraissement. C'est le contraire en fin d'engraissement (transition – fin). Les poids d'entrée des porcs des deux lots sont similaires : $27,9 \pm 5,5$ kg pour le lot Témoin et $28,1 \pm 4,8$ kg pour le lot Essai. Les performances des animaux à l'abattage ne diffèrent pas non plus significativement entre les salles Témoin et Essai, bien que les lots Essai soient légèrement favorisés : TMP ($62,3 \pm 2,1$) et poids de carcasse ($93,0 \pm 5,8$ kg). Les taux de pertes sont également moindres dans les salles Essai mais sans significativité statistique.

Mesures sur la santé respiratoire

Les résultats des mesures sur la santé respiratoire portent sur les deux premières bandes puisque la dernière bande n'a pas encore été abattue.

Pour chaque bande, les notations de pneumonie et de rhinite lors des contrôles en abattoir n'ont révélé aucune différence significative entre les porcs des deux salles du point de vue de la santé respiratoire (Tableau 3).

Tableau 4 : Comptage des toux et éternuements des salles Témoin et Essai de chaque bande

	Bande 1			Bande 2			Bande 3		
Salle	Témoin	Essai	Test ¹	Témoin	Essai	Test ¹	Témoin	Essai	Test ¹
Nombre de toux / 100 porcs / min	1,7 ± 1,0	1,9 ± 1,2	NS	0,2 ± 0,2	0,2 ± 0,3	NS	0,3 ± 0,4	0,4 ± 0,5	NS
Nombre d'éternuements / 100 porcs / min	3,5 ± 2,3	3,4 ± 2,5	NS	4,9 ± 4,7	4,7 ± 3,6	NS	1,1 ± 0,8	1,3 ± 0,9	NS

¹ : Test non-paramétrique de Wilcoxon

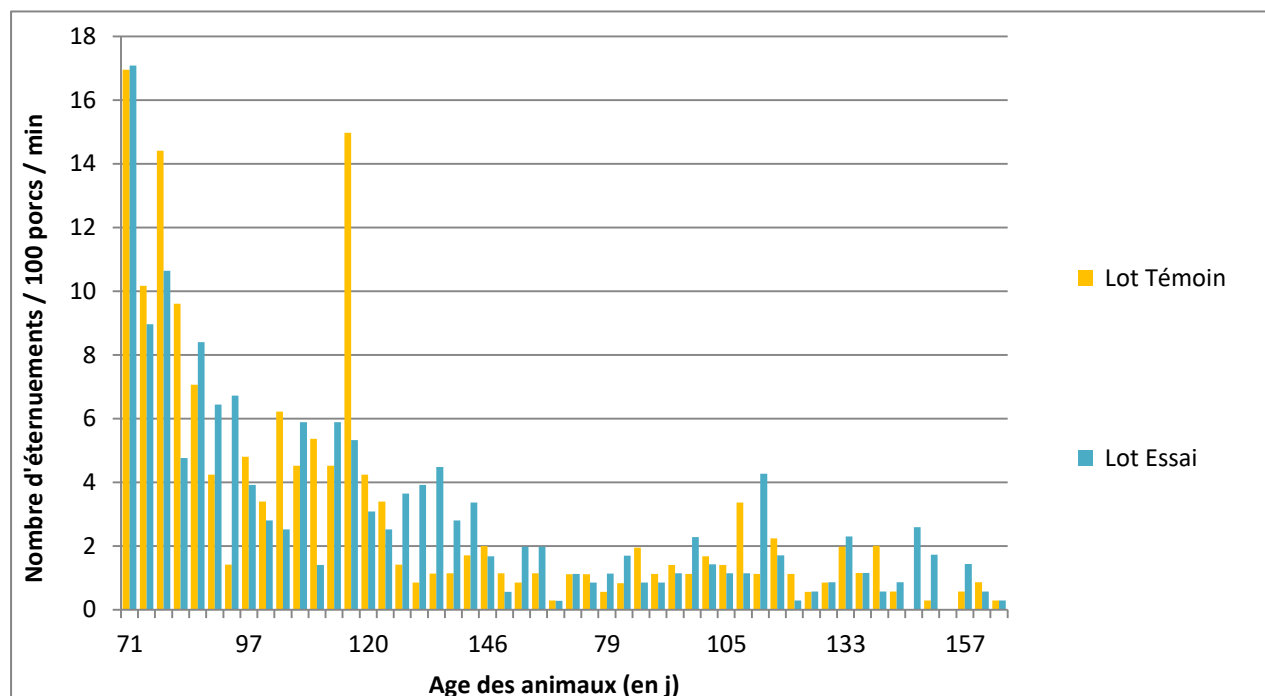


Figure 2 : Evolution du nombre d'éternuements des lots Témoin et Essai des bandes 2 et 3

La moyenne des deux bandes n'a pas été faite puisque leurs notes de santé respiratoire sont assez différentes: en effet, pour toutes les observations réalisées, exceptée la rhinite, les notes de la bande 2 sont meilleures que celles de la première. Cependant, au sein des deux bandes, très peu d'animaux sont concernés par des notes de pneumonies élevées : 89,2% des porcs de l'essai ont une note de pneumonie inférieure ou égale à 4/24 (Annexes 7 et 8). Ici, les répartitions de notes des deux salles Essai et des deux salles Témoin ont été compilées pour réaliser les graphiques de répartition de notes par lot. Les notes de pneumonie les plus mauvaises, dès 6/24, sont principalement observées dans la salle avec 7 raclages par jour. La répartition des notes de rhinite est assez homogène entre les lots Essai et Témoin, la note maximale obtenue dans les deux cas étant 10/20 (Annexes 7 et 9). Là encore, les notes de rhinite sont plutôt basses avec 90,5% des animaux ayant une note de rhinite inférieure ou égale à 5/20. Au sein de chaque bande, les pourcentages de pneumonies cicatricielles, de pleurésie crâniale et de PDC ne sont pas significativement différents entre les salles Témoin et Essai.

Les résultats des comptages de toux et d'éternuements portent sur les trois bandes de l'essai.

Pour chaque bande, le nombre de toux et d'éternuements pour 100 porcs par minute n'est pas significativement différent entre les porcs des salles Témoin et Essai (Tableau 4). Les comptages pour les bandes 2 et 3 ont révélé un nombre d'éternuements élevés en début d'engraissement avec une tendance à la diminution au cours du temps (Figure 2). En revanche, le nombre de toux semble un peu plus élevé en deuxième partie d'engraissement, bien qu'il reste globalement faible sur tout l'engraissement (Annexe 10). La bande 1 n'a pas été représentée dans la figure 2 et l'annexe 10 puisque le nombre de toux était élevé, ce qui laisse supposer qu'un épisode sanitaire a eu lieu en engraissement. C'est aussi la raison pour laquelle la moyenne des 3 bandes n'a pas été calculée.

Tableau 5 : Notes de lésions et proportions de boiteries des porcs des lots Témoin et Essai

		Lots Témoin	Lots Essai	Significativité
Période de transition	Note lésion queue (sur 3)	0,49 ± 0,58	0,40 ± 0,50	NS ¹
	Note lésion oreille (sur 3)	0,16 ± 0,42	0,05 ± 0,23	*** ¹
	% boiterie	1,4	1,7	NS ²
Fin d'engraissement	Note lésion queue (sur 3)	0,67 ± 0,57	0,54 ± 0,51	** ¹
	Note lésion oreille (sur 3)	0,15 ± 0,37	0,11 ± 0,38	NS ¹
	% boiterie	10,2	4,2	** ²

¹ : Test non paramétrique de Wilcoxon ² : Test d'homogénéité du Khi-2

Tableau 6 : Notes sur 5 obtenues par les lots Témoin et Essai lors de l'audit TIBENA

	Lots Témoin	Lots Essai
Alimentation	2,5 ± 0,5	2,6 ± 1,0
Confort	2,2 ± 0,9	2,1 ± 0,8
<i>Bursites</i>	2,6 ± 0,5	3,2 ± 0,2
<i>Propreté des porcs</i>	3,6 ± 1,4	3,9 ± 0,1
<i>Odeur de NH₃</i>	3,0	3,0
Santé	3,0 ± 1,2	3,4 ± 0,6
<i>Etat des oreilles</i>	4,2 ± 0,8	4,2 ± 0,8
<i>Lésions corporelles</i>	3,1 ± 2,6	4,2 ± 0,3
Tranquillité	3,4 ± 0,2	4,0 ± 0,7
Comportement	4,2 ± 0,8	4,0 ± 1,0
<i>Etat des queues</i>	4,2 ± 1,1	4,8 ± 0,4

Critères de bien-être

Les résultats des critères de bien-être portent sur les trois bandes de l'essai.

Les résultats des notations de lésions de queue et d'oreilles montrent que les notes obtenues s'aggravent légèrement au cours de l'engraissement pour les animaux des deux lots, les notes de fin d'engraissement étant globalement moins bonnes que celles de la période de transition (Tableau 5). Pour la notation de transition, seules les lésions d'oreilles sont significativement plus faibles dans les salles avec 7 raclages par jour. En revanche, lors de la notation de fin d'engraissement, ce sont les lésions de queue qui ressortent comme significativement moins élevées dans les salles Essai. La répartition des notes de lésions d'oreilles est globalement constante entre la transition et la fin d'engraissement (Annexe 11). Les notes de lésions de queue empirent et la note 1 devient majoritaire en fin d'engraissement (Annexe 11). Les boiteries sont rares à la transition et non significativement différentes entre les lots Témoin et Essai. Elles sont plus nombreuses en fin d'engraissement et deviennent significativement plus importantes dans le lot Témoin (10,2%), comparativement au lot Essai (4,2%).

Concernant les indicateurs de bien-être, les graphiques en étoile résumant les notes de l'audit TIBENA sont globalement très similaires entre les porcs des lots Essai et Témoin (Annexe 12). La meilleure note est 5/5. Si l'on regarde plus précisément les résultats obtenus (Tableau 6), l'audit tend à favoriser d'avantage les lots Essai, notamment sur les notes de santé, de tranquillité et d'alimentation des porcs. Les notes de lésions corporelles, de bursites, d'état des queues et de propreté des porcs apparaissent comme étant meilleures pour les lots Essai. Les thèmes du confort et du comportement sont légèrement mieux classés pour les lots Témoin.

Tableau 7 : Taux de recouvrement du phosphore (P) et du potassium (K) issus du bilan de masse du 07/01/2019 au 21/01/2019 pour la bande 1

	Salle Témoin	Salle Essai
Taux de recouvrement du P (en %)	99	100
Taux de recouvrement du K (en %)	98	106

Tableau 8 : Pertes d'azote gazeux estimées par le bilan de masse et l'analyseur du 07/01/2019 au 21/01/2019 pour la bande 1

	Salle Témoin	Salle Essai
Pertes d'azote gazeux estimées par le bilan de masse (en kg)	13,88	9,30
Pertes d'azote gazeux estimées par l'analyseur (en kg)	10,42	8,11
Ecart entre les 2 valeurs (en %)	28,9	12,8

Tableau 9 : Paramètres d'ambiance des salles Essai et Témoin de chaque bande

	Bande 1		Bande 2		Bande 3	
Période d'engraissement	Décembre à mars		Mars à juin		Mai à août	
Salle	Témoin	Essai	Témoin	Essai	Témoin	Essai
Débit moyen (m ³ /h/porc)	23,5 ± 6,8	22 ± 6,8	43,6 ± 11,9	43,5 ± 12,9	47,6 ± 18	42,2 ± 15,4
Température moyenne (°C)	23,9 ± 0,6	23,8 ± 0,6	25,7 ± 0,9	25,9 ± 0,9	27,7 ± 1,1	27,2 ± 1,0

Mesures sur les émissions de gaz

Les résultats des mesures sur les émissions de gaz portent sur les trois bandes de l'essai.

Nous nous intéresserons dans la suite de ce paragraphe, concernant le bilan de masse, à la première période de mesure des émissions gazeuses pour la bande 1. Au vu des taux de recouvrement du phosphore et du potassium compris entre 90 et 110%, le bilan de masse sur la période du 07/01/2019 au 21/01/2019 est validé pour les deux salles en essai de la bande 1 (Tableau 7). Il peut donc être utilisé et comparé aux données fournies par l'analyseur de gaz. Le bilan de masse estime des pertes d'azote gazeux supérieures en salle Témoin (13,88 kg), comparées à celles de la salle avec 7 raclages par jour (9,30 kg) (Tableau 8). Les résultats de l'analyseur de gaz sont légèrement différents mais vont dans le même sens. L'écart entre les valeurs du bilan de masse et les valeurs de l'analyseur étant inférieur à 30%, les résultats fournis par l'analyseur peuvent être validés. Par la suite, nous étudierons uniquement les données de l'analyseur.

Au cours de l'engraissement, les paramètres d'ambiance des salles Témoin et Essai peuvent être considérés comme semblables. En effet, les débits de ventilation moyens sont similaires pour les salles Essai et Témoin contemporaines (Tableau 9). Le débit de ventilation augmente de façon proportionnelle avec les températures extérieures. Ainsi, le plus petit débit moyen mesuré est de $22 \pm 6,8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{porc}$ en salle Essai en hiver et il atteint jusqu'à $47,6 \pm 18 \text{ m}^3/\text{h}/\text{porc}$ en salle Témoin en été. Les températures dans l'ambiance sont aussi semblables pour les salles Essai et Témoin d'une même bande. Ici encore, l'évolution est croissante au cours des saisons, allant de $23,8 \pm 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ pendant la période hivernale et jusqu'à $27,7 \pm 1,1 \text{ }^\circ\text{C}$ en été.

Les mesures de concentration en gaz dans les salles et d'émissions gazeuses ont été contraintes par le planning d'autres essais utilisant ce matériel de mesure et n'ont donc pas pu être réalisées en continu sur la période d'engraissement. La moyenne des trois bandes n'a pas été réalisée puisque les concentrations en gaz dans les salles et les émissions sont très dépendantes de la saison et varient beaucoup au cours de l'essai. Nous nous intéresserons par la suite uniquement aux résultats de l'analyseur concernant le NH_3 .

Tableau 10 : Effet de la fréquence de raclage sur les concentrations en NH₃ dans les salles et les émissions de NH₃

	Bande 1		Bande 2		Bande 3	
Présence de l'analyseur (en % du temps d'engraissement)	84		59		46	
Salle	Témoin	Essai	Témoin	Essai	Témoin	Essai
Concentration moyenne en NH ₃ dans l'ambiance (en ppm)	20,0 ± 7,4	17,9 ± 6,9	11,6 ± 4,3	13,0 ± 3,2	12,7 ± 2,6	12,5 ± 2,4
Variation de concentration par rapport à la salle Témoin		-10,5%		+12,1%		-1,6%
Emissions moyennes de NH ₃ (en g/j/porc)	10,5 ± 4,7	8,2 ± 4,7	7,0 ± 2,6	9,0 ± 2,9	9,3 ± 2,6	8,2 ± 2,9
Variation d'émissions par rapport à la salle Témoin		-22,2 %		+29,2 %		-12,5%

La concentration en NH_3 dans les salles diminue plus on avance dans l'essai, en lien avec un plus fort niveau de ventilation en été (Tableau 10). Pour la bande 1, on observe une diminution de 10,5% de la concentration en NH_3 dans l'ambiance entre les salles Témoin et Essai. La bande 2 présente un niveau de concentration en NH_3 plus élevé en salle Essai (+12,1%) et la bande 3 semble favoriser très légèrement la salle Essai du point de vue de l'ambiance.

En ce qui concerne les émissions, la bande hivernale a montré une diminution de 22,2% des émissions de NH_3 en salle Essai, tandis que cette même salle présente des émissions augmentées de 29,2% pour la 2^e bande. La 3^e bande va dans le sens d'une diminution des émissions de NH_3 au profit de la salle Essai (-12,5%).

DISCUSSION

Au vu des résultats obtenus, la fréquence de raclage ne semble pas avoir d'effet sur les performances zootechniques des animaux, ce qui confirme les conclusions de Lagadec qui a comparé un raclage par jour à six raclages par jour à la station expérimentale de Crécom et n'a obtenu aucune différence significative de performances de croissance entre ces deux modalités (Lagadec et al, 2016). Les résultats techniques des salles avec 6 raclages par jour étaient très bons et similaires aux performances des porcs de nos lots Témoin et Essai, avec un IC de $2,52 \pm 0,17$ et un GMQ de 896 ± 47 g/jour. Les salles avec un raclage par jour ont montré des résultats un peu moindres mais sans significativité statistique : l'IC était de $2,65 \pm 0,15$ et le GMQ de 865 ± 22 g/porc/jour.

La grande majorité des élevages des Pays de la Loire utilisant un système de lisier stocké, les dernières données GTE régionales disponibles (*Chambre d'Agriculture des Pays de La Loire, 2015*) pourraient quasiment être utilisées comme référence pour cette méthode de gestion des déjections. Cependant, ces résultats sont un peu anciens et ne sont pas obtenus dans le cadre d'expérimentations.

Tableau 11 : Comparaison des performances des porcs de l'essai avec la GTE régionale 2015
et avec les résultats de 7 bandes des Trinottières entre 2018 et 2019

	Lots Témoin	Lots Essai	Référence Trinottières 2018-2019	Référence Pays de La Loire 2015
Poids moyen d'entrée (kg)	27,9	28,1	31,9	-
CMJ (kg/porc/j)	2,25	2,24	2,26	-
IC standard (30-115 kg)	2,49	2,49	2,56	2,64
GMQ standard (g/j) (30-115 kg)	897	891	857	832
Taux de pertes (%)	2,2	0,4	1,3	3,5
Age abattage (j)	175	177	179,9	-
Poids carcasse froid (kg)	92,4	93,0	93,4	91,4
TMP	62,2	62,3	61,3	60,8

Comparés à cette dernière GTE régionale, les bilans de performances techniques des porcs des lots témoin et essai sont très bons (Tableau 11). D'autres références provenant d'études scientifiques sont disponibles. Ainsi, lors d'un projet de 7 ans portant sur le raclage en « V » à la station expérimentale de Guernévez, les salles sur lisier stocké présentaient un GMQ de 782 g/j, un IC de 2,85 et un TMP de 60,8% (Loussouarn *et al*, 2014). Un raclage quotidien, quelle que soit la fréquence utilisée, paraît donc avoir un effet bénéfique sur les performances de croissance comparé à un lisier stocké. Nous serions ainsi tentés de supposer qu'un raclage par jour n'est pas équivalent à un lisier stocké, contrairement à l'hypothèse que nous avons faite, puisque les résultats obtenus en salle Témoin sont meilleurs que ceux de Loussouarn *et al* en lisier stocké. Or, le bâtiment d'engraissement neuf des Trinottières jouerait un rôle important dans ces très bons résultats, en terme d'ambiance et de qualité sanitaire. L'IC technique et le GMQ standard des porcs des salles en essai sont également meilleurs que ceux du nouveau bâtiment d'engraissement des Trinottières sur l'année 2018-2019. Cette meilleure croissance peut s'expliquer par le fait que les porcs hors essai sont tous en alimentation multiphase, tandis que les animaux de l'essai avaient une alimentation biphase plus riche en protéine. De plus, les poids de chaque case de l'essai ont été homogénéisés au maximum à l'alottement, ce qui limite les décrochages de croissance de certains porcs plus petits. Le poids de carcasse froid des porcs hors essai est plus élevé car ces derniers sont abattus plus tard que les porcs en essai. Les porcs de l'essai sont également entrés en engraissement plus tôt et sont donc plus légers (proches des 28 kg) que les porcs hors essai (proches des 32 kg) car la double densité créait une trop forte compétition à l'auge.

Pour chacune des bandes, la fréquence de raclage ne semble pas avoir d'effet significatif sur le nombre de toux en engraissement. De plus, pour les 3 bandes, la moyenne du nombre de toux/100 porcs/min obtenue pour les salles Essai et Témoin est inférieure à la référence vétérinaire de 2,5 toux/100 porcs/min (Nathues *et al*, 2012), ce qui témoigne d'un bon état sanitaire global des porcs de l'essai. Cependant, pour la première bande, 4 comptages sur 21 ont dépassé cette valeur de référence en salle témoin et 5 comptages sur 21 en salle essai. Ceci laisse penser que la fréquence de raclage n'était pas la seule en jeu et qu'un épisode sanitaire de type grippe, contre laquelle les porcs ne sont pas vaccinés, a probablement affecté les animaux. Les porcs des deux salles ont d'ailleurs reçu un traitement médicamenteux à base d'aspirine dans l'auge pendant 3 jours début février (10 g/100 kg de poids vif), ainsi qu'un traitement de vitamine C pendant 5 jours (5 g/100 kg de poids vif). Cet épisode sanitaire ne semble pourtant pas avoir affecté les performances de croissance de la

bande 1 : elles sont aussi bonnes que celles de la bande 2, qui n'a pas été malade.

La fréquence de raclage n'a pas non plus d'effet significatif sur le nombre d'éternuements en engraissement. La moyenne du nombre d'éternuements/100 porcs/min obtenue pour les salles Essai et Témoin des 3 bandes est inférieure à la référence vétérinaire de 15 éternuements/100 porcs/min, ce qui est également positif. Uniquement 3 comptages sur 52 ont dépassé cette valeur seuil. Pour les 3 bandes, la tendance est la même, le nombre d'éternuements est un peu plus élevé en début d'engraissement et on note une diminution du nombre d'éternuements au cours du temps. Il pourrait s'agir d'un épisode sanitaire datant de la période en post-sevrage ou bien d'un temps d'adaptation à la gêne respiratoire occasionnée par les gaz émis en engraissement.

Les rares études qui se sont intéressées au nombre de toux et éternuements en engraissement, concernent le raclage en « V » et ont utilisé la méthode de Madec dans son bilan sanitaire approfondi (*Madec et al., 1990*). Cette méthode ne différencie pas les toux et les éternuements dans le comptage, qui est réalisé une heure après le repas, pendant 6 minutes et à 3 ou 4 reprises seulement pendant l'engraissement. Notre méthode paraît donc plus précise de par le grand nombre de comptages réalisés. Cependant, les résultats obtenus dans ces études sont comparables aux nôtres. A Guernévez, aucun effet significatif d'une évacuation régulière des déjections sur le nombre de toux et éternuements n'est observé, comparativement à un lisier stocké (*Landrain et al., 2009*). Ils comptent 9,6 toux et éternuements pour 100 porcs en 24 minutes pour les salles raclées plusieurs fois par jour, soit 0,4 toux et éternuements/100 porcs/min, contre 0,5 toux et éternuements/100 porcs/min pour les salles avec lisier stocké. Ces résultats sont plus faibles que ce que nous avons obtenu lors de nos comptages mais sont certainement moins représentatifs. Loussouarn et al, n'ont pas non plus constaté de différence significative du nombre de toux et éternuements dans les salles avec raclage en « V » comparé aux salles avec lisier stocké (*Loussouarn et al, 2014*).

Les références utilisées pour les contrôles de santé respiratoire en abattoir sont les moyennes d'élevages du groupement Porvéo pour la zone Pays de la Loire entre 2018 et 2019. 83 élevages ont été contrôlés pour les lésions pulmonaires et 34 élevages pour la rhinite. Ces références permettent d'éliminer les incertitudes dues à l'observateur puisqu'un seul technicien réalise tous les contrôles pour ce secteur, dont ceux de l'essai. La saison hivernale ne semble pas avoir eu d'impact sur les notes de référence puisque la moyenne au premier trimestre ne diffère pas de la moyenne sur la période 2018-2019.

Tableau 12 : Références disponibles pour les notations de lésions lors des contrôles en abattoir

	Référence	Source
Pneumonie (note/24)	2,27	Porvéo, 2019
Rhinite (note/20)	1,42	Porvéo, 2019
Pleurésie crâniale (%)	14,4	Leneveu, 2005
Pleurésie dorso-caudale (%)	1 à 11	Grest et al, 1997
APPI Index	0,15	Porvéo, 2019

Les notes de santé respiratoire des porcs de l'essai sont globalement faibles, ce qui est rassurant sachant que les truies sont vaccinées contre la rhinite et que cette immunité est transmise aux porcelets par le colostrum. Les porcs sont également vaccinés contre le mycoplasme au sevrage, responsable des pneumonies et des pleurésies crânielles. Pour la première bande, nous obtenons des notes un peu moins bonnes que les références, de 2,27/24 pour la pneumonie et de 1,42/20 pour la rhinite (Tableau 12). Il existe sûrement un lien entre ces notes supérieures à la moyenne et le nombre de toux assez élevé, que nous avons assimilé à un épisode sanitaire en engraissement. Un passage de grippe a pu affaiblir les défenses immunitaires des porcs et les rendre plus sensibles au mycoplasme par exemple. Cependant, cela ne semble pas avoir de conséquences sur les performances zootechniques de la bande 1, qui restent aussi bonnes que celles de la bande 2 non-malade. De plus, 8 élevages dans le calcul de la référence étaient des sélectionneurs ou des multiplicateurs avec un haut statut sanitaire, ce qui participe à l'amélioration de la moyenne régionale Porvéo.

Les résultats de la bande 2 sont bien meilleurs et plus représentatifs puisque les porcs concernés n'ont pas été malades. Les deux salles en essai obtiennent des notes de pneumonie de 0,4/24, ce qui est bien inférieur à la référence de 2,7/24. Les notes de rhinite sont un peu supérieures à la référence Porvéo mais restent basses. Les pneumonies cicatricielles correspondent à des maladies anciennes qui peuvent dater de la période de post-sevrage ; on ne peut donc pas faire de lien entre le pourcentage de cicatrices et la fréquence de raclage en engraissement. Cependant, elles étaient très nombreuses au sein de la première bande malade (quasiment 40% de pneumonies cicatricielles dans les deux salles de l'essai) et deviennent assez rares au sein de la bande 2 (moins de 3% dans les deux salles). Les taux de pleurésie crâniale sont très bas pour les 2 bandes si l'on compare ces résultats à ceux de Leneveu qui obtient 14,4% de pleurésie crâniale dans son essai (*Leneveu, 2005*). Bien que les porcs notre étude ne soit pas vaccinés contre *Actinobacille* responsable des PDC, l'APPI est faible pour les salles des deux bandes et inférieur à la référence Porvéo. Les pourcentages de présence de cette maladie sont également faibles et inférieurs à la référence plutôt ancienne donnée par Grest et al (*Grest et al, 1997*).

Tableau 13 : Classement IFIP des notes de pneumonie et de rhinite en 3 groupes (*Corrégé, 2004*)

	Note pneumonie (sur 24)	Note rhinite (sur 20)
Indemnes	0	0-1
Lésions peu étendues	1-3	2-5
Lésions étendues	≥ 4	≥ 6

Tableau 14 : Grille d'interprétation IFIP des pourcentages de porcs indemnes de pneumonie ou rhinite et de porcs avec des lésions étendues de pneumonie ou rhinite (*Corrégé, 2004*)

Poumons ou nez	Indemnes	Lésions étendues
Très bon	$\geq 80\%$	$\leq 5\%$
Bon	$\geq 70\%$	$\leq 5\%$
Moyen	$\geq 60\%$	$\leq 10\%$
Mauvais	$< 60\%$	$> 15\%$

Tableau 15 : Etendue des lésions de pneumonie et rhinite des salles Témoin et Essai de la bande 2 et de la référence Porvéo selon la grille IFIP, 2004

	Salle témoin		Salle essai		Référence Porvéo	
	Pneumonie	Rhinite	Pneumonie	Rhinite	Pneumonie	Rhinite
Porcs indemnes (%)	64	37	65	48	51	66
Lésions peu étendues (%)	36	47	34	45	-	-
Lésions étendues (%)	0	16	1	7	-	-

La grille IFIP 2004 permettant de classer l'étendue des lésions respiratoires lors des contrôles en abattoir pour les élevages de production (Tableau 13) ainsi que la grille d'interprétation associée (Tableau 14) classent les notes de pneumonie des porcs Témoin et Essai de la bande 1 dans la catégorie des « mauvais » résultats (Annexe 13). Les notes de rhinite des porcs de la salle Essai permettent de la classer entre les résultats « moyens » et « mauvais ». Si l'on suit cette grille, les porcs Témoins sont classés à la fois en « mauvais » résultats de rhinite, de par leur fort pourcentage de nez indemnes et à la fois en « très bons » résultats de par leur faible pourcentage de lésions étendues, ce qui semble contradictoire. Les porcs des salles Témoin et Essai de la bande 2 sont classés entre « moyens » et « très bons » pour leurs résultats de pneumonie (Tableau 15). Concernant la rhinite, les porcs de la salle Témoin ont des résultats qualifiés de « mauvais » et ceux de la salle Essai se situent entre « moyens » et « mauvais ». La référence Porvéo est également classée « mauvaise » pour la pneumonie et « moyenne » pour la rhinite, ce qui situe globalement les porcs de l'essai dans la moyenne régionale.

La dégradation des notes de lésions de queues et d'oreilles au cours de l'engraissement est en partie due au fait qu'en grandissant les porcs ont moins de place dans la case, ce qui engendre de la compétition pour l'espace, l'accès à l'auge ou à la pipette. Ils sont aussi rationnés en fin d'engraissement, ce qui peut causer de la frustration. Bien que les résultats aient montré des notes de lésions d'oreilles significativement meilleures en salle Essai à la transition, la tendance observée est à moduler puisque les notes restent très bonnes même en salle Témoin. Concernant les lésions de queues, on peut citer une étude portant sur l'évaluation de la prévalence de la caudophagie par notation de l'état des queues en abattoir (*Courboulay, 2018*), qui a utilisé une grille de notation un peu différente de celle de notre étude. Les notes 3 et 4 de cet essai (Annexe 14) peuvent cependant être assimilées à la note 3 de la grille IFIP de 2004, ce qui correspond à des lésions sévères avec plaie saignante et morceau de membre manquant. Pour des longueurs de queues comprises entre 5 et 10 cm, ce qui est le cas des porcs de l'essai RACPAGE EVAL, quasiment 13 000 queues ont été observées. Les lésions de queues sévères touchaient alors 2,2% des animaux de cette étude tandis qu'aucune lésion sévère n'a été relevée dans nos lots Essai et uniquement 0,9% dans nos lots Témoin. Le fait que la surface disponible de 0,82m² par porc soit plus élevée que la surface minimale de 0,65m² par animal entre 85 et 110 kg, requise par la réglementation bien-être de 2008 (*Directive 2008/120/CE*) a peut-être impacté positivement les notes de lésions.

Tableau 16 : Références TIBENA du groupement Porvéo (*références internes Porvéo, 2019*)

Thème	Lots Témoin	Lots Essai	Moyenne Porvéo
Alimentation	2,5 ± 0,5	2,6 ± 1,0	3,04 ± 1,30
Confort	2,2 ± 0,9	2,1 ± 0,8	3,24 ± 1,14
Santé	3,0 ± 1,2	3,4 ± 0,6	3,94 ± 1,13
Tranquillité	3,4 ± 0,2	4,0 ± 0,7	3,86 ± 1,21
Comportement	4,2 ± 0,8	4,0 ± 1,0	4,08 ± 1,36

Si l'audit TIBENA tend à favoriser la salle Essai, il ne s'agit que d'une tendance à un temps t puisque l'évaluation est faite une seule fois en fin d'engraissement. De plus, la moyenne du thème « confort » n'est pas exploitable puisqu'une des questions n'a pas été traitée lors de l'audit, ce qui explique les notes de confort plutôt basses. Pour ce qui est de l'état des queues et des oreilles, la tendance est la même que pour les résultats obtenus en fin d'engraissement grâce aux grilles de notation : pas de différence significative entre les lots Témoin et Essai pour les lésions d'oreilles et des notes de lésion de queues meilleures pour les lots Essai. En effet, 15 jours seulement séparaient l'évaluation TIBENA des notations de lésions de fin d'engraissement. Les notations individuelles de lésions restent tout de même à privilégier puisque dans le cadre de l'audit TIBENA, seules 5 cases sur 8 sont notées dans la salle. Or, pour le cannibalisme, l'effet case peut avoir un fort impact. Les lésions corporelles apparaissent également comme étant moindres pour les lots Essai, ce qui laisse supposer que l'ambiance des salles raclées 7 fois par jour est un peu meilleure. Les notes de propreté des porcs et d'odeur de NH_3 sont moyennes et sûrement en partie dues à la dalle réceptrice de paille qui devient rapidement une zone souillée et émettrice de NH_3 (Annexe 16). Si l'on compare les résultats des audits TIBENA de notre essai aux références internes Porvéo 2019 portant sur 174 audits, on constate que les notes Porvéo sont meilleures pour les thèmes de l'alimentation, du confort et de la santé (Tableau 16). Or, certains items de ces thèmes ne sont pas issus d'un comptage mais sont notés à l'appréciation de l'auditeur (propreté des porcs, odeur NH_3 , espace disponible, propreté des yeux...). On ne peut donc pas négliger l'effet observateur, puisque les audits en élevage sont réalisés par des techniciens différents. Les notes de tranquillité des lots Essai et de comportement des lots Témoin sont légèrement meilleures que la référence et ceci est probablement en partie dû au fait que les porcs en essai dans une ferme expérimentale sont plus souvent manipulés et au contact des humains que les porcs d'autres élevages.

Concernant les résultats environnementaux, la bande 1 va réellement dans le sens d'une diminution des émissions de NH_3 avec 7 raclages par jour. C'est aussi la bande la plus représentative puisque l'analyseur était présent 84% du temps d'engraissement, contrairement aux bandes 2 et 3 pour lesquelles il a été installé moins de 60% du temps. Pour combler ces périodes sans mesure, des interpolations ont été réalisées pour les émissions et les concentrations dans l'ambiance, ce qui soulève des questions de précision des résultats pour les bandes 2 et 3. Les résultats de la bande 1 (-22% d'émissions de NH_3 avec 7 raclages par jour) sont comparables à ceux obtenus par Lagadec à Crécom: le passage d'un raclage par

Tableau 17 : Comparaison des émissions moyennes de NH₃ des essais de Lagadec et al, 2016 et RACLAGÉ EVAL, 2019

	Bande 1		Bande 2		Bande 3	
Salle	Témoin	Essai	Témoin	Essai	Témoin	Essai
Emissions moyennes de NH ₃ (en g/j/porc) RACLAGÉ EVAL, 2019	10,5 ± 4,7	8,2 ± 4,7	7,0 ± 2,6	9,0 ± 2,9	9,3 ± 2,6	8,2 ± 2,9
Emissions moyennes de NH ₃ (en g/j/porc) Lagadec et al, 2016	13	9,9	16,6	12,9	14,6	11,2

Salle Témoin pour les deux études : 1 raclage par jour

Salle Essai pour RACLAGÉ EVAL : 7 raclages par jour

Salle Essai pour Lagadec et al, 2016 : 6 raclages par jour

jour à 6 raclages avait permis une diminution des émissions de NH_3 de 23%, et ce pour les trois bandes de l'essai s'étalant de décembre à juin (*Lagadec et al, 2016*). Les émissions en raclage à plat restaient cependant supérieures aux émissions de 7,4 g de NH_3 /jour/porc d'un système avec lisier stocké de la station de Guernévez (Tableau 17). C'est aussi le cas dans une autre étude de Lagadec à Crécom sur le raclage à plat une fois par jour. Elle constate que les émissions de NH_3 toutes saisons confondues sur 3 ans sont de 9,1 g de NH_3 /jour/porc, soit une augmentation de 23% par rapport à la référence de lisier stocké (*Lagadec et al, 2012*). Or, à Crécom, le lisier raclé étant stocké en fond de salle, les émissions sont sûrement sous-estimées par rapport à la réalité. Les résultats de notre essai donnent des variations d'émissions comprises entre - 5 et + 42% par rapport à la référence de lisier stocké. Il est certain que la dalle réceptrice de paille qui est rapidement souillée par les déjections participe aux émissions de NH_3 , tout comme les porcs eux-mêmes, qui se salissent plus rapidement (Annexe 16). D'autres paramètres ont pu affecter les résultats de notre essai puisque certains volets du racleur n'étaient jamais complètement fermés à cause d'une accumulation de déjections, ce qui a probablement joué sur l'ambiance et les émissions. On peut émettre l'hypothèse que les émissions en salles Essai deviennent supérieures (bande 2) ou peu inférieures (bande 3) à celles des salles Témoins parce que la fréquence de 7 raclages par jour est trop élevée pour la saison. En effet, quand la température extérieure augmente, ce qui a été le cas à l'été 2019 avec de très fortes chaleurs, la vitesse de l'air ventilé augmente aussi et le NH_3 se volatilise plus facilement. Or, le raclage à plat favorise déjà l'étalement des déjections et donc la volatilisation du NH_3 , de par la grande surface d'échange entre l'air et le lisier (*Groenestein, 1994*). Un raclage par jour serait peut être alors suffisant.

Peu d'études sur l'évacuation fréquente du lisier se sont intéressées aux concentrations en NH_3 dans l'ambiance. Dans notre essai, la concentration en NH_3 dans les salles diminue plus on avance dans le temps, en lien avec un plus fort niveau de ventilation en été. Les valeurs d'étendent de 11,6 ppm jusqu'à 20 ppm en hiver. Les concentrations en NH_3 en période froide sont assez élevées comparées aux valeurs limites d'exposition au NH_3 pour les travailleurs qui sont de 20 ppm pendant 15 minutes et 10 ppm pendant 8 heures. Dans son étude de 2012, Lagadec obtient une valeur moyenne annuelle sur 3 ans de 12,7 ppm dans les salles avec un raclage par jour, contre 19,5 ppm pour la référence de lisier stocké. La moyenne de nos salles avec un raclage par jour sur l'essai entier est de 14,8 ppm, contre 14,5 ppm pour les salles avec 7 raclages par jour, ce qui est toujours mieux que la référence de lisier stocké. Cependant, là encore une moyenne annuelle efface les effets saison qui peuvent

être importants. Si pour la bande 1, les 7 raclages par jour semblent avoir une influence positive sur la concentration en NH_3 comparé à un seul passage de racleur (- 10,5%), ce n'est plus vrai dans la suite de l'essai. Globalement, concernant l'ambiance, les employés de la ferme expérimentale s'accordent pour dire qu'ils ne ressentent aucune différence entre les deux salles de l'essai. Pourtant, les performances, le bien-être et la santé des porcs ne semblent pas en avoir pâti au vu des bons résultats obtenus.

CONCLUSION

Une fréquence de raclage à plat élevée (7 par jour) n'a pas d'intérêt particulier pour la santé respiratoire et les performances de croissance des porcs en engraissement, comparée à un passage de racleur quotidien. En revanche, l'état de bien-être des animaux est légèrement meilleur dans les salles avec une fréquence de raclage élevée. Il en va de même pour les concentrations en NH_3 dans les salles et les émissions de NH_3 pour la bande hivernale principalement. Le système serait peut-être à perfectionner en adaptant la fréquence de raclage à la saison. Cependant, tout au long de l'essai, la différence d'ambiance entre les deux types de salles a été peu perceptible des travailleurs. D'autant plus qu'avec l'ouverture régulière des volets du racleur, la concentration de mouches dans les salles était assez importante.

Les résultats techniques, sanitaires et de bien-être restant très bons et meilleurs que les références de lisier stocké, même avec un raclage par jour, on peut faire deux constats : il semble difficile d'assimiler un raclage par jour à du stockage de lisier en pré-fosse. Et un raclage par jour est peut-être suffisant et serait moins consommateur en énergie.

La qualité du raclage et du sol est essentielle afin de limiter la volatilisation du NH_3 . Ce type d'installation peut donc difficilement être envisageable sur un bâtiment déjà existant. L'aspect neuf du bâtiment lui confère un bon état sanitaire initial et une ambiance adéquate : les résultats ne sont pas uniquement liés au raclage. Il serait intéressant de faire une étude similaire dans quelques années afin de voir comment vieillit le système. La gestion de la dalle réceptrice de paille est également à optimiser afin d'éviter la formation d'un fumier émetteur de NH_3 , qui boucherait les caillebotis. Le raclage à plat pourrait aussi être couplé à l'alimentation multiphase du Spotmix® ou encore à des systèmes de lavage d'air, afin de diminuer les émissions de NH_3 qui sont supérieures à celles de bâtiments avec un lisier stocké.

BIBLIOGRAPHIE

Chambre régionale d'agriculture des Pays de La Loire, 2015. Résultats technico-économiques des élevages porcins 2015. Disponible à l'adresse : http://www.pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Pays_de_la_Loire/2016_resultats_technico_economiques_elevages_porcins_donnees_2015.pdf

Corrége I., 2004. Le contrôle des lésions respiratoires du porc à l'abattoir : intérêt dans le suivi d'élevage et mise en œuvre pratique. *Techni Porc*, Vol.27, n°4, 6 p.

Courboulay V., Delarue E., Eugene A., 2008. Evaluation du bien-être des porcs : comparaison d'élevages sur litière ou sur caillebotis. *Journées Recherche Porcine*, 40, 243-250.

Courboulay V., Drouet A., 2018. Evaluation de la prévalence de caudophagie par la notation des carcasses en abattoir. *Journées Recherche Porcine*, 50, 333-334.

Courboulay V. et al, 2016. Prévenir la douleur chez le porc : 16 fiches pratiques pour maîtriser la coupe de queue et limiter la douleur du porcelet, agir sur les facteurs de risque de morsures de queue, pour limiter leur apparition. *RMT Bien-être animal*, 34 p.

Dai, X., Karring, H., 2014. A determination and comparison of urease activity in feces and fresh manure from pig and cattle in relation to ammonia production and pH changes. *PloS one*, vol.9, 11 e110402.

Directive 2008/120/CE du Conseil du 18 décembre 2008 établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs (version codifiée). *Journal officiel de l'Union européenne*.

Dourmad J.Y., Levasseur P., Daumer M., Hassouna M., Landrain B., Loussouarn A., Salaün Y., Espagnol S., 2015. Evaluation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. *RMT Elevage et Environnement*, 26 p.

EFSA, 2007. Scientific report on the risks associated with tail biting in pigs and possible means to reduce the need for tail docking considering the difference housing and husbandry systems. *The EFSA Journal*, 611, 1-98.

Grest P., Keller H., Sydler T., Pospischil A., 1997. The prevalence of lung lesions in pigs at slaughter in Switzerland. *Archives Suisses de Médecine Vétérinaire* 139, 500-506.

Groenstein C.M, 1994. Ammonia emission from pig houses after frequent removal of slurry with scrapers. Proceedings of the XII World Congress on Agricultural Engineering, CIGR, 543-550

Guingand N., 2000. Influence de la vidange des préfosse sur l'émission d'ammoniac et d'odeurs par les porcheries d'engraissement : Résultats préliminaires. Journées Recherche Porcine, 32, 83-88.

Lagadec S., Landrain P., Hassouna M., 2016. Effet de la fréquence de raclage à plat sur les performances des porcs et les pertes gazeuses en bâtiment d'engraissement. Journées Recherche Porcine, 48, 193-194.

Lagadec S., Landrain B., Landrain P., Hassouna M., Robin P., 2012. Systèmes d'évacuation fréquente des déjections. Rapport d'étude. Chambres d'agriculture de Bretagne, 10 p.

Landrain B., Ramonet Y., Corouge A., Robin P., 2010. Performances zootechniques et émissions gazeuses de quatre porcheries sans lisier. Journées Recherche Porcine, 42, 299-300.

Landrain B., Ramonet Y., Quillien J.P., Robin P., 2009. Incidence de la mise en place d'un système de raclage en «V»® en préfosse dans une porcherie d'engraissement sur caillebotis intégral sur les performances zootechniques et les émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote. Journées Recherche Porcine, 41, 259-264.

Leneveu P., Robert N., Keïta A., Pagot E., Pommier P., Tessier P., 2005. Lung Lesions in Pigs at Slaughter: A 2-Year Epidemiological Study in France. Journal of Applied Research in Veterinary Medicine, Vol. 3, No. 3, 259-265.

Loussouarn A., Lagadec S., Robin P., Hassouna M., 2014. Raclage en V : bilan environnemental et zootechnique lors de sept années de fonctionnement à Guernévez. Journées Recherche Porcine, 46, 199-204.

Madec F., Tillon J. P., Paboeuf F., 1990. Evaluation quantitative du niveau sanitaire des élevages porcins de sélection et de multiplication : les bilans sanitaires approfondis. Journées Recherche Porcine, 22, 297-306.

Mouchet H. Etude du syndrome de nécrose d'oreille dans les élevages porcins français du grand ouest. Thèse de Doctorat en Médecine vétérinaire : Faculté de Médecine de Nantes 2016. 175 p.

Nathues H., Spargser J., Rosengarten R., Kreienbrock L., Grosse Beilage E., 2012. Value of the clinical examination in diagnosing enzootic pneumonia in fattening pigs. The Veterinary Journal, Vol 193, 443-447.

Rigolot C., Espagnol S., Robin P., Hassouna M., Béline F., Paillat J.M., Dourmad J-Y., 2010. Modelling of manure production by pigs and NH₃, N₂O and CH₄ emissions. Part II: effect of animal housing, manure storage and treatment practices. Animal, 4, 1413-1424.

Strauch D., 1987. Hygiene of animal waste management. Animal production and environmental health. World Animal Science, 155-202.

Annexe 1 : Description de 3 maladies respiratoires porcines et des facteurs de risque associés

Les facteurs de risque de maladies respiratoires sont nombreux : conduite des animaux (densité, mélange d'animaux...), bâtiment (qualité de l'air ambiant...) et conditions d'hygiène (protocole de nettoyage/désinfection...) peuvent favoriser la propagation de ces maladies. Des contrôles en abattoir permettent de s'assurer de l'efficacité et/ou de la bonne réalisation du vaccin pour trois pathologies majeures en élevage porcin : la rhinite atrophique, la pneumonie enzootique et l'actinobacillose. Les conséquences des maladies respiratoires varient selon les conditions d'élevage, les programmes vaccinaux et l'état sanitaire des animaux.

La pneumonie enzootique est l'une des maladies respiratoires les plus fréquentes en élevage de porc. L'agent infectieux est la bactérie *Mycoplasma hyopneumoniae*, qui se propage dans l'air. Le principal symptôme est une toux chronique due à un collapsus des voies aériennes et à une consolidation du poumon. Cette maladie contagieuse est rarement mortelle. Cependant, les élevages sévèrement affectés peuvent voir leurs performances techniques dégradées. Dans le Nord-Ouest, environ 75% des élevages sont vaccinés contre la pneumonie (Leneveu, 2005).

La pleurésie est une autre pathologie présentant une prévalence moins élevée que la pneumonie mais ayant des conséquences généralement plus graves. Il s'agit d'une inflammation de la plèvre, la membrane qui enveloppe les poumons. On distingue la pleurésie crâniale, très souvent provoquée par la bactérie *Mycoplasma hyopneumoniae* et la pleurésie dorso-caudale ou actinobacillose ou bien encore pleuro-pneumonie, causée par la bactérie *Actinobacillus Pleuropneumonia*. La première est caractérisée par la présence de fibrines entre les lobes pulmonaires tandis que la seconde présente des adhérences entre les poumons et le thorax. La pleurésie dorso-caudale peut sérieusement affecter les performances de croissance des porcs atteints : elle limite les mouvements respiratoires et inflige de fortes douleurs. Des saisies de carcasse peuvent avoir lieu en abattoir selon le stade de pleurésie.

La rhinite atrophique est une autre pathologie majeure en élevage de porc. L'agent responsable est *Pasteurella Multocida*, une bactérie produisant des toxines. La colonisation bactérienne de la muqueuse nasale provoque une irritation entraînant parfois éternuements, écoulements de mucus et pouvant aller jusqu'à la déformation des groins. Les rhinites sévères entraînent souvent des pathologies pulmonaires : en effet, la muqueuse nasale lésée ne peut plus assurer ses fonctions de filtration, d'humidification et de réchauffement de l'air. Dans le Nord-Ouest, environ 64% des élevages sont vaccinés contre la rhinite (Leneveu, 2005).

Annexe 2 : Grilles IFIP de notation des lésions respiratoires à l'abattoir (Corrége, 2004)

Pneumonie :

Note par lobe	0	1	2	3	4
Aspect	Absence de lésion	Point de pneumonie de surface < pièce de 2€	Foyer plus important mais < ½ du lobe	La ½ aux ¾ de la surface du lobe est atteinte	> ¾ de la surface du lobe est atteinte

Pleurésie :

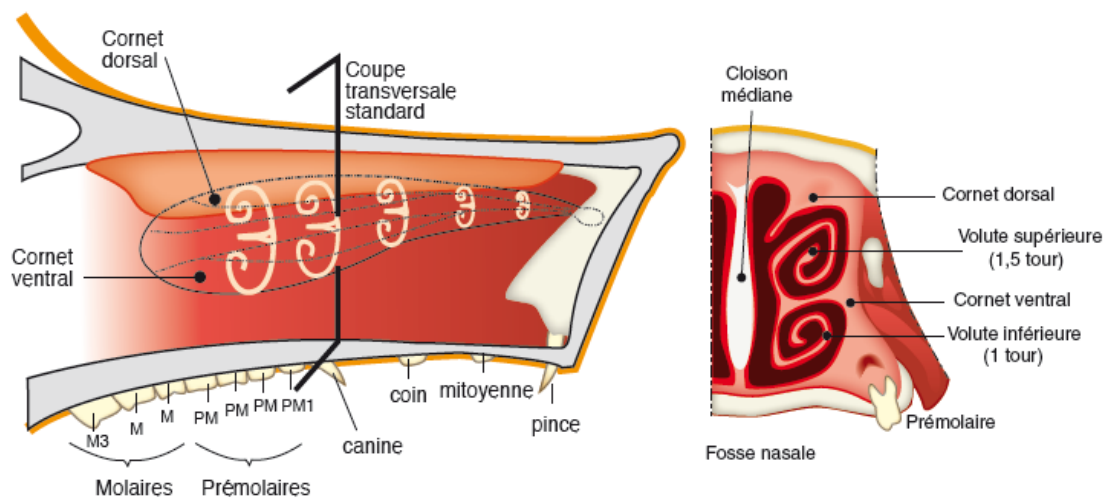
Note	0	1	2	3	4
Aspect	Absence de pleurésie	Pleurésie inter-lobaire (fibrine entre les lobes)	Pleurésie localisée : surface < pièce de 2€	Pleurésie étendue : surface > pièce de 2€	Coffre : morceau de poumon resté collé dans la carcasse

Rhinite atrophique :

Note par volute	0	1	2	3	4
Lésion par volute	Absence de lésion	Situation douteuse	Atrophie légère	Atrophie sévère	Disparition complète de la volute

Note cloison	0	2	4
Déviation	Absente	Légère	Prononcée

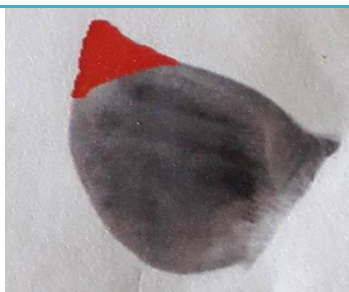
Annexe 3: Coupe transversale de groin pour la notation des lésions de rhinite à l'abattoir
(IFIP, 2004)



Annexe 4 : Grille de notation des lésions de queues (Courboulay, 2016)

Note 0 : Aucune marque n'est visible	
Note 1 : Présence de quelques griffures et coups de dents sur la queue	
Note 2 : La queue est rouge tuméfiée et d'apparence humide ou elle présente des plaies sanglantes de taille réduite	
Note 3 : Présence d'une plaie importante ou de lacérations avec perte d'une partie de la queue	

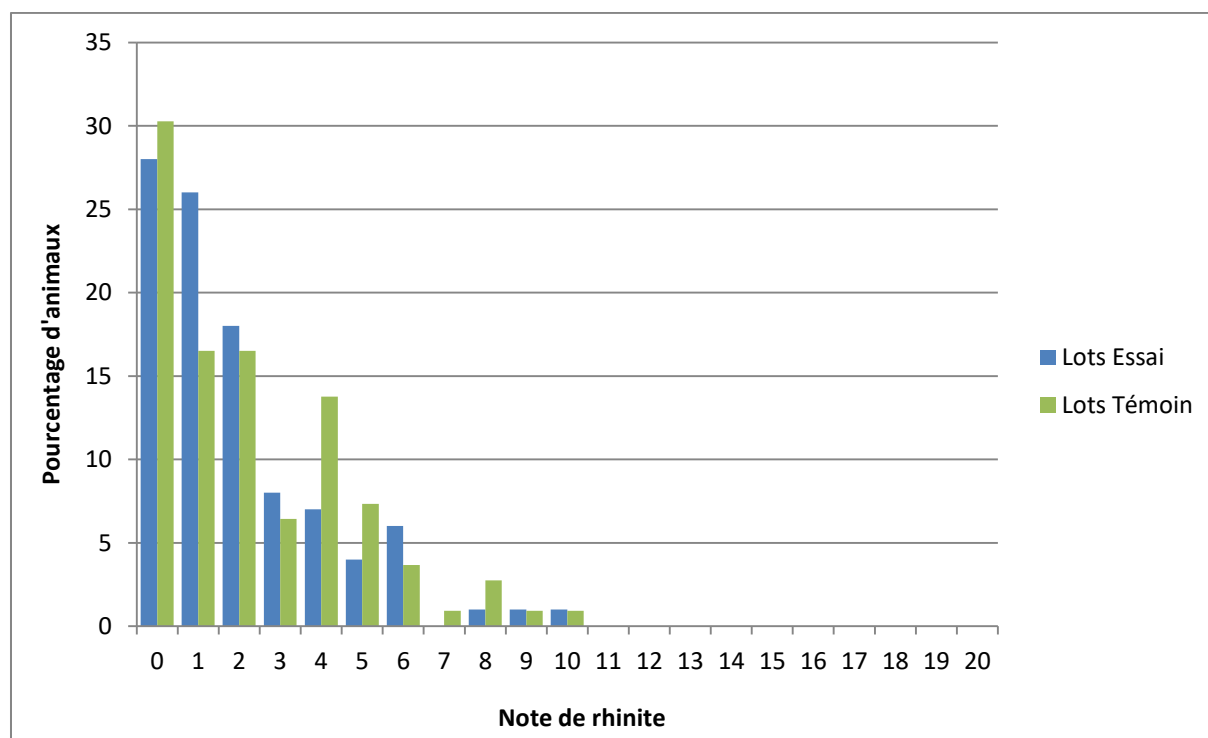
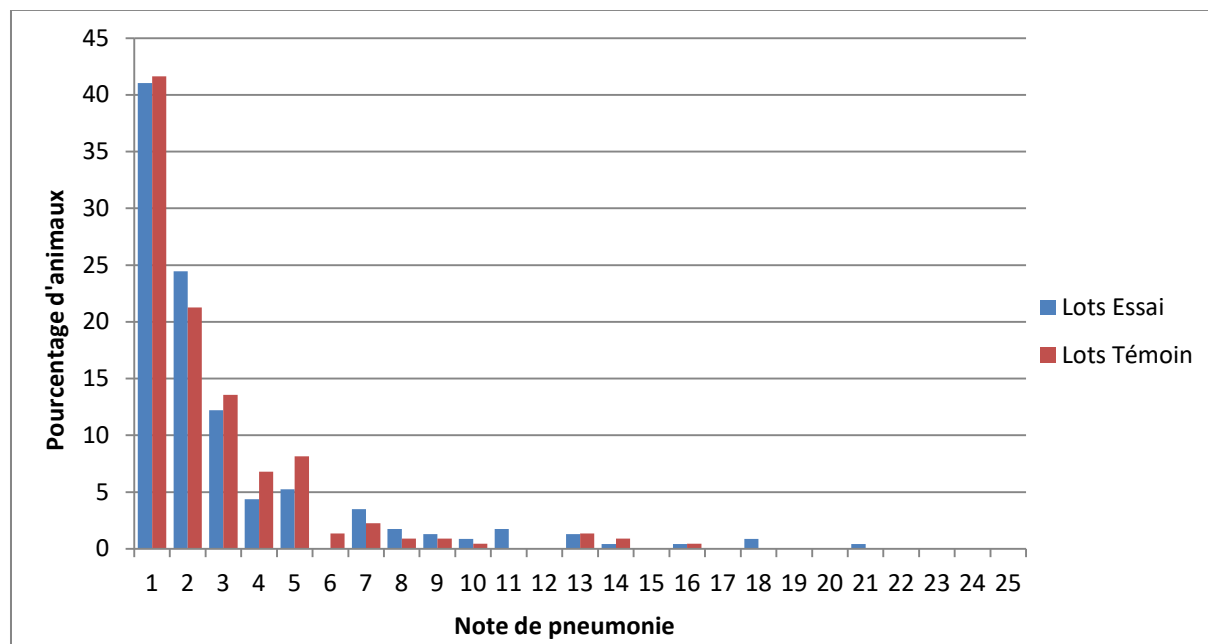
Annexe 5 : Grille adaptée de notation des lésions d'oreilles (Mouchet, 2016)

Stade	Description	Représentation
Stade 0	Aucune lésion	
Stade 1	Lésions nécrotiques débutantes, superficielles, crouteuses à l'apex de l'oreille, $\leq 1\text{cm}$ de diamètre	
Stade 2	Lésions nécrotiques profondes, crouteuses, suintantes et parfois purulentes, atteignant l'épaisseur de l'oreille au niveau de l'apex et pouvant s'étendre le long des bords de l'oreille	
Stade 3	Lésions nécrotiques sévères, suintantes à purulentes, atteignant l'épaisseur de l'oreille et pouvant s'étendre à plus de 30% de la surface de l'oreille	

Annexe 6 : Grille de notation des boiteries (*Courboulay, 2008*)

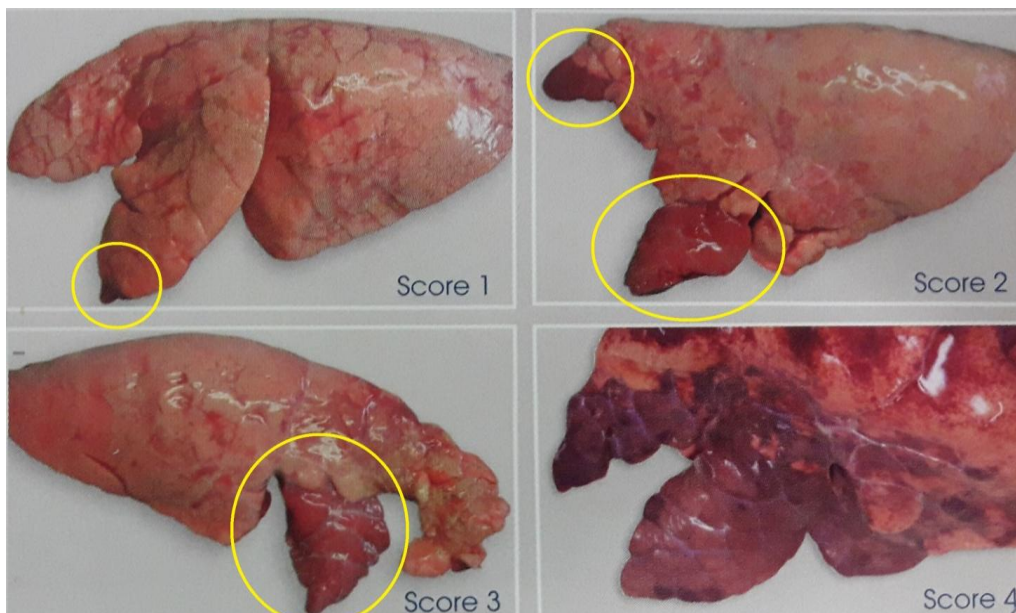
Note 0	Démarche normale
Note 1	Démarche hésitante ou irrégulière
Note 2	Impossibilité de poser une des pattes

Annexe 7 : Répartition des notes de pneumonie et de rhinite pour les porcs des lots Témoin et Essai

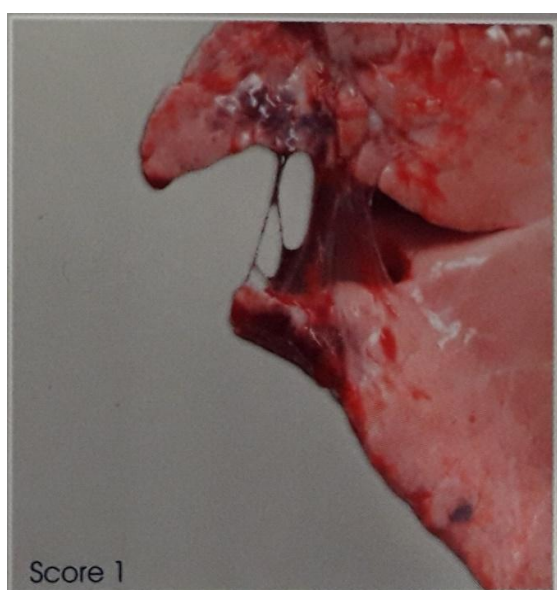


Annexe 8: Exemple de notes attribuées en abattoir à des cas de pneumonie et pleurésie
(références internes CEVA)

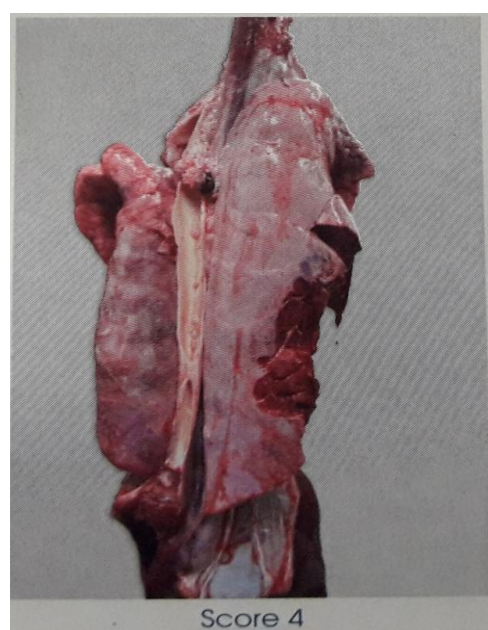
Pneumonie :



Pleurésie crâniale :



Pleurésie dorso-caudale :



Annexe 9 : Exemple de notes attribuées en abattoir à des cas de rhinite (*images personnelles*)

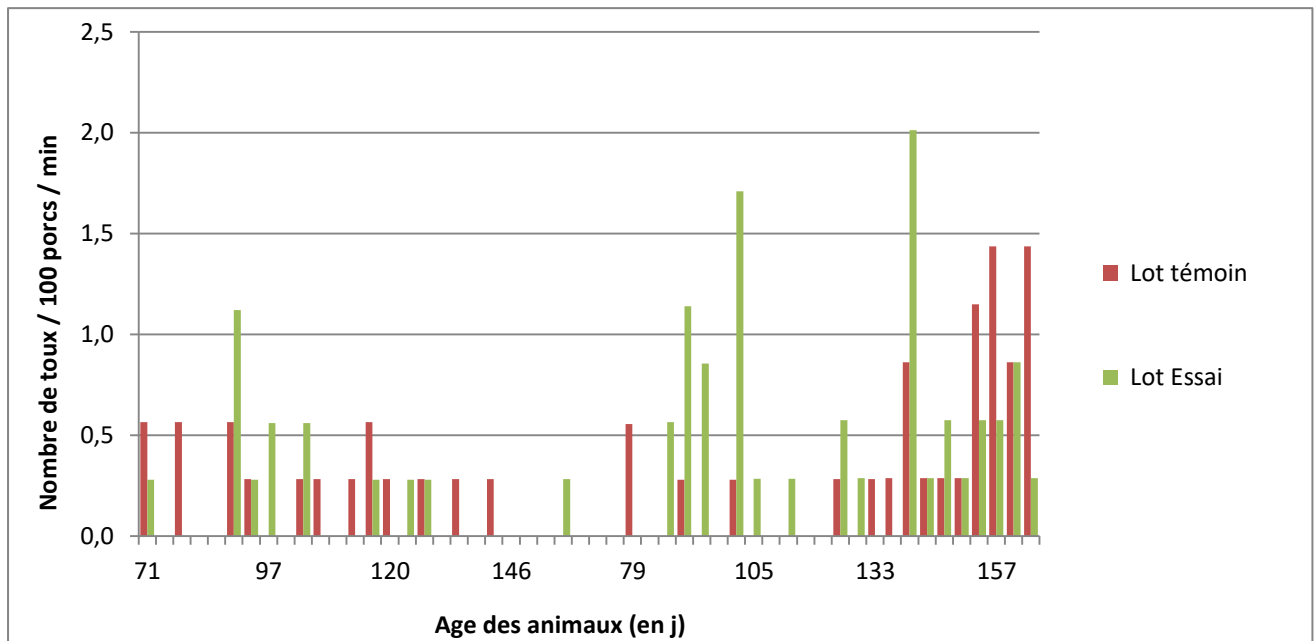
Rhinite notée 0/20 (meilleure note) :



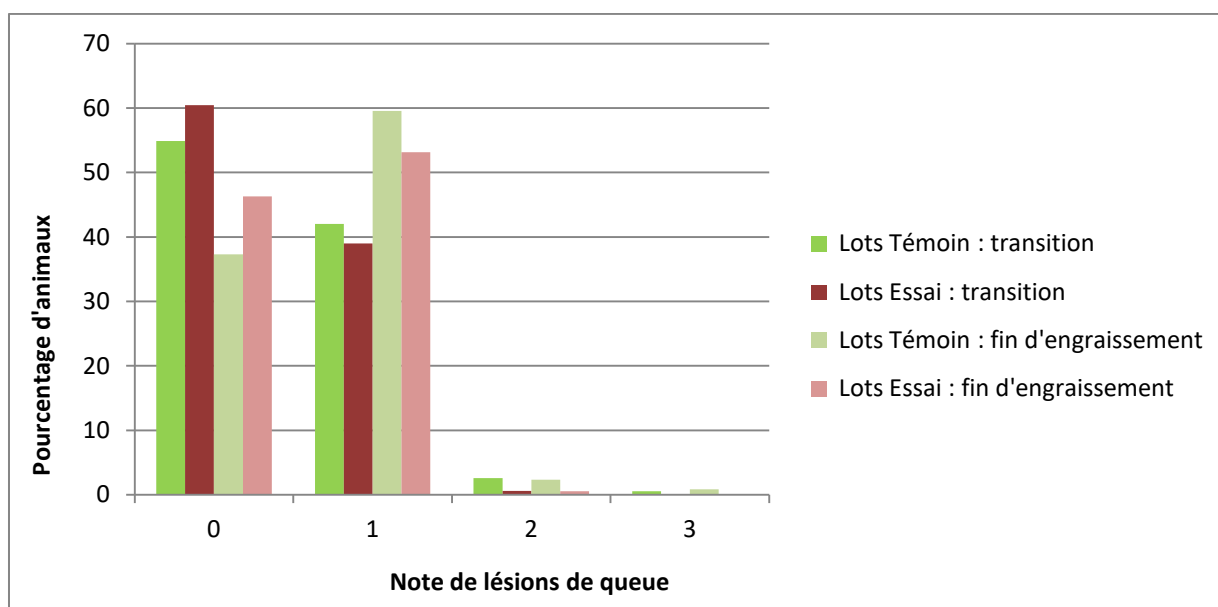
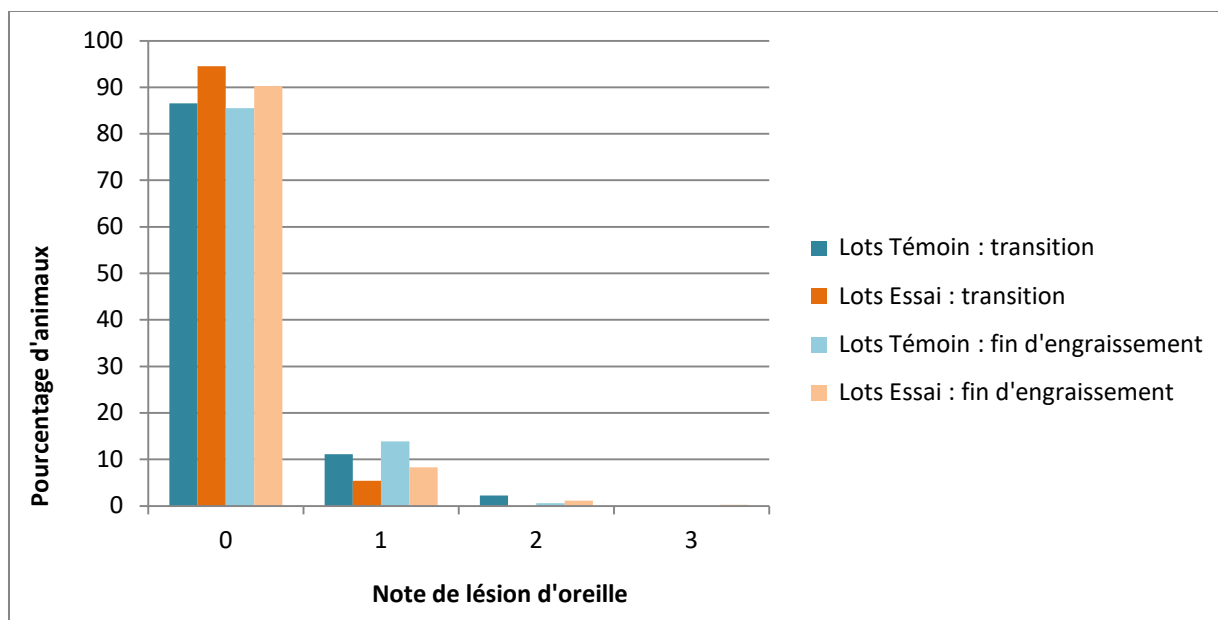
Rhinite notée 7/20 (cloison déviée, volutes écrasées ou incomplètes)



Annexe 10 : Evolution du nombre de toux des porcs des bandes 2 et 3

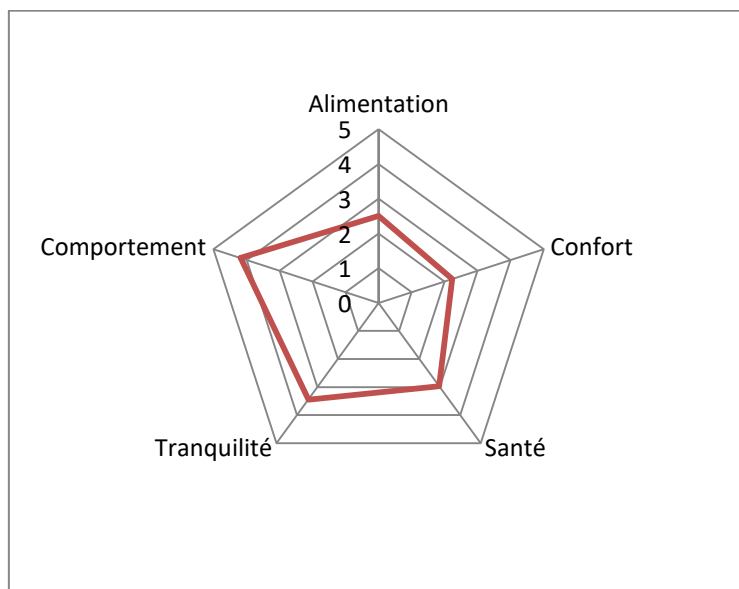


Annexe 11 : Répartition des notes de lésions d'oreilles et de queue pour les porcs des lots
Témoin et Essai lors des périodes de transition et de fin d'engraissement

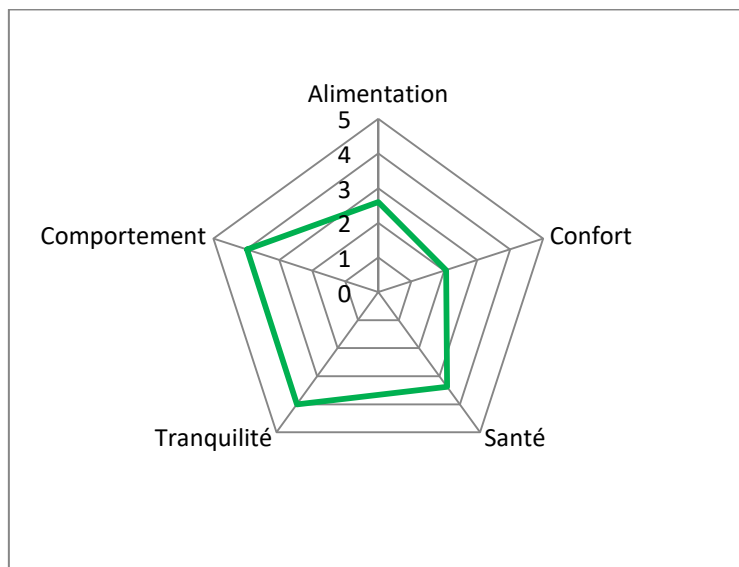


Annexe 12 : Résultat de l'audit TIBENA des lots Témoin et Essai

Lots Témoin :



Lots Essai :



Annexe 13 : Etendue des lésions de pneumonie et rhinite des porcs de la bande 1 et de la référence Porvéo selon la grille IFIP, 2004

	Salle témoin		Salle Essai	
	Pneumonie	Rhinite	Pneumonie	Rhinite
Indemnes (%)	19	53	23	59
Lésions peu étendues (%)	47	42	34	30
Lésions étendues (%)	34	5	43	10

Annexe 14 : Grille de notation des lésions de queue à l'abattoir (Courboulay, 2018)

Note	Description
0	Moins de cinq marques de la taille d'une tête d'épingle
1	Traces de mâchonnement avec plus de cinq points rouges ponctuels ou une tâche brun foncé à l'extrémité
2	Hématomes importants, griffures, lésions sur au moins 30% de la queue ou une microcoupure
3	Plaies ouvertes ou de couleur brun foncé, coupures
4	Plaies avec nécrose, absence d'une partie de la queue, infection

Annexe 15 : Etat de propreté de la dalle réceptrice de paille dans une case avant l'arrivée des porcs et pendant l'engraissement

Avant l'arrivée des porcs (les dalles de deux cases contigües sont en bas à droite) :



Pendant l'engraissement :



	Diplôme : Ingénieur agronome Spécialité : SIPA Enseignant référent : Justine FAURE	
Auteur(s) : Elise PYPE Date de naissance : 02/12/1995		Organisme d'accueil : Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de La Loire Adresse : 6, rue André Brouard, 49 100 ANGERS Maître de stage : Anne-Laure BOULESTREAU-BOULAY
Nb pages : 38	Annexes : 15	
Année de soutenance : 2019		
Titre français : Intérêt d'un système de raclage à plat pour les émissions de gaz, les performances, le bien-être et la santé des porcs en engraissement Titre anglais : Benefits of a flat scraping system for the gaseous emissions, productive performances welfare and health of fattening pigs		
Résumé : Le nouveau bâtiment d'engraissement de la ferme expérimentale des Trinottières est équipé d'un système de raclage à plat du lisier. 3 bandes de 240 porcs ont fait l'objet d'un suivi portant sur la fréquence de raclage entre décembre et août 2019 : les salles Témoin, censées mimer un système de lisier stocké, étaient raclées une fois par jour et les salles Essai 7 fois par jour. Aucune différence entre les deux modalités n'a été constatée concernant les performances zootechniques des animaux, qui étaient très bonnes dans les deux cas (IC = 2,53 et GMQ > 884 g/porc/j). Des notations de lésions respiratoires (pneumonie, rhinite) ont été réalisées en abattoir et les toux et éternuements ont été comptés deux fois par semaines dans les salles. Dans les deux cas, aucune influence de la fréquence de raclage n'a pu être démontrée. Des notations de lésions deux fois au cours de l'engraissement ont montrés que les lésions d'oreilles sont significativement plus faibles en début d'engraissement pour les lots Essai comparativement aux lots Témoin (0,05 contre 0,16/3, p<0,001). En fin d'engraissement ce sont les lésions de queues qui sont moindres pour les lots Essai (0,54 contre 0,67/3, p<0,01). Les concentrations en ammoniac dans les salles ont été relevées afin de calculer les émissions. Pour la bande hivernale, les émissions d'ammoniac sont diminuées de 22% dans les salles Essai, comparé aux salles Témoin. Ces résultats se sont confirmés pour la bande 3 (-12,5%) mais pas pour la bande 2.		
Abstract : The new fattening building of the Trinottières experimental station is equipped with a flat scraper. 3 batches of 240 pigs were monitored concerning the scraping frequency between December and August 2019 : the control rooms that are supposed to mimic a stored slurry system were scraped once a day and the treatment rooms were scraped 7 times a day. No difference between the two types of rooms were observed concerning the productive performances that were very good in both cases (feed conversion ratio of 2,53 and growth rate > 884 g/d). Respiratory lesions notes (pneumonia, rhinitis) were conducted at the slaughterhouse and cough and sneeze were counted twice a week in each room. In both cases the scrapping frequency had no influence on the results. Body lesions were observed twice during the fattening period and have shown that ear lesions are significantly reduced in the treatment rooms compared to the control rooms in the early fattening (0,05 vs. 0,16/3, p<0,001). In the late fattening the tail lesions are reduced in the treatment rooms (0,54 vs 0,67/3, p<0,01). Ammonia concentration in the rooms were monitored to calculate the emissions. For the winter batch, the ammonia emissions were reduced of 22% in the treatment rooms compared to the control rooms. These results were confirmed for batch 3 (-12,5%) but not for batch 2.		
Mots-clés : Raclage, émissions, santé respiratoire, engraissement, bien-être Key Words: Scraping, emissions, respiratory health, fattening, welfare		

