

Conséquences d'une baisse temporaire de la température ambiante, une semaine après le passage à l'aliment 2^{ème} âge, sur les performances et la santé des porcelets sevrés

Noémie LEMOINE, Marion BOURNAZEL, David BRILLOUET, David GUILLOU

miXscience Campus Avril, 2/4 avenue de Ker Lann, 35170 Bruz, France

noemie.lemoine@mixscience.eu

Avec la collaboration d'Elodie TERSIGUEL, Sophie CADIEU, Clément FAVIER, Baptiste GAUDUCHEAU
et le personnel de la station porcs d'Euronutrition

Conséquences d'une baisse temporaire de la température ambiante, une semaine après le passage à l'aliment 2^{ème} âge, sur les performances et la santé des porcelets en post-sevrage.

En situation de production commerciale, les sources de stress pour les porcs sont principalement liées à la compétition avec les autres porcs pour les ressources, aux comportements agressifs de certains porcs, aux changements des conditions de logement et à l'absence de relations positives renforcées dans les interventions humaines. Ces derniers peuvent être choisis par l'éleveur mais souvent sont subis (ex : des pannes matérielles). L'objectif de cet essai était d'évaluer l'impact d'un arrêt de chauffage sur les performances et la santé de porcelets sevrés. Pour cela, huit blocs de huit cases homologues de cinq porcelets étaient répartis dans deux salles similaires (A et B) de post-sevrage et situées dans le même bâtiment d'élevage. A 48 jours d'âge, le chauffage de la salle B était arrêté pendant sept heures. Dans les deux salles, les performances zootechniques étaient évaluées avant et après cet « incident », un comptage des toux et des éternuements était réalisé le lendemain de « l'incident » ainsi que des prélèvements de fèces pour mesurer l'inflammation intestinale via le dosage de la TPO (Total Peroxidase activity). Sur la période suivant cet « incident », les porcelets de la salle B ont augmenté leur consommation de 6,6% ($P < 0,05$) et dégradé leur indice de consommation de 5,1% ($P < 0,05$). A 49 jours d'âge, le risque d'éternuer ou de tousser dans la salle B était multiplié par 5,5 par rapport à la salle A ($P < 0,05$). L'inflammation intestinale n'était pas significativement différente entre les deux salles. Pour conclure, une baisse modérée de température de courte durée a dégradé significativement l'indice de consommation des porcelets et a augmenté les symptômes d'irritation des voies respiratoires.

Consequences of a temporary decrease in temperature one week after the transition to weaner feed on the performance and health of weaned piglets

On commercial farms, stressors for pigs are often related to competition with other pigs for resources, aggressive behavior of pen mates, changes in environmental conditions and human interventions in the absence of reinforced positive relationships. The last factor can be controlled by the farmer but may be subject to unwanted events (e.g. equipment failure). The objective of this trial was to evaluate the impact of turning heating on performance and health of weaned piglets. To this end, eight blocks of eight homologous pens of five piglets each were randomly allocated to two similar (A and B) post-weaning rooms, located in the same building. At 48 days of age, the heating of room B was turned off for seven hours during working hours. In both rooms, zootechnical performance was measured before and after this "incident", the number of coughs and sneezes were counted per pen the day after the "incident" and fecal samples were taken to measure total peroxidase activity. After the "incident", piglets in room B increased their feed intake by 6.6% ($P < 0.05$) and decreased their feed efficiency by 5.1% ($P < 0.05$). At 49 days of age, the risk of coughing or sneezing in room B increased by a factor of 5.5 compared to that in room A ($P < 0.05$). Intestinal inflammation did not differ significantly between the two rooms. To conclude, a moderate decrease in temperature over a short duration significantly degraded piglet feed efficiency and increased symptoms of respiratory tract irritation.

INTRODUCTION

Réduire le stress subi par les porcs est une voie d'amélioration des conditions d'élevage qui semble évidente. Toutefois, révéler et quantifier les conséquences d'un stress, puis démontrer le bénéfice d'une démarche de prévention restent un défi en pratique. Les sources de stress pour les porcs sont principalement liées : à des facteurs sociaux (compétition avec les autres porcs de la case pour les ressources - abreuvement, alimentation, aire de repos, jouets et autres « enrichissements »; comportements agressifs de certains congénères); aux interventions humaines en l'absence de relations positives renforcées; et à des facteurs liés au milieu physique, des changements des conditions de logement, c'est à dire aux variations de température, de la qualité de l'air, de la lumière, du bruit, etc... (Taylor *et al.*, 2010; Elmore *et al.*, 2011; Ramonet *et al.*, 2017; Tallet *et al.*, 2020). Dans ce dernier cas, des pannes matérielles ou des variations brutales des conditions climatiques peuvent survenir de manière imprévisible. Les effets de ces changements dépendent grandement du temps nécessaire pour corriger la gestion d'ambiance.

Quand la température du bâtiment descend en dessous d'une température critique inférieure (Tci), le porc produit davantage de chaleur pour maintenir sa température corporelle constante via une augmentation de l'appétit et une réorientation de l'utilisation des nutriments pour le besoin de thermorégulation. Cette situation va dégrader l'efficacité alimentaire.

La réponse zootechnique ou sanitaire face à un stress est plus ou moins marquée selon les individus et dépend de la capacité d'adaptation individuelle. D'autre part, Sandrini *et al.* (2014) ont décrit les conséquences de la présence d'hormones associées au stress dans la lumière intestinale, qui favorise le développement de bactéries potentiellement pathogènes par rapport à la flore commensale. Certaines pathologies associées ne sont pas intestinales, elles peuvent également être cardiaques, nerveuses ou respiratoires.

L'évaluation de l'impact d'un arrêt de chauffage dans une salle de post-sevrage, pendant sept heures, sur les performances et la santé de porcelets sevrés fait donc l'objet de cette étude.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Animaux et logement

Un essai a été conduit au printemps 2018 dans deux salles de post-sevrage de la station Euronutrition (Saint-Symphorien, Sarthe).

Le jour du sevrage, 320 porcelets de 21 jours répartis en huit blocs de huit cases homologues de cinq individus étaient logés dans deux salles similaires de post-sevrage (A et B); situées dans le même bâtiment d'élevage. Ils étaient issus des truies de l'élevage (Maxya, Hypor France), inséminées avec de la semence de verrats Maxter (Hypor France).

Les porcelets avaient un accès à volonté à l'aliment et à l'abreuvement. Les deux salles étaient conduites en « tout plein, tout vide », avec lavage et désinfection entre chaque groupe d'animaux.

1.2. Déroulement de l'essai

Dans la salle de post-sevrage, la température était contrôlée par le chauffage et la ventilation. Pour les deux salles, la consigne

de température était égale à 29°C le jour du sevrage. Celle-ci baissait de 1°C, six jours après le sevrage puis de 1°C tous les sept jours jusqu'à la fin de l'essai. La température de consigne était basée sur les recommandations du groupement de producteurs.

Quatre semaines après le début de l'essai, à 48 jours d'âge pour les porcelets, le chauffage de la salle B était arrêté pendant sept heures (« incident »), la salle A servant de Témoin. Les portes étaient laissées ouvertes pour garantir la circulation d'air. Cette date a été choisie pour, en même temps : ne pas rajouter un facteur de stress lors de la période d'adaptation des porcelets au sevrage (premier âge); et disposer d'un temps d'observation post-« incident » suffisant pour en évaluer les conséquences.

1.3. Aliments

Pendant les trois semaines suivant le sevrage, les animaux des deux salles recevaient un aliment 1^{er} âge contenant 17,8% de protéine brute, 1,45% de lysine digestible, 10,80 MJ d'énergie nette/kg, sans prémélange médicamenteux. Par la suite, un aliment 2^{ème} âge leur était offert, contenant 16,5% de protéine brute, 1,00% de lysine digestible et 9,65 MJ d'énergie nette/kg.

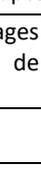
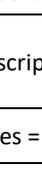
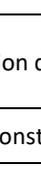
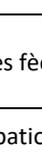
1.4. Mesures et prélèvements

Les porcelets étaient pesés individuellement à 42, 48 et 69 jours d'âge. Les quantités d'aliments distribuées étaient enregistrées chaque jour de distribution, et les refus pesés le même jour que les animaux.

Les soins réalisés et la mortalité des porcelets étaient enregistrés le jour même.

A 49 jours d'âge, lendemain des pesées individuelles pour tous les porcelets et de « l'incident » en salle B, l'inflammation intestinale et l'irritation des voies respiratoires étaient quantifiées pour décrire la réponse à court-terme.

Tableau 1 - Echelle de Bristol sur l'aspect des fèces humaines, adaptée au porc

Note	Aspect adaptés (images de l'humaine)	Description des fèces
1		Billes = constipation
2		Billes agglomérées
3		Moulées = aspect convenable
4		Cylindre = aspect idéal
5		Molles = aspect dégradé
6		Bouse = alerte, mal-digestion
7		Liquide = diarrhée

Le niveau d'inflammation intestinale était quantifié par l'analyse de l'activité peroxydase totale (TPO) dans les fèces qui reflète leur teneur en myéloperoxydase (Lemoine *et al.*, 2018). 10 à 20 g de fèces étaient prélevés individuellement à la sortie de l'ampoule rectale, sur 81 porcelets femelles répartis sur les

deux salles issus de 5 blocs représentatifs de l'amplitude de poids des porcelets à la mise en lots. Dès le prélèvement, l'aspect de chaque fèces était décrit selon la grille de l'échelle de Bristol (Lewis *et al.*, 1997) adaptée au porc (Tableau 1).

Les tubes contenant les fèces étaient congelés dans de la carboglace immédiatement après la notation. Ils étaient transférés au laboratoire d'innovation de Mixscience où ils étaient conservés à -20°C jusqu'au moment de l'analyse. Le dosage de la TPO est adapté de la méthode biochimique décrite par Bradley *et al.* (1982) avec lecture des résultats par spectrophotométrie à 460 nm dans un lecteur de microplaques.

Le même jour, les toux et les éternuements des porcelets des deux salles étaient comptés selon une méthode adaptée de Delteil et Meymerit (2012) afin d'évaluer l'incidence de la baisse des températures sur la fonction respiratoire des porcelets. Pendant 1 min, un intervenant faisait se lever les porcs de chaque case, puis pendant les 3 minutes suivantes les toux étaient comptées.

1.5. Analyses statistiques

A partir des données mesurées, pour les périodes 21-42j, 42-48j, 48-69j, 42-69j le gain moyen quotidien (GMQ), la consommation moyenne journalière (CMJ) et l'indice de consommation (IC) étaient calculés.

L'unité d'analyse était la case de 5 porcelets. Les variables zootechniques et la TPO étaient analysées dans un modèle d'analyse de la variance des effets fixes de la Salle, du Bloc et de leur interaction. L'effet était considéré significatif quand la probabilité était inférieure à 0,05.

Un test d'indépendance du Chi² a été réalisé pour savoir s'il y avait un lien entre la salle et le fait d'éternuer ou tousser. Puis, pour quantifier le risque de tousser ou d'éternuer entre les deux salles, une régression logistique a été réalisée.

$\text{Logit}(P(\text{Toux ou éternuement} = 1|\text{salle})) = \beta_0 + \beta_1 \text{salle}_i + \epsilon_i$

Le risque (RTE) est égal au rapport de probabilité de tousser ou éternuer, sur la probabilité de ne pas tousser ou éternuer.

$$\text{RTE d'un lot} = \frac{\text{Nombre de porcelets qui toussent ou éternuent} / \text{Nb total}}{\text{Nombre de porcelets qui ne toussent pas ou n'éternuent pas} / \text{Nb total}}$$

Le rapport des cotes ou Odds ratio (OR), est égal au rapport des deux risques étudiés.

$$\text{OR} = \frac{\text{RTE B}}{\text{RTE A}}$$

L'ensemble des analyses statistiques était réalisé à l'aide du logiciel R (Version 1.1.383 – © 2009-2017 RStudio, Inc).

2. RESULTATS

2.1. Sanitaire

Lors de cet essai un porcelet est mort dans la salle A, une semaine après le passage à l'aliment 2^{ème} âge, probablement d'un ulcère gastrique. Cette mortalité ayant été comptabilisée avant « l'évènement », elle n'a pas été considérée comme une conséquence de l'évènement.

Sur la période 1^{er} âge, des diarrhées aqueuses ont affecté trois porcs dans la salle A et un dans la salle B. Dans les deux salles, quatre porcelets ont été soignés au motif de boiterie. Sur la période 2^{ème} âge, aucun soin médicamenteux n'a été nécessaire en l'absence de troubles digestifs ou autres.

2.2. Performances de croissance globales.

Le tableau 2 présente les performances zootechniques des porcelets jusqu'à « l'incident ».

Sur la période 1^{er} âge, le GMQ et la CMJ des jeunes animaux n'étaient pas significativement différents entre les 2 salles (261 g/j et 309 g/j en moyenne, respectivement). De même, l'IC était égal à 1,18 pour les deux salles.

Sur la première semaine de 2^{ème} âge, la CMJ des porcelets était significativement plus élevée dans la salle A mais les écarts de GMQ n'étaient pas significativement différents entre les deux salles. Les agents de la station avaient observé du gaspillage sur plusieurs nourrisseurs.

Tableau 2 - Performances de porcelets avant « l'incident »

		Salle A	Salle B	Effet Salle*	Effet Bloc*	Lot*Bloc*
Nombre de cases		32	32			
Poids J21, kg	Moyenne	6,7	6,7			
	ET	0,9	0,9			
GMQ 21-42j g/j	Moyenne	273	250	>0,10	0,001	>0,10
	ET	36	32			
GMQ 42-48j g/j	Moyenne	353	330	>0,10	>0,10	>0,10
	ET	58	78			
CMJ 21-42j g/j	Moyenne	321	297	>0,10	0,022	>0,10
	ET	38	35			
CMJ 42-48j g/j	Moyenne	655	612	0,036	>0,10	>0,10
	ET	73	77			
IC 21-42j	Moyenne	1,18	1,19	>0,10	>0,10	>0,10
	ET	0,05	0,07			
IC 42-48j	Moyenne	1,86	1,85	>0,10	>0,10	>0,10
	ET	0,22	0,39			

*Les différences sont significatives quand $P < 0,05$

2.3. Conséquences de la baisse temporaire de température (« incident »)

2.3.1. Conséquences sur les températures dans les salles

La figure 1 présente les températures minimales et maximales des deux salles au cours de l'essai. La veille de l'« incident », le thermomètre de la salle B a dû être remplacé suite à un dysfonctionnement expliquant probablement le pic de chaleur relevé. Le jour de « l'incident » (48 j), le minimum de température atteint était égal à 19,1°C (soit 7,6°C d'écart à la consigne) et la température maximale égale à 29,7°C (soit +3°C par rapport à la salle A). Le matériel de mesure en place ne permettait pas d'obtenir une température moyenne quotidienne.

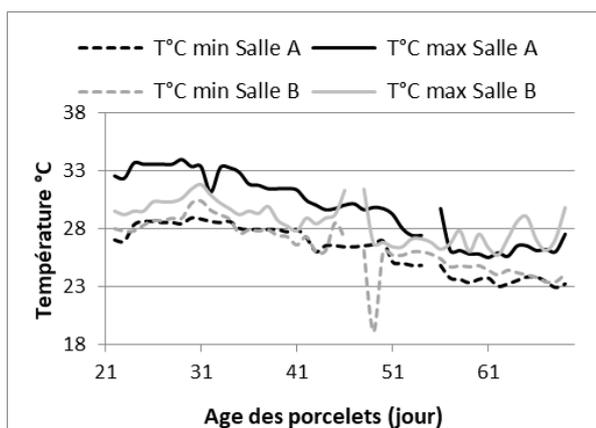
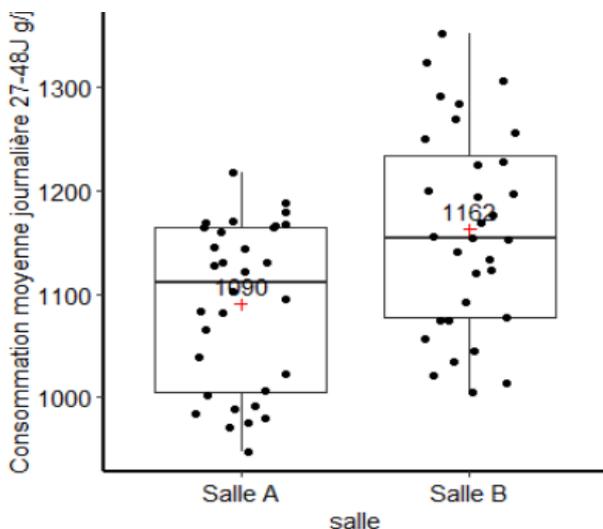


Figure 1 - Températures minimum et maximum en °C dans les deux salles au cours de l'essai

2.3.2 Conséquences sur les performances zootechniques

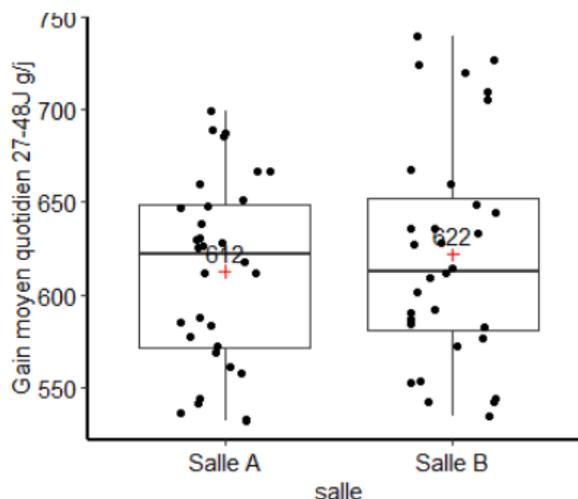
Sur la deuxième partie du 2^{ème} âge qui suivait « l'incident », les porcelets de la salle B ont consommé plus d'aliment (+72 g/j ;) $P < 0,05$ que ceux de la Salle A (Figure 2). Sur cette période, les agents de la station n'avaient pas observé de gaspillage.

La croissance des animaux n'était pas significativement différente entre les deux salles (617 g/j en moyenne) (Figure 3). En conséquence, l'indice de consommation de la salle B était dégradé de 0,11 point ($P < 0,05$) par rapport à celui des porcelets de la salle A. Ils étaient égaux à 1,88 et 1,94 dans les salles A et salle B respectivement.



*La croix correspond à la moyenne de la salle

Figure 2 – Consommation moyenne journalière des porcelets après « l'incident »



*La croix correspond à la moyenne de la salle

Figure 3 – Gain moyen quotidien des porcelets après « l'incident »

2.3.2. Conséquences sur l'inflammation intestinale et l'aspect des fèces

Le tableau 3 présente la répartition des notes de fèces sur l'échelle de Bristol par salle. La majorité des notes se situe dans la gamme convenable ou idéale (3 et 4) dans les deux salles. La salle B se caractérise par deux notes de constipation (n=2), plus de diarrhées aqueuses (n=7) et moins de fèces molles (n=5).

Les TPO fécales étaient comprises entre 0,99 U/mg et 15,84 U/mg. L'inflammation intestinale n'était pas significativement différente entre les deux salles le jour suivant « l'incident ».

Tableau 3 - Résultats des prélèvements de fèces et des notations des toux et éternuements à J48

	Salle A	Salle B	Effet Salle
Notation des fèces sur l'échelle de Bristol			
Note Bristol = 2	0	2	Chi ² Non applicable
Note Bristol = 3	6	8	
Note Bristol = 4	18	17	
Note Bristol = 5	15	11	
Note Bristol = 6	0	0	
Note Bristol = 7	1	3	
Teneur en TPO (U/mg)	5,62	5,66	$P < 0,05$
Résultats des comptages de toux et éternuements			
% de cases avec des porcs qui toussent ou éternuent	35%	75%	P-Chi ² $P < 0,05$
% de cases avec des porcs sans toux ni éternuement	65%	25%	
Risque de tousser ou d'éternuer (RTE)	0,54	3	$P < 0,05$

2.3.3. Conséquences sur le nombre de porcs toussant ou éternuant

Le tableau 3 présente également les résultats du comptage des toux et des éternuements, qui dépendait de la salle ($P\text{-Chi}^2 < 0,05$) : 75 % des cases du salle B avaient des porcs qui toussaient ou éternuaient le jour du bilan contre 35% dans la salle A.

Le RTE était de 0,54 dans la salle A et 3,00 dans la salle B, l'OR prenait donc la valeur de 5,5.

Ainsi, le lendemain de « l'incident », le risque de tousser ou d'éternuer était multiplié par 5,5 ($P < 0,05$) pour les porcelets de salle B par rapport à ceux de la salle A (sans « incident »).

3. DISCUSSION

Dans un essai réalisé ultérieurement (printemps 2021) dans la même station (Guillou, communication personnelle), une panne de ventilation a affecté une salle pendant un week-end en période de 1^{er} âge. Les écarts observés accidentellement pendant 24h étaient d'une magnitude comparable à notre simulation « d'incident » (minimum à 23°C écart à la consigne de 5°C). Cette observation indépendante du présent essai valide le mode opératoire mis en œuvre pour simuler un incident de chauffage en post-sevrage, malgré la différence de durée (7h en essai, 24h pour la vraie panne).

Les consignes de température en élevage ont pour objectif de maintenir le porc dans une zone de confort thermique, limitant le besoin de production de chaleur. Dans l'essai présenté, lors de « l'incident », la température avait atteint 19,1°C à son minimum, c'est-à-dire un écart à la consigne de 7,6°C. Cette température restait toutefois supérieure à la Tci des porcelets de 15 kg (Miller, 2012). Comme l'adjectif critique l'indique, la Tci représente une limite aux capacités d'adaptation de l'animal. Il est donc vital de ne pas exposer des porcelets à ce type de condition d'élevage.

Les résultats zootechniques de cet essai indiquent que des adaptations du porcelet sont mesurables même après un incident de courte durée (7 heures). L'augmentation de la consommation observée dans cet essai est en accord avec d'autres études (Madec *et al.*, 2003 ; Renaudeau *et al.*, 2012 ; Yu *et al.*, 2021). Ayant passé la période critique du sevrage, les porcelets étaient en capacité d'adapter leur consommation alimentaire aux conditions d'environnement, et le refroidissement subi semblait avoir stimulé leur appétit durablement. De manière remarquable, les jeunes animaux avaient maintenu leur vitesse de croissance, indiquant une adaptation réussie.

Dans cet essai, la baisse temporaire de température n'a pas induit de diarrhées ni d'augmentation de l'inflammation intestinale chez les porcelets, en accord avec les résultats de Yu *et al.* (2021). Des diarrhées seraient probablement survenues si « l'incident » avait duré plus longtemps ou s'il avait eu lieu dans la 1^{ère} ou la 2^{ème} semaine suivant le sevrage. En effet, durant cette période critique, la barrière intestinale est plus fragile (Madec *et al.*, 2003 ; Vente-Spreeuwenberg *et al.*, 2003 ; Wathes *et al.*, 1989). Par ailleurs, il est à noter que certains porcelets présentaient des niveaux d'inflammation élevés pour leur âge et leur niveau d'ingestion (Lemoine *et al.*, 2019). Ces animaux étaient répartis équitablement dans les deux salles en essai, ce qui indique probablement une sensibilité supérieure chez certains individus, sans lien avec les conditions environnementales.

Nos résultats révèlent l'effet de « l'incident » sur la fonction respiratoire. Chez l'Homme, il existe des récepteurs dit irritants, qui transmettent des informations sur la composition chimique et la température des gaz ventilés. Ces récepteurs sont sensibles à l'irritation du larynx et des bronches et déclenchent la toux et/ou l'éternuement (Mazzone, 2005 ; Jammes, 2013). Ces phénomènes sont le signe d'une réponse physiologique normale à l'irritation, même en l'absence d'infection. La baisse temporaire de la température dans la salle B a donc provoqué une irritation des voies respiratoires des porcelets, qui s'est traduite par une augmentation de la fréquence de toux et d'éternuements. L'absence de soins médicamenteux en 2^{ème} âge pourrait indiquer une absence d'infection malgré ces symptômes précoces. En raison de la durée réduite de l'exposition au froid, il est probable que les défenses immunitaires des animaux et l'augmentation de l'ingéré suffisaient à les protéger.

La baisse transitoire de température pourrait également stimuler l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien et induire du stress (Moisan *et al.*, 2012). Or, d'après Hyun *et al.* (1998), les conséquences zootechniques et physiologiques de différents stress en élevage sont additives. Au-delà de sa durée limitée, notre simulation « d'incident » n'associait pas plusieurs dysfonctionnements de matériels, ni de rupture d'alimentation ou d'abreuvement, ni de circulation de pathogènes saisonniers, *etc.* Les réponses inflammatoires et sanitaires auraient probablement été plus importantes dans un contexte moins favorable. En effet, les catécholamines produites en réponse à un stress peuvent rendre l'animal plus sensible aux micro-organismes présents dans son environnement que ce soit au niveau de l'épithélium intestinal ou de l'épithélium bronchique (Lyte *et al.*, 2019).

Ces résultats, décrivant des relations entre les variations du milieu physique d'élevage et l'utilisation de l'aliment, suggèrent que la simulation d'incident de chauffage pourrait permettre d'étudier les effets de variations de composition des aliments sur la sensibilité ou la résistance des porcelets aux pathologies respiratoires.

CONCLUSION

Une baisse de courte durée de la température ambiante en post-sevrage, de 7,6°C en dessous température de consigne, a dégradé significativement l'IC des porcelets et a augmenté l'irritation des voies respiratoires. Cela pourrait constituer un modèle expérimental pour l'étude des effets de mesure préventives, via l'alimentation par exemple, sur la robustesse des porcs, dans la mesure où tous les paramètres demeureraient confinés dans des bornes acceptables pour le respect du bien-être animal.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bradley P.P., Priebe D.A., Christensen R.D., Rothstein G., 1982. Measurement of cutaneous inflammation: estimation of neutrophil content with an enzyme marker. *J. Invest. Dermatol.*, 78, 206-209.
- Delteil et Meymerit, 2012. Pathologie respiratoire, in Manipulations, interventions et appréciations en élevage porcin, 111, édition Educagri.
- 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(3-4) 154-163.
- Hyun Y., Ellis M., Riskowski G., Johnson R. W., 1998. Growth performance of pigs subjected to multiple concurrent environmental stressors. *J Anim Sci*, 76,721-727.
- Jammes, 2013. Physiologie du contrôle ventilatoire www.aem2.org/wp-content/uploads/2011/05/3-Physiologie-du-contrôle-ventilatoire-PARTIE-1_2-CORRIGEE.pdf, consulté le 23/09/2021.
- Lemoine N., Fautrel A., Techer M., Guillou D., 2018. Validation of a quantitative biomarker of gut inflammation in weaned piglets. *Adv. Anim. Biosci.* 9(S2), 250.
- Lemoine, N., Favier, C., Techer, C., Guillou, D., 2018. Factors influencing faecal myeloperoxidase in piglets from trials without in-feed therapeutics. In Proceedings of the Zero Zinc Summit, Copenhagen, Denmark, 17–18 June 2019; pp. 3–12.
- Lewis S.J., Heaton K.W., 1997. Stool form scale as a useful guide to intestinal transit time. *Scand J Gastroentero* 32:9, 920-924.
- Lyte M., 2016. Microbial endocrinology in the pathogenesis of infectious disease. *Microbiol Spectrum* 4(2), VMBF-0021-2015.
- Madec F., Le Dividich J., Pluske J.R., Verstegen M.W.A., 2003. Environmental requirements and housing of the weaned pig. In: J.R. Pluske, J. Le Dividich; M.W.A. Verstegen Eds. Weaning the pig, concept and consequences, 337-360, Wageningen Academic Publishers.
- Mazzone B., 2005. An overview of the sensory receptors regulating cough, *Cough*, 4, 1-2.
- Miller T.G., 2012. "Swine Feed Efficiency: Influence of Temperature", Iowa Pork Industry Center Fact Sheets. 11.
- Moisan M.P., Le Moal, M., 2012. Le stress dans tous ses états, *Med Sci*, 28 612–617.
- Ramonet Y., Etoire F., Fabre A., Laval A., Nielsen B, 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, *Journées Rech. Porcine*, vol.49, pp. 139-150.
- Renaudeau D., Glibert H., Noblet J., 2012. Effect of climatic environment on feed efficiency in swine. 183–210 In: Patience J.F. (eds) Feed efficiency in swine. Wageningen Academic Publishers.
- Sandrini S., Alghofaili F., Freestone P., Yesilkaya H., 2014. Host stress hormone norepinephrine stimulates pneumococcal growth, biofilm formation and virulence gene expression, *BMC Microbiol*, 14,180.
- Tallet C., Courboulay V., Devillers N., Meunier-Salaün M.-C., Prunier A., Villain A., 2020. Mieux connaître le comportement du porc pour une bonne relation avec les humains en élevage. *INRAE Prod. Anim.*, 33, 81–94.
- Taylor N. R., Main D. C. J., Mendl M., Edwards S. A., 2010. Tail-biting: A new perspective. *Vet. J.* 186, 137–147.
- Vente-Spreeuwenberg M.A.M., Beymen A.C., 2003. Diet-mediated modulation of small intestinal integrity in weaned piglet. In: J.R. Pluske, J. Le Dividich; M.W.A. Verstegen Eds. Weaning the pig, concept and consequences, 145-185, Wageningen Academic Publishers.
- Wathes, C., Miller, B., & Bourne, F., 1989. Cold stress and post-weaning diarrhea in piglets inoculated orally or by aerosol. *Anim Sci*, 49 : 489-496.
- Yu J., Chen S., Zeng Z., Xing S., Chen D., Yu B., He J., Huang Z., Luo Y., Zheng P. 2021. Effects of Cold Exposure on Performance and Skeletal Muscle Fiber in Weaned Piglets, *Animals*, 11, 21-48.