

Année universitaire : 2020 – 2021 Spécialité : Ingénieur Agronome Spécialisation (et option éventuelle) : Sciences et Ingénierie en Productions Animales (SIPA)	Mémoire de fin d'études ☒ d'ingénieur d'AGROCAMPUS OUEST (École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de L'institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) ☐ de master d'AGROCAMPUS OUEST (École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de L'institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) ☐ de Montpellier SupAgro (étudiant arrivé en M2) ☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)
--	--

Effet de la température ambiante et du niveau d'activité physique sur les comportements et les besoins nutritionnels des truies gestantes

Par : Justine ABARNOU



Soutenu à Rennes le 09/09/2021

Devant le jury composé de :

Président : MONTAGNE Lucile

Maître de stage : GAILLARD Charlotte

Enseignant référent : FAURE Justine

Rapporteur : LABUSSIÈRE Etienne

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

Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement Charlotte Gaillard pour son encadrement, son soutien, ses conseils, le temps et la confiance accordés tout au long du stage. Ce stage a été une expérience enrichissante tant d'un point de vue professionnel mais aussi d'un point de vue personnel. Je la remercie également de m'accorder sa confiance pour les 6 mois à venir.

Je tiens également à remercier Josselin, Daniel, Yannick, Nicolas et Amandine de l'UE3P pour leur accueil au sein de l'élevage, leur bonne humeur et leur aide lors des expérimentations.

Merci Maeva de m'avoir fait confiance et de m'avoir intégré à ta thèse. Merci pour les moments passés à l'élevage et l'aide que tu as pu m'accorder pour la réalisation de ce stage.

Merci Clémence d'avoir partagé ces 6 mois de stage avec moi. Grâce à toi, le stage est passé si vite qu'on n'a même pas vu le temps passé pendant nos analyses vidéo.

Merci à toute l'équipe Sysporc que je n'ai rencontré que virtuellement lors des réunions et des cafés virtuels.

Je remercie également Axel pour tout le soutien qu'il a pu m'apporter pendant ces 3 ans. Merci aussi pour le temps passé à relire mon mémoire.

Et un grand merci à mes parents, mes sœurs et toute ma famille pour leur soutien pendant ces 7 longues années d'études.

Sommaire

Liste des abréviations.....	I
Liste des tableaux et figures	II
Liste des annexes	IV
Introduction	1
I. Bibliographie	2
I.1 L'alimentation de précision, un enjeu majeur en élevage porcin	2
I.2. L'activité physique, un paramètre à prendre en compte pour améliorer l'estimation des besoins nutritionnels	4
I.3 La température ambiante : un facteur environnemental modifiant le comportement, les performances individuelles et les besoins nutritionnels	6
II. Objectifs et hypothèses	10
III. Matériel et méthodes	11
III.1 Animaux, logement et gestion	11
III.2 Collecte de données	13
III.3 Calculs et analyses statistiques	14
IV. Résultats et discussion	16
IV.1 Caractérisation du niveau d'activité des truies	16
IV.2 Effet du niveau d'activité sur les caractéristiques et les comportements des truies ...	19
IV.3 Effet des stress thermiques sur les comportements et les caractéristiques des truies.	21
Conclusion	30
Références bibliographiques	31
Annexes	34

Liste des abréviations

AP : Alimentation de Précision

AS : Alimentation Standard

DAC : Distributeur Automatique de Concentrés

DIS : Digestible Iléal Standardisé

ELD : Epaisseur de Lard Dorsal

EM : Energie métabolisable

INRAe : Institut national de recherche pour l’agriculture, l’alimentation et l’environnement

PM : Après-midi

PV : Poids Vif

TCI : Température Critique Inférieure

TR : Température Rectale

UE3P : Unité Expérimentale Physiologie et Phénotypage des Porcs

Liste des tableaux et figures

Tableau 1 : Diversité des accéléromètres existants et leurs caractéristiques (emplacement, paramètres mesurés, validité)

Tableau 2 : Explication de l'éthogramme

Tableau 3 : Principales équations utilisées pour calculer les besoins nutritionnels des truies

Tableau 4 : Effet du niveau d'activité sur les besoins nutritionnels sur la période observée (10h)

Tableau 5 : Effet de la semaine et du groupe d'activité sur les besoins (A) et tableau des P-values des différents facteurs et interactions (B)

Figure 1 : Pourcentage d'azote excrété en moins en fonction du pourcentage d'azote ingéré en moins dans la ration en alimentation de précision comparé à l'alimentation standard.

Figure 2 : Evolution du poids vif et de l'épaisseur de lard des truies au cours de 5 gestations en fonction de leur activité physique

Figure 3 : Gauche : Accéléromètre fixé à la patte arrière, Droite : Accéléromètre fixé à une boucle d'oreille

Figure 4 : Prise alimentaire des truies en lactation en fonction de la température ambiante

Figure 5 : Plan d'une salle de gestation et de ses équipements

Figure 6 : Processus expérimental et planning de l'analyse vidéo

Figure 7 : Photographie d'une truie marquée d'un « M » pour l'analyse vidéo

Figure 8 : Equations permettant le calcul de l'activité physique des truies, adaptées de Marcon *et al.*, 2020

Figure 9 : Niveau d'activité calculé par les analyses vidéos avec 2 équations différentes (8.2 et 8.3) en fonction du niveau d'activité enregistré par les accéléromètres (8.1)

Figure 10 : Etude de la variabilité interindividuelle de l'activité physique des truies en période « Nuit ».

Figure 11 : Caractérisation des groupes d'activité en fonction du poids (A), de l'épaisseur de lard (B) et de la parité des truies (C).

Figure 12 : Effet des groupes d'activité sur le gain de poids (A) et le gain d'ELD (B) au cours de la gestation

Figure 13 : Effet des groupes d'activité sur le temps passé au total (A) et sans consommer (B) par jour au DAC et le temps passé à explorer le DAC (en minutes) sur la période observée de 10h (C)

Figure 14 : Effet des stress thermiques sur le gain de poids (A) et le gain d'ELD (B)

Figure 15 : Effet des stress thermiques sur l'activité des truies en fonction de leur niveau d'activité (A) et tableau des p-values des différents facteurs et interactions (B)

Figure 16 : Effet des stress thermiques sur le temps passé au DAC sans consommer d'aliments (A), le nombre de visites non alimentaires (B), le temps passé à l'abreuvoir (C) et la quantité d'eau bue par jour (D)

Figure 17 : Effet des stress thermiques sur le pourcentage de temps passé couché latéralement ou ventralement selon la période d'observation (A) et tableau des p-values des différents facteurs et interactions (B)

Figure 18 : Effet des stress thermiques sur le nombre de changements de positions en fonction de la période d'observation (A) et tableau des p-values des différents facteurs et interactions (B)

Figure 19 : Effet des stress thermiques sur le temps passé couchée seule ou en contact avec plusieurs truies (de 1 à 5).

Liste des annexes

Annexe I : Evolution de la température intérieure et extérieure au cours de l'expérimentation

Annexe II : Evolution du poids des truies au cours de la gestation

Annexe III : Effet du groupe d'activité sur le nombre de passages total et non alimentaires au DAC par jour

Annexe IV : Effet des groupes d'activité sur le nombre de visites à l'abreuvoir (A), le temps passé à boire (B) et la quantité d'eau ingérée par jour (C)

Annexe V : Effet de la semaine de test et de la période de la journée sur le temps passé actif

Annexe VI : Effet de la semaine et de la période de la journée sur différentes positions et occupations

Annexe VII : Effet de la semaine de test sur les comportements agressifs

Annexe VIII : Article en cours de rédaction pour les JRP 2022

Introduction

Les besoins nutritionnels des truies varient au cours de la gestation mais également en fonction de l'individu (Gaillard *et al.*, 2019). Ces variations dépendent de plusieurs facteurs, parmi ceux-ci on retrouve notamment la condition corporelle, le rang de portée, l'activité physique et le stade de gestation (Dourmad *et al.*, 2008; Huber, 2019). En fermes commerciales, les truies en gestation reçoivent généralement une alimentation standard (**AS**) basée sur les besoins nutritionnels d'un individu moyen dans le cheptel (Dourmad *et al.*, 2008). Cette absence d'individualisation de la ration entraîne des problèmes de sous- ou sur-alimentation pour certaines truies, et donc des problèmes de santé, de performance et des surcoûts alimentaires. Cela implique également une moins bonne gestion des rejets azotés et phosphorés dans l'environnement (Gaillard *et al.*, 2019), problèmes actuels majeurs en agriculture. L'alimentation de précision (**AP**), ou alimentation sur-mesure, en adaptant et individualisant les rations quotidiennement selon les besoins, permet de pallier ces problèmes (Brossard *et al.*, 2020; Monteiro *et al.*, 2017; Pomar *et al.*, 2009) et ainsi répondre au mieux aux enjeux actuels, à la fois en ce qui concerne le bien-être animal et la production de déchets azotés.

Des modèles nutritionnels et des outils d'aide à la décision existent pour estimer au mieux les besoins nutritionnels des truies (Dourmad *et al.*, 2017; Gaillard *et al.*, 2019). Ces modèles sont basés à la fois sur les caractéristiques individuelles et les objectifs de performance à la reproduction. Des améliorations pourraient cependant y être apportées, notamment la prise en compte individuelle de l'activité physique journalière. En effet, cette dernière entraîne des variations importantes des besoins nutritionnels (Marcon *et al.*, 2020), par exemple la posture affecte fortement la dépense énergétique (Marcon *et al.*, 2020). De plus, les modifications de l'environnement (ex. variations de température ambiante) pourraient être ajoutées au modèle car elles sont également connues pour influencer les besoins nutritionnels (Gaillard *et al.*, 2019).

Ces deux paramètres étant à la fois essentiels et encore absents des modèles à l'échelle individuelle (pour l'activité) et de la salle (pour la température), il est intéressant d'étudier les effets de la température et de l'activité des truies sur les performances de production (poids vif (**PV**) et épaisseur de lard dorsal (**ELD**) et sur les comportements (sociaux, posturaux et alimentaires) durant la gestation. L'estimation individuelle de l'activité pourra amener aux calculs des besoins nutritionnels des truies.

Ce rapport débute par une contextualisation sur l'alimentation de précision, et sur l'importance de l'activité et de la température ambiante dans les estimations des besoins nutritionnels. Les objectifs et hypothèses de travail sont ensuite évoqués suivis du matériel et méthodes de l'expérimentation suivie au cours du stage. Les résultats reprenant le plan des différents objectifs sont ensuite discutés à l'aide des hypothèses et de la littérature.

I. Bibliographie

I.1. L'alimentation de précision, un enjeu majeur en élevage porcin

a. Les principaux intérêts de l'alimentation de précision

Rejets environnementaux. L'AP permet une diminution des rejets environnementaux d'azote et de phosphore tout en maintenant des niveaux de production comparables à l'alimentation standard d'après des expérimentations sur les porcs en engraissement (Brossard *et al.*, 2020; Monteiro *et al.*, 2017; Pomar *et al.*, 2009) et une simulation sur les truies en gestation (Gaillard *et al.*, 2020). Comme le montre la figure 1, plusieurs résultats expérimentaux semblent en accord en ce qui concerne l'impact de l'alimentation de précision des porcs en engraissement sur la réduction d'azote ingéré et des rejets azotés dans l'environnement, la simulation sur les truies en gestation (Gaillard *et al.*, 2020) semble également être en accord avec les résultats obtenus sur les porcs en engraissement. L'excrétion d'azote est proportionnelle à son ingestion, plus la diminution d'azote est élevée dans la ration, plus la réduction de son excrétion sera importante.

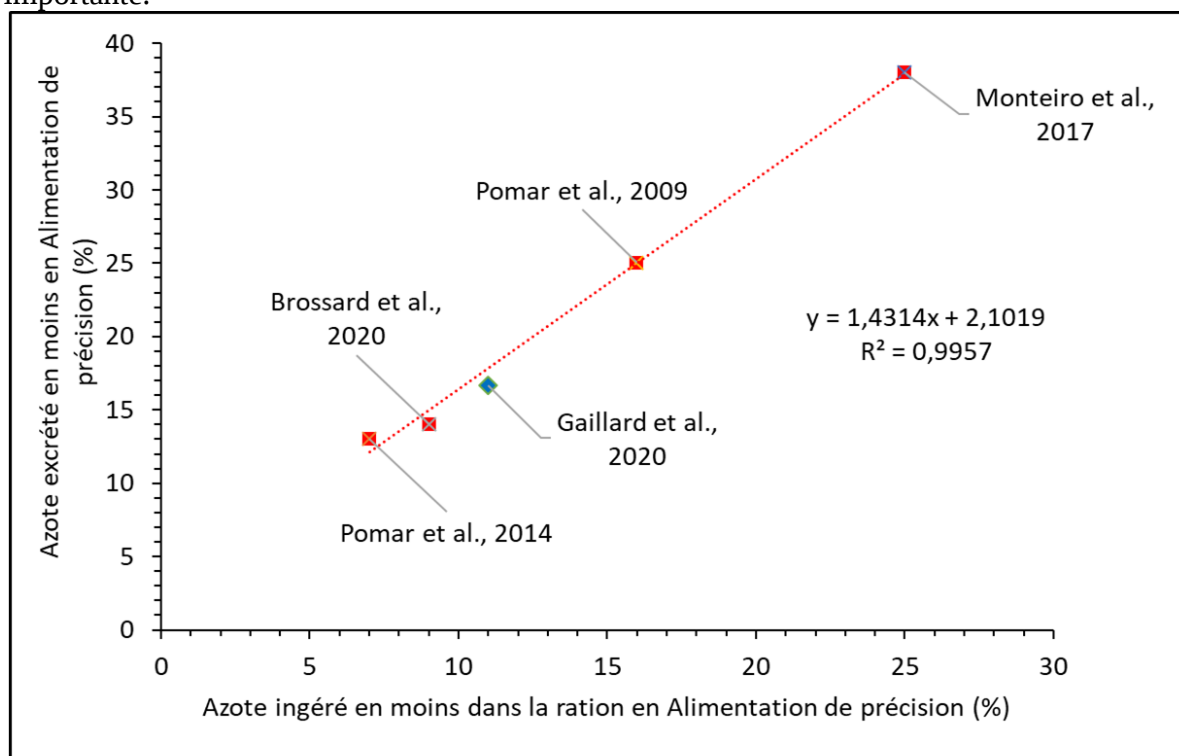


Figure 1 : Pourcentage d'azote excrété en moins en fonction du pourcentage d'azote ingéré en moins dans la ration en alimentation de précision comparé à l'alimentation standard.

■ : Expérimentation en porc en engraissement, ◆ : Simulation en truie en gestation
Régression linéaire réalisée à partir des quatre données des expérimentations en porc en engraissement

L'alimentation biphasée¹ (Brossard *et al.*, 2020) présente des résultats similaires à l'alimentation multi-phase² (Monteiro *et al.*, 2017; Pomar *et al.*, 2009; Pomar *et al.*, 2014). Ces trois études montrent également qu'une réduction de l'apport en phosphore entraîne une diminution plus élevée de son excrétion, une diminution de 9% de son apport dans la ration implique une diminution de 15% de son rejet (Monteiro *et al.*, 2017). Une simulation réalisée par Gaillard *et al.* (2020) pour des truies en gestation prévoit une réduction de l'azote ingéré de 11% et une réduction de l'azote excrété de 16,7%.

Intérêts économiques. L'alimentation représente 70% des coûts de production en élevage porcin (Monteiro *et al.*, 2017). En diminuant les apports protéiques à un niveau correspondant aux besoins des individus, l'AP permet une réduction du coût alimentaire. En effet, les apports protéiques, comme le soja et le maïs, correspondent à 25% du coût alimentaire (Monteiro *et al.*, 2017). Lorsque l'apport en azote et en phosphore est réduit dans la ration des porcs en engraissement grâce à des régimes quotidiens sur-mesure, le coût alimentaire diminue de 4,7% (Pomar *et al.*, 2009). En parallèle, Monteiro *et al.* (2017) ont montré une réduction du coût alimentaire de près de 7% par gain de kg PV. Cette réduction plus importante du coût alimentaire peut être due à une différence d'ingrédients dans la ration. En effet, dans l'étude de Monteiro *et al.* (2017), la ration plus faible en protéines contient moins de soja et plus de maïs que la ration standard, ce qui implique une diminution du coût alimentaire, le maïs étant moins cher que le soja. Gaillard *et al.* (2020) a estimé par simulation une réduction du coût alimentaire de 3,6% pour des truies gestantes.

b. Des premiers modèles nutritionnels en alimentation de précision vers une individualisation de la ration

En 2008, Dourmad *et al.* ont élaboré un modèle mécanistique (InraPorc) qui représente l'utilisation quotidienne des différents nutriments pour une truie donnée durant la gestation et la lactation. L'énergie utilisée estimée dans le modèle comprend l'énergie pour l'entretien, l'activité physique, la thermorégulation, le gain de poids maternel et la constitution des réserves corporelles, le développement utérin et fœtal pendant la gestation et la production de lait pendant la lactation. Ce modèle prend en compte le plan d'alimentation (le type et la quantité d'aliments consommés), les conditions de logement et le profil des truies (parité, poids vif à l'insémination et à la mise-bas, épaisseur de lard dorsal).

En 2017, Dourmad *et al.* ont amélioré le modèle InraPorc (encore largement utilisé aujourd'hui en élevage porcin) afin de l'orienter vers une alimentation de précision pour les truies en gestation. Ce nouveau modèle prend en compte deux types d'aliments, avec des teneurs en nutriments plus ou moins faibles. La proportion de l'aliment faible en nutriments diminue avec le stade de gestation et passe de 100% à moins de 30% la dernière semaine.

D'autres facteurs sont encore à intégrer dans ce modèle afin d'obtenir une alimentation individualisée qui s'adapte quotidiennement aux besoins des truies gestantes (Dourmad *et al.*, 2017; Gaillard *et al.*, 2019). Des paramètres affectant les besoins nutritionnels peuvent varier au quotidien, notamment la température ambiante dans la salle de gestation ou encore l'activité physique des truies. En effet, l'activité physique des truies est fixée et moyennée à 240 minutes passées debout par jour dans le modèle nutritionnel d'InraPorc (Dourmad *et al.*, 2008; Gaillard *et al.*, 2019).

¹ L'alimentation biphasée consiste à donner 2 rations différentes au cours de l'engraissement, une ration « croissance » et une ration « finition » qui s'adaptent au plus près des besoins nutritionnels des porcs en engraissement pendant ces deux phases

² L'alimentation multi-phase quant à elle consiste à séparer l'alimentation en plusieurs phases dans le même but que l'alimentation biphasée.

I.2. L'activité physique, un paramètre à prendre en compte pour améliorer l'estimation des besoins nutritionnels

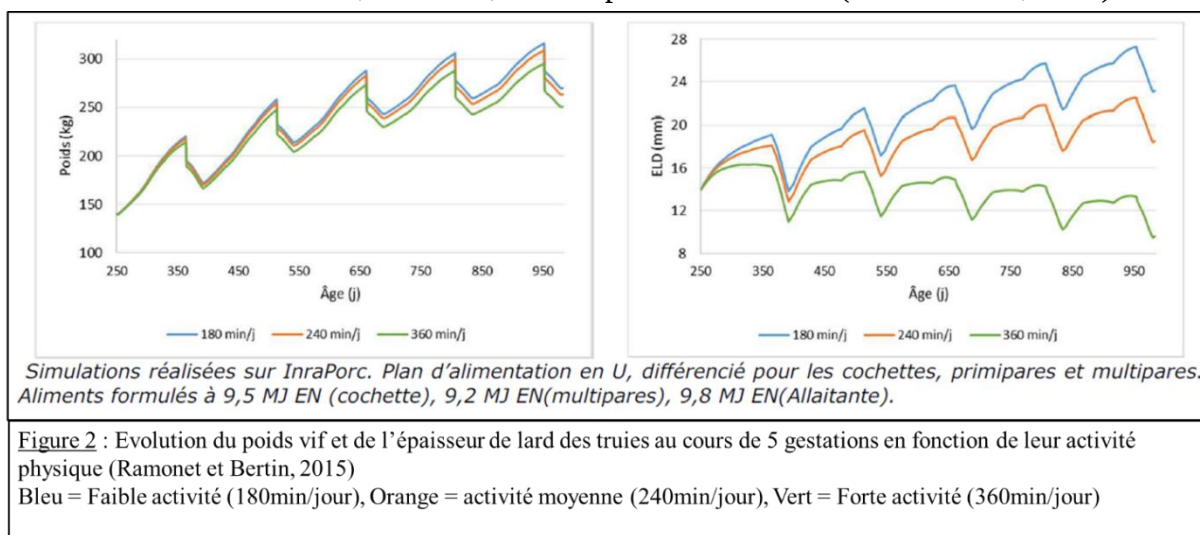
a. L'activité est variable intra- et inter-individu

Le niveau d'activité physique est une caractéristique propre à chaque truie (Noblet *et al.*, 1994; Ramonet et Bertin, 2015). En effet, Ramonet et Tertre (2013) ont montré une certaine variabilité interindividuelle de la distance parcourue lors des observations en logement de type DAC (Distributeur Automatique de Concentrés) statique (groupe de truie identique tout au long de la gestation) et DAC dynamique (ajout et retrait de groupes de truies dans la salle au cours de la gestation) avec respectivement 47 et 255m d'écart interquartile. Ramonet et Bertin (2015) ont également montré une grande variabilité de l'activité physique entre individus dans des groupes statiques et dynamiques nourris au DAC. Le temps moyen passé debout est de 4h19 avec une variation comprise entre 1h16 et 9h22. De plus, le temps passé debout augmente avec le rang de portée pour deux des élevages testés sur les 6, un en DAC statique et l'autre en DAC dynamique (Ramonet et Bertin, 2015).

Le nombre moyen de changements de posture en 24h est également variable selon les individus (entre 8 et 76 avec une moyenne à 29, (Ramonet et Bertin, 2015). A l'inverse du temps passé debout, le nombre de changements de posture diminue avec le rang de portée.

b. Les besoins nutritionnels diffèrent en fonction de l'activité des truies

Les différentes postures adoptées par les truies impliquent des dépenses énergétiques variables en fonction des besoins d'entretien nécessaires au maintien de la posture. Le coût énergétique moyen de la station debout est de $0,28 \text{ kJ.PV}^{0,75}.\text{min}^{-1}$ (Noblet *et al.*, 1994), soit le double de la dépense énergétique en position couchée. La dépense énergétique supplémentaire au maintien de la posture augmente avec le temps passé debout sans interruption (Marcon *et al.*, 2020). De plus, lorsqu'une truie marche, elle double sa dépense énergétique par rapport à une truie debout immobile et si la truie court, là encore, cette dépense est doublée (Marcon *et al.*, 2020).



Ainsi, en influençant leur dépense énergétique, l'activité physique modifie grandement les besoins nutritionnels et alimentaires des truies. Quiniou *et al.* (2014) a montré que 2 heures d'activité supplémentaire par jour correspondent à un besoin alimentaire de 165g/jour de plus dans la ration pour une truie en gestation. Pour illustrer l'impact de l'activité physique sur les

besoins nutritionnels, Ramonet et Bertin (2015) ont simulé un plan d'alimentation identique pour des truies ayant des niveaux d'activité différents sur 5 gestations et ont étudié les conséquences sur les courbes de poids et d'épaisseur de lard dorsal. La figure 2 montre une diminution de l'ELD pour des truies très actives comparées à des truies à activité moyenne, qui ont une ELD qui se stabilise au cours des cycles de gestation, c'est le syndrome de la truie maigre (Ramonet et Bertin, 2015). Par opposition, des truies très peu actives gagnent continuellement en ELD au cours des gestations.

Ainsi, il est nécessaire de connaître l'activité quotidienne des truies afin d'ajuster au mieux leurs besoins nutritionnels à l'aide de capteurs d'activité.

c. Les différents capteurs d'activité existant en élevage porcin

L'activité des truies peut être mesurée par différents types de capteurs. Plusieurs emplacements sont possibles : ils peuvent être fixés sur les pattes, autour du cou ou encore à l'oreille (Figure 3) (Chapa *et al.*, 2020). Les accéléromètres fixés aux pattes ou au cou nécessitent des équipements supplémentaires tels que des colliers ou des bandages (Cornou et Lundbye-Christensen, 2008; Ramonet et Bertin, 2015). Ce sont des accéléromètres provisoires qui ne sont pas conçus pour de longues périodes de mesure (Cornou et Lundbye-Christensen, 2008; Ramonet et Bertin, 2015). De plus, ces accéléromètres sont moins adaptés à l'élevage porcin car ils sont fréquemment endommagés par les autres truies (Hamäläinen *et al.*, 2011). Les accéléromètres sur des oreilles semblent donc les mieux adaptés mais doivent être posés correctement selon l'orientation des axes car la boucle ne peut pas être repositionnée une fois mise en place (Chapa *et al.*, 2020). Cependant, avec ce type d'accéléromètre, les mouvements des oreilles peuvent être enregistrés, ce qui peut fausser les données d'activité collectées par le capteur (Chapa *et al.*, 2020).

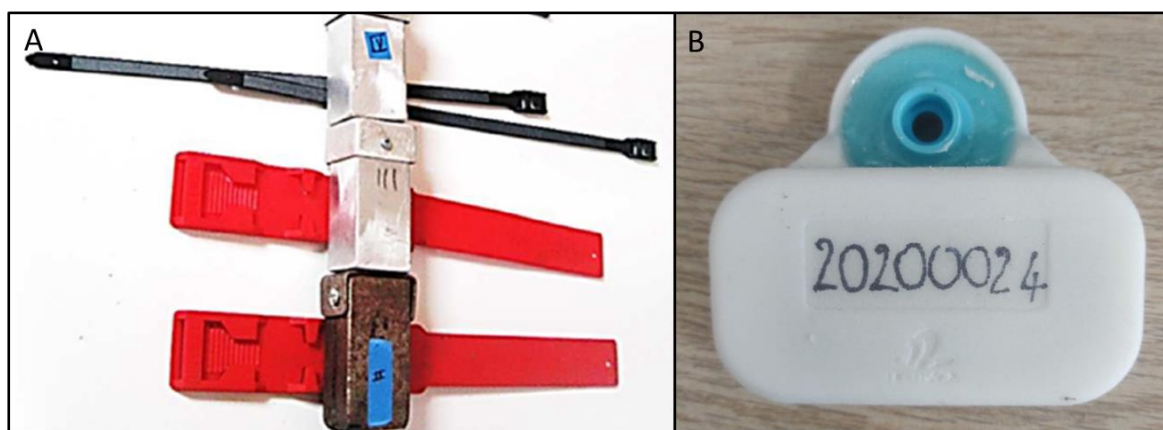


Figure 3 : A. accéléromètre fixé à la patte arrière (Ramonet et Bertin, 2015)
B. accéléromètre fixé à une boucle d'oreille (Crédit photo : C. Orsini)

Les accéléromètres permettent de mesurer plusieurs types de comportements selon leur programmation (Tableau 1). Parmi ces comportements, on retrouve les comportements actifs tels que la marche (Cornou et Lundbye-Christensen, 2010; Oczak *et al.*, 2016), les changements de positions (Ramonet et Bertin, 2015), l'investigation, ou encore l'alimentation. Il est également possible de mesurer le temps passé dans différentes postures (Marcon *et al.*, 2017) (couché ventralement ou latéralement, assis, debout, ...) selon le modèle de l'accéléromètre (Chapa *et al.*, 2020). La programmation et la validation de ces différents accéléromètres nécessitent d'enregistrer et d'analyser manuellement les vidéos des truies. Le tableau 1 présente des capteurs possédant de très bons résultats en terme de spécificité et de sensibilité lors des tests de validité, autour de 95 à 100% pour ces deux valeurs.

Tableau 1 : Diversité des accéléromètres existants et leurs caractéristiques (emplacement, paramètres mesurés, validité), adapté de Chapa *et al.*, 2020

Auteurs	Emplacement	Paramètres mesurés	Validité
Cornou et Lundbye-Christensen (2010)	Cou	Marche, investigation, alimentation	Se = 98%, Sp = 96%
Oczak <i>et al.</i> (2016)	Oreille	Marche, debout immobile	Se = 57%, Sp = 95%
Ramonet et Bertin (2015)	Patte arrière	Changement de positions	Se = 99%, Sp = 100%
Cornou et Lundbye-Christensen (2012)	Cou	Comportements actifs (alimentation, investigation, assise, debout)	Se = 100%, Sp = 95%
Marcon <i>et al.</i> (2017)	Oreille	Couchée, debout immobile, debout mobile	Exactitude = 84%
Ringgenberg <i>et al.</i> (2010)	Patte arrière	Debout	Se = 100%, Sp = 100%

Les accéléromètres étant contraignants à la fois pour l'éleveur et pour l'animal (coût, pose, maintien, etc...), des logiciels d'analyse vidéo sont aujourd'hui en développement pour observer les différents comportements et positions des truies en lactation tels que couchée (inactivité ou allaitement) et debout (alimentation ou inactivité) (Yang *et al.*, 2020). Le logiciel de reconnaissance élaboré par Yang *et al.* (2020) mesure le temps passé pour chaque comportement avec une fiabilité supérieure à 88%. Les mêmes logiciels sont en cours de développement pour les truies en gestation.

I.3. La température ambiante : un facteur environnemental modifiant le comportement, les performances individuelles et les besoins nutritionnels

La température ambiante est un paramètre facilement mesurable en conditions expérimentales et en fermes commerciales. Des thermomètres peuvent être suspendus à plusieurs endroits dans la salle de gestation ou dans les maternités afin de connaître la température en continu au cours de la gestation et de la lactation.

a. La température influence l'activité et les postures des truies

Au-delà des caractéristiques individuelles, l'activité d'une truie peut également être impactée par des paramètres environnementaux, parmi lesquels la température a une place prédominante.

Activité physique. Dans les conditions de température neutre (20,3°C), les truies en gestation passent 1/3 de leur temps debout (Canaday *et al.*, 2013). Lorsque la température ambiante augmente, les truies sont moins actives, et au-delà de 25°C elles passent également moins de temps debout. En gestation les truies passent deux fois moins de temps debout lorsque la température est élevée (Canaday *et al.*, 2013), tandis qu'en lactation elles passent 9,3% de leur temps debout à 29°C contre 11,4% à 20°C (Devillers et Farmer, 2008; Lucy et Safranski, 2017). Lors d'un stress froid (en dessous de 16°C, la température critique inférieure (**TCI**) pour des truies logées en groupe (Dourmad *et al.*, 2008)), les truies en gestation sont plus actives et passent près de la moitié de leur temps debout (Canaday *et al.*, 2013).

Comportements posturaux. Lorsque les truies sont couchées, on observe deux types de positions, ventrale et latérale. En moyenne, dans des conditions normales de température (20°C), les truies passent les 2/3 de leur temps couché en position ventrale (Canaday *et al.*, 2013) et 1/3 en position latérale. Plusieurs études ont montré une préférence pour la position latérale plutôt que la position ventrale lors d'un stress hyperthermique (Canaday *et al.*, 2013; Muns *et al.*, 2016). A contrario, en période de lactation, il n'y a pas de différence de position entre 21 et 29°C (Devillers et Farmer, 2008 ; Muns *et al.*, 2016). Par opposition en condition de stress froid, lorsque les truies en gestation sont couchées, elles passent les ¾ de leur temps en position ventrale (Canaday *et al.*, 2013).

Le nombre de changements de position chez la truie en gestation augmente avec la hausse de température (Canaday *et al.*, 2013). A basse ou moyenne température (13 et 20°C), on observe en moyenne 2,13 changements de positions par heure entre assise, debout, couchée. A 29,8°C, les truies changent deux fois plus de position en moyenne par heure (Canaday *et al.*, 2013).

b. La température ambiante affecte les performances individuelles

Les caractéristiques individuelles des truies étudiées ici sont la température rectale (**TR**) le poids vif (PV), et des caractéristiques de reproduction telles que le nombre de nés vivants par portée.

Température rectale. Concernant la température rectale, elle augmente d'environ 0,05 à 0,10 °C/°C entre une température ambiante de 20 et 30°C pour des truies en gestation dont la durée du traitement varie entre 21 et 35 jours (Canaday *et al.*, 2013; Liao et Veum, 1994). Pour des durées de traitement plus courtes, l'augmentation de température est autour de 0,08°C/°C (Kreider *et al.*, 1978; Lynch, 1977). Quiniou et Noblet (1999) ont montré que la TR restait constante autour de 38,6°C en dessous d'une température ambiante de 22°C, au-delà, la TR augmente de 0,11 °C/°C. Là encore, l'étude ne montre pas de différence entre des cochettes pré-pubères, des truies en gestation, des truies lors de la mise-bas et des truies en lactation.

Evolution du poids vif et de l'épaisseur de lard dorsal. L'évolution du poids vif en fonction de la température ambiante a été principalement étudiée chez les truies en lactation. Bjerg *et al.* (2020), en analysant 16 études, concluent que la perte de poids augmente en moyenne d'1,5kg/°C lorsque la température augmente. Cette augmentation est plus forte au-delà de 25°C comparé à des températures plus faibles (1,6 vs 0,5kg/°C respectivement pour des températures supérieures à 25°C et des températures comprises entre 20 et 25°C). Les primipares en gestation ont un gain de poids plus élevé à haute température (28,4 kg à 29,8°C) qu'en conditions neutres (22,7 kg à 20,3°C) ou froides (16,6 kg à 13,9°C) (Canaday *et al.*, 2013).

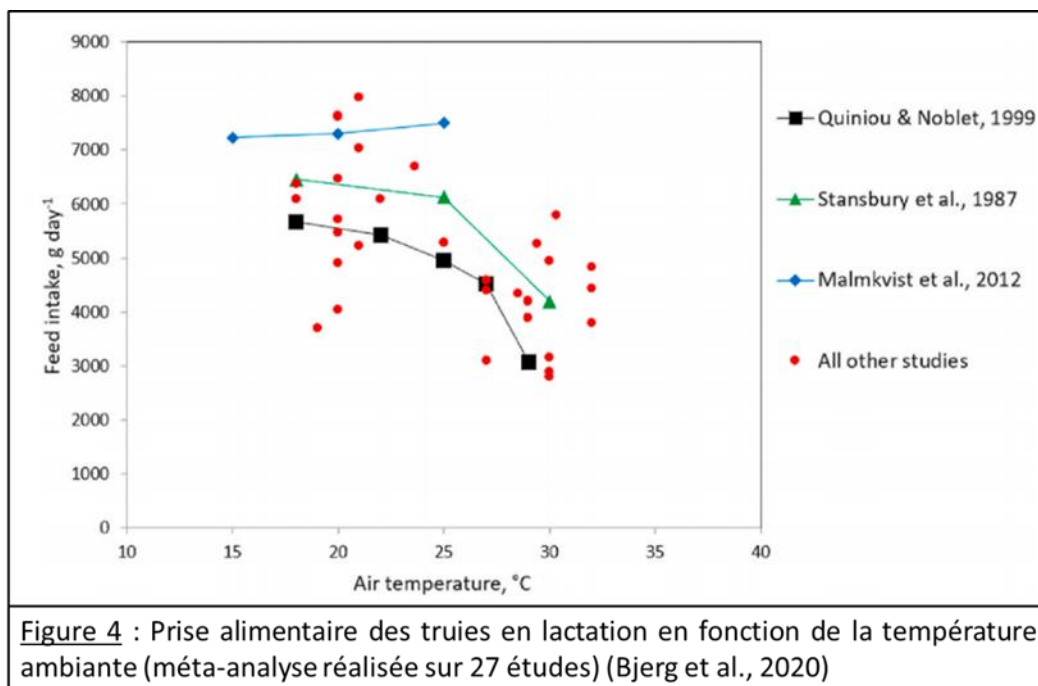
Dans des conditions de logement en dessous de la TCI, les truies génèrent plus de chaleur afin de maintenir leur température corporelle stable (Canaday *et al.*, 2013), cette utilisation de l'énergie implique donc une plus faible croissance de l'animal (Canaday *et al.*, 2013). La température ne semble pas avoir d'effet sur l'ELD des truies en lactation (Muns *et al.*, 2016; Quiniou et Noblet, 1999; Renaudeau *et al.*, 2002). En effet, ces trois études ne montrent pas de variation en fonction de la température de la salle (entre 20 et 30°C) une semaine avant la mise-bas jusqu'au sevrage. Cependant, lors de la gestation, un stress thermique chaud entraîne une augmentation de l'épaisseur de lard comparé aux conditions de thermo-neutralité (Lucy *et al.*, 2015).

Performances de reproduction. Les cochettes soumises à un stress chaud durant la fin de la gestation (les truies sont exposées à deux températures différentes par jour : 17 heures à 38,9°C et 7 heures à 32,2°C) mettent bas un nombre de nés-vivants plus faible que des cochettes exposées à une température constante de 23°C (6,0 vs 10,4 porcelets nés vivants, respectivement) et à un nombre de morts nés 5 fois plus élevé (Edwards *et al.*, 1968). He *et al.* (2019) n'ont pas rapporté de différence significative pour le nombre de morts nés par portées lorsque les cochettes vivent dans des conditions de forte température en fin de gestation (à partir du 82^{ème} jour et jusqu'à la mise-bas). La température était stable autour de 30°C, cela peut expliquer les différences de résultats entre les deux études. De plus, un stress thermique ne semble pas engendrer de conséquences sur la portée s'il est provoqué en milieu de gestation (Edwards *et al.*, 1968).

c. Les besoins nutritionnels et le comportement alimentaire changent en fonction de la température ambiante

Besoins nutritionnels. Via des simulations, Gaillard *et al.* (2019) ont montré qu'une diminution de la température ambiante en dessous de la TCI augmente les besoins en énergie métabolisable (**EM**) de 0,49 MJ/j/°C, soit 1,96MJ/j à 12°C. Cela correspond à 150g/j de plus environ dans la ration. Les besoins en acide aminé digestible iléale standardisée (**DIS**), en lysine DIS, en calcium total et en phosphore total digestible standardisé diminuent avec l'abaissement de la température sous la TCI. Cette diminution est plus marquée en fin de gestation (Gaillard *et al.*, 2019).

Comportements alimentaires. Les comportements alimentaires varient en fonction de la température ambiante de la salle (Bjerg *et al.*, 2020). Chez la truie en lactation, une augmentation de 18 à 29°C entraîne une diminution du nombre de repas *ad libitum* et une diminution de moitié de la quantité ingérée par jour (Figure 4, Bjerg *et al.*, 2020 ; Quiniou *et al.*, 2000b). Cette diminution des quantités est associée à une diminution de la durée des repas qui est également divisée par 2 lorsque la température est de 29°C (Quiniou *et al.*, 2000b; Renaudeau *et al.*, 2002).



En alimentation rationnée, pour des truies en gestation, une modification de la température ambiante n'affecte pas la quantité ingérée (Canaday *et al.*, 2013). Quelle que soit la température (13, 20 ou 30°C), les truies consomment toute leur ration. Cependant, en fin de gestation, la durée des repas augmente progressivement pendant un stress thermique chaud (30°C), et passe de 20 à 50 min/jour en 28 jours de traitement (He *et al.*, 2019) tandis qu'en conditions neutres, les truies ont une durée d'alimentation constante au cours de leur gestation (autour de 20min/jour).

La quantité d'eau ingérée n'est pas modifiée avec l'élévation de la température (Massabie, 2001; Quiniou *et al.*, 2000b; Renaudeau *et al.*, 2002), seule une augmentation de la dilution (litres d'eau ingérés par kg d'aliments ingérés) est observée, en lien avec une diminution de la quantité d'aliments ingérée. Aucune étude ne semble avoir été faite sur le comportement d'abreuvement des truies à des températures en dessous de la TCI.

II. Objectifs et hypothèses

Problématique : Comment la température et le niveau d'activité physique influencent les comportements des truies en gestation (sociaux, posturaux, alimentaires), leurs performances de production (poids vif, épaisseur de lard) et leurs besoins nutritionnels en alimentation de précision ?

- Objectif I : Caractériser les truies selon leur niveau d'activité

L'objectif est de classer les truies en fonction de leur niveau d'activité physique mesuré dans un premier temps via des accéléromètres et dans un second temps via l'analyse vidéo.

- Hypothèse I.1 : On peut supposer que le niveau d'activité physique est variable entre les truies. En effet, Ramonet et Bertin (2015) ont montré que les truies en gestation au sein d'une même bande présentent une variabilité interindividuelle du niveau d'activité de presque 8h/jour entre la moins active et la plus active du groupe, et ce en raison de plusieurs facteurs (rang de portée, poids, etc).

- Hypothèse I.2 : Les résultats d'analyse de l'activité via des vidéos seront équivalents aux données obtenues par les accéléromètres. Ces derniers étant contraignants à poser et relativement peu fiables (Chapa *et al.*, 2020), leur remplacement par l'analyse vidéo de l'activité serait donc particulièrement bénéfique.

- Objectif II : Etudier le lien entre niveau d'activité physique, comportement et performances de production

- Hypothèse II.1 (Performances de production) : Les truies peu actives gagneront plus de poids et d'ELD au cours de la gestation tandis que des truies très actives en gagneront moins (Ramonet et Bertin, 2015).

- Hypothèse II.2 (Comportement alimentaire) : On peut supposer que les truies très actives visiteront plus fréquemment le DAC, contrairement à des truies moins actives. McKay *et al.* (2013) ont montré que les bouvillons les plus actifs chassent les autres bœufs du distributeur d'aliment. On peut donc supposer que des truies très actives, qui passent plus de temps debout, auront tendance à chasser les autres du DAC et auront donc plus de comportements agressifs.

- Hypothèse II.3 (Besoins nutritionnels) : Les truies plus actives auront des besoins nutritionnels plus importants que des truies moins actives, ce qui impliquera une quantité d'aliments ingérés par jour plus élevée (Ramonet et Bertin, 2015).

- Objectif III : Etudier l'effet de la température ambiante sur le niveau d'activité physique, le comportement et les performances des truies

- Hypothèse III.1 (Performances de production) : Avec une température ambiante élevée en alimentation rationnée, on peut s'attendre à ce que les truies gagnent plus de poids et d'ELD (Canaday *et al.*, 2013) durant la gestation, à cause d'une baisse d'activité due à la température. Par opposition, la diminution de la température ambiante entraînera une prise de poids plus faible en raison d'une plus forte activité et d'une mobilisation plus importante de l'énergie pour produire de la chaleur afin de maintenir le corps à une température constante (Canaday *et al.*, 2013).

- **Hypothèse III.2 (Activité physique)** : A haute température (au-dessus de 25°C), les truies passeront moins de temps debout (Canaday *et al.*, 2013) et seront donc moins actives, diminuant les besoins nutritionnels. En opposition, à basse température (en dessous de la TCI), elles passeront plus de temps debout (Canaday *et al.*, 2013), étant donc plus actives. Les besoins nutritionnels augmenteraient donc (Dourmad *et al.*, 2008). On pourrait de plus observer un changement de catégorie d'activité en fonction de la température : par exemple, on peut supposer qu'une truie peu active dans des conditions normales de température devienne plus active lorsqu'il fait froid tandis qu'à des températures plus élevées des truies très actives deviennent passives

- **Hypothèse III.3 (Comportement postural)** : Concernant les comportements posturaux, la température ambiante modifiera les positions couchées (ventrale et latérale) des truies (Canaday *et al.*, 2013). A des températures élevées, on s'attend à observer les truies majoritairement en position latérale (Canaday *et al.*, 2013), et probablement isolées les unes des autres comme l'a montré Groó *et al.* (2018) dans une étude sur des souris. A des températures plus faibles, on peut supposer qu'elles seront principalement en position ventrale (Canaday *et al.*, 2013) et se blottiront les unes contre les autres (Groo *et al.*, 2018).

- **Hypothèse III.4 (Comportement alimentaire)** : On peut supposer qu'une augmentation de la température entraînera une diminution des visites non-alimentaires au DAC (Bjerg *et al.*, 2020) et qu'inversement une diminution de la température pourra entraîner une augmentation des visites au DAC due à une augmentation de l'activité liée au besoin de se réchauffer.

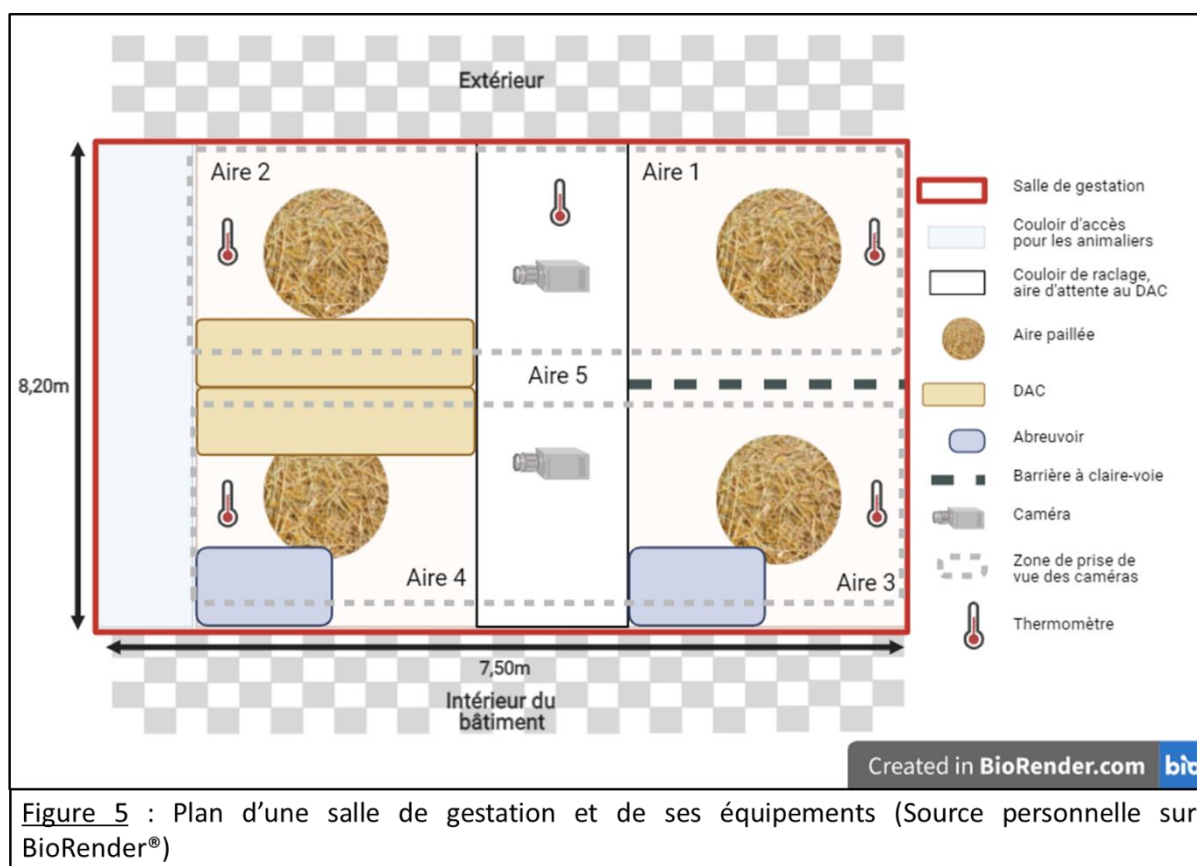
III. Matériel et méthodes

III.1. Animaux, logement et gestion

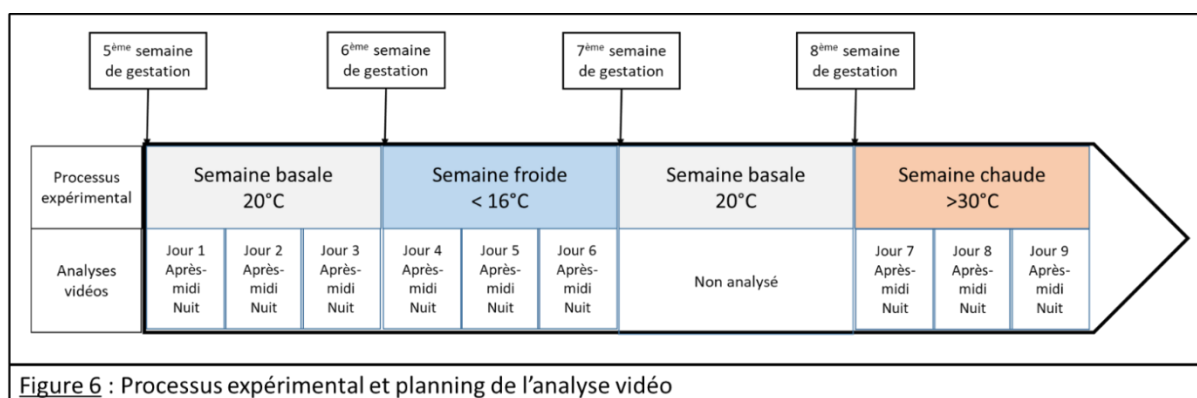
Les expérimentations se sont déroulées au sein de l'Unité Expérimentale Physiologie et Phénotypage des Porcs (UE3P, <https://doi.org/10.15454/1.5573932732039927E12>) de l'INRAe Bretagne-Normandie située à St Gilles (35).

Animaux et alimentation. L'expérimentation s'est déroulée avec deux bandes de 20 et 17 truies gestantes croisées Large White x Landrace incluant huit primipares (respectivement 5 et 3). Pour ce rapport, seules les 15 multipares de la bande de 20 truies ont été incluses dans les analyses suivantes, l'analyse vidéo étant très chronophage. Les truies étaient rationnées individuellement et quotidiennement au DAC à l'aide du modèle InraPorc®. Leur ration était constituée d'un mélange de deux aliments à teneur en lysine DIS différente (8,5 et 3,3 g / kg d'aliment) tout en ayant la même valeur d'EM (13,14 MJ/kg).

Logement. Chaque bande était logée dans une salle paillée de 8,2 x 7,5 m possédant deux DAC (Gestal®, Canada) et deux abreuvoirs (Asserva®, France). Deux caméras (Ro-main®, Canada) ont été installées au plafond pour le suivi vidéo en continu (Figure 5). La lumière était allumée en permanence le temps des expérimentations afin de faciliter l'analyse vidéo. La température de la salle était contrôlée et mesurée en continu toutes les 5 minutes par 5 enregistreurs de données Température – Humidité (Lascar Electronics, Royaume-Uni, précision $\pm 0,45^{\circ}\text{C}$) disposés dans chaque aire (Figure 5).



Stress thermique. Les expérimentations sur le stress thermique se sont déroulées entre la 5^{ème} et la 8^{ème} semaine de gestation pour la bande étudiée (Figure 6), du lundi au jeudi de chacune des 4 semaines. Pour simuler un stress thermique chaud, l'utilisation de deux chauffages dans la salle a permis d'augmenter la température jusqu'à $31,5 \pm 0,1^\circ\text{C}$ en moyenne (Annexe I). Pour simuler un stress thermique froid, la diminution de la température en dessous de la TCI a été provoquée par l'ouverture des fenêtres dans la salle pour faciliter le refroidissement de la salle (période hivernale). La température est descendue en moyenne à $15,3 \pm 0,1^\circ\text{C}$ (Annexe I). Une semaine basale (température constante dans la zone de thermoneutralité : $18,7 \pm 0,1^\circ\text{C}$) a précédé chaque semaine de test pour servir de référence.



III.2. Collecte de données

Capteurs. Toutes les truies étaient équipées de plusieurs capteurs à l'oreille : un capteur d'activité (RF-track, France), et deux capteurs permettant leur détection par le DAC et par l'abreuvoir. Des accéléromètres ont été perdus ou ne fonctionnaient pas avant ou au cours de l'expérimentation, seules 6 truies ont conservé un accéléromètre fonctionnel au cours des 4 semaines d'expérimentation. Ces différents capteurs étaient reliés à des logiciels qui permettent l'enregistrement des données en continu.

Poids, ELD. Tous les lundis matin, les truies étaient pesées dans une balance (Schippers, Pays-Bas, précision $\pm 0,5\text{kg}$). Pendant leur courte contention dans la balance, un animalier mesurait l'ELD en arrière de la dernière côte dorsale, à 3cm de part et d'autre de la colonne vertébrale. Le gain de poids et d'ELD a été calculé en réalisant une différence entre le poids (l'ELD) du lundi i et le poids (l'ELD) du lundi $i - 1$.

Analyse vidéo. Pour permettre l'analyse vidéo, les truies étaient marquées d'une lettre ou d'un chiffre sur le dos et sur la croupe à l'aide d'une bombe de peinture noire (non toxique et non sensible à l'humidité) et d'un pochoir tous les lundis matin pendant la pesée (Figure 7).



Figure 7 : Photographie d'une truie marquée d'un « M » pour l'analyse vidéo (source personnelle issue des vidéos)

Deux périodes de la journée ont été sélectionnées pour l'analyse vidéo, l'après-midi (PM) de 13h30 à 18h30 et la nuit de 23h00 à 4h00, le DAC s'ouvrant à 00h00. Les analyses ont été effectuées sur 3 jours, du lundi au mercredi, ce qui représente 6 périodes par condition de température. Les vidéos ont été annotées manuellement sur un tableur (Excel 2016) selon l'éthogramme ci-après (Tableau 2). Quatre catégories y sont répertoriées : l'aire où se situe la truie (de 1 à 5, Figure 5), la position dans laquelle elle se trouve, l'action en cours et une dernière catégorie qui recense les comportements sociaux avec les autres truies (négatifs ou positifs). L'éthogramme permet également de noter le nombre de truies avec lesquelles la truie observée est couchée ainsi que sa posture (ventrale ou latérale).

Activité physique. Les accéléromètres enregistraient toutes les heures le temps passé en minutes couché, debout ou en mouvement ainsi que le nombre de changements de position. Ils estimaient également une dépense énergétique associée à ces positions. L'activité physique a également été mesurée grâce à l'analyse vidéo (Figure 8).

Les truies ont été séparées en trois groupes en fonction de leur activité physique à l'aide de la moyenne et de l'erreur standard de la moyenne.

Comportement alimentaire. Les DAC enregistraient lors de chaque passage le numéro de la truie, l'heure d'entrée et de sortie, et la quantité d'aliments ingérés.

Tableau 2 : Explication de l'éthogramme (Source personnelle)

Comportement	Description	
Position		
Assise	Poitrail décollé du sol, pattes avant droites, pattes arrières repliées contre le sol	
Couchée Avec XXX, Seule	Couchée latéralement	Les 4 pattes visibles du même côté, flanc qui touche entièrement le sol
	Couchée ventralement	Les 4 pattes ne sont pas entièrement visibles, pas du même côté, le flanc ne touche pas entièrement le sol
Debout	Immobile	La truie se tient debout, les 4 pattes ne bougent pas
	Piétine	debout, la truie déplace 1 ou 2 de ses membres de quelques centimètres, lentement
	Marche	La truie est debout, ses 4 pattes sont mobiles
Comportement		
Investigation du DAC	Explore le DAC (contact avec le groin)	
Investigation de l'environnement	Explore le reste de l'environnement (Murs, barrière, abreuvoirs, sol), contact avec le groin ou fouille avec ses pattes	
Mange	La truie dans le DAC, porte fermée, la tête dans la mangeoire	
Boit	Truie debout, tête et deux antérieurs dans l'abreuvoir	
Observe	Debout immobile, la tête est levée et peut être en mouvement ou couchée avec des mouvements de tête visibles	
Donne contact positif sur XXX	Groin à groin, renifle ou lèche une autre truie	
Reçoit contact positif de XXX	Une autre truie entre en contact avec elle (renifle, lèche)	
Donne contact négatif sur XXX	Donne des coups de tête, pousse ou mord une autre truie, un combat est un contact négatif réciproque des 2 truies lorsque les deux truies se répondent avec des comportements agressifs.	
Reçoit contact négatif de XXX	Reçoit des coups de tête, se fait pousser ou mordre par une autre truie, ne répond pas par un comportement agressif	

III.3. Calculs et analyses statistiques

Calcul du nombre de changements de position : le nombre de changements de positions a été calculé en tenant compte de toutes les postures rapportées dans l'éthogramme (Tableau 2) y compris couchée ventralement et latéralement.

Calcul de l'activité physique : L'activité calculée à l'aide des accéléromètres a été obtenue grâce au temps passé dans les différentes postures (en minutes) auquel des coefficients liés aux dépenses énergétiques ont été associés (Figure 8, Equation 8.1, Marcon *et al.*, 2020). Les postures observées sur les vidéos sont plus détaillées et les coefficients ont donc été adaptés. L'équation 8.2 (i.e. uniquement avec les coefficients issus de Marcon *et al.*, 2020) considère les postures « piétine », « debout » et « assise », « couchée » équivalentes en termes de consommation énergétique liée au maintien de la posture (Figure 8, Equation 8.2). L'équation 8.3 a des coefficients intermédiaires pour les positions « assise » et « piétine » (Figure 8, Equation 8.3).

Equation 8.1 : Activité des accéléromètres = **1** × temps COUCHEE (min) + **2** × temps DEBOUT + **4** × temps MARCHÉ

Equation 8.2 : Activité des vidéos = **1** × temps COUCHEE (latéralement + ventralement) + **1** × temps ASSISE + **2** × temps DEBOUT + **2** × temps PIETINE + **4** × temps MARCHÉ

Equation 8.3 : Activité des vidéos = **1** × temps COUCHEE (latéralement + ventralement) + **1,5** × temps ASSISE + **2** × temps DEBOUT + **3** × temps PIETINE + **4** × temps MARCHÉ

Figure 8 : Equations permettant le calcul de l'activité physique, adaptées de Marcon *et al.*, 2020

Calcul des besoins nutritionnels : Les besoins nutritionnels, et plus particulièrement les besoins en énergie (EM) pour l'entretien (activité physique et thermorégulation), ont été calculés à l'aide des équations issues de Dourmad *et al.* (2008) et Gaillard *et al.* (2019) (Tableau 3). La truie étant rationnée lors de la gestation, l'exposition au chaud n'a pas d'impact sur les besoins nutritionnels (Quiniou *et al.*, 2000a). Lorsqu'il fait froid, l'EM pour l'entretien augmente de $10 \text{ kJ.PV}^{-0,75} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ en dessous de la TCI. Les dépenses énergétiques liées à l'activité physique ont été adaptées selon les coefficients obtenus avec l'équation 8.3 (Figure 8) avec comme référence $0,30 \text{ kJ. PV}^{-0,75} \cdot \text{min}^{-1}$ (Dourmad *et al.*, 2008) pour la position « debout ».

Tableau 3 : Principales équations utilisées pour calculer les besoins nutritionnels des truies

EM pour l'entretien dans les conditions de thermo-neutralité sans activité physique	$\text{EM}_m = 440 \text{ kJ.PV}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$ (pour 240 minutes d'activité par jour) $\text{EM}_m = 368 \text{ kJ.PV}^{-0,75} \cdot \text{d}^{-1}$ (sans activité) Pour une période de 5h : $\text{EM}_m = 76,7 \text{ kJ. PV}^{-0,75}$
EM pour l'entretien et effet de la température ambiante	En dessous de la TCI : Pour des truies logées en groupe : $\text{TCI} = 16^\circ\text{C}$ EM_{mf} augmente de $10 \text{ kJ.PV}^{-0,75} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ Pour une période de 5h : EM_{mf} augmente de $2,1 \text{ kJ. PV}^{-0,75} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
EM pour l'entretien et effet de l'activité physique	Augmentation de l' EM_m par minute passée par posture : Couchée : $\text{EM}_{mc} = 0,15 \text{ kJ.PV}^{-0,75} \cdot \text{min}^{-1}$ Debout : $\text{EM}_{md} = 0,30 \text{ kJ.PV}^{-0,75} \cdot \text{min}^{-1}$ Piétine : $\text{EM}_{mp} = 0,45 \text{ kJ.PV}^{-0,75} \cdot \text{min}^{-1}$ Marche : $\text{EM}_{mm} = 0,60 \text{ kJ.PV}^{-0,75} \cdot \text{min}^{-1}$

EM_m = Energie métabolisable pour l'entretien, EM_{mf} = Energie métabolisable pour l'entretien au froid, EM_{mc} = Energie métabolisable pour l'entretien lors de la position couchée, EM_{md} = Energie métabolisable pour l'entretien lors de la position debout, EM_{mp} = Energie métabolisable pour l'entretien lors de la position piétine, EM_{mm} = Energie métabolisable pour l'entretien lors de la position marche

Analyses statistiques : Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (version 4.0.3). Afin de caractériser l'impact de chaque semaine (Stress chaud, stress froid, semaine basale) sur les variables étudiées (Comportements, Poids, ELD, Activité, Besoins énergétiques), des modèles linéaires à effets mixtes ont été utilisés à l'aide de la fonction LME du package NLME suivis d'un test d'ANOVA. Les facteurs fixes utilisés pour ces analyses sont, selon les analyses souhaitées, les différentes semaines (basale, froide, chaude), le moment de la journée (après-midi et nuit) et le groupe d'activité ainsi que les interactions entre ces facteurs. Des tests post hoc de tukey ont été effectués pour déterminer les variables significativement différentes les unes des autres à l'aide de la fonction EMMEANS du package du même nom. Le seuil de significativité choisi est : $P \text{ value} < 0,05$.

La heatmap et le dendrogramme (Figure 10. B) ont été réalisés en utilisant l'activité physique de chaque truie pour chaque test (semaine basale, froide, chaude). La fonction HEATMAP.2 du package GPLOTS a été utilisé.

IV. Résultats et discussion

IV.1. Caractérisation du niveau d'activité des truies

a) Etude du niveau d'activité mesuré par les vidéos

Les accéléromètres ont présenté de nombreux problèmes techniques. En effet, sur les 15 truies ayant été équipées d'accéléromètres en début d'expérimentation, seules 6 l'ont conservé jusqu'à la fin des 4 semaines d'expérimentation. Des pertes et des difficultés de connexion au serveur sont les principales raisons du faible nombre d'accéléromètres fonctionnels durant toute la durée de l'expérimentation. C'est pour cette raison que les analyses vidéo sont nécessaires pour déterminer l'activité physique d'un plus grand nombre de truies.

L'activité physique a été mesurée par analyse vidéo à l'aide des équations présentées en figure 8 (8.2 et 8.3). Cette estimation par analyse vidéo, prenant en compte un nombre plus important de postures que les accéléromètres, a été comparée à l'activité mesurée par ces derniers afin de déterminer l'équation (Eq. 8.2 ou Eq. 8.3) la plus adaptée pour se rapprocher au mieux des accéléromètres.

Les activités calculées par les deux méthodes (i.e. analyse vidéo vs accéléromètre) sont corrélées ($P < 0,01$ et un R^2 autour de 0,84, Figure 9). L'équation de la régression linéaire 9. B se rapprochant au mieux d'une équation linéaire (Figure 9. B), l'équation 8.3 semble plus pertinente pour exploiter les activités mesurées par analyse vidéo.

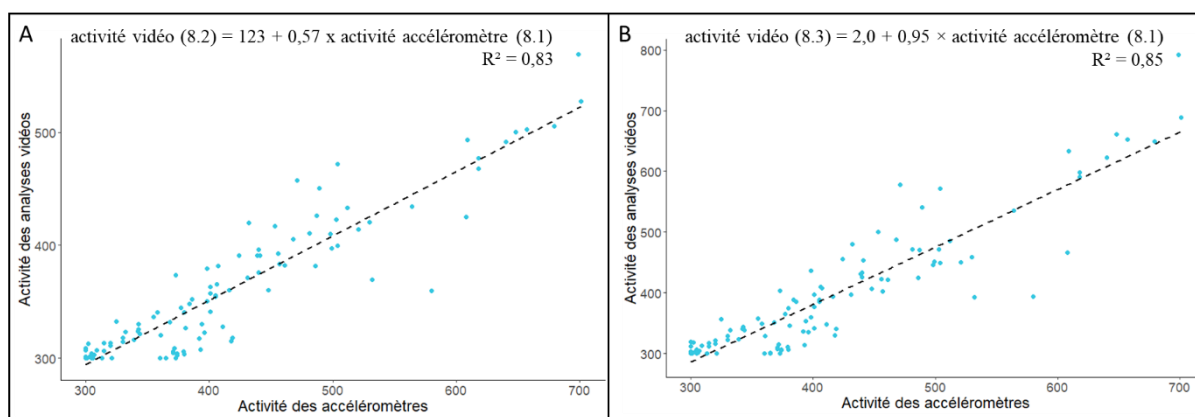


Figure 9 : Niveau d'activité calculé par les analyses vidéos avec 2 équations différentes (8.2 et 8.3) en fonction du niveau d'activité enregistré par les accéléromètres (8.1).

Nombre d'observations = 108. Un point représente l'activité d'un individu à une période de la journée. Les résultats ont été obtenus sur les 6 truies possédant encore un accéléromètre pendant les 9 jours de test et 2 périodes (après-midi et nuit). Le niveau d'activité a été obtenu grâce aux équations :

8.1 activité des accéléromètres = $1 \times \text{temps couchée (min)} + 2 \times \text{temps debout} + 4 \times \text{temps marche}$

8.2 activité des vidéos = $1 \times (\text{temps couchée} + \text{temps assise}) + 2 \times (\text{temps debout} + \text{temps piétine}) + 4 \times \text{temps marche}$

8.3 activité des vidéos = $1 \times \text{temps couchée} + 1,5 \times \text{temps assise} + 2 \times \text{temps debout} + 3 \times \text{temps piétine} + 4 \times \text{temps marche}$

Les truies étant logées sur paille, les mouvements de tête lors de l'investigation de la paille trompent l'algorithme et rendent l'identification de la posture entre la posture « debout » et « en mouvement » par l'accéléromètre peu fiable avec une précision globale de 69,2% pour des truies logées sur paille contre 84,2% pour des truies sur caillebotis (Marcon *et al.*, 2020). La posture « piétine » des analyses vidéo est donc une bonne alternative aux postures « debout » et « En mouvement ». On constate, de plus, que l'équation de régression linéaire la plus proche des enregistrements d'activité n'est pas celle qui considère les postures « debout » et « piétine » équivalentes mais bien l'équation qui attribue un coefficient différent à la posture « piétine ».

b) Variabilité interindividuelle de l'activité des truies

Sur la période d'observation de l'après-midi, les truies sont peu actives et par conséquent présentent une très faible variabilité interindividuelle de l'activité physique (entre 0 et 40 minutes passées actives). La période de nuit montre une plus forte variabilité de l'activité des truies (Figure 10). En effet, la truie la plus active passe 160 minutes de plus en position active (debout, marche, piétine) que la truie la moins active sur une période de 5h. Néanmoins toutes les postures ne sont pas équivalentes en termes de consommation énergétique, c'est pourquoi le niveau d'activité calculé précédemment a été utilisé pour classer les truies plutôt que le temps passé active qui n'intègre pas les postures.

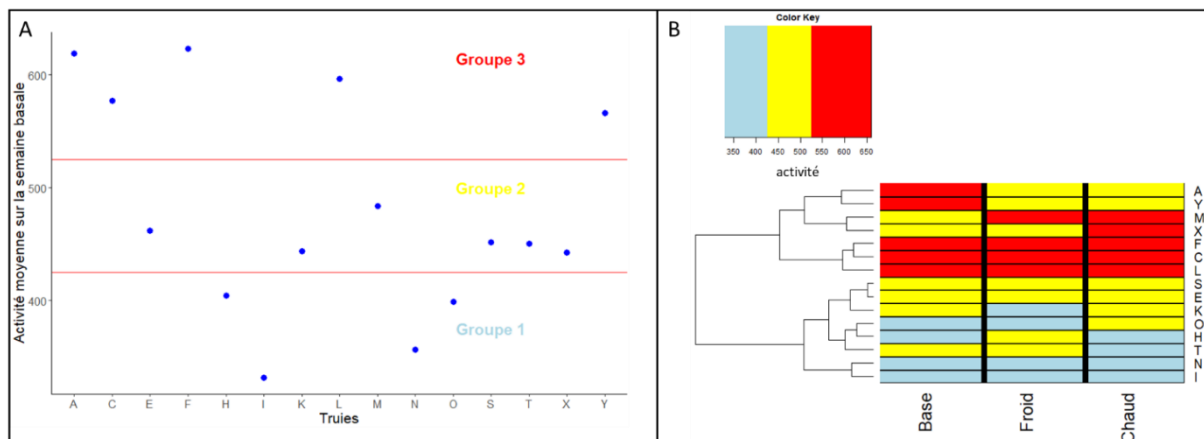
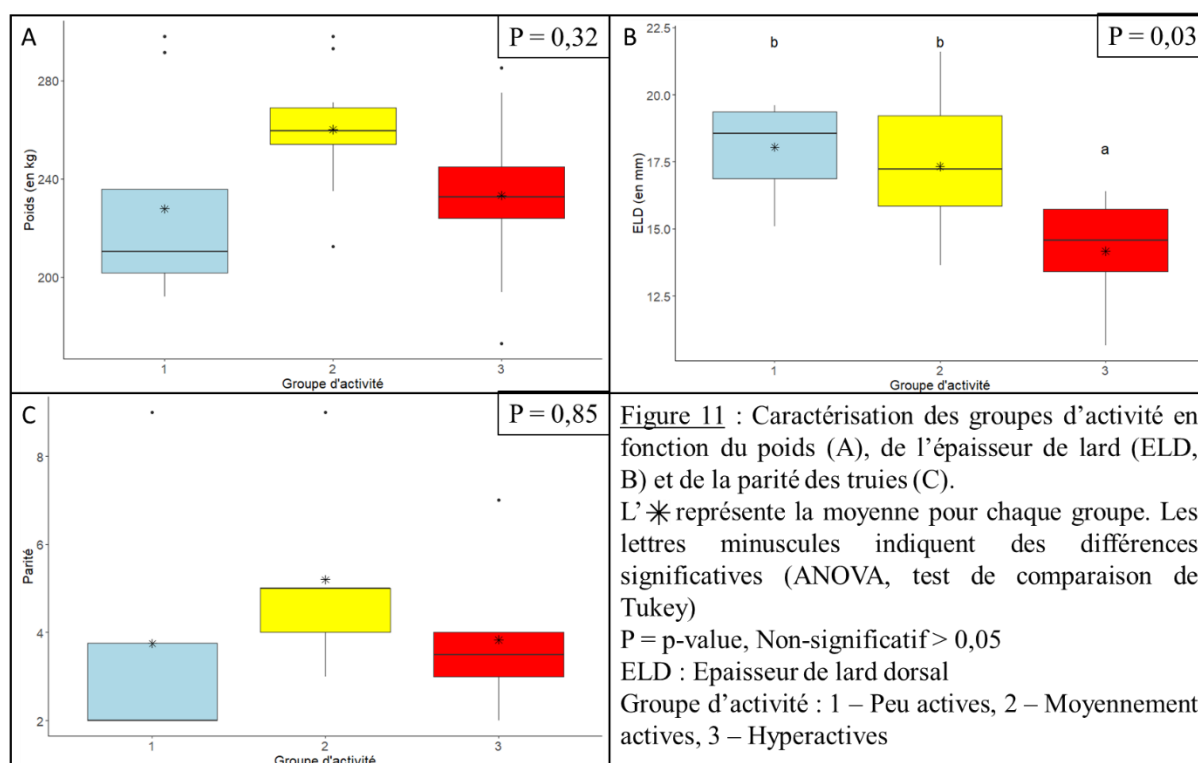


Figure 10 : Etude de la variabilité interindividuelle de l'activité physique des truies en période « Nuit ». Le graphique (A) ne représente que l'activité sur la semaine basale et la heatmap (B) présente une classification hiérarchique des 3 semaines de test. Les lettres (de a à Y) représentent chaque individu. La heatmap et le graphique ont été construit à l'aide de l'équation $1 \times \text{temps couchée (latéralement + ventralement)} + 1,5 \times \text{temps assise} + 2 \times \text{temps debout} + 3 \times \text{temps piétine} + 4 \times \text{temps marche}$. Chaque point (A) et chaque rectangle (B) est la moyenne sur les 3 jours d'observation de chaque semaine

Une première méthode de classification des truies a été réalisée uniquement sur la semaine basale (Figure 10. A). On observe une bonne répartition des truies dans les différents groupes, similaire avec les deux méthodes (Figure 10. A, B). Le 1^{er} groupe (en bleu), peu actif, comporte 4 individus, le 2^{ème} (jaune) avec une activité moyenne en comporte 6 et le dernier (rouge) correspond aux 5 truies hyperactives. En semaine de stress thermique, la carte thermique en cluster (heatmap) évolue, les truies peuvent changer de groupe (Figure 10. B). En effet, 10 truies changent de groupes d'activité selon les différents stress. Les truies y réagissent différemment, certaines deviennent plus actives lorsqu'il fait froid (Truies H, M), d'autres moins actives (Truies K, A, Y). Il en va de même lorsqu'il fait chaud. Seulement 5 truies ne changent pas de groupe selon le test (Truies F, C, L, N, I). Réaliser les groupes uniquement sur la semaine basale évite des variations interindividuelles d'activité liées aux stress thermiques.

Cette variabilité interindividuelle de l'activité physique selon le stress thermique peut être expliquée par plusieurs caractéristiques des truies comme la parité (Ramonet et Bertin, 2015), le poids ou l'ELD (Figure 11). Nous n'observons cependant pas d'effet du rang de portée (≥ 2) sur le niveau d'activité ou de différences de poids entre les trois groupes (Figure 11. A et C). Cette absence de différences peut être liée à la faible taille des groupes (entre 4 et 6 individus par groupe). Cependant, le groupe 3, hyperactif, est composé de truies ayant une ELD significativement plus faible que les deux autres groupes (Figure 11.B, 18, 17.3, 14.2 mm d'ELD respectivement pour le groupe 1, 2 et 3).



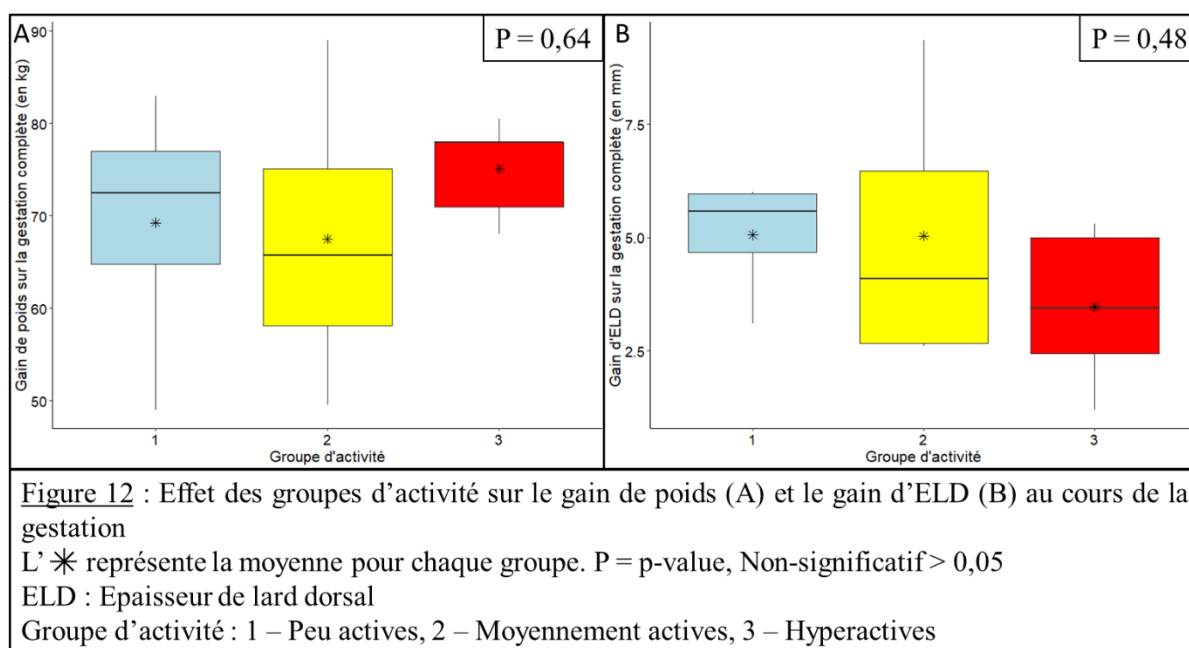
Les truies minces ont tendance à être plus actives (Young *et al.*, 2005) et vont donc *a priori* déposer moins de gras. L'ELD plus faible (sans que le poids ne le soit) observée dans le groupe pourrait s'expliquer par une quantité de graisse moins importante associée à une plus grande proportion de tissu musculaire. En effet, les porcs en engraissement logés en groupe ayant une activité physique plus élevée que des porcs logés en case individuelle ont une masse de graisse plus faible et une masse de muscle plus élevée sans qu'il n'y ait une différence de poids à l'abattage (Petersen *et al.*, 1998).

Le rang de portée influence également l'ELD et donc l'activité. Des truies de faibles rangs (1, 2 ou 3) ont généralement une ELD plus faible que des truies de parité supérieure (Young *et al.*, 2005). Dans notre étude, nous n'avons pas intégré les primipares, cela peut donc expliquer qu'il n'y ait pas d'impact significatif du rang de portée sur la constitution des groupes.

IV.2. Effet du niveau d'activité sur les caractéristiques et les comportements des truies

a) Effet du niveau d'activité sur les performances de production

Une remarque d'ordre technique, des problèmes concernant la précision des poids relevés par la balance ont été révélés dans l'analyse graphique de l'évolution du poids des truies au cours de la gestation (Annexe II). En effet, certaines truies ont perdu ou gagné plus de 30 kg en une semaine pour se rééquilibrer la semaine suivante. Ce problème a été résolu par l'achat d'abreuvoirs avec balance intégrée qui permettront un suivi quotidien des animaux et qui éviteront un stress supplémentaire chaque semaine aux truies. Les résultats suivants sont donc à interpréter avec précaution.

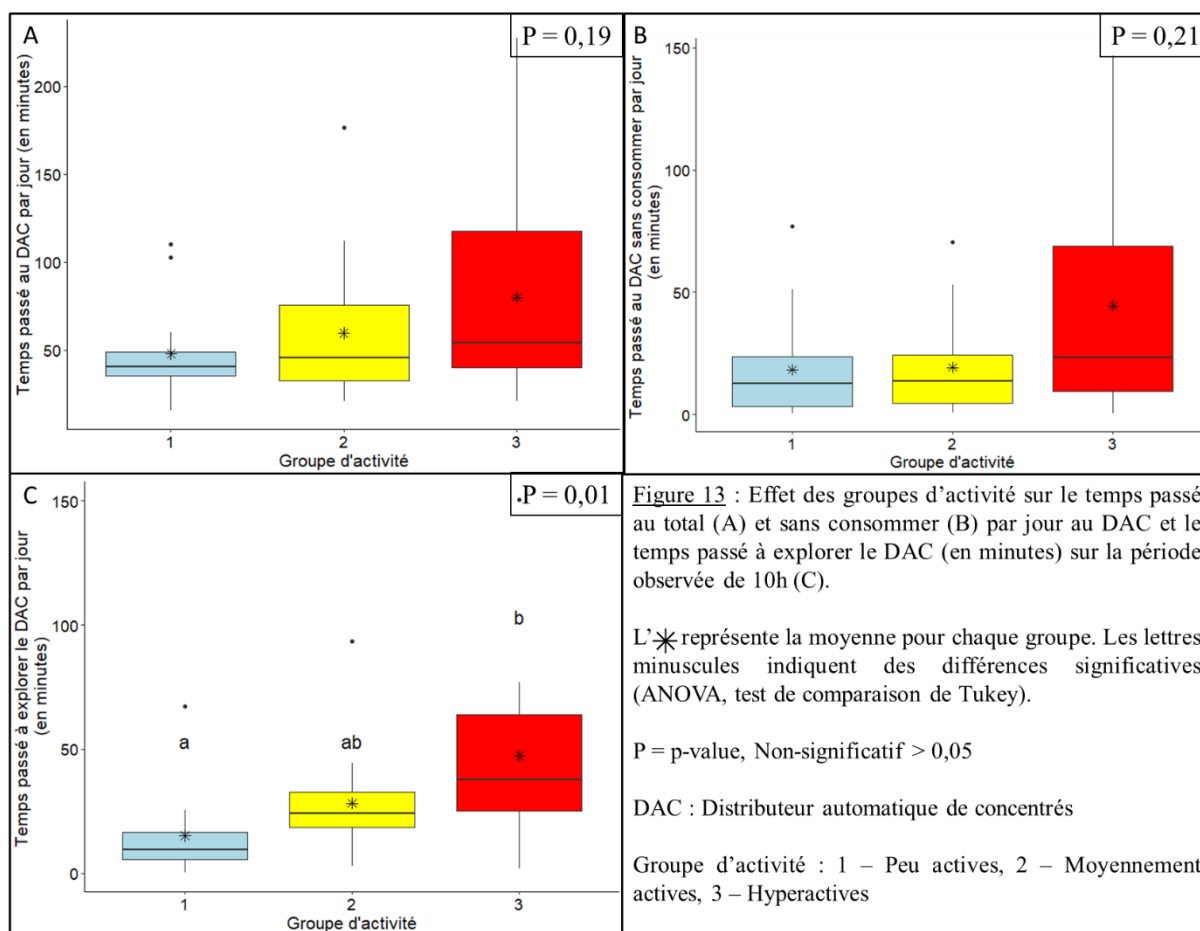


Les groupes d'activité ne semblent pas avoir d'effet sur le gain de poids et d'ELD au cours de la gestation. Les truies gagnent en moyenne 70 kg entre l'entrée en salle de gestation et l'entrée en maternité, quel que soit le groupe d'activité (Figure 12. A). Concernant l'ELD, malgré une absence de différence significative, les groupes 1 (truies peu actives) et 2 (truies moyennement actives) gagnent en moyenne 5 mm d'épaisseur au cours de la gestation alors que le 3^{ème} groupe (truies hyperactives) en gagne légèrement moins (3.5 mm, Figure 12. B). Outre les faibles effectifs de chaque groupe, l'absence de différence significative pourrait s'expliquer par le rationnement des truies (environ 3 kg/jour entièrement consommés) qui limite fortement les écarts importants de gain de poids ou d'ELD ne peuvent s'effectuer.

Il a été démontré que l'activité physique entraîne une diminution de la quantité de gras déposé au cours de l'engraissement pour des porcs charcutiers (Lewis *et al.*, 1989; Petersen *et al.*, 1998) sans différence de poids vif (Lewis *et al.*, 1989). Cette diminution du gain d'ELD s'explique par une plus faible quantité d'aliments ingérée par jour pour les porcs plus actifs logés en groupe (Petersen *et al.*, 1998) et par des dépenses énergétiques plus élevées liées à leur activité physique plus importante (Petersen *et al.*, 1998). Les truies gestantes étant rationnées et consommant la totalité de leur ration chaque jour, la première hypothèse ne semble pas être valable, la différence numérique de gain d'ELD serait donc due à une dépense énergétique plus élevée en accord avec Lewis *et al.* (1989) et Petersen *et al.* (1998) (Figure 12. B).

b) Effet du niveau d'activité sur les comportements alimentaires

Les différents comportements alimentaires observés ne sont que très peu modifiés selon le niveau d'activité des truies. En effet, le nombre de passages totaux et non alimentaires au DAC ne varie pas selon le groupe d'activité des truies (en moyenne 6 visites au total $P = 0,93$, dont 5 non alimentaires au DAC par jour $P = 0,95$, Annexe III). On observe cependant que le temps passé au DAC tend à doubler chez les truies les plus actives (83 vs 48 min respectivement pour le groupe 3 et les groupes 1 et 2, $P = 0,20$, Figure 13. A et B).



Sur les périodes observées en vidéo les truies les plus actives (groupe 3) explorent 2 à 3 fois plus le DAC que des truies peu actives (groupe 1) (Figure 13. C, $P = 0,01$). Les truies moyennement actives (groupe 2) passent en moyenne autant de temps à explorer le DAC que les truies du groupe 1 et 3 sur la période étudiée.

Concernant les comportements à l'abreuvoir, les groupes d'activité n'influencent pas le nombre de visites par jour (Annexe IV. A, $P = 0,13$), le temps passé à boire (Annexe IV. B, $P = 0,66$) et la quantité d'eau bue (Annexe IV. C, $P = 0,36$). Les truies boivent en moyenne entre 6 et 13 litres d'eau selon les groupes (Annexe IV. C), pendant une dizaine de minutes par jour (Annexe IV. B).

Les truies les plus actives ne semblent pas montrer plus d'agressivité que les autres truies ($P = 0,64$), et les truies peu actives ne semblent pas recevoir plus de contacts négatifs ($P = 0,67$).

c) Effet du niveau d'activité sur les besoins énergétiques des truies

Les besoins nutritionnels augmentent selon l'activité des truies, les truies moyennement actives ont des besoins nutritionnels 6,3% plus élevés que les truies peu actives sur les périodes étudiées (Tableau 4, $P = 0,05$). De plus, les hyperactives ont des besoins 13,7% plus élevés que les truies peu actives (Tableau 4, $P < 0,01$) sur la période observée de 10 h. Une différence de près de 100 kJ.PV^{-0,75} a été observée entre la truie la moins active et la truie la plus active sur la période observée de 10h.

L'activité des truies est donc fortement variable d'une truie à une autre et modifie leurs besoins nutritionnels. Des rations peu adaptées à l'activité physique individuelle peuvent donc entraîner le syndrome de la truie maigre en raison d'une quantité d'aliments ingérés trop faible pour compenser les dépenses énergétiques plus importantes (Ramonet et Bertin, 2015). Parallèlement, les rations des truies peu actives pourraient être réévaluées à la baisse car elles semblent gagner plus de gras au cours de la gestation. Cela pourrait permettre de diminuer le coût alimentaire des truies en gestation. Par conséquent, il est essentiel d'adapter les rations des truies en gestation.

Tableau 4 : Effet du niveau d'activité sur les besoins nutritionnels sur la période observée (10h)

Groupes d'activité	1	2	3	P
Besoins nutritionnels (kJ.PV ^{-0,75})	256 ^a	272 ^b	291 ^c	<0,001

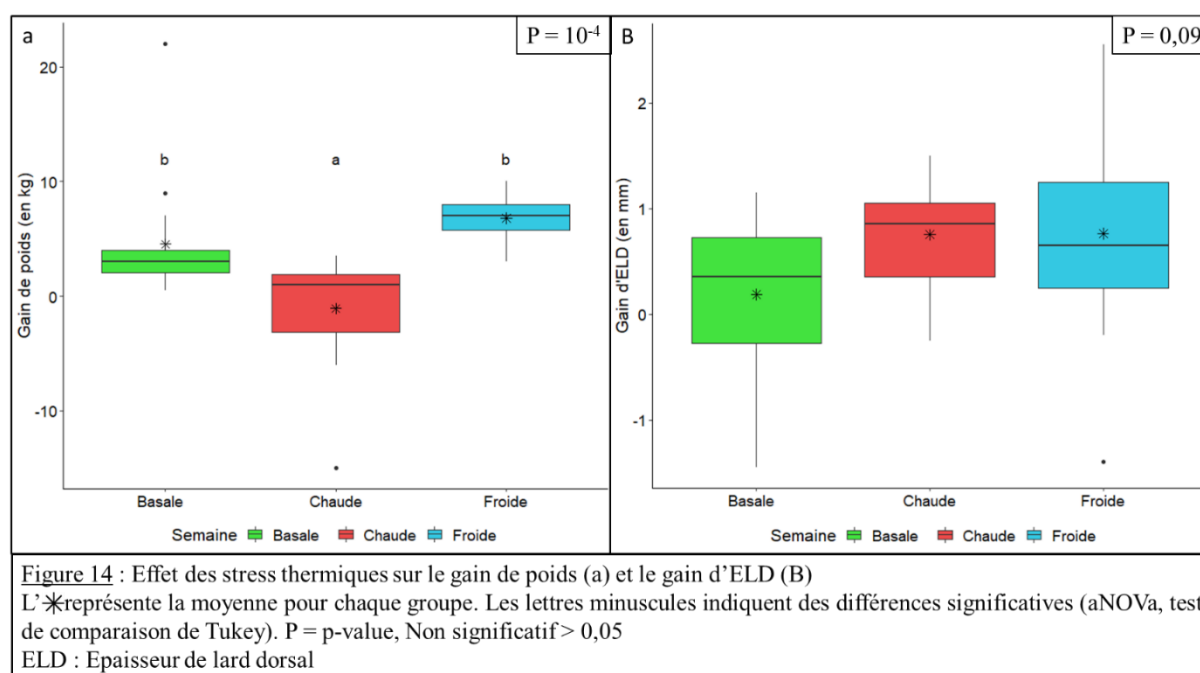
Groupes : 1 – Peu actives, 2 – Moyennement actives, 3 – Hyperactives, P = P-value, Non significatif : $P > 0,05$

IV.3. Effet des stress thermiques sur les comportements et les caractéristiques des truies

a) Effet des stress thermiques sur les performances de production

Le stress thermique chaud entraîne un gain de poids hebdomadaire plus faible voire une perte de poids sur la semaine de test (en moyenne une perte de 1 kg sur la semaine chaude vs un gain de 4,5 et 6,8 kg respectivement en semaine basale et froide, $P < 0,01$, Figure 15. A). Au contraire, le stress thermique froid ne semble pas affecter le gain de poids.

Quel que soit le stress thermique étudié, il ne semble pas influencer significativement le gain hebdomadaire d'ELD (Figure 15. B, $P = 0,09$). Cependant, le gain d'ELD tend à être plus élevé en semaine de stress thermique (froide ou chaude) par rapport à la semaine basale (respectivement 0,76 vs 0,19 mm, $P = 0,09$, Figure 15. B).

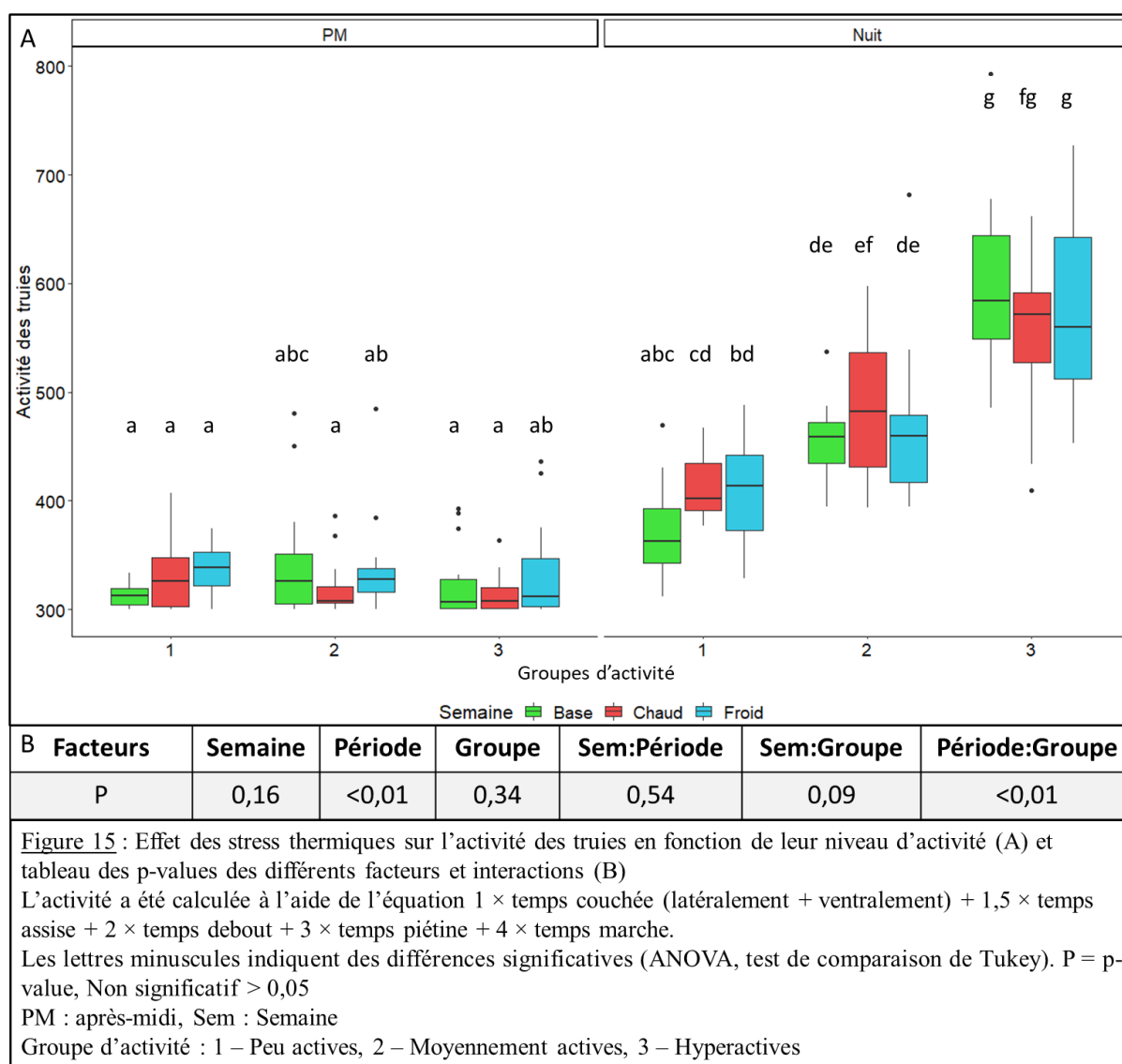


Stress chaud. D'après l'hypothèse III.4, nous nous attendions à observer un gain de poids plus important lors d'un stress chaud. Cependant, nous avons observé le phénomène inverse (Figure 15. A), tout comme Heitman *et al.* (1951) qui ont montré dans leur étude qu'un stress thermique chaud peut induire une perte de poids chez les truies en fin de gestation. Dans son étude, les truies ont perdu 1,2 kg par jour, cette perte de poids s'expliquant par une diminution de l'alimentation et de l'abreuvement. Dans notre expérimentation, les truies étant rationnées, il n'y a pas eu de diminution de l'alimentation lors du stress chaud qui pourrait expliquer un tel gain de poids plus faible. Des pertes hydriques plus importantes dues à la thermorégulation pourraient expliquer ce gain de poids plus faible.

Stress froid. Un gain de poids plus faible lors d'un stress froid était attendu (Hypothèse III.4) mais n'a pas été mis en évidence contrairement à l'étude de Canaday *et al.* (2013). Dans leur étude, la température est descendue de 5°C en dessous de la TCI pendant 30 jours, alors que les truies de notre étude ont été soumises à des températures proches de la TCI pendant 3 jours seulement. Il ne faisait peut-être pas assez froid et pas assez longtemps pour pouvoir observer un effet du stress thermique froid sur le gain de poids.

b) Effet des stress thermiques sur l'activité et les besoins nutritionnels des truies

La semaine de stress thermique n'affecte pas de manière significative l'activité physique des truies (Figure 15. A, B, $P = 0,16$). Cependant, lorsqu'il fait chaud et froid, les truies sont actives 6 minutes de plus la nuit en moyenne qu'en semaine basale. L'après-midi, un stress thermique chaud diminue le temps passé actif de 2 minutes et celui-ci augmente de 3 minutes lorsqu'il fait froid, mais toujours sans différence significative (Annexe V).



Lorsqu'on compare les truies provenant de groupes d'activité différents, on remarque que le niveau d'activité des truies est identique l'après-midi quel que soit le groupe (Figure 15. A gauche). La nuit, on observe également des différences d'activité selon la température (Figure 15. A droite). En effet, les truies peu et moyennement actives (groupes 1 et 2) ont en moyenne la même activité physique lorsqu'il fait froid. A l'inverse, lorsqu'il fait chaud, les truies hyperactives (groupe 3) ont une activité semblable aux truies moyennement actives (groupe 2). Malgré l'absence de différence d'activité physique en fonction de la température, les besoins nutritionnels augmentent en moyenne de $6 \text{ kJ.PV}^{-0,75}$ lors d'un stress froid (Tableau 5, $P < 0,01$) sur la période observée de 10 h par rapport aux semaines basale et chaude.

Lorsqu'on étudie les groupes d'activité séparément, on remarque que les truies moyennement et très actives ont les mêmes besoins nutritionnels en semaine basale et froide contrairement aux truies peu actives dont les besoins augmentent de $13 \text{ kJ.PV}^{-0,75}$ sur la période observée lorsque la température descend autour de 15°C (Tableau 5). Les fortes températures semblent par contre ne pas avoir d'effet sur les besoins nutritionnels des truies, quel que soit leur groupe d'activité (Tableau 5).

Tableau 5 : Effet de la semaine et du groupe d'activité sur les besoins nutritionnels (A) et tableau des P-values des différents facteurs et interactions (B)

A	Groupe	1			2			3		
	Semaine	Base	Chaud	Froid	Base	Chaud	Froid	Base	Chaud	Froid
	Besoins nutritionnels (kJ.PV ^{-0,75})	256 ^a	264 ^{ab}	269 ^{bc}	272 ^{bc}	272 ^{bc}	277 ^{bd}	291 ^{de}	283 ^{cd}	294 ^e
B	Semaine			Groupe d'activité			Semaine : Groupe d'activité			
	P-value	0,003			<0,001			0,04		

Les lettres minuscules indiquent des différences significatives (ANOVA, test de comparaison de Tukey).

Non significatif si P-value > 0,05.

Groupes d'activité : 1 – Peu actives, 2 – Moyennement actives, 3 – Hyperactives

D'après l'hypothèse III.2, nous nous attendions à observer une augmentation de l'activité physique lors d'un stress froid. En effet, lorsqu'il fait froid, les truies passent plus de temps debout pour éviter le contact avec le sol froid (Canaday *et al.*, 2013). Cependant, dans notre étude, les truies sont logées sur paille. On peut supposer que la paille isole du sol froid lorsque les températures descendent (sachant que les températures sont restées relativement douces), et favorise le maintien d'une posture couchée prolongée. Afin de vérifier cette hypothèse, la mise en place d'un thermomètre à hauteur du sol pourrait être intéressante pour connaître la température de la paille. Cependant, cette méthode comporte des risques, les truies pourraient dégrader ou manger le thermomètre.

Au contraire, lorsqu'il fait chaud, nous avons supposé que l'activité physique serait plus faible comme rapporté dans d'autres études (Canaday *et al.*, 2013; Lucy et Safranski, 2017). Cependant, nous n'avons pas observé d'effet de la température élevée sur l'activité physique. La courte durée du stress thermique chaud et le faible nombre d'individus peuvent expliquer l'absence d'effets significatifs.

Les besoins nutritionnels, sont affectés lors d'un stress thermique froid. En effet, lorsque la température descend en dessous de la TCI, l'énergie métabolisable pour l'entretien augmente de 10 kJ.PV^{-0,75}.°C⁻¹.j⁻¹ (Dourmad *et al.*, 2008). Dans notre expérimentation, la température est descendue au maximum de 5°C en dessous de la TCI et en moyenne de 1°C, engendrant la hausse de 2,3 kJ.PV^{-0,75} en moyenne sur la période de 5 h. Cette augmentation des besoins nutritionnels est une réponse à des dépenses énergétiques plus importantes pour la thermorégulation lorsqu'il fait froid (Verstegen et Curtis, 1988). Sans adaptation de la ration, les truies puisent dans leurs réserves corporelles engendrant un gain de poids plus faible ainsi que des problèmes de reproduction tels que des avortements, des performances de reproduction et de production plus faible (Verstegen et Curtis, 1988).

Aucun effet des fortes températures n'a été observé sur les besoins nutritionnels car, contrairement aux truies en lactation, les truies gestantes sont moins sensibles aux températures élevées (Quiniou *et al.*, 2000a), notamment car elles sont rationnées plus sévèrement. Ainsi, l'augmentation de la température n'engendrera ni hausse ni baisse de l'énergie métabolisable pour l'entretien comme nous pouvons le voir lorsqu'il fait froid.

Bien que le niveau d'activité et le temps passé actif ne soient pas influencés par les stress thermiques d'autres paramètres tels que les comportements alimentaires, les postures lorsque les truies sont couchées et les changements de positions peuvent être modifiés en fonction de la température (comme l'ont été les besoins nutritionnels).

c) Effet des stress thermiques sur les comportements alimentaires et posturaux

Comportements alimentaires. Les deux stress thermiques étudiés n'ont pas d'effet sur le temps passé au DAC (Figure 16. A) et sur le nombre de visites totales, alimentaires ou non alimentaires (Figure 16. B). En moyenne, les truies visitent 1 fois le DAC pour se nourrir et entre 5 et 6 fois pour des visites non alimentaires quelle que soit la température. Cependant, on observe des différences de comportements à l'abreuvoir. Lors d'un stress thermique chaud, les truies passent en moyenne 4 minutes de plus à boire que pendant un stress froid ou en semaine basale (Figure 16. C). Ces 4 minutes supplémentaires correspondent à 2,5 litres d'eau bue en plus (Figure 16. D).

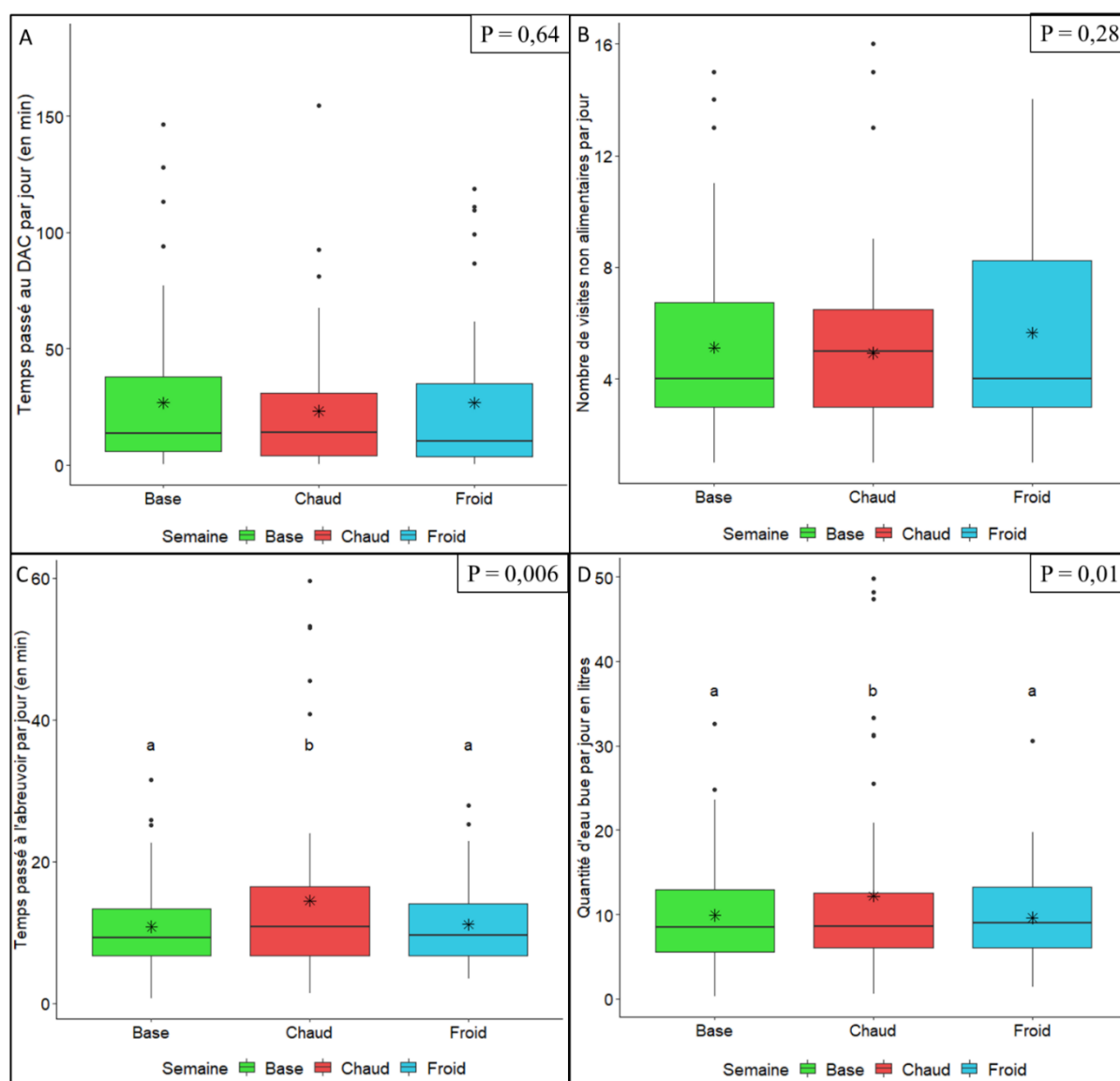
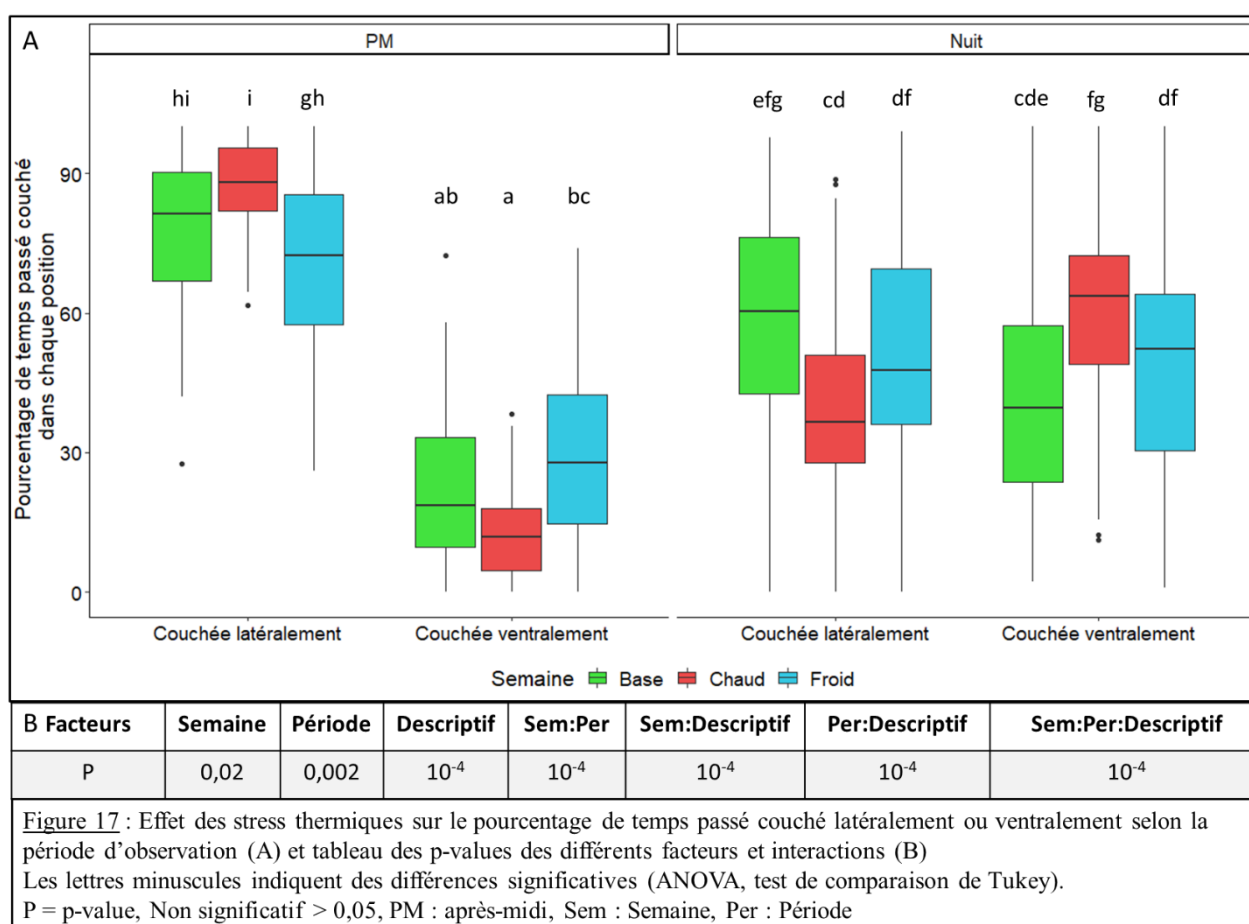


Figure 16 : Effet des stress thermiques sur le temps passé au DAC sans consommer d'aliments (A), le nombre de visites non alimentaires (B), le temps passé à l'abreuvoir (C) et la quantité d'eau bue par jour (D)
 L' * représente la moyenne pour chaque groupe. Les lettres minuscules indiquent des différences significatives (ANOVA, test de comparaison de Tukey). P = p-value, Non significatif > 0,05
 DAC : Distributeur automatique de concentrés

Nous nous attendions à observer une diminution des visites non-alimentaires lors d'un stress thermique chaud (Hypothèse III.4). En effet, la diminution de l'activité physique attendue entraînerait *a priori* une diminution des visites non alimentaires au DAC (Bjerg *et al.*, 2020). De même, lorsqu'il fait froid, nous nous attendions donc à observer une augmentation des visites non alimentaires, là encore due à une augmentation de l'activité physique (Bjerg *et al.*, 2020). Cependant, comme l'activité n'a pas été influencée par les stress thermiques, il paraît cohérent que le nombre de visites au DAC ne varient pas dans notre étude.

Nous avons également fait l'hypothèse, validée ici, que les truies passeraient plus de temps à boire lors d'un stress chaud (Hypothèse III.4), à cause d'une augmentation des pertes hydriques provoquée par la thermorégulation (Massabie, 2001). Dans les autres études (Massabie, 2001; Renaudeau *et al.*, 2002), les truies (nourries *ad libitum*) ne buvaient pas plus, mais mangeaient moins, engendrant une augmentation du taux de dilution (en L.kg⁻¹) en réponse aux fortes températures. Ici, cette augmentation est également observée, mais est due à une hausse de la quantité d'eau ingérée, la quantité de nourriture ingérée étant fixe du fait du rationnement des truies.



Postures. Au-delà des comportements alimentaires, l'influence des stress thermiques sur les comportements posturaux a été étudiée, mettant en avant un impact significatif de ces derniers. Tout d'abord, en semaine basale, les truies passent plus de temps en position latérale que ventrale l'après-midi (respectivement 80% vs 20%, $P < 0,01$, Figure 17. A.) et autant de temps dans les deux positions la nuit (Figure 17. A.).

Les truies passent également plus de temps en position latérale l'après-midi lors d'un stress chaud comparé à un stress froid (respectivement 87 vs 68%, $P = 0,01$, figure 17. A). On remarque cependant que lors d'un stress chaud, la nuit, les truies passent plus de temps couchées ventralement que latéralement (65 vs 35% respectivement, $P < 0,01$). Quelle que soit la période, le stress froid n'entraîne pas de changements de posture par rapport à la semaine basale (Figure 17. A)

Nous avons fait l'hypothèse que les truies passeraient plus de temps en position latérale lors d'un stress chaud et plus de temps en position ventrale lors d'un stress froid (Hypothèse III.3) (Bjerg *et al.*, 2020; Canaday *et al.*, 2013). La nuit, les truies étant plus actives, elles passaient moins de temps couchées (Annexe VI) et la température n'a eu que peu d'effet sur les positions ventrales et latérales. Le nombre de changements de postures plus élevé (Figure 18) et le fait qu'elles soient très actives la nuit pourrait ainsi expliquer pourquoi les truies passent autant de temps en position ventrale plutôt que latérale lorsqu'elles sont couchées.

L'après-midi, période pendant laquelle les truies dorment le plus, sous de fortes températures, les truies sont majoritairement en position latérale pour réguler leur température (Canaday *et al.*, 2013). En effet, cette posture maximise la dissipation de la chaleur par conduction à travers le sol. De plus, lorsqu'il fait froid, elles dorment plus de temps en position ventrale qu'à de hautes températures, cela pourrait également être assimilé à un processus de thermorégulation, les truies limitant ainsi les pertes thermiques grâce à une plus faible surface en contact avec le sol (Canaday *et al.*, 2013). La présence de paille semble là encore diminuer les comportements de thermorégulation lorsqu'il fait froid. En effet, dans l'étude de Canaday *et al.* (2013), les truies passent les $\frac{3}{4}$ de leur temps couchées en position ventrale alors que dans notre étude, elles passent autant de temps en position latérale que ventrale sur la période de 10 h.

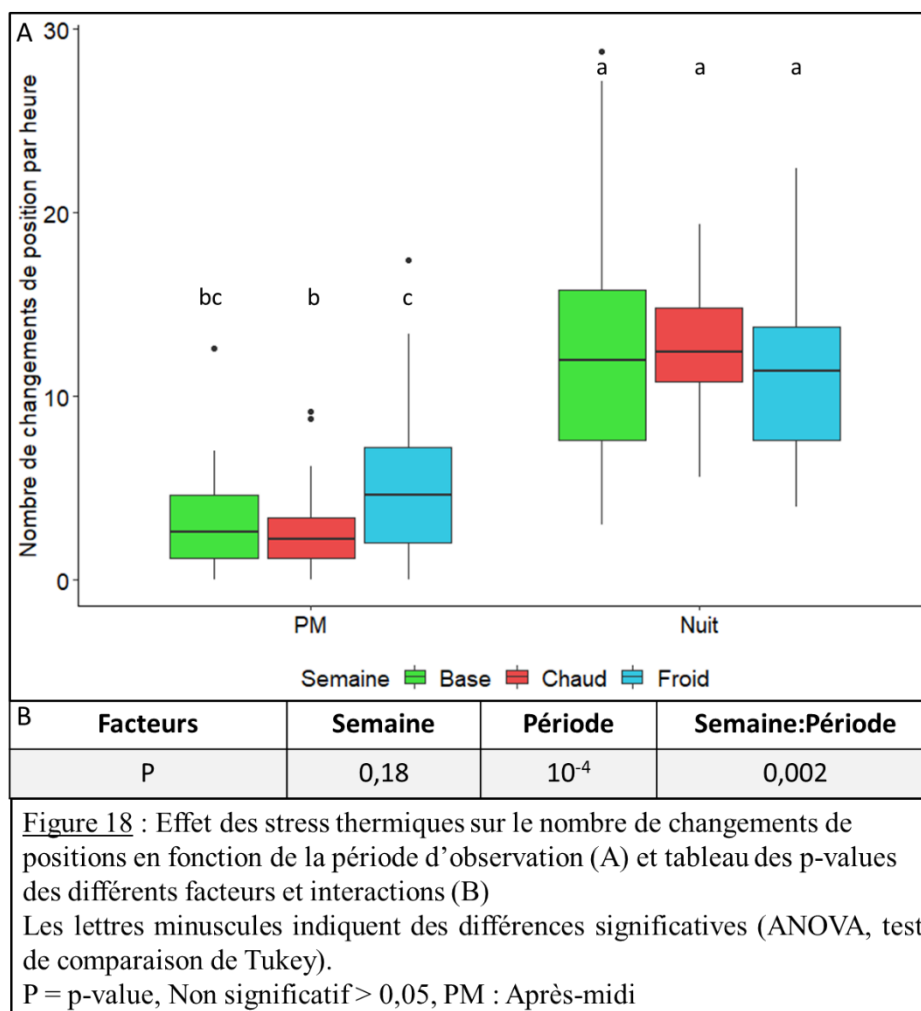
Enfin, en ce qui concerne la nuit, les truies passent plus de temps en position ventrale lorsqu'il fait chaud, cela peut s'expliquer par une augmentation du temps passé à observer leur environnement et le DAC plutôt qu'à dormir (Annexe VI). Lorsque les truies sont couchées, elles dorment 40 minutes de moins lorsqu'il fait chaud par rapport à la semaine basale ou froide ($P < 0,001$). En effet, lorsque les truies dorment, elles sont plus facilement en position latérale que ventrale et inversement lorsqu'elles observent leur environnement.

Nombre de changement de position. Le nombre de changements de position par heure change en fonction de la période d'observation (Figure 18). En effet, l'après-midi les truies changent en moyenne quatre fois moins de position que durant la nuit (respectivement 3 vs 12 changements, $P < 0,01$). La nuit, les stress thermiques ne modifient pas le nombre de changements de posture, en moyenne 11,2 changements lorsqu'il fait froid et 12,6 lorsqu'il fait chaud (Figure 18. A). Cependant, l'après-midi on observe une différence entre les stress chaud et froid, les truies changeant plus de position lorsqu'il fait froid que lorsqu'il fait chaud (5 vs 2,7 changements, $P = 0,03$ Figure 18. A).

Lors d'un stress froid, lorsqu'elles sont couchées l'après-midi, les truies alternent plus entre la position latérale et ventrale qu'en semaine basale ou chaude (respectivement 12 vs 9 changements sur la période observée, Annexe VI).

Lorsqu'il fait chaud, il a été démontré que les truies changent plus souvent de posture (Canaday *et al.*, 2013). Dans notre étude, tout comme Muns *et al.* (2016), nous n'observons pas cet effet. La durée du traitement peut expliquer ces résultats contradictoires. En effet, le stress thermique n'a duré que 3 jours dans notre étude contre 30 pour l'étude de Canaday *et al.* (2013). Néanmoins, nous avons étudié une plus grande gamme de postures, les précédentes études ne

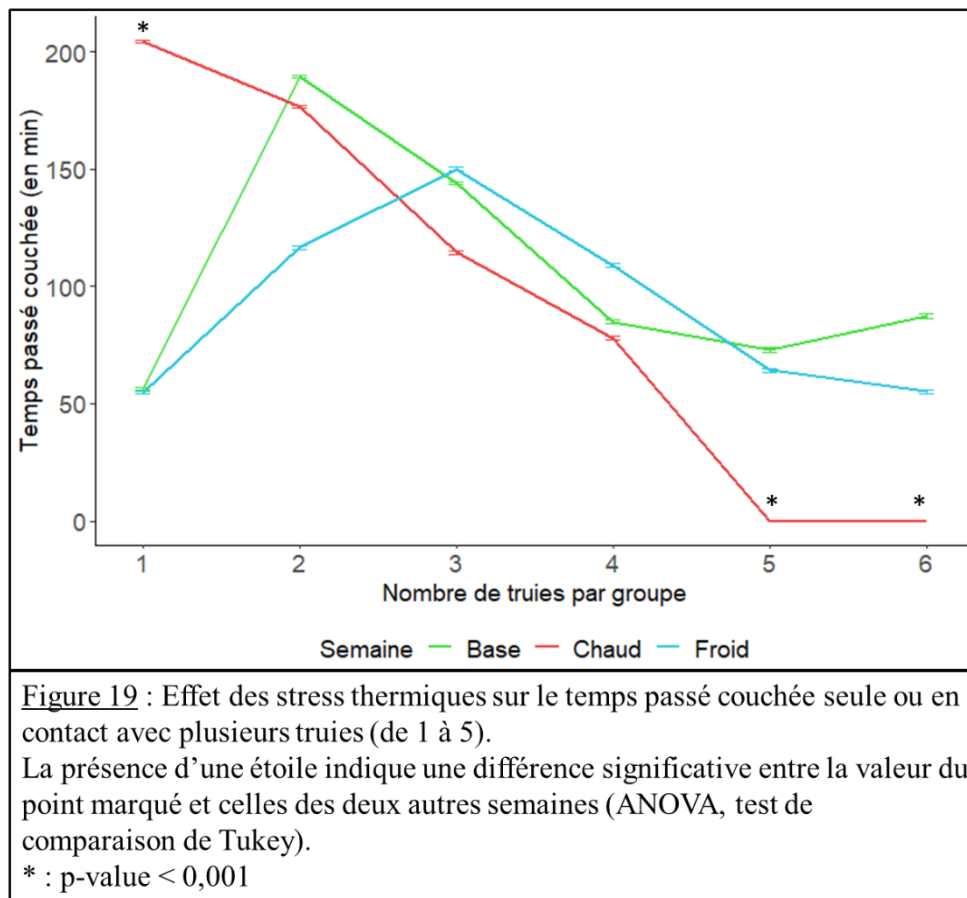
comptabilisant que les changements couché/debout. D'ailleurs, contrairement à leur étude, nous avons observé un nombre de changements de positions plus important lors d'un stress froid qui est dû à un passage plus fréquent de la position couchée ventrale à couchée latérale (Annexe VI). Cette augmentation du nombre de changement de positions pourrait s'expliquer par un inconfort des truies à basse température et des difficultés à trouver une position adaptée.



Blotissement des truies. Le dernier comportement étudié par analyse vidéo est le nombre de truies couchées ensemble lors des périodes de repos. La figure 19 présente le temps moyen passé couché en minutes (sur les 10 h d'observation des 3 jours de test) en fonction du nombre de truies dormant ensemble. On observe qu'une diminution de la température engendre une augmentation du nombre de truies dormant ensemble. En effet, lorsqu'il fait chaud, les truies ont tendance à s'isoler pour dormir (200 min), alors qu'à température ambiante, elles dorment le plus longtemps à 2 (177 min) et lors d'un stress froid, à 3 (150 min) (Figure 19). Lors d'un stress chaud, les truies s'isolent donc plus pour dormir comparé à la semaine basale et froide (200 vs 55 minutes, $P < 0,001$) et ne dorment jamais en groupe de plus de 4 truies alors que pendant les 2 autres semaines, elles dorment à 5 ou 6 pendant plus de 50 minutes en moyenne.

Comme nous l'avons supposé (Hypothèse III.3), nous avons observé un regroupement des truies lors d'un stress froid et un isolement de ces dernières lors d'un stress chaud. Ce comportement de regroupement lors des moments de repos est un comportement naturel de thermorégulation lors de stress froid (Gordon, 2012) permettant d'augmenter la chaleur

corporelle. Cependant, d'après Groo *et al.* (2018), ces comportements renforcent une certaine proximité dans le groupe et peuvent engendrer un certain stress pour les animaux. En effet, dans notre étude, les truies sont plus agressives envers leurs congénères lors d'un stress froid (Annexe VII).



Conclusion

Cette étude a présenté les effets du niveau d'activité physique et de différents stress thermiques sur le comportement et les besoins nutritionnels des truies gestantes. Les truies gestantes n'ont pas toutes le même niveau d'activité et une variabilité interindividuelle importante peut être observée. Cette variabilité entraîne donc des besoins nutritionnels différents impliquant donc un ajustement des rations selon les individus. Cependant, le niveau d'activité n'influence pas les comportements et les performances de production. Concernant les stress thermiques, la température n'a pas eu d'influence sur le niveau d'activité des truies. Cependant, les dépenses énergétiques sont plus élevées lorsque les truies sont exposées à de faibles températures en raison de dépenses liées à la thermorégulation. De plus, certains comportements ont été influencés, notamment le temps passé en position couchée ou encore les comportements d'abreuvement.

Peu d'hypothèses ont pu être confirmées que ce soit sur les effets du niveau d'activité ou sur les effets des stress thermiques. En effet, cela peut être dû à un effectif trop faible dans le groupe y compris dans les groupes d'activité où les individus sont entre 4 et 6 par groupe. De plus, les stress thermiques étaient potentiellement trop courts pour voir des effets sur les performances de production. Lors du stress froid, la température de la salle était proche de la TCI mais n'était peut-être pas assez basse pour avoir un impact significatif (Annexe I). Cependant, les effets des deux stress thermiques sur certains comportements (posturaux et sociaux) ont pu être observés montrant donc que les truies se sont adaptées aux températures différentes de leur zone de confort thermique.

L'analyse vidéo étant très chronophage, seules les vidéos de 15 truies sur 37 ont pu être analysées et uniquement des multipares. Ce faible nombre d'individus peut également influencer les résultats et les tests statistiques. Ainsi, j'ai été recrutée pour un CDD de 6 mois afin d'analyser les vidéos des truies restantes. L'ensemble des résultats sera restitué dans un article scientifique qui sera soumis à la fin de mon CDD dans une revue internationale.

Pour finir, ce stage faisait partie d'une thèse démarrée en octobre 2020. Cette thèse a pour objectif d'améliorer les modèles nutritionnels en alimentation de précision des truies en gestation en incluant différents paramètres dans les modèles comme l'activité physique quotidienne et la température de la salle. Les résultats de ce stage et les résultats à venir sur la suite des analyses concernant la variabilité interindividuelle de l'activité et les besoins nutritionnels y seront intégrés. Cela permettra à terme de modifier quotidiennement les rations des truies afin de réduire les coûts alimentaires, les rejets environnementaux et d'améliorer les performances de production. En parallèle de cette étude, la création d'un algorithme permettant l'analyse automatique des comportements (activité et localisation) via des vidéos est en cours. En détectant automatiquement ces changements d'activité, des adaptations de la ration pourraient être réalisées en temps réel et des solutions pour régler la température pourraient également être apportées.

Références bibliographiques

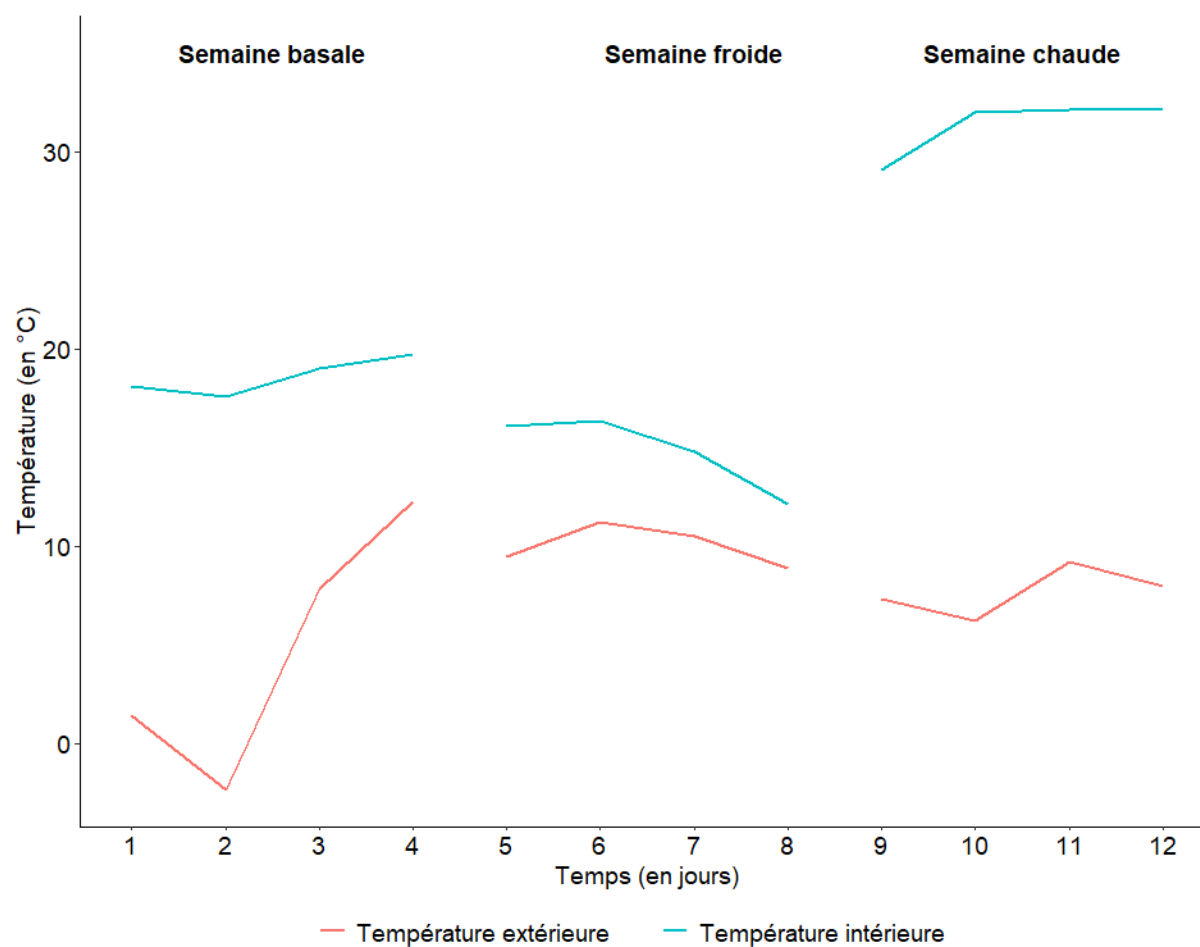
- Bjerg, B., Brandt, P., Pedersen, P., Zhang, G.Q. (2020) Sows' responses to increased heat load - A review. *Journal of Thermal Biology*, **94**, p 18.
- Brossard, L., Marco, M., Dourmad, J.Y., van Milgen, J., Pomar, J., Lopez, V., Quiniou, N. (2020) Application d'un programme d'alimentation de précision chez le porc en croissance alimenté à volonté : effet sur les performances et l'utilisation des nutriments. In 52ème Journée de la Recherche Porcine (IFIP, ed, IFIP, Paris, France: 111-112.
- Canaday, D.C., Salak-Johnson, J.L., Visconti, A.M., Wang, X., Bhalerao, K., Knox, R.V. (2013) Effect of variability in lighting and temperature environments for mature gilts housed in gestation crates on measures of reproduction and animal well-being. *Journal of Animal Science*, **91**(3), 1225-1236.
- Chapa, J.M., Maschat, K., Iwersen, M., Baumgartner, J., Drillich, M. (2020) Accelerometer systems as tools for health and welfare assessment in cattle and pigs - A review. *Behavioural Processes*, **181**, p 18.
- Cornou, C., Lundbye-Christensen, S. (2008) Classifying sows' activity types from acceleration patterns - An application of the Multi-Process Kalman Filter. *Applied Animal Behaviour Science*, **111**(3-4), 262-273.
- Cornou, C., Lundbye-Christensen, S. (2010) Classification of sows' activity types from acceleration patterns using univariate and multivariate models. *Computers and Electronics in Agriculture*, **72**(2), 53-60.
- Cornou, C., Lundbye-Christensen, S. (2012) Modeling of sows diurnal activity pattern and detection of parturition using acceleration measurements. *Computers and Electronics in Agriculture*, **80**, 97-104.
- Devillers, N., Farmer, C. (2008) Effects of a new housing system and temperature on sow behaviour during lactation. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, **58**(1), 55-60.
- Dourmad, J.-Y., Brossard, L.C., Pomar, J., Gagnon, P., Cloutier, L. (2017) Development of a decision support tool for precision feeding of pregnant sows. In European Conference on Precision Livestock Farming, Nantes, France: 584-592.
- Dourmad, J.Y., Etienne, M., Valancogne, A., Dubois, S., van Milgen, J., Noblet, J. (2008) InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of sows. *Animal Feed Science and Technology*, **143**(1-4), 372-386.
- Edwards, R.L., Omtvedt, I.T., Turman, E.J., Stephens, D.F., Mahoney, G.W.A. (1968) Reproductive performance of gilts following heat stress prior to breeding and in early gestation. *Journal of Animal Science*, **27**(6), 1634-1637.
- Gaillard, C., Gauthier, R., Cloutier, L., Dourmad, J.Y. (2019) Exploration of individual variability to better predict the nutrient requirements of gestating sows. *Journal of Animal Science*, **97**(12), 4934-4945.
- Gaillard, C., Quiniou, N., Gauthier, R., Cloutier, L., Dourmad, J.Y. (2020) Evaluation of a decision support system for precision feeding of gestating sows. *Journal of Animal Science*, **98**(9), 1-12.
- Gordon, C.J. (2012) Thermal physiology of laboratory mice: Defining thermoneutrality. *Journal of Thermal Biology*, **37**(8), 654-685.
- Groo, Z., Szenczi, P., Banszegi, O., Nagy, Z., Altbacker, V. (2018) The influence of familiarity and temperature on the huddling behavior of two mouse species with contrasting social systems. *Behavioural Processes*, **151**, 67-72.
- Hamäläinen, W., Järvinen, M., Martiskainen, P., Mononen, J. (2011) Jerk-based feature extraction for robust activity recognition from acceleration data. In *11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, Cordoba, Spain: 831-836.

- He, J.W., Zheng, W.J., Lu, M.Z., Yang, X.J., Xue, Y.Q., Yao, W. (2019) A controlled heat stress during late gestation affects thermoregulation, productive performance, and metabolite profiles of primiparous sow. *Journal of Thermal Biology*, **81**, 33-40.
- Heitman, H.J., Hughes, E.H., Kelly, C.F. (1951) Effects of Elevated Ambient Temperature on Pregnant Sows. *Journal of Animal Science*, **10**(4), 907-915.
- Huber, L.A. (2019) Sow feeding strategies : gestating sows. In *London Swine Conference (J.H.S.a.L. Eastwood, ed, London, Ontario: 51-55.*
- Kreider, D.L., Wettemann, R.P., Johnson, R.K., Turman, E.J. (1978) Endocrine changes associated with heat-stress of gilts after breeding. *Oklahoma Agricultural Experiment Station Miscellaneous Publication*(103), 219-226.
- Lewis, P.K., Rakes, L.Y., Brown, C.J., Noland, P.R. (1989) Effect of exercise and pre-slaughter stress on pork muscle characteristics. *Meat Science*, **26**(2), 121-129.
- Liao, C.W. et Veum, T.L. (1994) Effects of dietary energy-intake by gilts and heat-stress from days 3 to 24 or 30 after mating on embryo survival and nitrogen and energy-balance. *Journal of Animal Science*, **72**(9), 2369-2377.
- Lucy, M.C., Safranski, T.J. (2017) Heat stress in pregnant sows: Thermal responses and subsequent performance of sows and their offspring. *Molecular Reproduction and Development*, **84**(9), 946-956.
- Lucy, M.S., T.J., Rhoades, J.N., Keisler, D.H., Ross, J.W., Gabler, N.K., Rhoads, R.P., Baumgard, L.H. (2015) Serum Insulin-like Growth Factor-I (IGF1), Growth Hormone (GH), insulin, and glucose in first parity sows exposed to Heat Stress (HS) during gestation. *Journal of Animal Science*, **93**, 84.
- Lynch, P.B. (1977) Effect of environmental-temperature on lactating sows and their litters. *Irish Journal of Agricultural Research*, **16**(2), 123-130.
- MacKay, J.R.D., Turner, S.P., Hyslop, J., Deag, J.M., Haskell, M.J. (2013) Short-term temperament tests in beef cattle relate to long-term measures of behavior recorded in the home pen. *Journal of Animal Science*, **91**(10), 4917-4924.
- Marcon, M., Melot, G., Courboulay, V., Boulot, S., Rousselière, Y. (2017) Monitoring du niveau d'activité des truies par un accéléromètre communiquant placé sur la boucle d'identification. In *Journée de la Recherche Porcine, IFIP: 171-172.*
- Marcon, M., Quiniou, N., Courboulay, C., Rousselière, Y., Melot, G., Meunier-Salaün, M.C., Labussière, E., Ramonet, Y., Cherel, P., Le Mer, M. (2020) Améliorer les performances et le bien être des truies gravides par la mobilisation de nouvelles technologies pour une alimentation de précision et la détection de signaux comportementaux. In *Innovations Agronomiques, INRAE: 245-256.*
- Massabie, P. (2001) L'abreuvement des porcs. In *TechniPorc, IFIP: p 6.*
- Monteiro, A., Bertol, T.M., de Oliveira, P.A.V., Dourmad, J.Y., Coldebella, A., Kessler, A.M. (2017) The impact of feeding growing-finishing pigs with reduced dietary protein levels on performance, carcass traits, meat quality and environmental impacts. *Livestock Science*, **198**, 162-169.
- Muns, R., Malmkvist, J., Larsen, M.L.V., Sorensen, D., Pedersen, L.J. (2016) High environmental temperature around farrowing induced heat stress in crated sows. *Journal of Animal Science*, **94**(1), 377-384.
- Noblet, J., Shi, X.S., Dubois, S. (1994) Composantes de la dépense énergétique au cours du nyctémère chez la truie adulte à l'entretien : rôle de l'activité physique. *INRA Productions Animales*, **7**(2), 135-142.
- Oczak, M., Maschat, K., Berckmans, D., Vranken, E., Baumgartner, J. (2016) Can an automated labelling method based on accelerometer data replace human labeller? – Postural profile of farrowing sows. *Computers and Electronics in Agriculture*, **127**, 168-175.

- Petersen, J.S., Oksbjerg, N., Jorgensen, B., Sorensen, M.T. (1998) Growth performance, carcass composition and leg weakness in pigs exposed to different levels of physical activity. *Animal Science*, **66**, 725-732.
- Pomar, C., Hauschild, L., Zhang, G.H., Pomar, J., Lovatto, P.A. (2009) Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. *Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science*, **38**, 226-237.
- Pomar, C., Pomar, J., Dubeau, F., Joannopoulos, E., Dussault, J.P. (2014) The impact of daily multiphase feeding on animal performance, body composition, nitrogen and phosphorus excretions, and feed costs in growing-finishing pigs. *Animal*, **8**(5), 704-713.
- Quiniou, N., Marcon, M., Roy, H., Ramonet, Y. (2014) L'alimentation de précision en élevage porcin. In Journée TechPorc du 25 novembre 2014.
- Quiniou, N., Noblet, J. (1999) Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. *Journal of Animal Science*, **77**(8), 2124-2134.
- Quiniou, N., Renaudeau, D., Collin, A., Noblet, J. (2000a) Influence of high ambient temperatures and physiological stage on feeding behaviour of pigs. *Productions Animales*, **13**(4), 233-245.
- Quiniou, N., Renaudeau, D., Dubois, S., Noblet, J. (2000b) Influence of high ambient temperatures on food intake and feeding behaviour of multiparous lactating sows. *Animal Science*, **70**, 471-479.
- Ramonet, Y., Bertin, C. (2015) Utilisation d'accéléromètres pour évaluer l'activité physique des truies gestantes logées en groupes (Rapport d'étude), Chambre d'agriculture de Bretagne: p 12.
- Ramonet, Y., Tertre, A. (2013) Activité motrice des truies en groupes dans les différents systèmes de logement (Rapport d'étude), Chambre d'agriculture de Bretagne: p 8.
- Renaudeau, D., Quiniou, N., Dubois, S., Noblet, J. (2002) Effects of high ambient temperature and dietary protein level on feeding behavior of multiparous lactating sows. *Animal Research*, **51**(3), 227-243.
- Ringgenberg, N., Bergeron, R., Devillers, N. (2010) Validation of accelerometers to automatically record sow postures and stepping behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, **128**(1-4), 37-44.
- Verstegen, M.W.A., Curtis, S.E. (1988) Energetics of sows and gilts in gestation crates in the cold. *Journal of Animal Science*, **66**(11), 2865-2875.
- Yang, A., Huang, H., Zheng, B., Li, S., Gan, H., Chen, C., Yang, X., Xue, Y. (2020) An automatic recognition framework for sow daily behaviours based on motion and image analyses. *Biosystems Engineering*, **192**, 56-71.
- Young, M.G., Tokach, M.D., Aherne, F.X., Main, R.G., Dritz, S.S., Goodband, R.D., Nelssen, J.L. (2005) Effect of sow parity and weight at service on target maternal weight and energy for gain in gestation. *Journal of Animal Science*, **83**(1), 255-261.

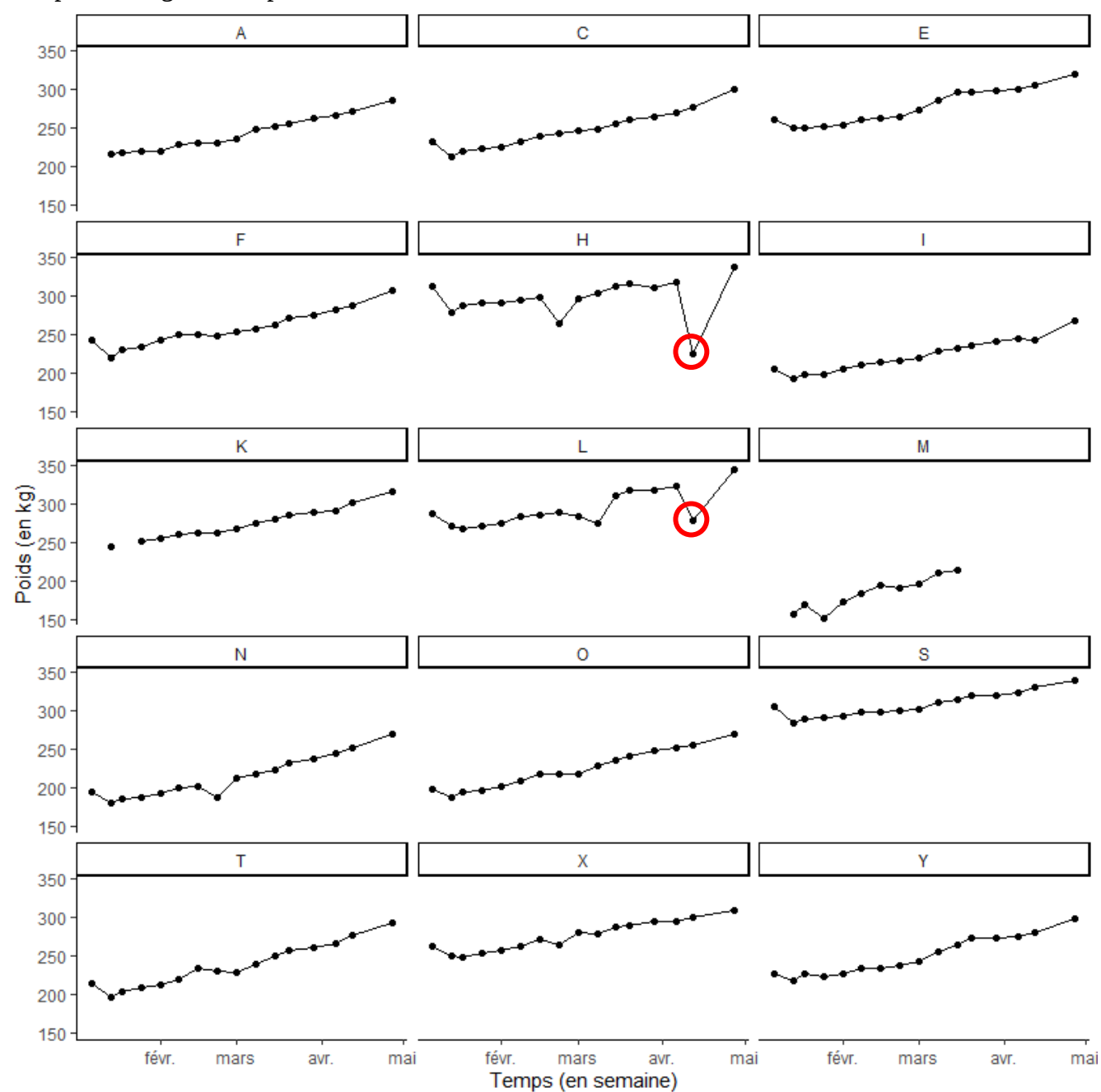
Annexes

Annexe I : Evolution de la température intérieure et extérieure au cours de l'expérimentation en salle de gestation

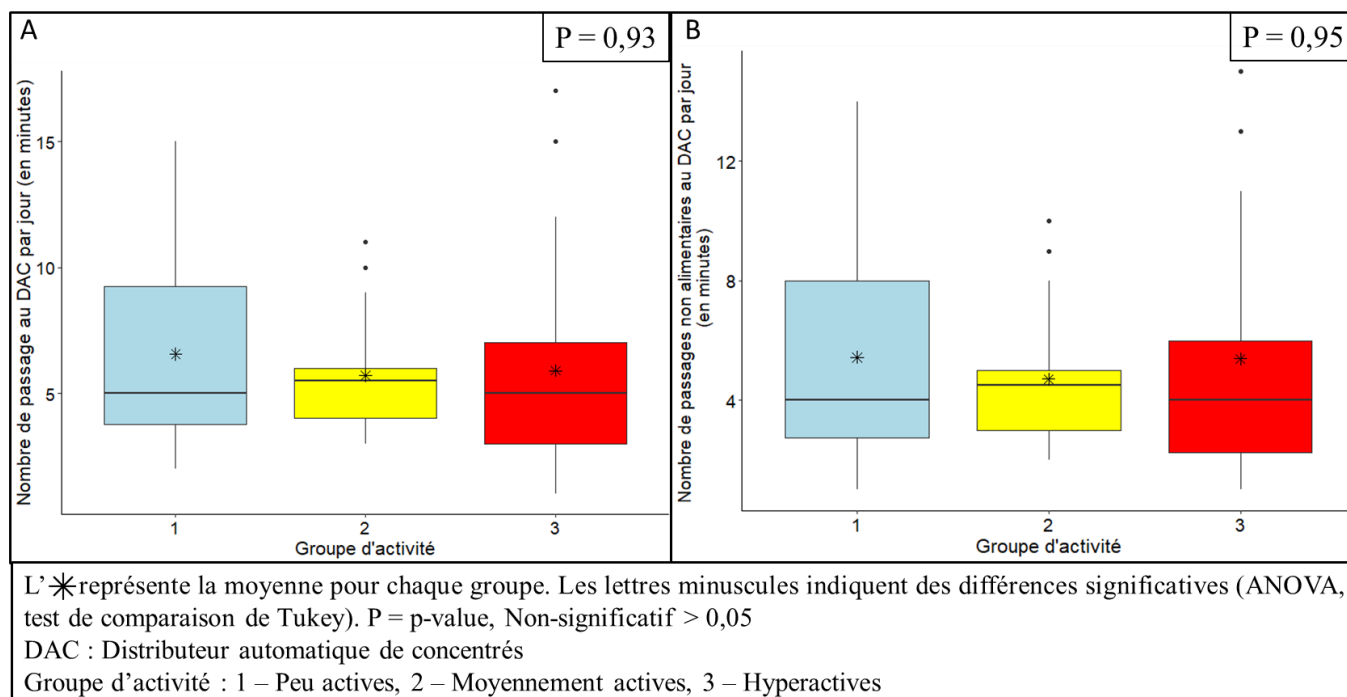


Annexe II : Evolution du poids des truies au cours de la gestation

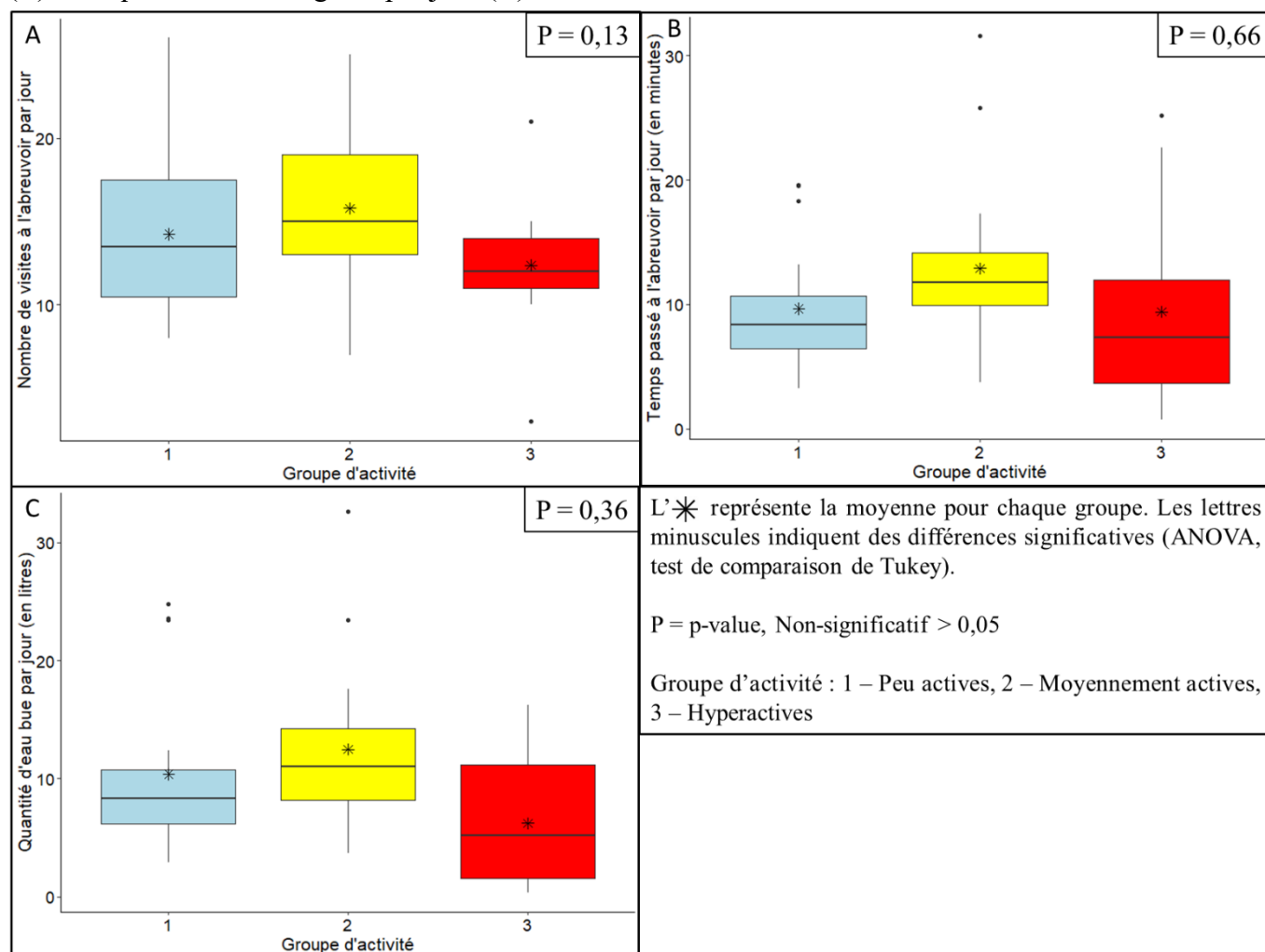
Les points rouges correspondent à des données aberrantes.



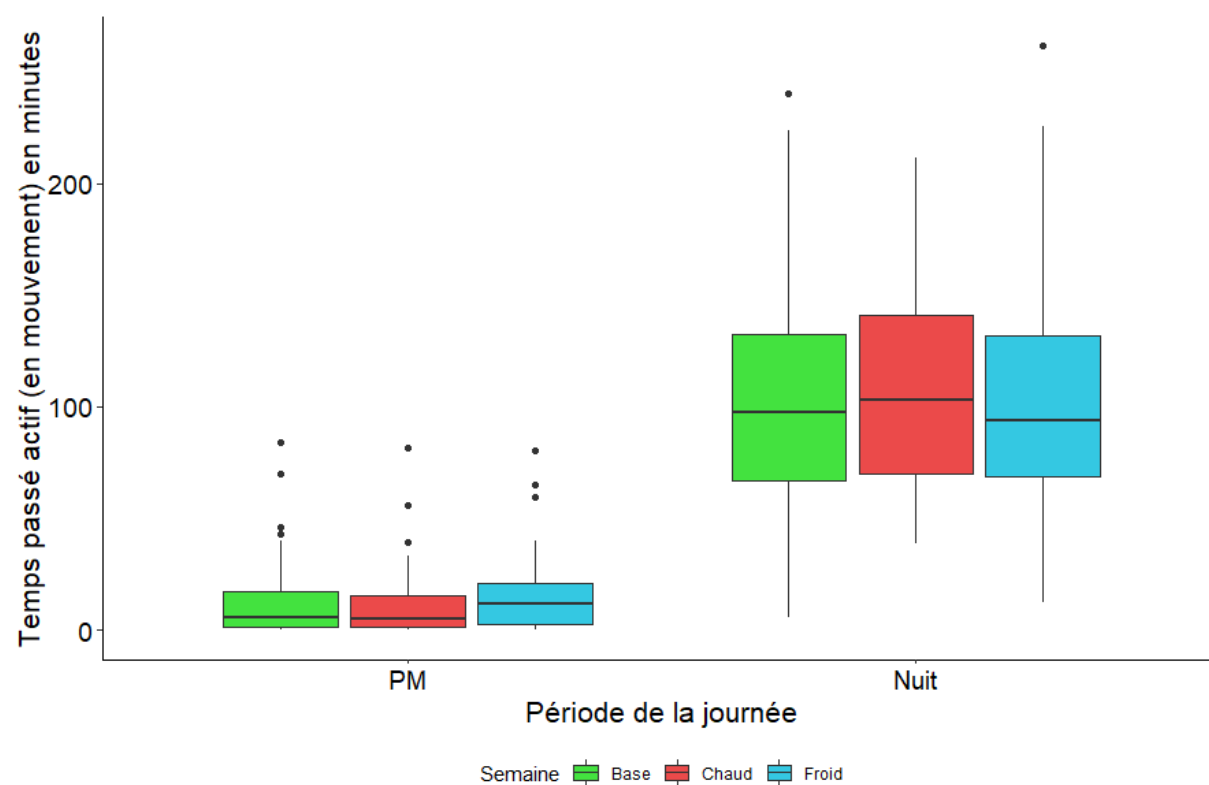
Annexe III : Effet du groupe d'activité sur le nombre de passages total et non alimentaires au DAC par jour



Annexe IV : Effet des groupes d'activité sur le nombre de visites à l'abreuvoir (A), le temps passé à boire (B) et la quantité d'eau ingérée par jour (C)



Annexe V : Effet de la semaine de test et de la période de la journée sur le temps passé actif



Annexe VI : Effet de la semaine et de la période de la journée sur différentes positions et occupations

	Base		Chaud		Froid		P-value		
	PM	Nuit	PM	Nuit	PM	Nuit	Semaine	Période	Semaine :Période
Couchée ¹	286 ^a	192 ^b	287 ^a	182 ^b	282 ^a	187 ^b	0,36	<0,001	0,5
Observe ¹	16 ^a	61 ^b	18 ^a	90 ^c	14 ^a	50 ^b	<0,001	<0,001	<0,001
Dort ¹	271 ^a	140 ^b	268 ^a	106 ^c	273 ^a	151 ^b	<0,001	<0,001	0,004
Chgt position couchée ²	9,3	14,7	8,6	17,4	11,6	12,7	<0,001	<0,001	<0,001

Les lettres minuscules indiquent des différences significatives (ANOVA, test de comparaison de Tukey).

¹ Les valeurs correspondent à des durées en minutes sur la période de 5h.

² Les valeurs correspondent au nombre de changements de positions observés sur la période entre les positions couchée latérale et ventrale

P = p-value, Non significatif > 0,05, PM : après-midi

Annexe VII : Effet de la semaine de test sur les comportements agressifs

	Base	Chaud	Froid	P-value
Reçoit comportements agressifs	2,2	1,5	3,3	0,01
Donne comportements agressifs	2,5	1,9	3	0,08

Annexe VIII : Article en cours de rédaction pour les JRP 2022

Effet de stress thermiques sur le comportement et les besoins nutritionnels de truies en gestation

Justine Abarnou, Maëva Durand, Charlotte Gaillard

PEGASE, INRAE, Institut Agro, Le Clos, 35590 Saint-Gilles, France

Effect of thermal stress on behavior and nutritional requirements of pregnant sows

Like temperature, behavior and particularly physical activity modify the energy requirements of pregnant sows, but these factors are not integrated, at the day and individual level, in the calculation of nutritional requirements. The objective is to quantify the effect of induced thermal stresses on the behavior and consequently on the energy requirements of pregnant sows. Over 4 consecutive weeks and for 3 days per week, the gestation room temperature was maintained at a different temperature level each week: ambient (no stress, $\approx 18.7^{\circ}\text{C}$), cold (stress, $\approx 15.3^{\circ}\text{C}$), ambient, and hot (stress, $\approx 31.5^{\circ}\text{C}$). The behaviors (social interactions, investigation) and physical activity of 15 multiparous pregnant sows was manually recorded from videos over 5-h periods at night (11:00pm-4:00am, new feeding day starts at 00:00am) and in the afternoon (PM: 1:30-6:30pm). The two thermal stresses did not influence either the time spent per activity (standing, $P = 0.34$ and lying $P = 0.36$) or the physical activity level of the sows ($P = 0.78$). Nevertheless, during cold stress, sows appeared to have higher energy expenditure ($6 \text{ kJ.kg}^{-0.75}$ over the observed 10-h period). Moreover, feeding behaviors did not appear to be influenced by heat stress ($P = 0.19$). In addition, social behaviors changed with temperature, the number of huddled sows as well as aggressive behaviors increased during cold stress, while hot stress promoted isolation. These changes in sow behavior could help to detect thermal discomfort and to adjust the nutritional needs of the sows accordingly.

INTRODUCTION

Les attentes sociétales autour de la santé et du bien-être animal sont de plus en plus fortes en ce qui concerne l'élevage porcin. L'alimentation de précision permettrait notamment d'améliorer la santé des truies en gestation en évitant une sous- ou sur- alimentation. L'activité physique est moyennée à 240 min d'activité par jour dans les modèles estimant les besoins nutritionnels de truies gestantes (Dourmad *et al.*, 2008), alors qu'elle varie fortement dans le troupeau (Ramonet et Bertin, 2015), au cours du temps et selon la température. Il est donc intéressant de quantifier l'effet de stress thermiques induits sur l'activité physique, les comportements alimentaires et sociaux, et sur les besoins nutritionnels des truies gestantes afin d'intégrer ces informations dans les modèles nutritionnels.

1. MATERIEL ET METHODES**1.1. Dispositif expérimental**

L'expérimentation s'est déroulée avec 15 truies gestantes multipares croisées Large White x Landrace logées en groupe avec un accès à 2 distributeurs automatiques de concentrés (DAC). Les truies ont été soumises à trois températures différentes durant 3 jours (du lundi au mercredi) pendant 4 semaines consécutives. La 1^{ère} et 3^{ème} semaine (semaines basales) la température dans la salle était de $18,7 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. La 2^{ème} et 4^{ème} semaine, les truies étaient respectivement exposées à des températures basses ($15,3 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$) et hautes ($31,5 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$). Le temps passé par visite et la quantité ingérée étaient enregistrés à chaque visite aux DAC (Gestal, Canada) et aux abreuvoirs (Asserva, France). Les comportements sociaux et les différentes activités physiques des truies (couchée, debout, piétine, marche) ont été déterminés par analyse vidéo manuelle de 23h à 4h (« Nuit », période d'alimentation avec le début de la nouvelle journée alimentaire à 00h), et de 13h30 à 18h30 (« PM », période de repos).

1.2. Calculs et analyses statistiques

Le niveau d'activité a été calculé en coefficientant le temps (en min) passé dans les différentes postures (couchée latéralement, couchée ventralement, assise, marche, debout, piétine). Les coefficients correspondent à ceux utilisés pour calculer les dépenses énergétiques liées à chaque posture : une truie consomme deux fois plus d'énergie quand elle est debout que quand elle est couchée, et quatre fois plus quand elle marche (Marcon *et al.*, 2020). L'énergie consommée pour le maintien de la posture « debout » étant de $0,30 \text{ kJ.PV}^{-0.75}.\text{min}^{-1}$ (Dourmad *et al.*, 2008). Pour le calcul des besoins nutritionnels, cette valeur a été adaptée selon les postures en fonction des coefficients évoqués précédemment. Lors d'un stress froid, il faut également ajouter $10 \text{ kJ.PV}^{-0.75}.\text{C}^{-1}.\text{j}^{-1}$ lors du calcul de l'énergie pour la maintenance. Le stress chaud, n'a pas d'effet sur l'énergie pour la maintenance des truies en gestation.

A l'aide du logiciel R (version 4.0.3), un modèle linéaire à effets mixtes a été appliqué afin de déterminer les effets de la semaine (**SEM**) (base, test chaud, test froid), du moment de la journée (**MOM**) (PM, Nuit), de leurs interactions et les effets aléatoires des individus sur les différentes variables.

2. RESULTATS ET DISCUSSION**2.1. Effet du stress thermique sur l'activité physique**

Les différents stress thermiques ne semblent pas influencer le temps passé actif (debout et en marche, $P = 0,34$) et le niveau d'activité des truies (Tableau 1, $P = 0,78$). Cependant, lorsqu'il fait froid l'après-midi, les truies changent plus souvent de posture qu'en semaine basale ou chaude (5 changements par heure vs. 3,1 et 2,7 respectivement, Tableau 1) et passent en moyenne plus de temps en position ventrale que latérale lorsqu'elles sont couchées (38% en semaine froide vs. 30% du temps en semaine basale et chaude, Tableau 1). La posture ventrale est une stratégie de lutte contre le froid qui limite les

pertes thermiques grâce à une plus faible surface en contact avec le béton (Canaday *et al.*, 2013).

2.2. Effet du stress thermique sur les besoins nutritionnels

Les besoins nutritionnels ne sont pas affectés lors d'un stress chaud. Cependant, lors d'un stress froid, les besoins nutritionnels augmentent en moyenne de 6 kJ.PV^{-0,75} ($P < 0,01$) pour la période observée de 10 h (Tableau 1).

2.3. Effet du stress thermique sur les comportements alimentaires

Le nombre total de visites (Tableau 1) et le nombre de visites non alimentaires au DAC restent inchangés en conditions de stress thermique ($P = 0,19$). Cependant, lorsqu'il fait froid, les truies visitent en moyenne une fois de plus le DAC, tendance qui pourrait s'expliquer par un besoin énergétique plus fort pour produire de la chaleur. La quantité d'aliments ingérés par jour n'est pas influencée par les stress thermiques (autour de 3 kg/j, $P = 0,23$, Tableau 1). En effet, les truies étant rationnées, elles consomment la totalité de leur ration chaque jour indépendamment de la température ambiante. Cependant, lors d'un stress chaud, les truies consomment en moyenne plus d'eau par jour qu'en semaine basale (12,2 vs. 9,91 L), ce qui entraîne une augmentation de 33% du temps passé à boire par jour.

2.4. Effet du stress thermique sur les comportements sociaux

Lorsqu'il fait froid, les truies se regroupent en moyenne par groupe de 3 et dorment par groupe de 6 maximum, tandis que lorsqu'il fait chaud, elles dorment plus souvent isolées ou par groupe de 2 et jamais au-delà de 4 par groupe (Tableau 1). De plus, les truies sont deux fois plus agressives lorsqu'elles sont soumises à un stress froid comparé à un stress chaud (Tableau 1). Se regrouper lorsqu'il fait froid est un comportement naturel de thermorégulation mais cela augmente la proximité des animaux (Groo *et al.*, 2018) pouvant causer un stress plus important exprimé par plus de comportements agressifs.

CONCLUSION

Un stress thermique chaud n'a que peu d'effets sur les comportements et besoins nutritionnels des truies. Seules les positions couchées sont affectées par une augmentation de la température. A l'inverse, lorsque la température de la salle de gestation descend en dessous de la température critique minimum, les comportements des truies sont modifiés pour s'adapter à des températures plus faibles, entraînant des dépenses énergétiques plus importantes. Ces changements de comportements pourraient ainsi permettre de détecter des conditions de stress thermique et donc d'ajuster les besoins nutritionnels en conséquence.

Tableau 1 – Effet de la semaine de stress thermique (SEM : base, froid, chaud) et de la période (MOM : PM, Nuit) sur les différents comportements observés ainsi que sur les besoins nutritionnels.

	Base		Froid		Chaud		P-value		
	PM	Nuit	PM	Nuit	PM	Nuit	SEM	MOM	SEM : MOM
Comportements									
Active, min	13,2 ^b	105 ^a	16,5 ^b	110 ^a	11,8 ^b	110 ^a	0,34	***	0,45
Couchée, min	286 ^b	192 ^a	282 ^b	187 ^a	287 ^b	182 ^a	0,36	***	0,49
Couchée latérale, min	221 ^c	114 ^a	196 ^c	95,7 ^{ad}	250 ^e	76,9 ^d	*	***	***
Couchée ventrale, min	65,0 ^{bd}	78,7 ^{bcd}	86,6 ^{bc}	90,8 ^c	37,7 ^a	105 ^d	*	0,15	***
Changements de position, nbr/h	3,14 ^{bc}	12,0 ^a	5,00 ^b	11,2 ^a	2,73 ^c	12,6 ^a	0,19	***	*
Comportements agressifs, nbr/5 h	1,23 ^b	3,06 ^{ab}	1,44 ^b	4,09 ^a	1,13 ^{ab}	1,98 ^b	***	**	0,32
Nombre de truies blotties, nbr/5h	2,71 ^{de}	2,26 ^c	3,07 ^e	2,39 ^{cd}	1,82 ^b	1,37 ^a	***	***	0,35
Nombre de visites au DAC/j	5,9X		6,9X		5,9X		0,19	-	-
Temps passé à l'abreuvoir/j	649 ^a		668 ^a		869 ^b		**	-	-
Niveau d'activité	328 ^b	480 ^a	336 ^b	487 ^a	323 ^b	489 ^a	0,78	***	0,68
Besoins et Alimentation									
Besoins nutritionnels, kJ.PV ^{-0,75} /10h	274 ^a		280 ^b		273 ^a		***	-	-
Quantité d'aliments ingérés, kg/j	2,89		3,06		2,96		0,23	-	-

SEM : Semaine, MOM : Moment, nbr : nombre. Les lettres minuscules indiquent des différences significatives (ANOVA, test de comparaison de Tukey). Critères de significativité : une valeur si $P > 0,05$, * : $P < 0,05$, ** : $P < 0,01$, *** : $P < 0,001$

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dourmad, J.Y., Etienne, M., Valancogne, A., Dubois, S., van Milgen, J., Noblet, J. (2008) InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of sows. *Animal Feed Science and Technology*, 143(1-4), 372-386.
- Ramonet, Y. et Bertin, C. (2015) Utilisation d'accéléromètres pour évaluer l'activité physique des truies gestantes logées en groupes (Rapport d'étude, Chambre d'agriculture de Bretagne: pp 12.
- Marcon, M., Quiniou, N., Courboulay, C., Rousselière, Y., Melot, G., Meunier-Salaün, M.C., Labussière, E., Ramonet, Y., Cherel, P., Le Mer, M. (2020) Améliorer les performances et le bien être des truies gravides par la mobilisation de nouvelles technologies pour une alimentation de précision et la détection de signaux comportementaux. In *Innovations Agronomiques*, INRAE: pp 245-256.
- Canaday, D.C., Salak-Johnson J.L., Visconti, A.M., Wang, X., Bhalerao, K., Knox, R.V. (2013) Effect of variability in lighting and temperature environments for mature gilts housed in gestation crates on measures of reproduction and animal well-being. *Journal of Animal Sciences*, 91, 1225-1236.
- Groo, Z., Szczeni, P., Banszegi, O., Nagy, Z., Altbacker, V. (2018) The influence of familiarity and temperature on the huddling behavior of two mouse species with contrasting social systems. *Behavioural Processes*, 151, 67-72.

 agriculture • alimentation • environnement AGRO CAMPUS 2020-2021		Diplôme : Ingénieur	
		Spécialité : Ingénieur agronome	
		Spécialisation / option : Sciences et Ingénierie en Productions Animales	
		Enseignant référent : FAURE Justine	
Auteur(s) : ABARNOU Justine		Organisme d'accueil : INRAE	
Date de naissance* : 19/11/1996		Adresse : 16 Le clos,	
Nb pages : 30 Annexe(s) : 8		35590 Saint Gilles	
Année de soutenance : 2021		Maître de stage : GAILLARD Charlotte	
Titre français : Effet de la température ambiante et du niveau d'activité physique sur les comportements et les besoins nutritionnels des truies gestantes			
Titre anglais: Effect of ambient temperature and physical activity on behaviour and nutritional requirements of gestating sows			
Résumé : Tout comme la température, le comportement et particulièrement l'activité physique modifient les besoins énergétiques des truies gestantes mais ces facteurs ne sont pourtant pas intégrés, à l'échelle du jour et de l'individu, dans le calcul des besoins nutritionnels. L'objectif était de quantifier l'effet du niveau d'activité physique et de stress thermiques induits sur le comportement et par conséquent sur les besoins en énergie des truies gestantes. Sur 4 semaines consécutives et pendant 3 jours par semaine, la température a été maintenue à un niveau différent chaque semaine : ambiant (sans stress, ≈18,7°C), froid (stress, ≈15,3°C), ambiant, et chaud (stress, ≈31,5°C). Des analyses comportementales à partir de vidéos sur des périodes de 5h, la nuit (23h-4h, ouverture du DAC à 00h) et l'après-midi (PM : 13h30-18h30), ont été réalisées afin d'estimer l'activité physique de 15 truies gestantes et leurs comportements (interactions sociales, exploration). Les truies les plus actives avaient des besoins nutritionnels plus élevés que des truies moyennement et peu actives (respectivement 291, 272, 256 kJ.PV^{-0,75}, P<0,001). Les deux stress thermiques n'ont pas influencé le niveau d'activité physique des truies (P = 0,97). Cependant, lors d'un stress froid, les truies avaient des besoins nutritionnels plus importants (6 kJ.PV^{-0,75} supplémentaires sur la période de 10h, P < 0,01). Ainsi, adapter les rations en fonction du niveau d'activité des truies et de la température ambiante semble essentiel pour limiter les problèmes de santé et permettre de réduire les coûts alimentaires.			
Abstract: Like temperature, behavior and particularly physical activity influence the energy requirements of pregnant sows, but these factors are not integrated, on a daily and individual basis, in the calculation of nutritional requirements. The objective was to quantify the effect of the level of physical activity and induced thermal stress on the behavior and consequently on the energy requirements of pregnant sows. Over 4 consecutive weeks and during 3 days per week, temperature was maintained at different levels each week: ambient (no stress, ≈18.7°C), cold (stress, ≈15.3°C), ambient, and hot (stress, ≈31.5°C). Behavioral analyses from videos over 5-h periods at night (11:00pm-4:00am, DAC opening at 00:00 am) and in the afternoon (PM: 1:30-6:30pm) were performed to estimate the physical activity of 15 pregnant sows and their behaviors (social interactions, exploration). Highly active sows had higher nutritional requirements than sows with a medium and low activity level (respectively 291, 272, 256 kJ.PV^{-0.75}, P<0.001). Both thermal stresses did not influence the physical activity level of sows (P=0.97). However, when it was cold, sows had higher nutritional requirements (6 additional kJ.PV^{-0.75} over the 10-hour period, P<0.01). Thus, adapting rations according to sow activity level and ambient temperature seems essential to limit health problems and to reduce feed costs.			
Mots-clés : truies gestantes, nutrition, comportement, activité physique, alimentation de précision			
Key Words: gestating sows, nutrition, behaviour, physical activity, precision feeding			

* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires