



HAL
open science

Impact de traits de personnalité des truies gestantes sur le comportement des porcelets : exemple de la réaction à l'humain et de l'agressivité en contexte de stress social. Étude des interactions avec le renforcement positif de la relation humain-animal des porcelets

Mathilde Lanthony

► **To cite this version:**

Mathilde Lanthony. Impact de traits de personnalité des truies gestantes sur le comportement des porcelets : exemple de la réaction à l'humain et de l'agressivité en contexte de stress social. Étude des interactions avec le renforcement positif de la relation humain-animal des porcelets. Sciences agricoles. Agrocampus Ouest, 2022. Français. NNT : 2022NSARB359 . tel-04060523

HAL Id: tel-04060523

<https://theses.hal.science/tel-04060523v1>

Submitted on 6 Apr 2023

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

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



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION

Liberté
Égalité
Fraternité

DOCTORAT / ECOLOGIE
BRETAGNE / GEOSCIENCES
LOIRE / AGRONOMIE ALIMENTATION

AgroParisTech 

L'INSTITUT
agro Rennes
Angers

INRAE 

THESE DE DOCTORAT D'ETHOLOGIE

L'INSTITUT NATIONAL D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR POUR L'AGRICULTURE, L'ALIMENTATION ET L'ENVIRONNEMENT
L'INSTITUT AGRO RENNES ANGERS

ECOLE DOCTORALE N° 600
Ecole doctorale Ecologie, Géosciences, Agronomie et Alimentation
Spécialité : « Agronomie »

Par **Mathilde Lanthony**

« Impact de traits de personnalité des truies gestantes sur le comportement des porcelets : exemple de la réaction à l'humain et de l'agressivité en contexte de stress social. Etude des interactions avec le renforcement positif de la relation humain-animal des porcelets. »

Thèse présentée et soutenue à «Rennes», le «29 août 2022»

Unité de recherche : UMR PEGASE

Rapporteurs avant soutenance :

Claire Diederich Pr, Université de Namur
Xavier Boivin DR, INRAE, Auvergne Rhône-Alpes

Composition du Jury :

Président :	Lucile Montagne	Pr, Institut Agro de Rennes
Examineurs :	Alexandra Destrez	MC, Institut Agro Dijon
	Claire Diederich	Pr, Université de Namur
	Xavier Boivin	DR, INRAE, Auvergne Rhône-Alpes
Dir. de thèse :	Céline Tallet	CR, l'INRAE, Bretagne-Normandie
Co-dir. de thèse :	Marek Špinko	Pr, Université des sciences de la vie Tchègue

N° de série : B-359 / N° d'ordre : 2022-17

« Au fond de ma révolte contre les forts, je trouve du plus loin qu'il me souvienne l'horreur des tortures infligées aux bêtes. J'aurais voulu que l'animal se vengeât, que le chien mordît celui qui l'assommait de coups, que le cheval saignant sous le fouet renversât son bourreau ; mais toujours la bête muette subit son sort avec la résignation des races domptées. — Quelle pitié que la bête !

[...]

On m'a souvent accusée de plus de sollicitude pour les bêtes que pour les gens : pourquoi s'attendrir sur les brutes quand les êtres raisonnables sont malheureux ? C'est que tout va ensemble, depuis l'oiseau dont on écrase la couvée jusqu'aux nids humains décimés par la guerre. La bête crève de faim dans son trou, l'homme en meurt au loin des bornes. »

Louise Michel

Remerciements

Merci dans un premier temps au jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail, et plus particulièrement aux rapporteurs qui ont relu attentivement ce manuscrit. Merci pour votre bienveillance lors de l'oral et d'avoir accepté de vous déplacer depuis très loin parfois.

Merci Céline, de m'avoir donné l'opportunité de vivre cette aventure, pour ta confiance. Merci tout particulièrement pour ton soutien pendant la période compliquée du confinement.

Merci Marek, d'être resté connecté au projet malgré l'annulation du départ en Tchéquie, d'avoir été présent même à distance.

Merci à mes stagiaires, Margot, Emmanuelle et Tiphaine, d'avoir contribué à ce beau projet.

Merci aux membres de mon comité de thèse, qui nous ont aidé dans les arbitrages et la construction du protocole et merci à Françoise Prigent de la coordination des formations doctorales, pour votre réactivité et votre consilience.

Un travail de thèse ce sont de nombreux imprévus, des ratés, des émotions, des journées parfois compliquées. Être bien entourée et épaulée, c'est essentiel. Merci à Françoise, pour ta fraîcheur et ton sourire. Merci à Raphael, pour ton écoute et ta bonne humeur. Merci à Rémi, pour ton aide précieuse sur les stats et avec R, les nombreuses discussions philosophiques, ton oreille attentive et ta bienveillance. Merci à Patrick, d'avoir égayé les longues journées au bâtiment 11, et d'avoir toujours une blague nulle à raconter. Tu me servais moins depuis que t'étais au labo mais t'es bien brave.

Merci à Daniel, Josselin, Yannick, Marie-Hélène (la championne du cyclisme... ou pas), Amandine, pour les journées à l'élevage, mention spéciale à ceux qui ont subi le transport des cochons au 11 ! Merci à Éric, pour le bricolage du labyrinthe dans la bonne humeur, à Matthieu pour les 10000 fois où j'ai emprunté la visseuse 'juste pour 10 minutes' et les réparations de dernière minute.

Merci à Carole, dont le travail est essentiel à tous nos projets.

Merci aux précaires. Merci à Elise, Emma, Angélique, Clément, Jean-Charles, pour les pauses cafés interminables. Merci à Elynn, d'être partie au Canada à peine arrivée, le bureau était bien plus calme.

Merci à Maeva pour les journées d'expé partagées au bâtiment 10 dans la bonne humeur, l'entraide et les coups de mains. Merci de m'avoir écouté me plaindre souvent, très souvent.... Très très très souvent. Merci pour ton soutien et pour tous les bons moments partagés.

Merci à mes parents, qui m'ont vue partir du nid tôt. Qui ont eu parfois du mal à me suivre dans mes choix estudiantins. Qui pensaient que je voulais faire 'ingénieur à Grenoble' et qui ne comprennent pas pourquoi je finis 'docteur' alors que j'ai fait des études d'agro. Je n'oublie pas d'où je viens, et j'en suis fière. Je vous aime.

Merci à mon papy qui a toujours suivi de très près mes résultats scolaires. Et merci à mes mamies, que j'aurais rêvé d'avoir près de moi jusque ce cap.

Merci à Paul, mon amour. Toi qui as débarqué dans ma vie pendant la thèse, qui a supporté mes nombreux sauts d'humeur dans la dernière ligne droite et mes pétages de plombs. Merci d'avoir toujours su les tourner en dérision. Merci d'être aussi débile que moi. Merci d'avoir su me pousser parfois, me raisonner quand c'était nécessaire, me calmer dans mes phases de panique. Merci d'avoir rendu cette épreuve qu'est la fin de thèse plus douce. Merci pour les câlins, l'amour inconditionnel, la tendresse. Merci d'exister. Merci de m'avoir accompagnée à l'autre bout du monde, je suis ravie de me lancer dans cette nouvelle aventure avec toi.

Merci à Thibaut, mon amour d'autrefois, mon meilleur ami d'aujourd'hui et j'espère de demain. Toi qui m'as accompagnée pendant de longues années, qui m'a vue grandir, qui a été là à chaque étape importante de ma vie. Merci d'avoir toujours cru en moi. Merci de m'avoir ouverte au monde. Je te souhaite tout le meilleur dans ta nouvelle vie même si t'es pas venu à ma soutenance. (VOILA T'ES DANS MES REMERCIEMENTS C'EST BON ?!)

Merci à Plume, pour ces supers moments partagés ensemble, pour votre soutien et votre bienveillance. J'espère que vous penserez toujours à moi en voyant une libellule ou une demoiselle. Et merci à Janine, Julie, Jacques qui ont été ma famille et mon repère pendant des années.

Merci à ceux qui ont fait mon monde pendant ces trois ans. Aux volleyeurs ; Ludo, Antoine, Séverine, Matthieu, Allan, et les autres.

Merci aux danseurs ; Philippe, Alain, Fred, Marine, Florian, Charlotte, Matthieu, Charles coin-coin, Khalil et tant d'autres encore. Merci à ceux qui m'ont permis de décrocher l'espace d'une danse. Merci de m'avoir transmis votre énergie et capté la mienne quand elle débordait.

Merci tout particulièrement à Sandrine, qui m'a inoculé la douce maladie de la danse, la meilleure prof de rock de l'univers. Merci d'avoir minussieusement corrigé les fêtes de mon introduction. Merci pour les câlins, pour les danses, pour ton amitié sans failles. Merci d'avoir été là.

Merci à Chachachou, pour les supers moments qu'on a partagés, à la danse et ailleurs. Merci de m'avoir fait découvrir le cha-cha et d'avoir abandonné avec la valse. J'ai quand même eu un accident de voiture

pour échapper au tour à gauche. Ah oui, je voulais juste te dire que depuis tout ce temps je faisais semblant de perdre au billard pour te faire plaisir parce que matchacha elle est gentille.

Je termine ces remerciements depuis l'île de La Réunion et je vous le dis, vous me manquez...

Merci à ceux qui font partie de mon monde depuis plus longtemps,

Merci à Léa, pour ton amitié sincère qui fait qu'on traverse la France d'Est en Ouest pour se voir. Merci de toujours aller renifler la mer et me rapporter des bouteilles de vin. J'espère qu'on traversera les hémisphères pour se voir.

Merci à Cléa pour tous ces bons moments partagés depuis les IAN même si on s'est perdues de vue.

Merci à ma petite Mathou, d'être venue me soutenir dans la dernière épreuve, et d'avoir toujours été disponible pour apporter de la fraîcheur dans ma vie

Merci aux copines de prépa; Agrippine, Manon, Fanny, Caroline,

Merci tout particulièrement à ma p'tite Viovio pour les virées récentes. Je suis heureuse qu'on ait pu se rapprocher ces derniers temps et je te souhaite tout le meilleur au Brésil.

Merci à Jean-François pour l'appel téléphonique et le verre annuels (oui Jef t'es dans la catégorie Copines de prépa déso).

Et merci à tous ces petits (et moins petits) cochons qui ont donné de leur temps et de leur personne pour permettre à ce projet de se réaliser. J'ai découvert que vous aviez vos caractères, votre 'personnalité'. Vous m'avez fait rire même si vous m'avez agacée parfois. Vous avez, dans tous les cas, contribué à une prise de conscience.

Avant propos

Ce travail de thèse a été mené sous la direction de Céline Tallet (INRAE UMR PEGASE) et Marek Spinka (Université des sciences de la vie de Prague). Il a été réalisé dans le laboratoire de l'unité mixte de recherche Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Élevage (UMR PEGASE, site de Saint-Gilles, 35) et l'élevage de l'Unité Expérimentale Physiologie et Phénotypage des Porcs (UE3P, site de Saint-Gilles, 35).

Il a été financé pour partie par le dispositif Formation Complémentaire Par la Recherche (FCPR) du Conseil Général de l'Alimentation et des Espaces Ruraux (CGAER) du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA). Il a également été financé par les Crédits Incitatifs du département Physiologie Animale et Systèmes d'Élevage (PHASE) 2020.

Le partenariat avec l'université des sciences de la vie de Prague devait faire l'objet d'une phase d'expérimentations sur place. La crise sanitaire qui a débuté en 2020 a engendré un retard sur la phase expérimentale en France de presque un an. Compte tenu de l'impossibilité de prolonger la thèse au-delà des trois ans, le déplacement en République Tchèque ainsi que les expérimentations sur place ont dû être annulés.

Contextualisation

En élevage conventionnel, représentant 95% de la production porcine française, les truies reproductrices font face à trois sources de stress majeures : les interactions avec l'humain, la pauvreté de l'environnement, et depuis peu les regroupements avec des congénères. La peur de l'humain est susceptible de nuire au bien-être de la truie et à sa productivité (Waiblinger et al., 2006). Si l'élevage de truies en groupe améliore leur bien-être en diversifiant leur environnement et en répondant à leurs besoins sociaux en tant qu'espèce grégaire, il soulève de nouvelles sources de stress inhérentes à la mise en groupe susceptibles d'impacter également leur état de bien-être. La compétition pour l'accès à l'alimentation (Spooler et al., 2009) ainsi que le stress social lié au regroupement (Verdon et al., 2015) qui peut être modulé par leur agressivité et leur statut social (Ison et al., 2010) en font partie. Le bien-être est une notion multidimensionnelle qui comprend à la fois des aspects de santé physique mais aussi des aspects de santé mentale (Welfare Quality®, 2009). L'état de bien-être d'un animal dépend notamment de la manière dont il perçoit son environnement et les contraintes qui lui sont imposées. Longtemps considérée comme un bruit de fond et non expliquée dans les études, la variabilité individuelle de cette perception et des réponses comportementales qui en découle est désormais étudiée. C'est dans ce sens qu'ont émergé les notions de personnalité et de style d'adaptation, qui conditionnent la vulnérabilité des animaux face aux changements de l'environnement et à l'application d'un stress, et peuvent donc influencer sur leur bien-être (Koolhaas and Reenen, 2016). Aussi, pour des femelles gravides, les expériences gestationnelles peuvent impacter les fœtus. Les effets de l'environnement et du stress gestationnel sur la santé et le développement émotionnel de la progéniture ont été de maintes fois étudiés (Merlot et al., 2013; Weinstock, 2008). Cependant, si la perception du stress, à travers la personnalité ou le style d'adaptation des animaux, module ses répercussions sur le bien-être d'un animal, il pourrait en être de même pour son impact sur la progéniture (Ison et al., 2010). La littérature est moins abondante sur ce sujet. De plus, bien que des effets délétères du stress prénatal sur le comportement ultérieur des jeunes aient été maintes fois décrits, les méthodes de remédiations à ces effets ont été très peu étudiées. Il a toutefois été démontré que l'enrichissement du milieu de vie des porcelets n'est pas suffisant pour compenser les effets négatifs d'un stress prénatal (Brajon et al., 2017). Or, la mise en place d'une relation positive à l'humain est susceptible d'améliorer l'état émotionnel des porcelets (Brajon et al., 2015b) et leur bien-être (Rault et al., 2020; Tallet et al., 2018). Ce travail vise donc (i) à étudier les effets de la réponse à différents facteurs de stress susceptibles d'impacter les truies gestantes sur le comportement de leurs porcelets (réaction à l'humain et agressivité exprimée dans un contexte de challenge social) et (ii) à évaluer les éventuelles interactions de ces effets avec un renforcement positif de la relation-humain animal après le sevrage.

Le présent travail de thèse s'est découpé en trois axes majeurs :

- Etudier l'existence d'une variabilité de réponse au stress lié à une restriction d'accès à l'alimentation chez les truies. Etudier la stabilité de cette réponse dans le but de décrire des patterns de personnalité ou de style d'adaptation. Evaluer la pertinence d'utilisation des critères d'agressivité et de dominance pour caractériser cette variabilité.
- Etudier l'impact de l'agressivité des truies en contexte de challenge social sur le développement comportemental et cognitif des porcelets.
- Etudier les effets croisés du trait de personnalité relatif à la réaction à l'humain des truies et d'un apprivoisement sur la réactivité émotionnelle des porcelets.

Ce document propose dans un premier une introduction sur les concepts et les mécanismes étudiés, en utilisant majoritairement des exemples issus de l'espèce porcine mais en s'inspirant ponctuellement d'exemples issus d'autres espèces de rente et de laboratoire. Il présente dans un second temps la méthodologie globale mise en place. Les réponses aux problématiques posées sont ensuite présentées dans trois chapitres construits autour des articles scientifiques produits. Enfin, une discussion sur les résultats ainsi une mise en perspective de ces derniers sont proposées.

Table des matières

Liste des abréviations.....	12
Liste des figures et tableaux (hors articles).....	13
Introduction générale	14
1. Environnement gestationnel et stress gestationnel	15
1.1. Contextualisation sur l'élevage de truies reproductrices Français.....	15
1.2. Signes comportementaux de stress.....	16
1.3. Facteurs de stress	17
1.3.1. Le système d'élevage et l'alimentation	17
1.3.2. Impossibilité d'exprimer les comportements « normaux » de l'espèce.....	17
1.3.3. Instabilité sociale, hiérarchie	18
1.3.4. Peur de l'humain.....	19
2. Variabilité comportementale et variabilité de réponse au stress : notion de personnalité, tempérament et style d'adaptation chez le porc.....	21
2.1. Personnalité et tempérament	21
2.2. Notion de style d'adaptation.....	22
2.2.1. Bases conceptuelles	22
2.2.2. Caractéristiques et méthodes d'évaluation.....	23
2.2.3. Prise en compte des paramètres physiologiques	24
2.2.4. Bilan sur la notion de style d'adaptation	27
3. Les conséquences des expériences prénatales et précoces sur les porcelets	29
3.1. Conséquence de l'expérience prénatale	29
3.1.1. Rôle de la physiologie du stress.....	29
3.1.2. Impact de l'expérience prénatale sur les paramètres de production et de survie.....	30
3.1.3. Impact du stress ou de l'expérience prénatale sur le comportement.....	30
3.2. Expériences précoces et développement comportemental et cognitif des jeunes	31
3.2.1. Comportements maternels durant la période de lactation.....	32
3.2.2. Stimulations environnementales	32
3.2.3. Impact de la valorisation d'expériences précoces positives avec l'humain.....	32
METHODOLOGIE GENERALE.....	34
1. Schéma expérimental	35
2. Les animaux et leurs logements.....	35
2.1. Les truies	36
2.2. Les porcelets.....	38
3. Traitement expérimental et relevés de données sur les truies	39
3.1. Restriction d'accès au DAC et relevé des données d'alimentation	39
3.2. Observations comportementales.....	39

3.3.	Prélèvements et dosage du cortisol salivaire, notation de l'état corporel	41
3.4.	Test d'approche de l'humain (70j)	42
4.	Traitement expérimental et relevés de données sur les porcelets.....	42
4.1.	Test d'immobilité tonique à 7 et 15 jours	42
4.2.	Renforcement positif de la relation humain-animal	43
4.3.	Tests d'openfield (OFT) et d'approche volontaire de l'humain (HVAT) au sevrage.....	44
4.4.	Test d'apprentissage spatial.....	46
Chapitre 1 : Hiérarchie et stabilité comportementale de réponse à un stress d'origine sociale et alimentaire chez les truies gestantes		49
Partie 1 : Caractéristiques de la hiérarchie, lien avec d'autres indicateurs.....		50
Préambule.....		50
Contexte		50
Méthode.....		51
Principaux résultats		51
Conclusions.....		51
Article 1: Dominance hierarchy in groups of pregnant sows: characteristics and identification of related indicators		52
Partie 2 : Réponses comportementales des truies soumises à un stress lié à une restriction d'accès au DAC		53
Contexte et objectifs		53
Méthode.....		53
Résultats :		54
Conclusions.....		55
Chapitre 2 : Agressivité des truies et développement émotionnel et cognitif des porcelets		56
Contexte		57
Méthode		57
Résultats principaux.....		58
Conclusion		58
Article 2: Sows' aggressiveness expressed in situation of social challenge doesn't affect piglet's coping style, emotionality and spatial learning performances.....		59
Chapitre 3 : Effets croisés de la réaction à l'humain des truies et d'un apprivoisement sur le comportement des porcelets		60
Méthode		61
Principaux résultats		62
Conclusions.....		62
Article 3: The long lasting power of mothers: Sows fear of human is transmitted to their weaned piglets, persists even after taming and impacts piglets performances in spatial maze tests.		64
DISCUSSION GENERALE.....		65
1.	Rappel des objectifs et des principaux résultats.....	66
2.	Description de la personnalité des truies	67

2.1.	Existence d'une variabilité interindividuelle	67
2.2.	Dominance, agressivité et réaction à l'humain comme traits de personnalité ?.....	67
2.3.	Absence de modulation de l'état de stress par la variabilité individuelle.....	69
3.	Répercussions sur la progéniture.....	71
3.1.	Analyse générale des comportements des porcelets lors des observations	71
3.2.	L'agressivité des truies n'a pas d'effet sur le comportement des porcelets.....	73
3.3.	La réaction à l'humain comme traits de personnalité et ses implications	74
3.4.	La valorisation d'expérience précoces positives avec l'humain module mais ne compense pas les effets négatifs de la peur de l'humain des truies	77
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES		79
Bibliographie		82
Valorisations scientifiques		97
Annexes.....		98

Liste des abréviations

Certaines abréviations sont traduites de l'anglais

11- β HSD1 = 11- β -hydroxystéroïde déshydrogénase de type 1

11- β HSD2 = 11- β -hydroxystéroïde déshydrogénase de type 2

ACP = Analyse en composantes principales

ACTH = Adrenocorticotrop hormone ou Adrénocorticotropine

CRH = Corticolibérine

DAC = Distributeur automatique de concentrés

HAT = Test d'approche de l'humain

HPA = Axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien= axe corticotrope

HVAT = Test d'approche volontaire de l'humain

LAL = Latence d'attaque élevée

OFT = Test d'openfield

POMC = Pro-opiomélanocortine

RFID = Identification par radio fréquence

PIAI = Proportion d'interactions agonistiques initiées

SAL = Latence d'attaque faible

TIT = Test d'immobilité tonique

VP = Vasopressine

Liste des figures et tableaux (hors articles)

Figures

Figure 1 : Systèmes et mode d'alimentation des truies gestantes

Figure 2 : Mécanisme simplifié de réponse au stress

Figure 3 : Facteurs participants à la construction de la relation humain-animal

Figure 4 : Représentation schématique de la conduite d'élevage à l'ue3p sur le site de saint gilles

Figure 5 : Organisation de la salle de gestation des truies

Figure 6 : Salle d'élevage des porcelets au post-sevrage

Figure 7 : Grille de notation de l'état corporel des truies (Welfare Quality)

Figure 8 : Porcelet en test d'immobilité tonique

Figure 9 : Salle de test d'openfield et d'approche volontaire de l'humain

Figure 10 : Organisation du labyrinthe pour le test de mémoire spatiale

Figure 11 : Schéma expérimental

Figure 12: Cercle des corrélations et graphe des individus pour l'analyse en composantes principales sur les comportements des truies

Tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques comportementales et physiologiques des différents styles d'adaptations

Tableau 2 : Comportements relevés lors des instantaneous scan sampling sur les truies en gestation

Tableau 3 : Comportements relevés lors des focal sampling sur les truies en gestation

Tableau 4 : Ethogramme pour le test d'openfield et d'approche volontaire de l'humain

Tableau 5 : Corrélation de Spearman de chaque variable comportementale relevée entre les différentes semaines (s1 à s5) d'observation des truies.

Tableau 6 : Récapitulatif des relations entre les traits de personnalité étudiés, leur lien avec les réponses et signes de stress et l'impact sur la progéniture

Introduction générale

1. Environnement gestationnel et stress gestationnel

1.1. Contextualisation sur l'élevage de truies reproductrices Français

L'élevage de porcs fonctionne en trois étapes ; le naissage qui vise à faire produire des porcelets par les truies, le post-sevrage qui assure la transition de l'alimentation lactée avec les mères à une alimentation solide pour les porcelets, et l'engraissement. La conduite se fait 'en bande'. Cela signifie que les animaux du même stade physiologique sont élevés dans la même salle, ce qui permet de planifier le travail et la succession des différents groupes d'animaux dans les différents bâtiments et salles. Lorsque les phases d'élevage sont terminées et les animaux déplacés, les salles peuvent être nettoyées en profondeur pour accueillir plus tard les animaux des bandes suivantes.

L'élevage de truies entre dans le cadre de l'étape 'naisage'. Les truies reproductrices sont logées en groupe après saillie ou insémination. Leur carrière commence à leur première mise-bas autour d'un an pour se poursuivre durant en moyenne cinq gestations d'une durée de trois mois, trois semaines et trois jours. Une semaine avant la mise-bas, la truie est généralement déplacée dans un hébergement spécifique avec contention pour la période d'allaitement afin d'éviter l'écrasement des porcelets, et ce, peu importe le système d'élevage. La truie y met alors bas, allaite ses petits qui sont sevrés à partir de 28 jours en élevage conventionnel, 40 jours en élevage bio (réglementation européenne). Elle est à nouveau inséminée ou saillie pour repartir en salle de gestation en groupe.

Il existe une multitude de systèmes d'élevage des truies en groupe en France. L'existence de ces systèmes est souvent en relation avec la superficie et les capacités des bâtiments existants lors de l'application de directive 2008/120/CE du Conseil du 18 décembre 2008 établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs qui a rendu obligatoire le logement des truies en groupes (Ramonet et al., 2013). Ces systèmes vont d'élevages en plein air à des élevages hors-sol sur caillebotis intégral en passant par des élevages sur sol béton avec aire paillée. La taille des groupes varie également au sein de ces systèmes, allant de moins de 10 à plus de 200 animaux par groupe. En moyenne en France, un élevage de type naisseur ou naisseur-engraisseur comptait 209 truies au 31 décembre 2015. Les modes de logement sont couplés à différents modes d'alimentation. Pour les systèmes hors-sol, qui sont majoritaires, on dénombre trois modes d'alimentation en France (Courboulay et al., 2010, Figure 1)

A l'auge par petits groupes, plutôt sur caillebotis, séparation avec bas flancs à l'auge ou non (44%)

A l'auge avec réfectoire-courette, sur tous types de sol. Les réfectoires sont isolés, les truies les utilisent souvent pour s'isoler et se reposer (31%)

Au DAC (Distributeur automatique de concentrés), sur tous types de sols. Souvent avec des gros groupes de 40 à 450 truies. La ration est adaptée à chaque animal.(13%)

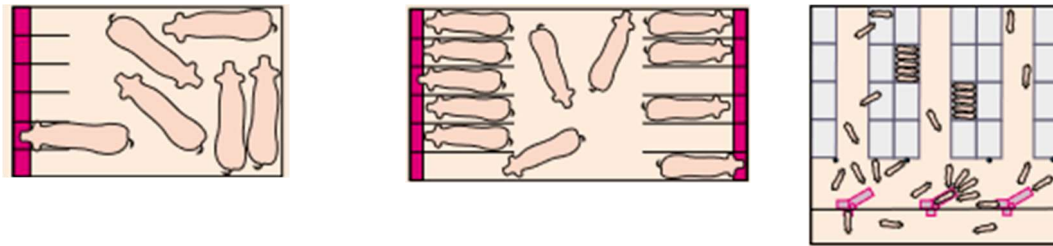


FIGURE 1: SYSTEMES ET MODE D'ALIMENTATION DES TRUIES GESTANTES

1.2. Signes comportementaux de stress

Le terme stress est ambigu. En effet, la langue française ne distingue pas le facteur de stress (stressor en anglais) de l'état de stress (distress en anglais), et de la réponse apportée par l'organisme. La réponse au stress peut être définie comme une réponse adaptative non spécifique de l'organisme visant à recouvrir l'homéostasie perturbée par un événement extérieur (Couret, 2008). Le terme stress désigne donc à la fois la cause et la conséquence sur l'organisme. Ici, nous utiliserons le terme de facteur de stress pour évoquer la cause, et le terme de 'stress' pour évoquer la réponse de stress de l'animal.

Les facteurs de stress dans l'environnement des truies gestantes sont multiples, souvent liés au système d'élevage, à la concentration des animaux et à l'alimentation qui génèrent de nombreuses frustrations pour les individus. Les signes de frustration et de stress que l'on peut retrouver chez les animaux domestiques sont par exemple l'apathie, une agressivité exacerbée, ou l'expression de stéréotypies (Mormede et al., 2018). Les stéréotypies sont des motifs comportementaux invariants et répétés sans but ou fonction apparente. Ces dernières sont répandues chez les porcs puisque la prévalence de ces comportements dans la population mondiale de porcs domestiques était estimée à 91.5% en 2004 (Mason and Latham, 2004). Elles prennent par exemple la forme de mastication à vide ou de roulements de langue.

1.3. Facteurs de stress

1.3.1. Le système d'élevage et l'alimentation

Le système d'élevage joue un rôle dans la genèse de facteurs de stress. Il a été démontré que les truies sur caillebotis intégral expriment davantage de stéréotypies que les truies sur litière paillée et que les truies alimentées au DAC présentent plus de blessures et moins de stéréotypies que les truies alimentées au réfectoire (Paboeuf et al., 2010). Anil et al. (2006) ont montré que l'agressivité des truies au DAC était corrélée au temps passé dans la file d'attente pour accéder au distributeur d'aliments. En plus de cela, les truies gestantes sont rationnées afin d'éviter une prise de poids et le dépôt de gras, qui peuvent nuire au bon déroulement de la gestation et de la parturition. Ce rationnement, à hauteur de 60 % de la quantité qui serait prise ad libitum, crée une frustration alimentaire chez l'animal en limitant l'expression des comportements masticatoires et par la faim qu'elle induit, peut impacter son bien-être (Lawrence et al., 1988). Des méthodes de remédiation ont été testées. L'apport de fibres dans la ration s'est révélé efficace pour diminuer les activités stéréotypiques chez les multipares, mais pas chez les primipares bloquées en gestation (Robert et al., 1993). En revanche, Holt et al. (2006) n'ont pas montré d'effet bénéfique de l'apport de fibres dans la ration alimentaire sur l'expression de comportements stéréotypiques des truies élevées en groupe.

1.3.2. Impossibilité d'exprimer les comportements « normaux » de l'espèce

Selon Hughes et Duncan (1988), les comportements animaux peuvent être décomposés en deux types : d'un côté le comportement appétitif, qui correspond à la phase exploratoire, d'investigation, et qui précède le comportement consommatoire de l'autre côté, où la nourriture va être consommée par exemple. La frustration chez l'animal peut provenir autant de l'incapacité à réaliser l'un ou l'autre de ces types de comportements. Ainsi, au-delà de la frustration purement alimentaire liée au rationnement, la diminution du délai de recherche et de consommation de la ration peut être vecteur de frustration chez l'animal. Chez les bœufs, le comportement naturel de broutage observé au pâturage est remplacé par des comportements oraux non-nutritifs considérés comme stéréotypiques tels que le léchage de congénères ou le roulement de langue à vide en bâtiment (Ishiwata et al., 2007). Chez le porc, la phase appétitive de fouissement précède normalement la phase consommatoire [Van Putten, 1979, cité dans (Hughes and Duncan, 1988)]. En élevage conventionnel hors-sol, cette phase ne peut être réalisée et le temps alloué à la recherche et à la prise alimentaire est radicalement réduit. La frustration associée peut amener le déplacement des comportements de fouissement et d'exploration vers les congénères, ce qui peut impacter l'état sanitaire du groupe (Prunier et al., 2019). Plus qu'une ration fibreuse, l'apport de paille dans les loges semble alors être une solution de remédiation. En effet, la paille permet aux animaux d'exprimer leurs comportements à la fois appétitif et consommatoire. Quesnel et al. (2018) ont montré l'intérêt de l'apport d'une litière paillée et d'un

plus grand espace par rapport au système conventionnel sur caillebotis. Ils ont également démontré que l'apport de fibre dans la ration diminuait l'expression de comportements stéréotypiques. En présence de paille, la fréquence des activités orales non alimentaires chez les truies peut en effet être diminuée de moitié et remplacée par la manipulation du substrat (Ramonet et al., 2014). Cependant, lorsque la quantité de paille disponible est restreinte, l'accès à cette ressource peut également être un facteur de compétition pour les animaux logés en groupe (Elmore et al., 2011).

1.3.3. Instabilité sociale, hiérarchie

À la frustration alimentaire et comportementale due au rationnement et à la pauvreté de leur environnement, peut s'ajouter un facteur de stress social. Celui-ci dépend notamment du type de conduite du groupe. On compte deux types de conduite en France :

- Une conduite en groupes stables, avec une gestion de la bande entière ou d'une partie de la bande en 'tout vide ou tout plein'.
- Une conduite en groupes dynamiques, avec une gestion qui mélange les stades physiologiques des animaux, avec des truies qui entrent et sortent du groupe régulièrement.

Cette dernière conduite implique des introductions fréquentes de truies dans les groupes. Les combats consécutifs à l'intégration de nouvelles truies ont lieu majoritairement et de façon marquée dans les deux premières heures du regroupement (Barnett et al., 1992). Toutefois, l'intégration complète d'un nouvel animal au sein d'un groupe prend davantage de temps. Les agressions peuvent perdurer de 3 à 28 jours supplémentaires, restant globalement plus fréquentes en groupe dynamique qu'en groupe stable (Wavreille et al., 2009; Zhou et al., 2014). Les interactions sociales positives sont diminuées et l'état corporel des animaux est dégradé dans un groupe dynamique par rapport à un groupe stable, jusque deux semaines post regroupement (Anil et al., 2006). Les interactions agonistiques consécutives aux regroupements d'animaux sont liées à la mise en place de la hiérarchie (Meese and Ewbank, 1973).

La plupart des animaux grégaires sont soumis à la mise en place de relations de dominance au sein du groupe (Langbein and Puppe, 2004). Drews (1993) a défini la dominance comme étant une résultante du schéma d'interactions agonistiques répétées entre deux individus, caractérisées par une issue constante en faveur d'un des deux membres de la dyade et par une absence de riposte de son adversaire plutôt que par l'escalade de la violence. Dans des conditions stables, les relations de dominance au sein du groupe sont généralement structurées de manière hiérarchique (Boissy, 2012). Par reconnaissance interindividuelle, chaque membre du groupe connaît sa position par rapport aux autres. Ceci dévie les conduites agressives vers des formes bénignes moins préjudiciables aux individus et donc à l'espèce. En élevage, les relations de dominance peuvent notamment assurer la résolution

des conflits à moindre coût, en permettant la priorité d'accès à l'alimentation ou d'autres ressources limitées de certains individus sans agression physique (Boissy, 2012). Arey (1999) a montré que lors d'un regroupement, la quasi-totalité des combats ont lieu entre truies qui n'ont pas été logées ensemble auparavant. Ceci suggère que la reconnaissance interindividuelle existe bien, et qu'elle permet de limiter les agressions. Les agressions seraient également plus fréquentes entre truies de rangs hiérarchiques proches (Meese et Ewbank, 1973). La place dans la hiérarchie apparaît comme corrélée à la parité et au poids des individus dans certaines études chez les ovins (Dove et al., 1974), les porcs (Arey, 1999), là ou d'autres ne trouvent pas de corrélations dans ce sens chez le porc (Meese and Ewbank, 1973).

La mise en place de la hiérarchie, par les combats et dépenses énergétiques qui en découlent, est un facteur de stress majeur. Cependant, à terme, une hiérarchie stable au sein d'un groupe tend à diminuer les interactions agonistiques (Puppe et al., 2008). De plus, la hiérarchie au sein des groupes de truies gestantes semble être davantage stable que pour des truies en croissance (Puppe et al., 2008). Toutefois, des variations dans l'environnement, une compétition accrue pour une ressource ou un changement de la composition des groupes peuvent venir bouleverser l'équilibre du groupe et augmenter le nombre d'interactions agonistiques (Coutellier et al., 2007).

1.3.4. Peur de l'humain

Une des composantes de l'environnement des truies gestantes susceptible d'impacter leur état de bien-être est la présence et les manipulations par l'humain (Hemsworth, 2003). En dépit d'années de domestication, la réaction prédominante des animaux de rente envers l'humain reste la peur. En présence d'un humain, les animaux peuvent en effet exprimer des réponses de peur, comme un retrait ou un évitement actif de ce dernier (Scott et al., 2009). Des traitements aversifs, qui entraînent la peur de l'humain, peuvent induire un stress chronique et mener à des dommages sur les facteurs de production (Rault et al., 2020). Les manipulations courantes des animaux comme les transports sont susceptibles d'augmenter la réaction de peur vis-à-vis de l'humain, comme démontré chez les brebis (Roussel et al., 2006). La peur intense et prolongée induite par la présence ou la manipulation par le soigneur est susceptible de nuire au bien-être de l'animal et à sa productivité (Waiblinger et al., 2006). Il a été démontré qu'un haut niveau de peur de l'humain était lié à une diminution des performances reproductrices des truies (Janczak et al., 2003b). La perception de l'humain par l'animal est modulée par son niveau de peur vis-à-vis de ce dernier. Hemsworth et al. (1996) ont en effet démontré que la capacité des porcs à associer un événement positif à la présence d'un humain dépendait de leur niveau de peur de ce dernier. De plus, la réactivité à l'humain lors des interventions de routine impacte la survie des porcelets allaitants, notamment en induisant une plus haute fréquence de changement de postures chez les truies bien que des effets clairs n'aient été démontrés (Lensink et al., 2009).

2. Variabilité comportementale et variabilité de réponse au stress : notion de personnalité, tempérament et style d'adaptation chez le porc

Même si les facteurs et réponses de stress sont connus, il existe une forte variabilité dans la sensibilité individuelle à un même facteur de stress, et dans l'expression de ce stress. La compréhension des mécanismes prédictifs d'une mauvaise adaptation à d'éventuels challenges environnementaux a un intérêt à la fois pour la production et le bien-être animal (Bolhuis, 2004). Cette dernière dépend de caractéristiques propres à chaque individu. Un nombre important de recherches ont été conduites ces dernières années dans le but d'expliquer la variabilité individuelle du comportement chez un grand nombre d'espèces animales, incluant les mammifères de rente.

2.1. Personnalité et tempérament

Prenant sa source dans la recherche en sciences humaines, le terme de personnalité est apparu pour décrire et expliquer cette variabilité interindividuelle (David and Dall, 2016). En sciences humaines, la variabilité comportementale interindividuelle est expliquée par le 'concept des 5 facteurs', permettant de décrire la personnalité, qui sont : l'extraversion, l'agréabilité, la conscienciosité, le neuroticisme et l'ouverture. Ces facteurs sont le plus souvent bimodaux. Chez l'humain, le tempérament est distingué de la personnalité tout en y étant relié. Il réfère davantage à un caractère héréditaire et inné, visible très tôt chez l'enfant, là où la personnalité est acquise durant le jeune âge, en fonction de l'environnement et sur la base du tempérament (revue par Finkemeier et al., 2018).

En sciences animales, les premiers articles traitant ce genre d'approche datent du début du XXème siècle. Meredith P. Crawford fût la première à discuter de personnalité animale chez des primates non humains, en publiant une échelle de notation pour mesurer la personnalité des chimpanzés (Freeman and Gosling, 2010). La personnalité des animaux non humain peut être définie comme un ensemble corrélé de traits individuels, comportementaux et physiologiques, qui sont constants à travers les contextes et le temps (Finkemeier et al., 2018). Dans la littérature sur les animaux, elle est parfois remplacée par la notion de tempérament, que certains éthologues préfèrent à la notion de personnalité qu'ils jugent trop anthropomorphique (Jones and Gosling, 2005). Toutefois, la définition de tempérament converge parfois avec celle de personnalité. La définition que l'on retrouve dans l'étude de Réale et al. (2007) correspond par exemple à la définition précédemment évoquée de la personnalité. La littérature ne distingue donc pas toujours ces deux concepts. Toutefois, dans leur revue, Finkemeier et al. (2018) proposent un changement d'échelle pour distinguer ces deux concepts, en s'appuyant sur la définition du tempérament humain. Ils proposent de voir le tempérament comme un des aspects du concept global de personnalité. Le tempérament serait la

composante innée, génétique, qui participe à la construction de la personnalité, comme chez l'humain. Dans la littérature sur les bovins, le terme de tempérament est couramment utilisé dans les travaux portant spécifiquement sur la génétique du comportement des animaux d'élevage envers l'Homme (Bacher, 2022). Plus généralement, il peut être utilisé pour caractériser la réactivité des bovins aux nouveaux environnements et à l'humain (Burdick et al., 2011). Il faut donc être vigilant sur la lecture des termes. De manière générale, ces concepts servent tous deux à décrire et analyser la variabilité comportementale observée chez les animaux. L'un s'appuie sur des prédispositions comportementales innées, tandis que l'autre s'appuie sur des caractéristiques comportementales acquises. Les méthodes et mesures utilisées pour les décrire peuvent cependant être les mêmes. Aussi, dans la suite de cette thèse, nous utiliserons parfois, en les confondant sous le terme de personnalité, ces deux concepts. Nous nous appuyerons sur la littérature relevant majoritairement de la personnalité et parfois du tempérament lorsque les définitions convergent.

Parallèlement au concept des 5 facteurs de la personnalité humaine, 5 facteurs sont souvent étudiés afin de décrire la personnalité des animaux : l'exploration, l'activité, l'agressivité, la sociabilité et la témérité. L'exploration se rapproche des concepts décrits précédemment pour l'humain d'ouverture, l'agressivité du concept d'agréabilité, la sociabilité de celui d'extraversion, et enfin la témérité et l'activité combinées, au neuroticisme (Finkemeier et al., 2018). Quant au concept de conscienciosité, il n'a été décrit que chez certains primates (Gosling and John, 1999). Certains animaux sociaux diffèrent dans leur comportement individuel en fonction de leur statut dans la hiérarchie de dominance. La dominance est donc parfois incluse dans le concept de personnalité. De plus, la capacité à gagner des interactions agonistiques a été reportée comme stable au long d'une gestation (Norrington et al., 2019). Les caractéristiques des animaux dominants semblent être l'intrépidité, l'agressivité et peu de crainte (Gosling and John, 1999). Aussi, dans le contexte particulier des animaux d'élevage, et notamment chez le porc, la réaction des animaux vis-à-vis de l'humain semble être un critère temporellement stable, et donc susceptible de caractériser la personnalité des animaux. Dans leur étude, Horback and Parsons (2016) ont par exemple décrit trois dimensions caractérisant la personnalité des truies gestantes : l'agressivité, la peur de l'humain et l'activité/exploration.

2.2. Notion de style d'adaptation

2.2.1. Bases conceptuelles

Les événements auxquels est soumis un individu sont donc vécus au travers du prisme de sa personnalité. Ainsi, ce ne sont pas les caractéristiques d'un stimulus mais plutôt l'appréciation cognitive qu'en fait l'individu qui y est soumis qui détermine l'aspect aversif et l'éventuel stress induit (Koolhaas et al., 1999; Krause et al., 2017). Cet impact est donc dépendant des capacités d'adaptation des animaux à un stimulus ou un changement d'environnement. Dans ce sens, Hessing et al. (1993)

ont introduit le concept de style d'adaptation (coping style en anglais), ayant constaté une consistance entre la réaction de porcelets à un test d'immobilité et à d'autres tests comportementaux. Ce concept, intimement lié à celui de personnalité, réfère à des efforts cognitifs et comportementaux intentionnels pour maîtriser une situation (Koolhaas et al., 1999). Un style d'adaptation peut être défini comme un ensemble cohérent de réponses comportementales et physiologiques face à un facteur de stress, qui sont constantes dans le temps et sont caractéristiques d'un groupe d'individus. Cette définition fait écho à la définition de personnalité (Koolhaas et al., 1999).

Deux styles d'adaptations majeurs peuvent être décrits : le style actif, ou « proactif » et le style passif ou « réactif ». De manière générale, le style proactif est caractérisé par un contrôle territorial et une agressivité forte, tandis que le style réactif est caractérisé par une tendance à l'immobilité forte et peu d'agressivité (Koolhaas et al., 1999). Chez les truies logées en groupe, fréquemment soumises à un stress d'origine social, Ison et al. (2010) ont introduit le concept de 'style de subordination', qui réfère à la tendance à l'agressivité/la dominance dans un contexte de stress social.

2.2.2. Caractéristiques et méthodes d'évaluation

Chez le porc, la détermination du style d'adaptation des animaux se fait parfois dans le jeune âge grâce au backtest où l'on mesure la réponse d'un animal à une immobilisation sur le dos par un expérimentateur. Les porcelets sont alors classés en deux catégories, LR (faiblement résistant) s'ils se débattent peu, et HR (hautement résistant) s'il se débattent beaucoup (Bolhuis et al., 2000; D'Eath and Burn, 2002; Erhard et al., 1999; Ruis et al., 2000). Toutefois, une absence de classification bimodale claire découlant du backtest a été décrite dans plusieurs études (D'Eath and Burn, 2002; Forkman et al., 1995; Zebunke et al., 2015). De plus, Jensen et al. (1995), ont émis des réserves quant à la classification bimodale relative aux styles d'adaptation en argumentant le fait que les variables sont le plus souvent réparties de manière normales et qu'un point de découpe arbitraire est souvent défini pour classer les individus en deux catégories.

D'autres variables comportementales sont facilement mesurables pour décrire le style d'adaptation des animaux, comme l'agressivité. Généralement, les individus agressifs ont tendance à répondre de manière active à des situations aversives, et l'agressivité seule sert parfois à catégoriser les individus (Koolhaas et al., 1999). Dans la littérature sur les muridés, les animaux sont en effet parfois classés en fonction de leur latence d'attaque d'un intrus introduit dans leur cage (test du « resident intruder » ; on distingue alors les individus SAL (short attack latency = latence d'attaque faible = proactifs) des individus LAL (Long attack latency = latence d'attaque élevée = réactifs) (Benus et al., 1991; Sluyter et al., 1996; Veenema et al., 2004). Chez les muridés, des lignées entières sont sélectionnées sur ce critère, décrit comme fortement héritable. Toutefois, Benus et al. (1989) ont montré que les individus agressifs étaient effectivement proactifs, mais qu'une dichotomie existait

dans la réactivité comportementale des animaux non-agressifs soumis à un test d'évitement, test où l'on mesure la propension d'un animal à éviter un stimulus aversif après conditionnement. Autrement dit, les individus non-agressifs peuvent être proactifs comme réactifs, d'après cette étude. Dans ce sens, chez le porc, Bolhuis et al. (2005) ont montré que la latence d'attaque des individus classés comme proactifs par un backtest était significativement plus basse, alors que celle des individus réactifs était plus variable. L'agressivité individuelle est une variable stable mais avec une forte variabilité interindividuelle, et donc une variable intéressante lorsque l'on s'intéresse à la personnalité des animaux (Bolhuis et al., 2005; Ruis et al., 2001). Ayant trouvé que l'agressivité des truies au regroupement n'était pas liée à leurs caractéristiques physiques, Mount et Seabrook (1993) suggéraient que l'agressivité pouvait être associée à un trait de personnalité des animaux. Les individus proactifs semblent montrer des caractéristiques comportementales plus rigides et stéréotypées que les individus réactifs. L'expression de ces styles d'adaptations est en relation étroite avec la fluctuation de l'environnement. Les individus proactifs ont, en effet, davantage tendance à mettre en place des routines, et exercer un contrôle sur l'environnement, notamment par la défense territoriale. Lorsque l'environnement fluctue, ces animaux tentent activement de retrouver le contrôle de la situation, en combattant ou en fuyant (réaction de « *fight or flight* » en anglais). Les individus réactifs, quant à eux, réagissent de façon moins brutale à une modification de l'environnement, s'acclimatent plus graduellement et ont une tendance à se cacher et s'immobiliser face à un stimulus stressant (Benus et al., 1986, 1991; Janczak et al., 2003a). Le comportement des individus non-agressifs (réactifs) semble être plus flexible et inféodé à l'environnement que celui des individus agressifs, dont le panel de réactions est moins varié, peu dépendant des stimuli (Benus et al., 1989a; Sluyter et al., 1996). En médecine humaine, les précédentes terminologies sont parfois remplacées par Type A (proactif) et Type B (réactif). Ils ont été décrits surtout en termes de réponses physiologiques au stress. Les individus de Type A sont caractérisés par le maintien du contrôle sur les événements, l'agressivité, l'impatience et la compétitivité (Frankenhaeuser et al., 1980).

Chez les truies plus particulièrement, l'expression de stéréotypies peut être interprétée comme un moyen d'adaptation à une frustration (Rushen, 1985). Il a aussi été démontré que les truies qui ont une réaction plus vive et qui résistent davantage à la première attache, donc proactives, exprimaient moins de comportements stéréotypiques (Schouten and Wiepkema, 1991).

2.2.3. Prise en compte des paramètres physiologiques

Prendre en compte les paramètres physiologiques peut permettre de comprendre les mécanismes faisant diverger les réponses comportementales des animaux soumis à un stress. Pour cela, il faut s'intéresser tout d'abord à la physiologie du stress. Lorsque l'organisme est soumis à un facteur de stress, deux systèmes majeurs sont activés pour y faire face : Le système nerveux

sympathique, responsable d'une réponse rapide (10 secondes) et l'axe corticotrope, responsable d'une réponse plus lente (10 minutes). Ces réponses visent à permettre à l'animal de retrouver l'équilibre homéostatique et s'adapter au challenge (Galinowski and Lôo, 2003).

Le système nerveux sympathique, branche du système nerveux autonome, est impliqué dans la réponse immédiate à des situations d'urgence. Il est à l'origine de la réaction qualifiée de « fight or flight » (combat ou fuite) qui prépare l'organisme à un effort physique intense. Cette réaction engendre, entre autres, l'accélération du système cardio-vasculaire via l'action de catécholamines, l'adrénaline et surtout la noradrénaline. (Figure 2 ; Mormede et al., 2006)

L'activité du système corticotrope est régulée dans le cerveau par l'amygdale et l'hippocampe. Il est le siège de sécrétion d'une cascade d'hormones aboutissant sur la sécrétion de glucocorticoïdes, couramment dosés dans le sérum des animaux afin d'estimer leur stress physiologique. L'amygdale stimule la sécrétion de CRH (corticolibérine) et de VP (vasopressine) qui induisent la sécrétion d'ACTH (adrénocorticotropine) et de β -endorphine par l'hypophyse à partir de la pro-opiomélanocortine (POMC). La β -endorphine est un opioïde analgésique puissant, impliqué dans le contrôle de la douleur. Enfin, l'ACTH stimule la sécrétion de glucocorticoïdes par la zona fasciculata du cortex de la glande surrénale (Figure 1; Galinowski and Lôo, 2003). Chez l'humain et le porc, il s'agit du cortisol. Ce dernier a des cibles cellulaires variées, incluant des récepteurs cytoplasmiques associés à des protéines de stress. Il exerce des actions cataboliques ou anaboliques en fonction des tissus cibles. Le cortisol a aussi et surtout une action rétroactive inhibitoire sur l'hippocampe et l'hypothalamus qui permet un rétrocontrôle négatif sur la réaction engagée (Figure 2 ; Couret, 2008; Galinowski and Lôo, 2003; Mormede et al., 2006). L'accès du cortisol aux tissus, et notamment aux tissus cérébraux, est régulé par la 11- β -hydroxy stéroïde déshydrogénase de type 1 (11- β HSD1). Elle catalyse la transformation du cortisol en sa forme inactive, la cortisone, mais a principalement une activité réductase permettant de transformer la cortisone en cortisol.

Le cortisol circule dans le sang majoritairement sous forme liée à des protéines de transport comme la transnicotine, et plus minoritairement sous forme libre, à hauteur de 5 à 15 % du cortisol total (Couret, 2008). La concentration plasmatique en protéines de transport diminue lorsque l'animal est soumis à un stress, parallèlement à une hausse du cortisol total et du cortisol libre, actif biologiquement (Adcock et al., 2007; Le Roux et al., 2003). Ainsi, la réponse tissulaire au cortisol dépend de plusieurs facteurs : la concentration totale en cortisol plasmatique et sa fraction libre, l'expression des récepteurs cellulaires au cortisol, et enfin l'activité des enzymes déshydrogénases.

Comme énoncé précédemment, ces réponses physiologiques de stress visent à permettre à l'animal de retrouver l'équilibre homéostatique et s'adapter au challenge (Galinowski and Lôo, 2003).

Toutefois, dans le contexte particulier de l'élevage, où les contraintes sont nombreuses et les possibilités d'adaptation restreintes, cette réponse à un stress dit 'aigu' peut devenir chronique et impacter le bien-être de l'animal (Mormède et al., 2006). Ces réponses dépendent notamment de caractéristiques individuelles (Koolhaas et al., 2007).

Afin d'identifier les réponses physiologiques au stress corrélées au style d'adaptation des animaux, Veenema et al. (2004) ont comparé l'activité de l'axe corticotrope de deux lignées de souris, une lignée hautement agressive (SAL = latence d'attaque faible) et une lignée peu agressive (LAL = latence d'attaque élevée). Un stress chronique entraîne des modifications à long terme de l'activité de l'axe corticotrope des souris LAL, mais pas des souris SAL. En d'autres termes, l'activité de l'axe corticotrope des animaux réactifs serait plus importantes que celle des animaux proactifs. Ruis et al. (2000) ont montré une intensité supérieure du pic de cortisol consécutif à l'administration d'ACTH chez des porcs classés réactifs, sur la base de la réponse au backtest, par rapport à des animaux proactifs.

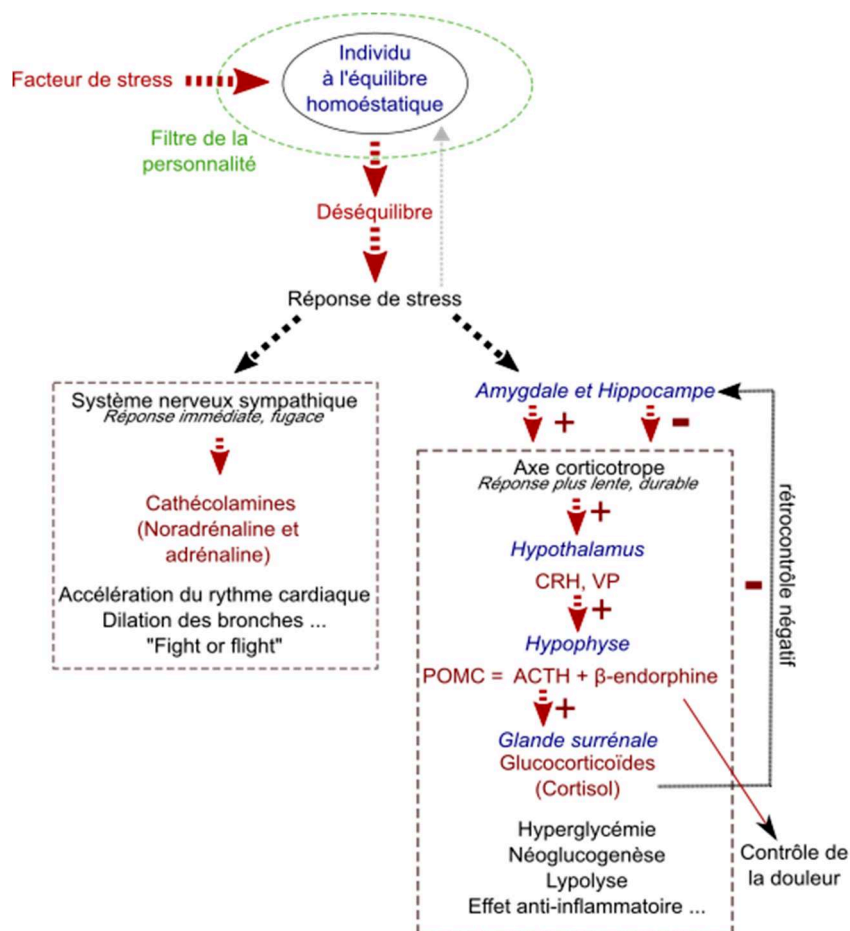


FIGURE 2: MECANISME PHYSIOLOGIQUE SIMPLIFIE DE REPONSE AU STRESS (adapté de Couret (2008))

2.2.4. Bilan sur la notion de style d'adaptation

Les classifications relatives aux styles d'adaptations sont bimodales. En ce qui concerne la terminologie, les individus proactifs sont référés parfois dans la littérature comme SAL, HR ou encore Type A. Cette catégorie est caractérisée par une agressivité élevée, un évitement actif des perturbations, peu de flexibilité comportementale face aux modifications de l'environnement, et par l'activation privilégiée, au niveau physiologique, du système sympathique par rapport à l'axe corticotrope en cas de soumission à un stress. Ce style d'adaptation proactif se rapproche donc du style de subordination agressif/dominant, décrit par Ison et al. (2010), chez les truies soumises à un stress social. Les individus réactifs quant à eux sont parfois qualifiés de LAL, LR ou encore Type B. Cette deuxième catégorie est caractérisée par une agressivité moins marquée et plus variable, la tendance à l'immobilité plutôt qu'à l'évitement d'un stimulus aversif, une plus grande flexibilité comportementale face aux modifications de l'environnement, et enfin, au niveau physiologique, par une plus forte réactivité de l'axe corticotrope (Tableau 1).

Tableau 1: caractéristiques comportementales et physiologiques des différents styles d'adaptations

SAL

Style d'adaptation/Agressivité	Proactif	Réactif	Sources/modèle
Activité système sympathique face au stress	+	-	(Galinowski and Lôo, 2003) –rat (Ruis et al., 2001) - Porc
Activité axe corticotrope face au stress	-	+	(Galinowski and Lôo, 2003) - rat (Veenema et al., 2003) - souris (Ruis et al., 2001) - Porc (Øverli et al., 2004) – truite arc-en-ciel (Ruis et al., 2000) - porcs
Evitement actif	++	-	(Galinowski and Lôo, 2003) – rat (Sluyter et al., 1996) - souris
Flexibilité aux changements environnementaux	-	+	(Benus et al., 1989a, 1991; Galinowski and Lôo, 2003) – rat (Bolhuis et al., 2004) - porc
Agressivité	+++	-	(Galinowski and Lôo, 2003) – rat (Benus et al., 1986) (Koolhaas et al., 2010) – rat et souris (Frankenhaeuser et al., 1980) – humain (Bolhuis, 2004)-porc (Janczak et al., 2003)-porc (Øverli et al., 2004)- Truite arc-en-ciel

3. Les conséquences des expériences prénatales et précoces sur les porcelets

3.1. Conséquence de l'expérience prénatale

Le terme de « stress gestationnel » est employé en se plaçant du point de vue de la femelle gravide, tandis que le terme de stress prénatal est employé du point de vue du jeune fœtus.

3.1.1. Rôle de la physiologie du stress

Comme vu précédemment, le stress induit l'activation de l'axe corticotrope et par conséquent la sécrétion d'une cascade d'hormones stimulant la libération de glucocorticoïdes, comme le cortisol chez l'humain ou le porc (cf Figure 2). Le passage des glucocorticoïdes maternelles dans le sang fœtal est régulé par une hormone placentaire, la 11- β -hydrostéroïde dehydrogénase de type 2 (11- β HSD2), qui catalyse la transformation intercellulaire du cortisol en sa forme inactive, la cortisone. Une étude ex-vivo sur des placentas humains a montré une élévation du cortisol fœtal lors de l'administration du cortisol maternel uniquement en cas d'inhibition de la 11- β HSD2 (Benediktsson et al., 1997). Le rôle de cette enzyme a aussi été démontré ex-vivo chez le porc, en utilisant des placentas de truies abattues à 75 jours de gestation (Klemcke, 1995). Certaines études suggèrent que le stress prénatal pourrait modifier l'activité de la 11- β HSD2. En temps normal, les concentrations de glucocorticoïdes maternels et fœtaux augmentent à l'approche du terme, en relation avec le développement de l'axe corticotrope du fœtus. Ce phénomène est essentiel à la maturation de certains organes (Challis et al., 2001). Toutefois, un afflux massif de glucocorticoïdes dans le sang fœtal peut avoir des effets délétères sur la santé future du jeune (Reynolds, 2013).

Les effets de l'exposition excessive aux glucocorticoïdes sur le développement de l'axe corticotrope des fœtus ont été à de nombreuses reprises étudiés. Le stress prénatal, par l'action des glucocorticoïdes notamment, impacte le développement de l'axe corticotrope du fœtus, d'une manière sexe-dépendante (Kanitz et al., 2006; Roussel et al., 2005). Chez le rat, McCormick et al. (1995) ont par exemple montré que l'effet du stress prénatal sur le fonctionnement de l'axe corticotrope est plus marqué chez les femelles que chez les mâles. L'action des glucocorticoïdes sur le fonctionnement de l'axe corticotrope du fœtus peut être expliquée en partie par une déficience de la boucle de rétrocontrôle de l'axe corticotrope, médiée par les récepteurs aux glucocorticoïdes (Aisa et al., 2007). Ceci a été relié à une modification du nombre de récepteurs aux glucocorticoïdes au niveau de l'hippocampe et de l'hypothalamus du fœtus de porc soumis à une concentration élevée de glucocorticoïdes en période prénatale (Kanitz et al., 2003; Roussel et al., 2007). Cette modification du nombre de récepteurs au niveau de l'hippocampe et de l'hypothalamus n'a cependant pas été constatée par McCormick et al. (1995) chez le rat.

De plus, parallèlement aux possibilités de franchissement de la barrière placentaire, les hormones du stress peuvent impacter le fonctionnement de cette dernière. En effet, comme énoncé précédemment, la cascade hormonale enclenchée par le stress est responsable de nombreuses réactions physiologiques dont la vasoconstriction, notamment placentaire, diminuant l'apport de nutriments au fœtus ainsi que son oxygénation ((Gu et Jones, 1986) cité dans (Courret, 2008)). Ainsi, le stress peut indirectement moduler l'apport de nutriments au fœtus, risquant d'impacter son développement.

3.1.2. Impact de l'expérience prénatale sur les paramètres de production et de survie

Les différentes études ne s'accordent pas sur les effets du stress prénatal sur la mortalité néonatale et la morbidité des jeunes. Chez le rat, Lordi et al. (2000) a montré que le stress en fin de gestation augmente la mortalité des jeunes et que le taux de croissance des survivants est plus faible. Il a été montré que la réponse neuroendocrinienne de stress affecte le fonctionnement du système immunitaire de l'individu qui y est exposé. Or, la période périnatale est cruciale pour la transmission d'immunité ou de pathogènes aux jeunes. Le stress gestationnel pourrait induire une modification de la composition du colostrum, ceci a été démontré chez la génisse (Nardone et al., 1997), mais pas chez la truie (David Courret et al., 2009). En revanche, chez cette dernière, le stress gestationnel diminue les comportements maternels, en augmentant le temps passé couché ventralement pendant la période de lactation, ce qui empêche les porcelets d'avoir accès aux tétines (Ringgenberg et al., 2012). L'effet du stress prénatal sur le système immunitaire du jeune a également été étudié. Chez les bovins, un stress d'origine thermique appliqué en fin de gestation affecte la croissance et la fonction immunitaire des veaux jusqu'au sevrage (Tao et al., 2012). Chez le porc, un stress prénatal modifie le fonctionnement du système immunitaire des porcelets à long-terme (Courret et al., 2009). Un dysfonctionnement du système immunitaire en relation avec le stress prénatal a aussi été démontré chez le rat (Kay et al., 1998). Une étude australienne rétrospective a montré un lien entre les sécheresses vécues pendant la gestation chez des bœufs élevés en plein air et l'apparition d'une pathologie congénitale chez les veaux (White et al., 2010). L'effet de la piètre qualité des pâturages est mis en cause.

3.1.3. Impact du stress ou de l'expérience prénatale sur le comportement

Certaines études s'intéressent à l'impact de l'administration directe d'hormones simulant une réaction de stress, comme l'ACTH, chez la mère sur le comportement des jeunes. On reporte des effets de l'injection d'hormones de stress sur la sociabilité des porcelets, avec des porcelets issus de mères stressées passant moins de temps à interagir socialement avec les congénères (Kranendonk et al., 2006). Rutherford et al. (2014) ont démontré que le stress prénatal modifiait le développement

cérébral et comportemental des jeunes. Les truies ayant été soumises à un stress prénatal (regroupement de la mère gestante avec des congénères) ont des comportements maternels détériorés. De plus, le dérèglement du fonctionnement de l'axe corticotrope du fœtus peut avoir des répercussions sur le développement de ces fonctions cognitives, l'axe corticotrope étant impliqué, notamment, dans les fonctions de mémorisation (Issa et al., 1990).

Au-delà de l'impact même d'un facteur de stress, la réactivité émotionnelle des mères face à ce stress semble pouvoir impacter le comportement du jeune. Les effets croisés de l'émotivité des mères et du stress prénatal sur les jeunes ont par exemple été investigués par Coulon et al. (2015). Ils ont démontré que les porcelets issus de mères stressées étaient caractérisés par un état émotionnel négatif, des réactions de peur exacerbées et des capacités cognitives diminuées et que ces caractéristiques étaient exacerbées chez les porcelets issus de mère à haute réactivité émotionnelle. Et de manière générale, les réponses individuelles induites par l'application d'un même facteur de stress varient entre individus.

Le développement sensoriel du jeune se faisant en partie en période prénatale, la perception de stimuli sensoriels durant la gestation peut impacter le fœtus. Dans ce sens, Tallet et al. (2016) ont montré l'existence d'un apprentissage associatif prénatal entre des indices auditifs et des situations aversives ou positives chez le porc. L'expérience prénatale peut moduler les réponses comportementales ultérieures des jeunes. La réaction à l'humain de la progéniture peut notamment être modulée par un effet maternel. Chez la caille, il a été démontré que la réactivité émotionnelle des poussins à l'humain était modulée par celle de leur mère, et que les effets persistaient longtemps après la séparation mère/jeune (Bertin and Richard-Yris, 2004). Chez le porc, Rooney et al. (2021) ont démontré que des porcelets issus de mères proches de l'humain acceptaient davantage le contact de l'humain que des porcelets issus de mères ayant peur de l'humain. Il semble donc que certaines caractéristiques de la personnalité des animaux soient transmises à la progéniture.

3.2. Expériences précoces et développement comportemental et cognitif des jeunes

À ce jour, aucune étude chez le porc n'a pu démontrer un effet compensatoire d'évènements positifs post-natals sur les effets délétères du stress prénatal. (Brajon et al., 2017) ont testé les effets croisés d'un stress prénatal d'origine sociale et d'un enrichissement du milieu de vie en lactation sur l'activité et les comportements sociaux des porcelets. Bien qu'ils aient démontré un effet du stress prénatal et de l'enrichissement sur le comportement des porcelets, aucun effet compensatoire de l'enrichissement n'a pu être démontré. Ringgenberg et al. (2012) ont montré que bien que l'enrichissement de l'environnement de lactation offre davantage de possibilités d'expression de comportements maternels, il ne compense pas les effets négatifs du stress gestationnel. Toutefois, chez le rat, un effet compensatoire des effets négatifs du stress prénatal de l'enrichissement du milieu

de vie a été démontré, notamment en agissant sur l'expression de gènes de l'amygdale (Qian et al., 2008). Ceci suggère que les effets négatifs du stress ou des expériences prénatales ne sont pas irréversibles et qu'il existe une marge de manœuvre pour rétablir un état « normal » consécutivement aux perturbations prénatales.

3.2.1. Comportements maternels durant la période de lactation

L'impact des évènements gestationnels peut être direct, par implications hormonales, sensorielles ou nutritives, mais également indirect, par modifications du comportement de la mère en période post-natale précoce. Dans ce sens, Hauser et al. (2009) ont montré une détérioration de la mémoire spatiale de jeunes rats élevés par des rates exposées à un stress pendant la gestation, indépendamment du traitement prénatal. Ceci montre que le stress subi pendant la gestation peut non seulement impacter le fœtus de manière directe mais aussi altérer le comportement de la mère vis-à-vis des jeunes et impacter leur développement. Chez le porc, il a été démontré que le comportement de la truie en lactation, notamment les changements de position, influençait celui des porcelets (Van Beirendonck et al., 2014).

3.2.2. Stimulations environnementales

L'enrichissement du milieu de vie en lactation semble augmenter le confort des porcelets et favoriser les comportements exploratoires (Brajon et al., 2017). La privation de ces enrichissements lors du transfert au post-sevrage a un effet négatif sur les porcelets. L'élevage en milieu appauvri impacte les capacités sociales des jeunes porcs, en les rendant plus agressifs (De Jonge et al., 1996). La pauvreté des stimuli environnementaux est également le facteur principal de caudophagie entre porcelets (Prunier et al., 2019). L'enrichissement du milieu de vie des porcelets sevrés peut également impacter leurs performances cognitives. Un effet positif d'un enrichissement du milieu de vie des porcelets sur un test d'apprentissage spatial a été démontré (Grimberg-Henrici et al., 2016). Il semble que ces effets positifs puissent être attribués à des comportements exploratoires exacerbés chez des porcelets issus d'un milieu enrichi (Jansen et al., 2009).

3.2.3. Impact de la valorisation d'expériences précoces positives avec l'humain

L'humain est un élément majeur de l'environnement social des animaux d'élevage conventionnel. La relation qui se met en place entre les deux partenaires est importante pour l'équilibre de l'animal et son bien-être. La réaction émotionnelle d'un animal face à l'humain peut-être de trois types : la peur, une réaction neutre, mais également une réaction reflétant des émotions positives (Waiblinger et al., 2006). Elle est variable en fonction des expériences passées du porc avec l'humain. Les porcs sont en effet capables d'associer un humain avec les expériences passées avec ce dernier (Tallet et al., 2014) et des évènements aversifs vécus en présence d'un humain, à l'humain (Hemsworth et al., 1986). Les interactions humain-animal sont nombreuses et mobilisent différents

sens (odorat, ouïe, toucher, vue) susceptibles de moduler la perception que se fait l'animal de l'humain (Figure 3).

De nombreuses études s'intéressent désormais à l'impact positif sur le bien-être et la réaction à l'humain d'une relation humain-animal positive. Chez les ovins, l'humain peut devenir une figure d'attachement majeure en l'absence de la mère dans des conditions d'allaitement artificiel (Nowak and Boivin, 2015). Des manipulations positives fréquentes (caresse et grattage) rendent l'humain attractif et peuvent réduire l'anxiété des porcs (Tallet et al., 2014). L'apprivoisement de tout ou partie d'une portée en lactation peut avoir des effets bénéfiques sur les comportements exploratoire et de jeu des porcelets (Zupan et al., 2016). Il a également été démontré que la présence d'un humain connu et associé à des interactions positives était source de réconfort dans une situation de stress liée à l'isolement pour les porcelets sevrés (Avelyne S. Villain et al., 2020). Tanida et al. (1995) ont montré que l'apprivoisement diminuait la peur globale de l'humain mais que les porcelets apprivoisés réagissaient différemment à l'humain engagé dans les interactions qu'à d'autres humains., suggérant qu'ils sont capables de reconnaissance individuelle des humains.

Les porcelets ayant reçu un traitement positif par l'humain se montrent davantage optimistes dans des tests de biais cognitif (Brajon et al., 2015b). Le renforcement positif de la relation humain animal est donc susceptible de modifier l'état émotionnel des porcelets. Büttner et al. (2018) ont même démontré que des porcelets engagés dans une relation humain-animal valorisée était moins sujets à la caudophagie. Ceci démontre qu'une bonne relation humain-animal peut réduire l'état d'anxiété général des animaux, diminuer les comportements délétères et de ce fait améliorer l'état de bien-être de ces derniers.

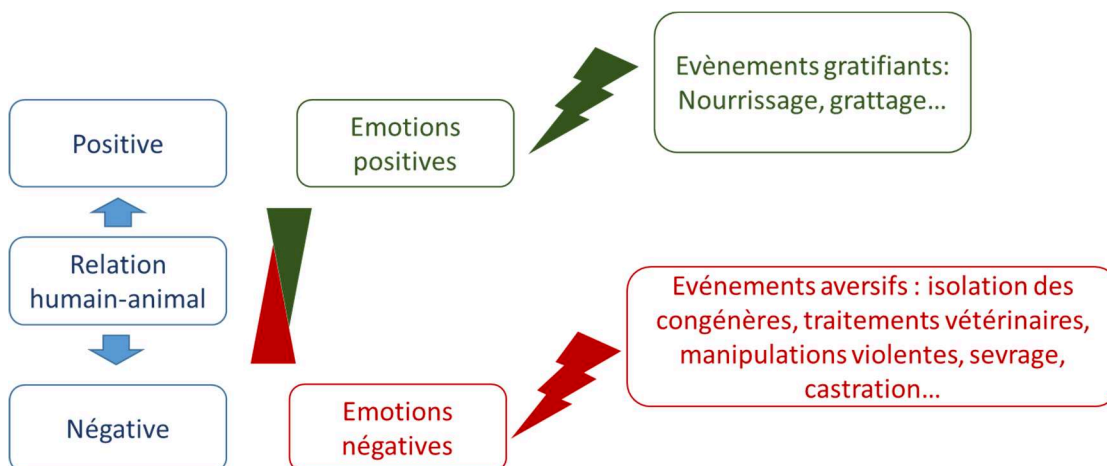


FIGURE 3: FACTEURS PARTICIPANTS A LA CONSTRUCTION DE LA RELATION HUMAIN-ANIMAL. ADAPTE DE (WAIBLINGER ET AL., 2006)

METHODOLOGIE GENERALE

Les expérimentations se sont déroulées à l'Unité Expérimentale Physiologie et Phénotypage des Porcs (UE3P) de l'Institut National de Recherche en Agronomie et Environnement (INRAE) de Saint-Gilles (France) (DOI: 10.15454/1.5573932732039927E12). Elles ont été menées selon la législation française et européenne sur l'expérimentation animale et ont reçu la permission No.25883-2020070711528084 v2 du ministère de l'agriculture français.

1. Schéma expérimental

Les expérimentations ont porté sur trois groupes de 18 (± 1) truies, parmi lesquels 24 (8 truies par groupe) ont été sélectionnées. De nombreuses variables comportementales et physiologiques ont été relevées sur ces animaux. Au sein de chaque groupe, les quatre truies les plus agressives et les quatre truies les moins agressives ont été sélectionnées afin d'étudier l'impact de leur style d'adaptation sur leurs porcelets. Quatre porcelets (deux mâles et deux femelles) de chacune de ces 24 truies ont été étudiés au post-sevrage. Après une première phase de tests d'émotivité, immédiatement après le sevrage, la moitié de ces porcelets (un mâle et une femelle par truie) a été soumise à un renforcement positif de la relation humain-animal. Une deuxième phase de tests d'émotivité et un test d'apprentissage spatial ont alors été opérés afin d'étudier les effets croisés de la personnalité des truies et de l'approvisionnement des porcelets sur le comportement et la cognition des porcelets.

Le schéma expérimental global est présenté en fin de partie sur la figure 11.

2. Les animaux et leurs logements

Le cheptel était composé de truies Large White x Landrace inséminées avec une semence de verrat Piétrain. L'élevage fonctionne en conduite à 7 bandes, chacune étant composée en moyenne de 18 truies. Le cycle de mise bas est calé sur un rythme de trois semaines, les porcelets sont sevrés à 28 jours (Figure 4). L'expérimentation a eu lieu sur trois bandes de 18 (± 1), mais seules 8 truies par bande ont été sélectionnées avant la mise-bas pour le suivi de quatre de leurs porcelets, soit 96 porcelets au total répartis sur les trois bandes. Une bande dont le suivi a dû être interrompu à la mise-bas pour cause de crise sanitaire début 2020 a permis de collecter des données supplémentaires sur la période de gestation. Les expérimentations ont eu lieu entre décembre 2019 et juin 2021.

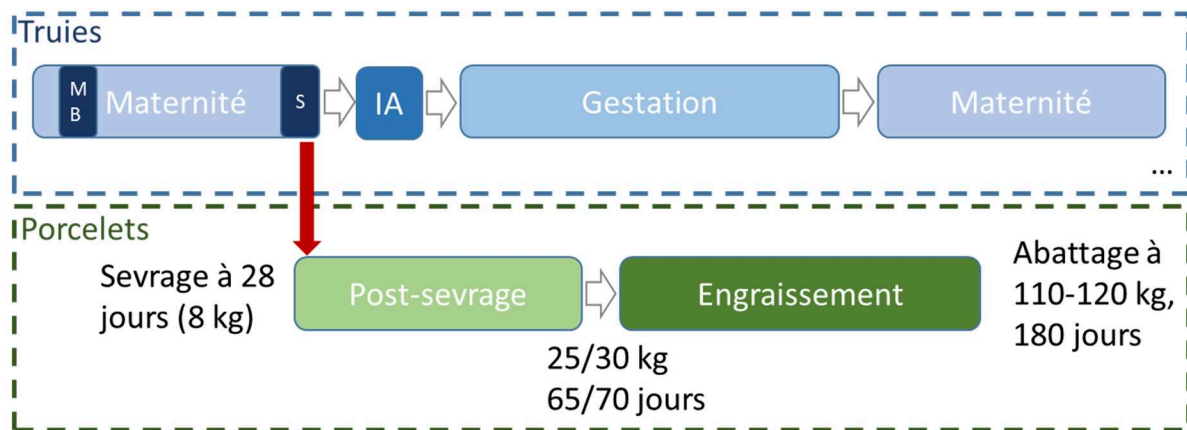


FIGURE 4: REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA CONDUITE D'ELEVAGE A L'UE3P SUR LE SITE DE SAINT GILLES. LES FLECHES CORRESPONDENT A DES TRANSFERTS D'ANIMAUX. MB =MISE-BAS, S= SEVRAGE, IA = INSEMINATION ANIMALE

2.1. Les truies

Les truies étaient élevées en groupe dès l'insémination et jusqu'à une semaine avant la mise-bas. La salle mesurait 54 m², avec un sol bétonné partiellement paillé quotidiennement par les animaliers de l'élevage (Figure 5). La salle était équipée de deux DACs (Gesta[®], JYGA Technologies Inc., Québec, Canada), fournissant une ration quotidienne adaptée à chaque animal, dépendant de la parité et de l'état général des truies à l'entrée en salle de gestation. La truie était entièrement protégée une fois dans le DAC et identifiée grâce à une puce RFID à son oreille. Les DACs se réinitialisaient à minuit. Les truies consommaient usuellement leur ration en un repas entre minuit et 9h du matin en l'absence de restriction d'accès au DAC. Elles avaient également accès libre et illimité à deux abreuvoirs. La salle de gestation a été équipée de caméras (BOSH HIKVISION H+265) reliées à un enregistreur numérique (HIKVISION NVR 4.0) pour les besoins de l'expérimentation. Elles étaient identifiées, en plus de leur numéro national sur leur boucle, par un chiffre ou une lettre unique dessiné au marqueur à bestiaux sur leur dos et flancs.

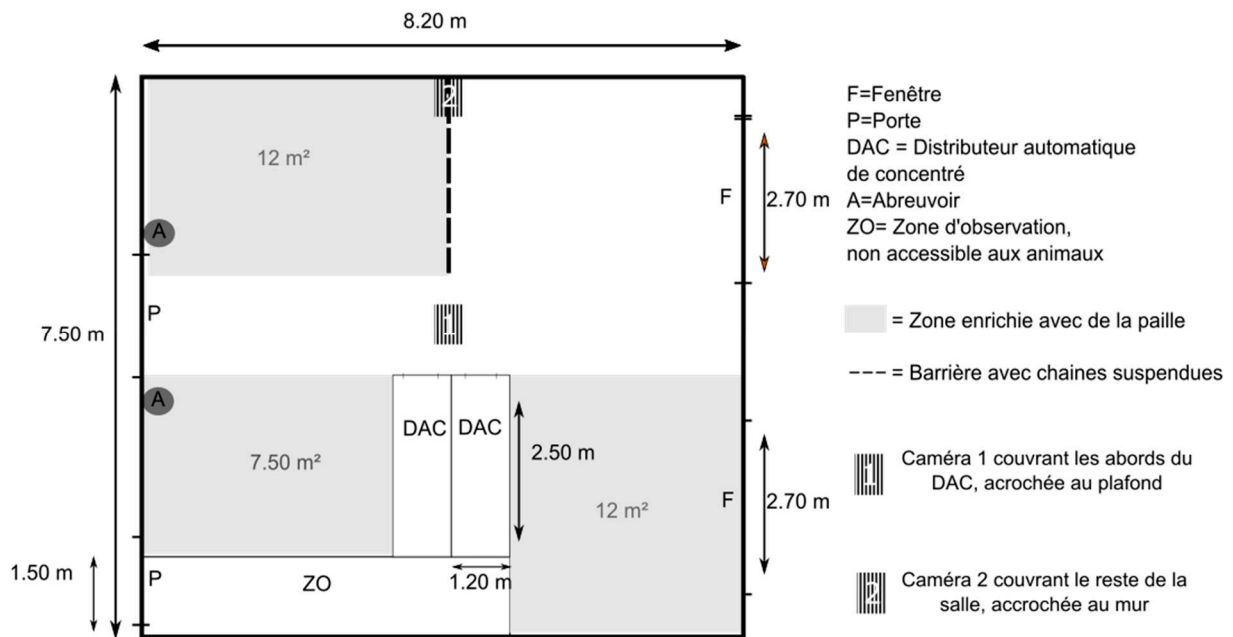


FIGURE 5: ORGANISATION DE LA SALLE DE GESTATION DES TRUIES

Les truies étaient transférées en salle de lactation une semaine avant la date de mise-bas prévue. Elles étaient réparties sur deux salles (une grande salle de 12 places et une petite salle de 6 places) situées dans le même bâtiment d'élevage que la salle de gestation. Elles étaient maintenues bloquées durant toute la durée de la période de lactation. Les truies sélectionnées pour un suivi de leurs porcelets au post-sevrage étaient placées dans la grande salle de 12 places. Chaque loge mesurait 4.7m², et était équipée d'un nid chauffé, pour les porcelets.

2.2. Les porcelets

Les porcelets ont été bouclés et ont subi une caudectomie dans les 48h après la naissance. Les mâles n'ont pas été castrés. Lorsque les disparités du nombre de porcelets par truie étaient trop élevées, des adoptions entre mères ont été opérées pour transférer des porcelets d'une portée trop nombreuse vers une plus petite portée. Un aliment premier âge solide était distribué aux porcelets à partir de 10 jours afin d'adoucir la transition alimentaire au sevrage. Les porcelets étaient sevrés à 28 jours et transférés dans un bâtiment post-sevrage. Les porcelets sélectionnés pour être étudiés étaient transférés dans un bâtiment post-sevrage dédié aux expérimentations, comprenant des salles de test. Ils étaient répartis sur deux salles symétriques et étaient élevés par trois d'une même fratrie dans des cases de 1.66m² (Figure 6). Au cours des premiers jours les salles étaient chauffées à 28° puis la température a été baissée d'un degré chaque jour jusqu'à atteindre une température moyenne de 24°. Afin d'éviter les confusions lors des tests, les porcelets étaient identifiés par salle, loge et par une couleur qui leur était attribuée grâce à une boucle à l'oreille ainsi qu'un marquage sur le dos au marqueur à bestiaux.

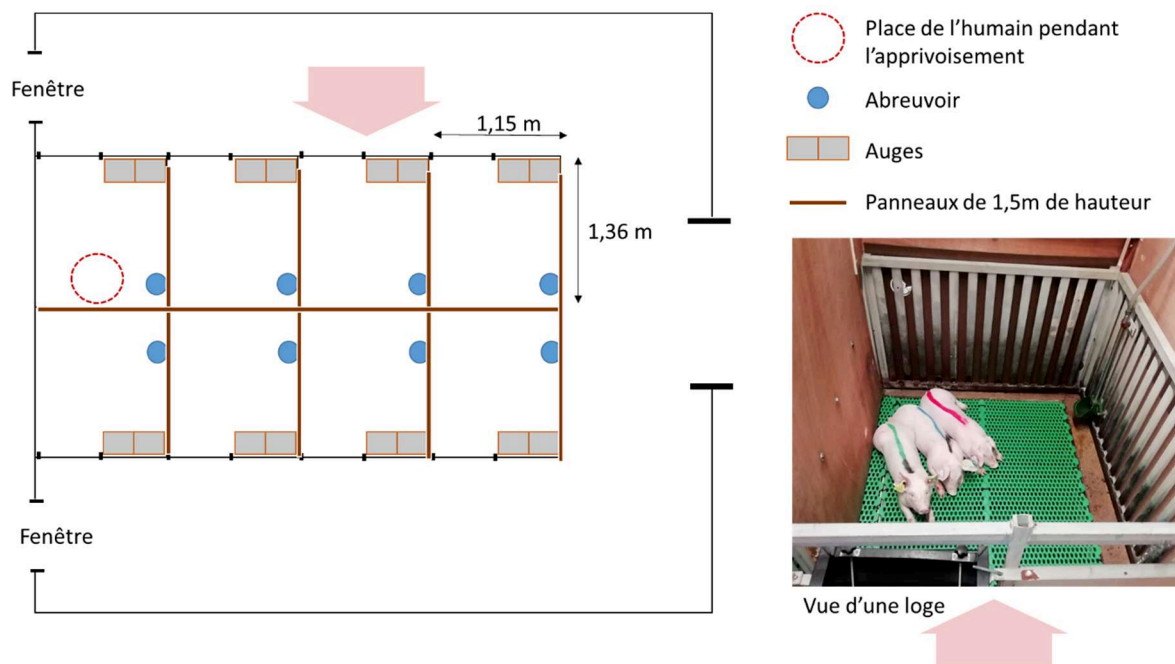


FIGURE 6: SALLE D'ELEVAGE DES PORCELETS AU POST-SEVRAGE

3. Traitement expérimental et relevés de données sur les truies

3.1. Restriction d'accès au DAC et relevé des données d'alimentation

À compter du 79^{ème} jour de gestation, l'accès au DAC a été restreint à 6 heures par jour afin d'engendrer un stress social lié à une compétition alimentaire et analyser la réponse comportementale des truies à ce stress. Les DAC étaient ouverts manuellement par les animaliers de l'unité expérimentale entre 8h et 10h le matin et étaient ensuite fermés manuellement entre 14h et 16h. Les horaires d'ouverture et de fermeture variaient chaque jour afin que les truies ne puissent pas s'y habituer.

Grâce au logiciel du DAC et les puces RFID aux oreilles des truies, de nombreuses données du comportement alimentaire ont pu être relevées.

3.2. Observations comportementales

- Scans instantanés (Instantaneous scan sampling); en direct depuis la salle de gestation

Afin d'avoir accès à l'activité globales des truies, le comportement de chaque truie a été relevé par scans instantanés, toutes les 10 minutes pendant deux périodes de 3h chaque semaine de suivi (à 72, 79, 86, 93 et 100 jours de gestation). Tous les relevés ont été effectués par un unique expérimentateur. L'activité générale des truies ainsi que la proximité aux autres congénères ont été relevées (Tableau 2). Les truies ont été systématiquement observées dans le même ordre pour homogénéiser le temps entre 2 scans consécutifs. Les stéréotypies ont notamment été relevées. Un comportement stéréotypé prévalait sur les autres : si une truie était, par exemple, en train de se déplacer tout en effectuant de la mastication à vide, elle était notée en stéréotypie et non en locomotion.

Tableau 2 : Comportements relevés lors des instantaneous scan sampling sur les truies en gestation

Activité générale	
Repos	L'animal est allongé, inactif
Alimentation	L'animal est dans le DAC
Locomotion	L'animal est debout en mouvement
Immobilité	L'animal est debout immobile tête relevé
Interaction sociale	L'animal émet ou reçoit un comportement social.
Flairage	L'animal flaire des éléments de la salle
Stéréotypie	L'animal effectue un comportement stéréotypé (mastication à vide, mastication ou léchage d'un objet de façon répétitive (Rushen, 1985), roulement de langue (Zanella et al., 1996)
Mastication de la paille	L'animal fouille, mastique ou ingère de la paille
Proximité aux congénères	
Eloigné	L'animal se tient à plus d'un individu de long (~2m) d'un congénère, ou est séparé des congénères par un élément de l'environnement (barrière)
Proche	L'animal se tient à moins d'un individu de long (~2m) d'un congénère
Contact	L'animal a le groin ou au moins 1/3 du corps en contact avec un congénère

- Observations en continu des interactions agonistiques

Afin d'évaluer l'évolution de l'agressivité et de pouvoir notamment déterminer la hiérarchie au sein du groupe, des observations en continu ont été effectuées chaque semaine sur les mêmes plages horaires que les scans instantanés partir d'enregistrements vidéos. Les comportements agonistiques (Tableau 3) ont été relevés pour la totalité des truies grâce au logiciel The Observer XT14 (Noldus, Pays-Bas). L'identité de l'émettrice d'un comportement ainsi que la nature du comportement ont été relevées. L'issue de chaque interaction agonistique (victoire de l'une des deux protagonistes ou match nul) était relevée en identifiant la gagnante et la perdante.

Tableau 3 : Comportements agonistiques relevés lors des observations en continu sur les truies en gestation

Comportement	Description
Menace	L'animal engage une interaction agressive sans contact physique (Bornett et al., 2000)
Morsure	L'animal ouvre et ferme la bouche sur ou près de la tête ou du corps d'un congénère (Giergiel et al., 2021),
Coup de tête	L'animal donne des coups de tête rapides, ascendants, latéraux et orientés vers la tête ou le corps de l'opposant (Bornett et al., 2000)
Poursuite	L'animal court après un congénère de façon menaçante (Bornett et al., 2000)
Evitement	L'animal éloigne la tête ou le corps en réponse ou par anticipation à un acte agressif venant d'un congénère (Bornett et al., 2000)
Fuite	L'animal court en s'éloignant du congénère attaquant (Bornett et al., 2000)

3.3. Prélèvements et dosage du cortisol salivaire, notation de l'état corporel

La physiologie du stress, notamment à travers la production de glucocorticoïdes ayant son importance dans les mécanismes de transferts materno-fœtal, un dosage du cortisol salivaire des truies a été opéré. Le cortisol salivaire est réputé pour être un bon indicateur du stress aigu chez le porc (Giergiel et al., 2021). En ce sens, des échantillons de salive ont été relevés le premier jour de restriction d'accès au DAC. Des échantillons de contrôle ont également été prélevés la semaine précédente.

Trois échantillons ont été prélevés chaque jour de prélèvements afin de tenir compte des variations nyctémérales du cortisol (à 8h30, à 11h30 et à 14h30).

Consécutivement au troisième prélèvement de la journée, une notation de l'état corporel des truies grâce à la grille Welfare Quality (European Welfare Quality® project) a été opérée. La nature des lésions ainsi que leur localisation étaient relevées (Figure 7).

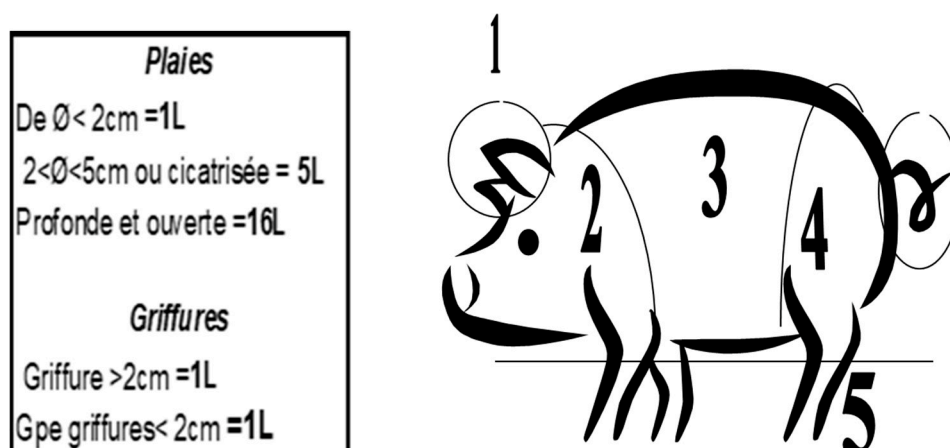


FIGURE 7: GRILLE DE NOTATION DE L'ETAT CORPOREL DES TRUIES (WELFARE QUALITY). L = LESIONS

3.4. Test d'approche de l'humain (70j de gestation)

La réponse d'une truie à l'approche d'un humain dans son enclos a été relevée une fois en début d'expérimentation, la réponse des truies à ce test ayant été démontrée répétable (Scott et al., 2009). Les truies étaient testées individuellement. L'expérimentatrice impliqué dans le test était habillée d'une combinaison différente de celle des animaliers (blanche). Une seule expérimentatrice entrait dans la salle des truies pour effectuer les tests, une autre personne se tenait dans la zone d'observation pour des questions de sécurité. Le test se déroulait en 3 étapes, similaire à celles décrites dans l'étude de Scott et al. (2009) :

1- L'expérimentatrice faisait d'abord le tour de la salle pour avertir les truies de sa présence puis allait se positionner face à la truie à tester, à 50cm environ, puis restait 10 secondes sans bouger les bras le long du corps.

2- L'expérimentatrice s'approchait de la truie en tendant la main et en s'agenouillant et restait de nouveau 10 secondes immobile.

3- Si la truie n'avait pas réagi à la phase 2, l'expérimentatrice entreprenait de la toucher entre les deux oreilles et maintenait le contact pendant 10 secondes avec l'animal.

Un score entre 0 et 2 était alors donné à l'animal :

Score 2 : La truie avait accepté le contact de l'expérimentatrice lors de l'étape 3 sans aucun mouvement de retrait, ou avec un retrait mais suivi d'une approche.

Score 1 : La truie s'était retirée lors de l'approche de l'expérimentateur et l'approche et son accroupissement

Score 0 : La truie s'était retirée dès la première étape, lorsque l'expérimentatrice se présentait face à elle.

Les truies ayant un score de 0 ou de 1 ont été catégorisées comme 'farouches', et les truies ayant un score de 2 ont été catégorisées comme 'dociles' pour les analyses.

4. Traitement expérimental et relevés de données sur les porcelets

4.1. Test d'immobilité tonique à 7 et 15 jours

Une seule expérimentatrice a réalisé la totalité des tests sur les trois bandes d'animaux, une autre opératrice chronométrait et préparait les tests. Le chariot avec le dispositif de test (Figure 8) était amené devant la loge des porcelets. Les porcelets étaient prélevés un à un aléatoirement dans la loge pour être soumis au test. Tous les porcelets d'une même loge étaient testés à la suite. Si une session

d'allaitement était en cours ou si un allaitement démarrait en cours de tests, les tests étaient interrompus pour la loge en question afin d'y revenir plus tard.

Le porcelet était amené par l'expérimentatrice sur le dispositif de manière la plus standardisée possible : il était saisi et soulevé par une patte arrière et maintenu par une main en dessous du ventre dans la loge (technique conseillée pour éviter de blesser l'animal), puis ramené contre la poitrine de l'expérimentatrice qui utilisait l'autre main pour lui tenir la tête. La durée de contention dans les bras de l'expérimentatrice était réduite au maximum. Le test démarrait dès que le porcelet était retourné sur le dos dans le dispositif et que le sac de sable était apposé sur sa gorge. L'expérimentatrice tentait alors durant 10 secondes maximum de contenir le porcelet sur le dos en maintenant le sac sur sa gorge et lâchait prise dès que le porcelet montrait des signes d'immobilisation tonique (immobilisation et tension des membres inférieurs). Le chronomètre était alors activé jusqu'à ce que le porcelet se remette à bouger. Si le porcelet ne s'était pas immobilisé dans les 10 secondes, il était replacé sur ses pattes, sur le chariot, en étant maintenu par l'opérateur durant 30 secondes avant une nouvelle tentative d'immobilisation sur le dos. Le nombre de tentatives maximum était fixé à trois. Le nombre de tentatives pour obtenir l'immobilisation de l'animal ainsi que le temps d'immobilité tonique étaient relevés. Si un animal ne s'immobilisait pas dans les trois tentatives, il obtenait un temps d'immobilité nul.



FIGURE 8 : PORCELET EN TEST D'IMMOBILITE TONIQUE

4.2. Renforcement positif de la relation humain-animal

La moitié des porcelets suivis, un mâle et une femelle par truie, soit 48 porcelets, ont été apprivoisés 3 fois 5 minutes quotidiennement par l'humain durant sept jours entre 35 et 45 jours. L'apprivoisement avait lieu dans la loge des porcelets suivis, en présence du porcelets « accompagnateur ».

Le protocole d'apprivoisement pour chaque session était standardisé :

L'expérimentatrice se plaçait devant la loge pendant 30 secondes avec son tabouret en main, puis entraînait et allait s'asseoir dans le fond de la loge. Elle donnait tant que possible des contacts positifs répétés (caresses, paroles douces, grattages répétés) à chaque animal. Cette étape était adaptée à la réaction de chaque animal. (i) l'expérimentatrice tendait sa main vers l'animal, (ii) si l'animal ne partait pas, l'expérimentatrice le touchait au niveau du groin ou de la tête, (iii) si l'animal ne refusait pas le contact, l'expérimentatrice procédait à des caresses et grattages le long du corps. Si un animal refusait violemment l'approche de l'humain, l'expérimentatrice tentait d'approcher l'autre porcelet de la loge. Le temps était autant que possible, réparti de manière équitable entre les deux animaux suivis.

Lors de la toute première session, l'expérimentatrice ne cherchait pas le contact des animaux et se contentait de rester assise et immobile la totalité des 5 minutes afin de familiariser les animaux à sa présence.

4.3. Tests d'openfield (OFT) et d'approche volontaire de l'humain (HVAT) au sevrage

L'openfield est un test couramment utilisé et pertinent pour évaluer la réactivité émotionnelle et le bien-être des porcs (Donald et al., 2011).

Consécutivement au sevrage, à 31 ou 32 jours, puis à la suite de la phase d'apprivoisement à 47 et 48 jours, les porcelets ont été individuellement soumis à un test d'openfield suivi d'un test d'approche volontaire de l'humain dans une salle insonorisée de 2.7 m x 2.7 m. Les vidéos des tests étaient retransmises et enregistrées grâce à une caméra (BOSH HIKVISION H+265) reliée à un enregistreur numérique (HIKVISION NVR 4.0) et les sons étaient captés et enregistrés grâce à un microphone C314 (AKG, Austria) pour un relevé des comportements en direct et à posteriori grâce aux enregistrements.

- Test d'openfield :

L'animal était amené individuellement depuis sa loge jusque devant la salle de test par un animalier dans un chariot roulant muni d'une trappe. Le chariot était accolé à la trappe d'entrée dans la salle de test, les trappes du chariot et de la salle étaient alors ouvertes et l'animal était poussé dans la salle. Il y était alors isolé durant 5 minutes à compter de la fermeture de la trappe de la salle derrière lui. 16 zones virtuelles de tailles égales ont été définies afin d'étudier la mobilité de l'animal lors du test. Les comportements relevés sont détaillés dans le tableau 4.

- Test d'approche volontaire de l'humain

Consécutivement aux 5 minutes d'isolement, la porte de la salle contenant la trappe d'entrée des cochons était ouverte afin que l'humain impliqué dans le test entre pour aller s'asseoir face à la caméra et contre le mur (Figure 9, zone humain). La porte de la salle était alors refermée de l'extérieur par

l'animalier. Une fois l'humain assis et immobile, le test démarrait pour cinq minutes. Le comportement de l'animal en présence de l'humain immobile était alors relevé.

Deux zones virtuelles supplémentaires ont été définies afin de localiser l'animal en termes de proximité à l'humain, avec une zone dite « distante » de l'humain et une zone « proche » de l'humain.

Tableau 4 : Ethogramme pour le test d'openfield et d'approche volontaire de l'humain

	Comportement	Description
Vocalisations	Aboiement	Vocalisation grave, courte, bouche ouverte, fin « soufflée »
	Couinement	Vocalisation aigüe, bouche fermée, courte
	Cri	Vocalisation aigüe, bouche ouverte, courte ou longue
	Grognement	Vocalisation grave, courte ou longue, bouche fermée, son nasal
	Mixte	Vocalisations commençant dans les basses fréquences (type grognement) et terminant dans les hautes fréquences, par un couinement (bref et aigu)
Mobilité	Présence dans le zones de mobilité (16)	L'animal a au moins l'avant du corps (pattes antérieures et tête)
Comportements généraux	Exploration environnement	L'animal explore l'environnement avec son groin; marche groin au sol ou explore les parois de la salle
	Alerte	L'animal est debout, immobile, tête dressée
	Couché	L'animal est couché sur le ventre ou les flancs
	Fuite	L'animal saute contre les parois ou la porte
Comportements vis-à-vis de l'humain (Test de d'approche de l'humain uniquement)	Présence zone humain	L'animal a les pattes avant et la tête dans la zone de l'humain
	Investigation humain	L'animal investigate l'humain, la cote ou les bottes, avec son groin
	Présence zone éloignée	L'animal a les pattes avant et la tête dans la zone distante de l'humain
Maintenance	Défécation ou Miction	

Pour éviter la multiplication des tests statistiques et l'inflation d'erreur, des analyses en composantes principales (ACP) ont été effectuées sur les variables extraites pour chaque test d'OFT et HVAT. Les coordonnées des animaux sur les composantes principales (CP) décrites ont été interprétées comme des scores comportementaux. Ce sont ces scores qui seront utilisés dans les analyses.

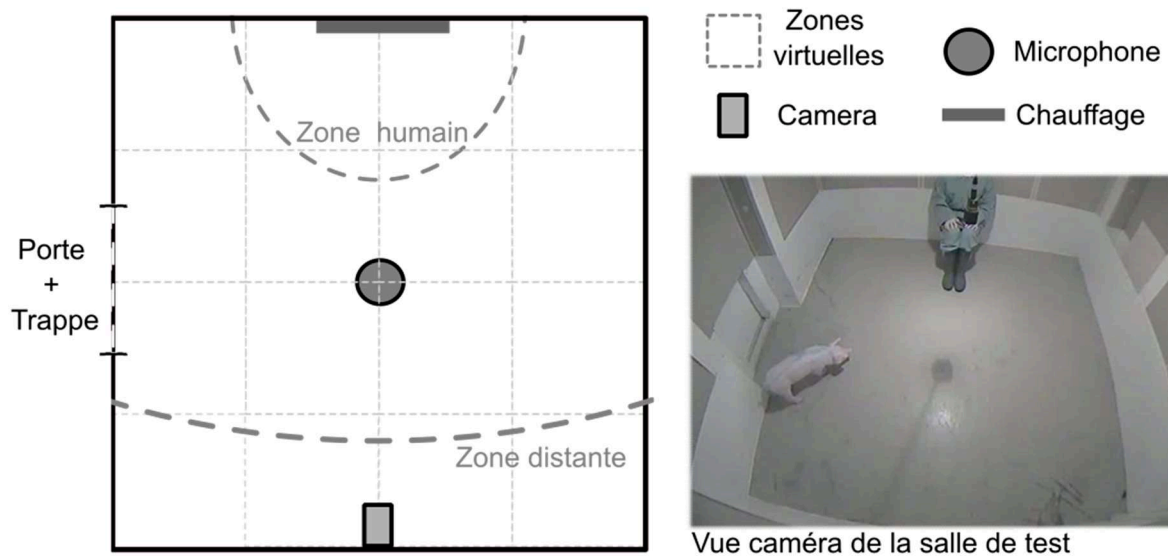


FIGURE 9: SALLE DE TEST D'OPENFIELD ET D'APPROCHE VOLONTAIRE DE L'HUMAIN

4.4. Test d'apprentissage spatial

La capacité des animaux à trouver une récompense dans un labyrinthe complexe a été testée. Le labyrinthe comportait 3 voies sans issues (Figure 10). Une friandise (5 M&m's® ainsi que de l'aliment habituel, auxquels les animaux ont été habitués) était proposée au bout du labyrinthe. Une phase d'habituation en groupe au dispositif a été menée afin de diminuer le niveau de stress des porcelets dans cet environnement nouveau pour les phases de test, et évaluer au maximum leur capacité cognitive.

Déroulé :

-Phase 1a: habituation en groupe au dispositif (2 jours) : Les animaux étaient amenés par groupe de 3 dans le labyrinthe, (2 occurrences quotidiennes de 10 minutes). Pas de friandises.

-Phase 1b (2 jours) : Habituation individuelle au dispositif (2 occurrences quotidiennes de 5 minutes). Friandises disposées aléatoirement dans le labyrinthe.

-Phase 2 : Apprentissage spatial (J1, J2, J3, J4) : Le porcelet dispose de 5 minutes pour explorer le labyrinthe et y trouver la localisation de la récompense (en bout de labyrinthe)

-Phase 3: 'Reverse learning' (J5, J6) : Le porcelet dispose de 5 minutes pour explorer le labyrinthe et y trouver la localisation de la récompense (délocalisée dans un cul-de-sac)

Les animaux étaient mis à jeun une quinzaine d'heure avant les tests afin de les motiver à trouver la récompense. La mise à jeun consistait à vider les bacs d'aliment. Chaque animal était testé

une fois par jour. Les animaux testés le matin étaient mis à jeun la veille à 15h30, ceux testés l'après-midi étaient mis à jeun la veille à 20h.

L'animal était amené à l'entrée de la salle du labyrinthe dans un chariot. La trappe était alors ouverte, l'animal pouvait entrer librement dans le dispositif. Il disposait de 30 secondes pour entrer volontairement. Si au bout de 30 secondes il n'était pas entré, l'opérateur le poussait dans la salle à l'aide d'un panneau de contention. Il y était laissé seul jusqu'à ce qu'il ait atteint et mangé la récompense. Si toutefois au bout de 5 minutes il n'avait pas atteint la récompense, il était sorti de la salle à l'aide de panneau de contention, poussé à entrer dans le chariot et ramené à sa loge dans le chariot.

La latence pour trouver la récompense à compter de l'entrée dans la salle a été relevée chaque jour.

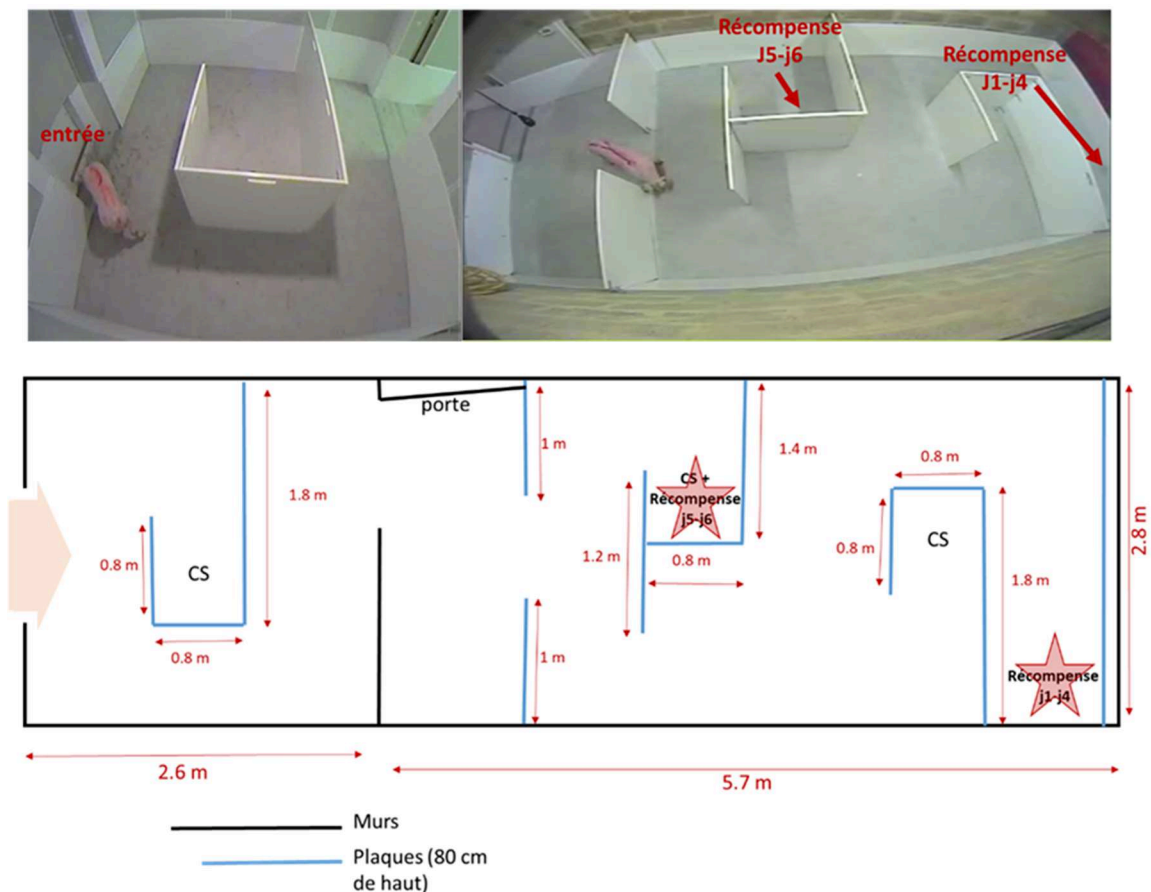


FIGURE 40: ORGANISATION DU LABYRINTHE POUR LE TEST DE MEMOIRE SPATIALE. (CS : CUL DE SAC)

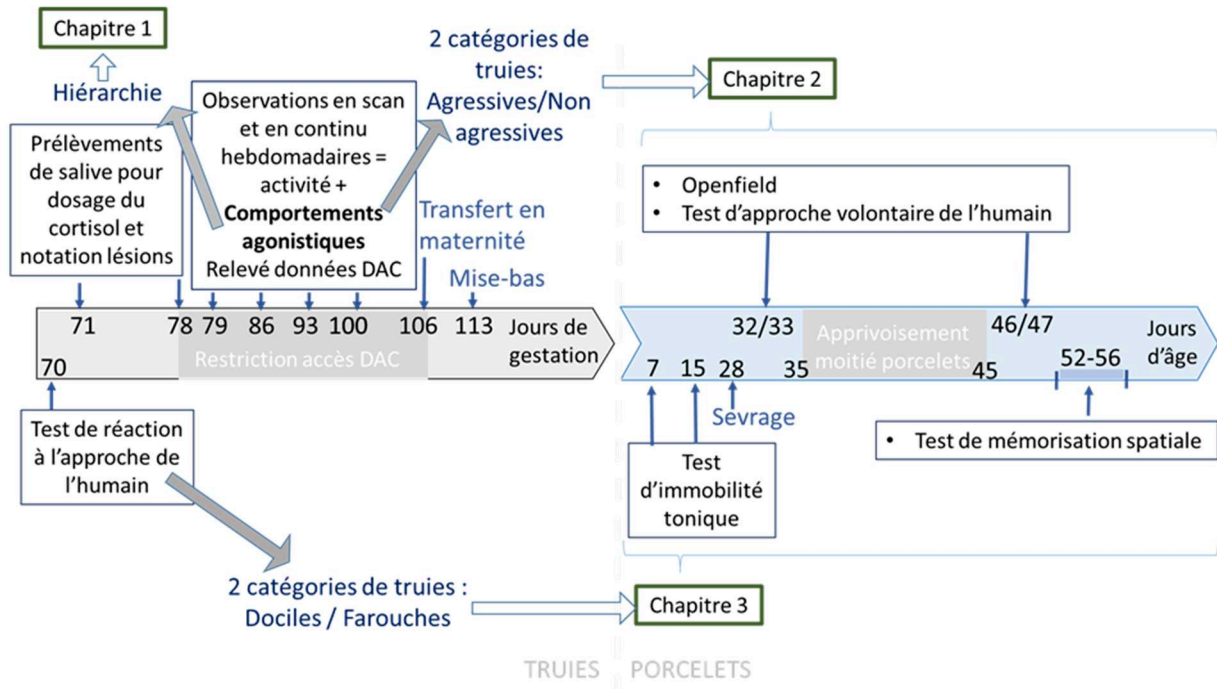


FIGURE 11 : SCHEMA EXPERIMENTAL

Chapitre 1 : Hiérarchie et stabilité comportementale de
réponse à un stress d'origine sociale et alimentaire chez les
truies gestantes

Partie 1 : Caractéristiques de la hiérarchie, lien avec d'autres indicateurs

Préambule

En cohérence avec l'origine des stress auxquels sont soumises les truies gestantes, le stress que nous avons appliqué était susceptible d'être modulé par le statut hiérarchique des truies et leur capacité à accéder à la ressource alimentaire. De plus, comme exposé en introduction, le caractère dominant/subordonné est parfois inclus dans le concept de personnalité animale. Il était nécessaire d'investiguer les caractéristiques de la hiérarchie au sein de nos groupes de truies et de comprendre ses implications sur l'accès au DAC. La bibliographie sur le sujet est ancienne, incomplète ou contradictoire. C'est pourquoi nous avons mené une étude afin de caractériser la hiérarchie au sein de nos groupes et d'étudier son lien avec l'utilisation du DAC par les truies. Aussi, afin de s'assurer que le classement selon un ordre hiérarchique continu est valable, il convenait de s'assurer de la linéarité de la hiérarchie dans le groupe. Pour justifier de l'utilisation de la dominance comme trait de personnalité, il fallait également vérifier la stabilité et la robustesse de la hiérarchie dans les groupes de truies.

Contexte

Au sein d'un groupe de truies élevées dans des conditions similaires, le statut social est susceptible de moduler l'impact d'un facteur de stress d'origine alimentaire et sociale (Verdon et al., 2015). Les animaux sous restriction alimentaire expriment davantage de comportements agonistiques que les animaux nourris ad libitum (Brouns and Edwards, 1994). Cependant, les conséquences d'une restriction du temps d'accès au DAC sans modification des quantités d'aliments ne sont pas connues. La capacité à remporter des interactions agonistiques, *i.e.* à être dominant, a été reliée au succès de déplacement des congénères à la station d'alimentation (Kranendonk et al., 2007). Il existe plusieurs méthodes permettant de calculer les rangs hiérarchiques dans un groupe. Parmi elles on compte : le classement grâce au score de David, au Dominance index et au Elo-score. Toutes se basent sur l'hypothèse que la hiérarchie est linéaire et nécessitent des observations chronophages. Identifier des variables indicatrices du statut social des animaux serait donc intéressant.

Ce travail a donc visé à étudier l'impact de la restriction d'accès au DAC sur les interactions agonistiques dans le groupe dans un premier temps. Nous avons, dans un second temps, étudié les corrélations entre les classements obtenus par les différentes méthodes de calcul de la hiérarchie pour s'assurer de la pertinence de notre classement. Ensuite, nous avons étudié les caractéristiques (stabilité, linéarité, raideur) de la hiérarchie. Enfin, nous avons étudié les relations entre le rang hiérarchique et l'utilisation du DAC, ainsi que le poids et la parité des truies.

Méthode

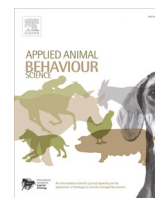
L'analyse a été effectuée sur quatre groupes de 18 (± 1) truies, incluant les trois groupes de truies suivis dans le cadre du projet de thèse final et une bande supplémentaire dont le suivi des porcelets avait été abandonné mais pour lesquels les relevés en gestation étaient complets. Les animaux ont été suivies de 71 à 106 jours de gestation et ont subi une restriction d'accès au DAC à partir du 78^{ème} jour afin d'exacerber les comportements agonistiques et pour permettre d'observer l'expression de la hiérarchie. Six heures d'observation hebdomadaires ont permis d'étudier l'agressivité au sein des groupes et de calculer les rangs hiérarchiques. L'évolution du nombre d'agressions au fil des semaines a été analysée grâce à des tests de kruskal-wallis. Trois méthodes de calcul du rang hiérarchique (par Dominance index, score de David et Elo-score) ont été comparées grâce au test de corrélation Spearman et des variables sociométriques diverses (linéarité, transitivité, stabilité, raideur) ont été calculées. Les relations entre le rang hiérarchique et le comportement alimentaire ainsi que les caractéristiques inhérentes aux individus (parité, poids) ont été étudiées grâce à des tests de corrélation de Spearman.

Principaux résultats

L'agressivité des truies augmente avec les restrictions d'accès au DAC sans que les agressions avec contact physique n'aient lieu en plus grosse proportion. Les trois méthodes de calcul de la hiérarchie étudiées donnent des classements équivalents ($R > 0,92$, $P < 0,01$). La hiérarchie est stable au sein d'une bande sur une gestation ($Stab = 0,996 \pm 0,001$), assez raide (raideur réelle = $0.545 \pm 0.085 >$ raideur attendue = 0.182 ± 0.22), et quasi-linéaire et transitive ($H' = 0,701 \pm 0,068$, 0.967 ± 0.035). Le rang hiérarchique est fortement anti-corrélée à l'ordre de passage au DAC ($RS = -0.83$, $P < 0.001$), anti-corrélée au poids en sortie de gestation ($RS = -0.75$, $P < 0.001$), à la parité ($R = -0,75$, $P < 0,01$) et au nombre de visites du DAC ($RS = -0.21$, $P < 0.001$).

Conclusions

La restriction d'accès au DAC a bien eu pour conséquence d'augmenter le nombre d'interactions agonistiques au sein du groupe. Ceci a permis d'étudier finement les caractéristiques de la hiérarchie qui s'est avérée être linéaire, stable et raide, et donc très robuste. Les interactions agonistiques avec contact physique restent toutefois minoritaires dans nos groupes stables. L'ordre hiérarchique est lié à l'accès au DAC, à la parité et au poids des truies qui peuvent donc être de bonnes variables indicatrices du statut social des animaux.



Dominance hierarchy in groups of pregnant sows: Characteristics and identification of related indicators

Mathilde Lanthony^{a,b,1}, Margot Danglot^a, Marek Špinko^c, Céline Tallet^{a,*}

^a PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France

^b AgroParisTech, 75005 Paris, France

^c Department of Ethology and Companion Animal Science, Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences, 165 21 Prague, Czechia

ARTICLE INFO

Keywords:

Agonistic behaviour
Automatic feeder
Sociometric variables
Sows

ABSTRACT

Pig groups are known to be organised along dominance hierarchies. Little is known about the characteristics of the hierarchy in groups of sows and there are various methods to calculate dominance ranks within the hierarchy. Assessing dominance through recording agonistic interactions requires time-consuming observations. In order to compare the ranking methods, to investigate the sociometric characteristics of pig hierarchy such as stability, linearity and steepness, and to identify easy-to-record proxy indicators of hierarchy, four groups of 18 (± 2) gestating sows were studied. The sows were followed from 71 to 106 days of gestation. Starting from day 79, the access to the self-locking automatic feeders was limited to 6 h a day from to stimulate agonistic interactions. Each week, agonistic interactions were recorded during six continuous hours allowing the calculation of several dominance scores and sociometric variables. The restriction of feeding time increased the number of agonistic interactions but did not impact the proportion of agonistic behaviours with physical contact. The Dominance index, the David score and the Elo-score, used to rank the sow according to their dominance position, were highly inter-correlated ($R > 0.92$). The hierarchy was stable (stability index $Stab = 0.996 \pm 0.081$), transitive (proportion of transitive triads $Pt = 0.967 \pm 0.035$), quasi linear (Improved Landau index of linearity $h' = 0.701 \pm 0.068$) and moderately steep (real steepness $Steep = 0.545 \pm 0.085$). The rankings obtained through Elo-score were highly correlated with the mean order feeding order ($R_S = 0.76$), weakly correlated with the total number of feeder visits ($R_S = -0.21$, $P < 0.001$) and not correlated with the daily mean time spent in the feeder ($R_S = 0.09$, $P = 0.10$), or the total daily spent time in the feeder ($R_S = 0.10$, $P = 0.07$). The rank was also highly negatively correlated to parity ($R_S = -0.83$, $P < 0.001$) and to the weight at the end of gestation ($R_S = -0.75$, $P < 0.001$). The results suggest that dominance hierarchies in stable groups of pregnant sows are stable and strong. Dominance rank of an individual can be estimated according to the feeding order, body weight or parity if there is enough variability in the group.

1. Introduction

Domestic pigs' social organisation starts early in life with the establishment of teat order and continues all along with life with the organisation of a social hierarchy (Ewbank, 1976). The hierarchy consists of dyadic dominant/subordinate relationships established and maintained through agonistic behaviour. The agonistic behaviour includes offensive and defensive contact and non-contact events, such as biting, pushing, fleeing, pursuing as well as communicative elements such as threats expressed through body movements and vocal

communication. In this social structure, each member of the group can evaluate its chances to win a conflict, which channels the agonistic behaviour towards benign forms such as withdrawal of submissive animals and gives prior access to resources to the most dominant animals (Boissy, 2012). In newly formed pig groups, the majority of the agonistic behaviours occurs within the first hours after mixing and the dominance order tends to stabilise within 48 h (Meese and Ewbank, 1973; Stookey and Gonyou, 1994). Access to food has important influence on aggressiveness with animals restrictedly fed animals expressing more agonistic behaviours than those fed ad libitum (Petherick and Blackshaw, 1983;

Abbreviations: DI, Dominance index; ELO, Elo-score; DS, David score.

* Corresponding author.

E-mail address: celine.tallet@inrae.fr (C. Tallet).

¹ ORCID: 0000-0002-5527-1321.

<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105683>

Received 29 March 2022; Received in revised form 10 June 2022; Accepted 14 June 2022

Available online 16 June 2022

0168-1591/© 2022 Published by Elsevier B.V.

Brouns and Edwards, 1994). However, it is not known how agonistic behaviour is affected if duration of daily access to feeders is restricted while the amount of feed provided per day remains unchanged. The ensuing time pressure to obtain each food ration could modulate the quantity and/or quality (type of interactions, intensity) of the agonistic behaviour. In the situation of competition among pregnant sows, the success in winning agonistic interactions has been reported to correlate with displacement success at the feeding station in a situation of competition (Kranendonk et al., 2007) but also with weight (Norrington et al., 2019) and parity (Meese and Ewbank, 1973).

Several scoring methods are available to quantify the positions of animals within the dominance hierarchy, based on their recorded agonistic interactions. Three of them are common: the dominance index (DI, Büttner et al., 2019), the Elo-score (ELO, Neumann et al., 2011), and the David's score (DS, David, 1987). Dominance hierarchies can be characterised using various sociometric variables, including linearity, dyadic consistency, stability and steepness. Assigning a rank according to a dominance score requires the hierarchy to be linear or quasi-linear (Langbein and Puppe, 2004). A hierarchy is considered linear if for every dyad (A; B), the dominance relation is known, i.e. either A dominates B or B dominates A, and if all triads (A; B; C) are transitive, i.e. if A dominates B and B dominates C then A dominates C (de Vries, 1995). Improved Landau index (h') described by de Vries (1995) is an indicator for linearity ranking from 0 (not linear) to 1 (completely linear). Using this method, hierarchy was found to be quasi-linear in groups of weaned and growing pigs as well as in gilts (Puppe et al., 2008). Langbein and Puppe (2004) suggested that at the dyadic levels, the consistency of the outcomes between two individuals should be checked through assessing the number of one-way dyads (i.e. dyads with wins only for one individual), two-way dyads (i.e. dyads with wins for both individuals) and tied dyads (i.e. dyads with the same number of wins for both animals). Hierarchy of a group could be also described by its stability across time and its steepness. Hierarchy in groups of pregnant sows was found to be stable when measured through dyadic feeding competition tests (Parent et al., 2012). However, these methods are time consuming and stressful for the animals. To our knowledge, stability of hierarchy has never been studied in group-housed sows by observation of spontaneous interactions in the group. Another descriptive parameter of hierarchy is steepness which refers to the global difference in dominance success between two adjacently ranked individuals (De Vries et al., 2006). A high steepness refers to a hierarchy where two adjacently ranked individuals differ by a large degree in their overall dominance success and are thus not likely to switch places. Steepness has not yet been investigated in groups of pregnant sows.

The aim of the present study was fourfold. Firstly, we examined whether the amount and type of agonistic interactions changed with the imposition of a feeding time window. Secondly, we examined the structure of the dominance at a dyadic level and compared several ranking methods (DI, ELO, DS) in order to examine their agreement in the sow ranking. Thirdly, we calculated sociometric variables (transitivity, linearity, stability, steepness) to describe the structure of the hierarchy in the groups of sows. Finally, we evaluated the relations between the dominance rank, on the one hand, and several feeding behaviour variables, body weight and parity to find a proxy indicator of the hierarchy that is not based on the time-consuming recording of agonistic interactions. We hypothesised that the hierarchy would be expressed more frequently and through more agonistic interactions with physical contact when the time for feeding was limited. We also hypothesised that the hierarchy would be strongly stable, transitive, linear and steep and that among the proxy indicators, it would be most strongly correlated with the priority access to the feeder.

2. Material and methods

The experiments took place at the experimental unit Pig Physiology and Phenotyping (UE3P) of the French National Research Institute for

Agriculture, Food and Environment (INRAE) of Saint-Gilles (France) (DOI: 10.15454/1.5573932732039927E12) and were performed according to the current French and European legislation on the experimental animal care. The experiment was authorized by the permission No.25883–2020070711528084 v2 from the French Ministry of Agriculture.

2.1. Animals

A total of four groups of 18 (\pm 2) gestating sows were involved in the experiment, each group corresponding to a batch (BA-A, BA-B, BA-C, BA-D). The sows were housed in groups from the week of insemination till one week before farrowing in 54 m² pens with concrete floor. The schedule of insemination was made so that the sows were expected to deliver within a range of 3 days. The sows received two inseminations 24 h apart and were transferred immediately to the gestating room. They were checked for pregnancy directly in the gestating room using ultrasound scans. The pens were provided with straw every morning in a quantity that covered the straw enriched areas (Fig. 1) and enriched permanently with two chains hanging from a fence. Sow parity ranged from 1 to 8. Each group had access to two self-locking automatic feeders (Gestal®, JYGA Technologies Inc, Québec, Canada) distributing a standard diet for pregnant sows and to two troughs providing ad libitum access to clear water. The feeders delivered one ration of diet per day and reset at midnight. The diet was adjusted to each individual according to parity (3 categories: parity 1-P1, parity 2-P2, parity 3 and more-P3) and physical state at the beginning of gestation obtained through back fat measurement, visual inspection and body weight (5 categories: XS, S, M, L, XL). The diet could be adapted during gestation for an individual sow based on visual inspection of her physical state. Once the sow was inside the feeder, she was recognised based on an electronic ear tag. The diet was delivered by portions of 400 g every 1 min 30 s until the whole individual feed allowance provided. The sows usually ate their whole daily ration at once during the first visit.

The sows were followed for 5 weeks, each Wednesday, from day 71 of gestation (corresponding to week 1 = w1) until the transfer to the farrowing pens at day 106 (w5). Their agonistic behaviours were observed on camera records. From day 79 of gestation i.e. on Tuesday of w2, the access to feeders was time-restricted while the amount of food delivered remained unchanged. The restriction was implemented manually by the usual caretaker who went into the pen and locked or unlocked the entrance of the feeder. The feeders were left open for 6 h a day, starting variably at 8 am, 9 am or 10 am so the sows did not get used to the opening time. This restriction aimed to increase the number of agonistic behaviours and thus to assess accurately the dominance between the sows of each group. The follow-up was made at the end of gestation to make sure the hierarchy remained stable and that the risk of abortion was limited. Two cameras (BOSH HIKVISION H+265) fitted on the walls of the room (Fig. 1) recorded the behaviour of each sow group. The cameras were connected to a recorder (HIKVISION NVR 4.0) placed in another room. One camera covered the whole pen and the other focused on the area in front of the feeders where most of the agonistic interactions was supposed to happen. The sows were marked with numbers or letters drawn on their backs and flanks for individual identification. The sows were weighed during the transfer to the farrowing pens at the end of week 5.

2.2. Observation of the agonistic interactions

From video recording of each Wednesday, a trained operator scored all agonistic interactions for 6 h (8.30–11.30 am, 1–4 pm) using a continuous sampling method. The Observer XT 14.0 software (NoldusR®, the Netherlands) was used to record the identity of the interacting sows and the outcome of the interaction, i.e. the identity of the winner / loser. All agonistic behaviours with physical contact (head knocks and bites) as well as non-contact agonistic behaviours such as

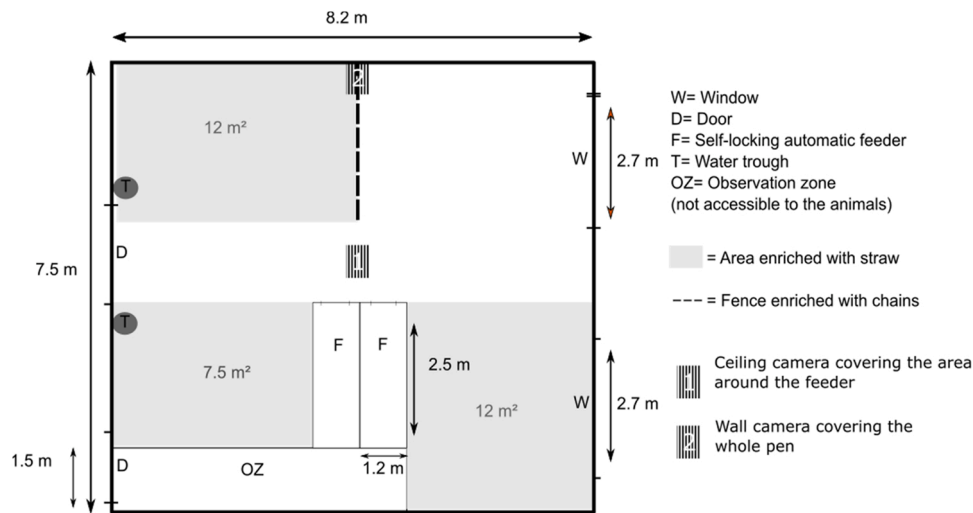


Fig. 1. Outline of the pen including two feeders.

threats, consisting in a sudden head movement toward another sow, were recorded. A sow was considered the winner of the interaction if she induced a behaviour of flight or siding from the other sow. The number of aggressive behaviours with physical contact, without physical contact as well as the number of all aggressive behaviour was summed for each week inside one batch. Dominance matrixes were built based on the outcome of each agonistic interaction. For each batch, the number of one-way dyads (either A always wins against B or B always wins against A), two-way dyads (sometimes A wins against B and sometimes B wins against A but either B or A wins more often), tied dyads (A wins against B as many times as B wins against A) and unknown dyads (A and B never interacted) was calculated.

2.3. Data from the automatic feeders

The feeders' software recorded every sow visit including sow identity, enter and exit times as well as the quantity of delivered feed. Visits were considered nutritive if feed was distributed during the visit. We calculated the following variables for each sow and each day on all the visits (nutritive or not): total number of visits, total time spent in the feeder, mean duration of a visit. The feeding order on a given day was assessed based on the time of the first nutritive visit, i.e. the first visit after feeder reset (week 1) or feeder opening (weeks 2–5). The average feeding order per week and over the entire experimental period was also calculated.

2.4. Calculation of hierarchy parameters

DI, ELO and DS were calculated for each batch with the software R version 3.6.2 (R Core Team, 2019) and the EloRating package (Newmann and Kulik, 2020). The DI is calculated according to the formulae given by (Büttner et al., 2019), inspired by (Bowen and Brooks, 1978) and is based on the ratio between wins and defeats of the individual. The ELO is calculated iteratively from a unique start score (default = 1000 in our case) and is modified according to the outcomes of the chronological sequence of the agonistic interactions (Neumann et al., 2011). The DS is calculated from a dominance matrix while taking the relative strengths of their opponents into account (David, 1987). Formulas for the three scores are given in Supplementary material 1.

All the sociometric variables were calculated for each batch using a function from EloRating package in R 3.6.2 (R Core Team, 2019). The sociometric variables were calculated at the end of the 5 weeks since they need a large amount of data to be accurately calculated. Hierarchy stability was calculated through the five weeks according to the method

described by McDonald et Shizuka (2012). The method is based on the ratio of rank changes (calculated through the Elo-score) per individual present over a given time period. The David score approach enabled the calculation of linearity and steepness indexes. The linearity was assessed using the method given by de Vries (1995), producing the improved Landau index of linearity h' that ranges from 0 (no linearity) to 1 (absolute linearity). The steepness was estimated according to the method described by De Vries et al. (2006). Steepness is defined as the absolute slope of the straight line fitted to the normalised David's scores plotted against the subjects' ranks (ranging from 0 to 1). The observed steepness was compared to the same variable obtained under the null hypothesis if the results of the agonistic interactions were randomly simulated (1000 iterations).

2.5. Statistical analysis

Data processing and analysis were done with R 3.6.2 (R Core Team, 2019). The changes across weeks in total number of aggression, aggression with physical contact and without physical contact were tested using Kruskal-Wallis non parametric test (followed by post-hoc Dunn tests) on the data of all four groups. The evolution across weeks of the proportion of aggression with and without physical contact was tested for each group using chi-square test. The stability of the feeding order across weeks was tested using the Kendall coefficient of concordance (W) and Friedman's test. The relations between hierarchical rank and the feeder variables or the weight and parity were analysed through the non-parametric Spearman correlation tests since the variables were not normally distributed. The significance level was set at $P < 0.05$.

3. Results

3.1. Hierarchy characteristics

3.1.1. Agonistic interactions along the weeks of observations

The observations allowed the collection of 719 ± 162 dyadic interactions per group with an identified winner and loser during the five weeks of data collection. Each sow interacted at least once and could then be classified. Fig. 2 shows the evolution of the mean number of aggression inside a batch (total, with and without physical contact) across weeks. There was a significant effect of the week on total number of aggression (kw = 12, df = 4, $P = 0.017$). The post-hoc tests showed significant differences between w1 and w3 ($z = 2.57$, $P = 0.010$), w1 and w4 ($z = 3.05$, $P = 0.0023$), w1 and w5 ($z = 2.21$, $P = 0.027$), while all the other pairwise comparisons were non significant

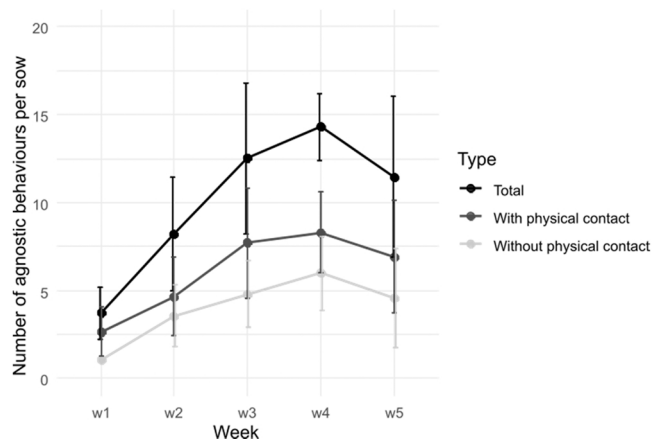


Fig. 2. Mean number and type of aggression per sow across time. Results averaged on each batch.

($-0.837 < z < 1.91$, $P > 0.056$).

The proportion of agonistic interactions with physical contact differed between weeks for batch BA-D ($\chi^2 = 18.29$, $df = 4$, $P = 0.0011$) but not for batch BA-A ($\chi^2 = 4.07$, $df = 4$, $P = 0.40$), BA-B ($\chi^2 = 7.99$, $df = 4$, $P = 0.092$), nor BA-C ($\chi^2 = 1.68$, $df = 4$, $P = 0.79$).

Table 1 sums up the sociometric indices at a dyadic level in each batch. Dominance was expressed mostly through one-way dyads ($73.39 \pm 4.29\%$) and much less often through two-way dyads ($12.50 \pm 3.01\%$). The proportion of tied dyads was low in all the groups ($1.86 \pm 1.07\%$) while the number of unknown dyads was moderate ($12.25 \pm 4.44\%$).

3.1.2. Correlation between the ranking methods

The rankings according to DI, DS and ELO were highly correlated with each other for all the sows across the four groups ($N = 70$, $R_{S_{DI/DS}} = 0.93$, $R_{ELO/DS} = 0.94$, $R_{ELO/DI} = 0.92$).

3.1.3. Sociometric variables

Table 2 sums up the sociometric variables for each batch. The mean stability index was 0.996 ± 0.001 , documenting strongly stable hierarchies. To visualise the stability of ranking, Fig. 3 shows the evolution of the Elo-score across weeks for each batch. The proportion of transitive relations was $P_t = 0.967 \pm 0.021$, showing an almost absolute prevalence of transitive relations. The improved Landau index of linearity was $h' = 0.701 \pm 0.067$, close to 1, indicating a quasi-linear hierarchy. The hierarchies were moderately steep, with the mean steepness being 0.548 ± 0.076 and all the observed steepness being above the expected steepness in all cases.

3.2. Link between ranking obtained from behavioural observations and other variables

3.2.1. Link with feeding behaviour

The whole feed portion was delivered during the first nutritive visit of the day in 96.5 % of cases and these visits lasted on average 33.1

± 17.0 min for the sows of all four groups. The feeding order was highly stable across time. The Kendall coefficient of concordance of the feeding order across weeks calculated over all animals was equal to 0.858 ($F = 24.2$, $P < 0.001$).

The overall correlation between the feeding order and the ELO rank was significant ($R_s = 0.76$, $P < 0.001$). When each group week combination was considered, only one correlation was not significant ($R_s = 0.404$, $P = 0.11$, for BA-C on w1), another correlation was low ($R_s = 0.5$; $P = 0.043$ for BA-B on w2) and all the other were higher than 0.60 (Fig. 4).

Rank was not correlated with the daily mean time spent per visit in the feeder ($R = 0.09$, $P = 0.10$), neither with the total daily time spent in the feeder ($R = 0.10$, $P = 0.07$), but was weekly negatively correlated with the mean total number of daily visits in the feeder ($R = -0.21$, $P < 0.001$).

3.2.2. Link with parity and weight

ELO rank was negatively correlated with parity (mean $R_s = -0.84$, $P < 0.001$) and with the sow body weight at the end of gestation ($R_s = -0.75$, $P < 0.001$ Fig. 5).

4. Discussion

4.1. Agonistic interactions

Aggression in pigs is low among familiar animals unless resources become limited (Arey and Edwards, 1998) and competition for food is known to increase aggression (Arey, 1999; Petherick and Blackshaw, 1987). In our study, we observed an almost four-fold increase (from about 3.5 acts on w1 to 14 acts on w4) rise in aggression across the three first weeks of feed restriction. The higher level of agonistic interactions during w3, w4 and w5 were likely linked with the limited time of feeder access, as no other aspects of rearing conditions were modified. Nevertheless, a comparison with a control group without feeding restriction would have been necessary to validate the explanation. The feeder restriction increased the agonistic interactions without rising particularly those with physical contact, since the proportion between interaction with physical and without physical contact was stable across weeks. In stable groups with ad libitum access to food, dominance interactions are mostly expressed without physical contacts in the form of threats and avoidance (Arey and Edwards, 1998). Our findings could thus be explained by the strength and the stability of the hierarchy inside the stable sow groups as compared, for instance, to dynamic groups where sows are frequently mixed. When a stable group is submitted to a challenge, the hierarchy becomes more frequently expressed but is not disrupted. In addition, females have been reported to achieve social stability faster than males, already within 23 h after mixing (Tong et al., 2020). Indeed, it can be seen in Fig. 3 that after feeding was time-restriction in our study, the dynamic of the Elo-score, i.e. the dynamic of the agonistic interaction was modified but the overall ranking order of the animals was preserved. Thus, our results provide evidence for sustained strong hierarchies inside stable groups of pregnant sows. In addition, the proportion of two-way dyads in our groups was very low, meaning that at the dyadic level, a dominated individual was not likely

Table 1 Sociometric indices at a dyadic level in each batch.

Batch	N	Number of interactions	Total dyads	One way dyads	Two way dyads	Tied dyads	Unknown dyads	% one-way	% two-way	% tied	% unknown
BA_A	18	481	153	106	15	5	27	69,28	9,80	3,27	17,65
BA_B	17	835	136	102	22	2	10	75,00	16,18	1,47	7,35
BA_C	17	767	136	107	14	1	14	78,68	10,29	0,74	10,29
BA_D	18	796	153	108	21	3	21	70,59	13,73	1,96	13,73
							Mean	73,39	12,50	1,86	12,25
							Sd	4,29	3,01	1,07	4,44

Table 2
Sociometric variables of dominance hierarchy in the four groups of sows.

Batch	N	Stability index	Improved Landau index h'	Proportion of transitive relations Pt	Real steepness r	Expected steepness r'
BA-A	18	0.994	0.620	0.961	0.441	0.163
BA-B	17	0.996	0.708	0.945	0.574	0.197
BA-C	17	0.998	0.784	0.996	0.621	0.193
BA-D	18	0.996	0.694	0.966	0.555	0.177
	Mean	0.996	0.701	0.967	0.545	0.182
	Sd	0.001	0.067	0.021	0.076	0.016

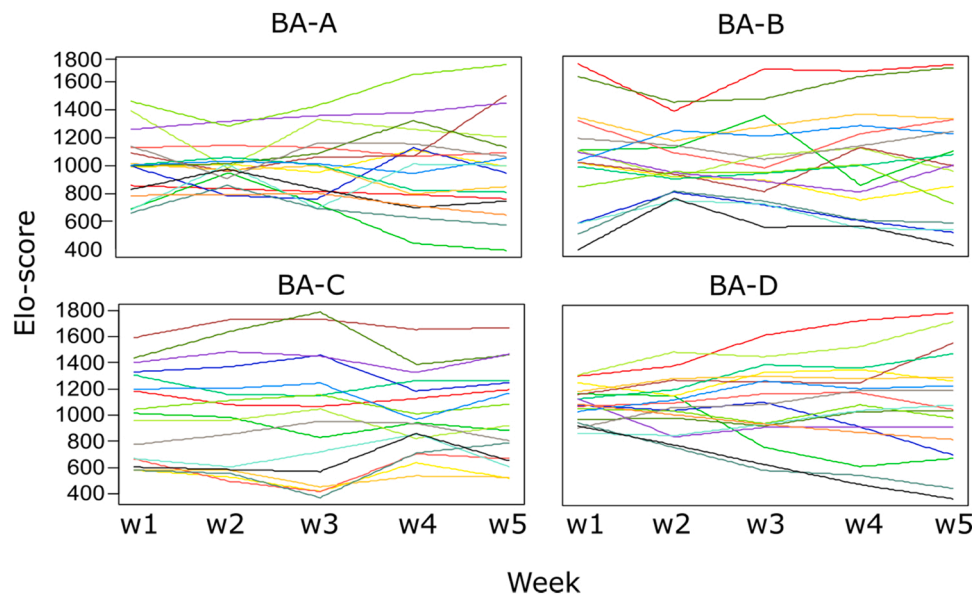


Fig. 3. Evolution of the Elo-score across weeks for each batch. Each colour represents one individual.

to attack the dominating pig, and thus disrupt the hierarchy. It appears that when two individuals interacted, the status of their dominance relationship was rather reinforced than challenged, according to their specific dyadic interaction history (Strauss and Shizuka, 2022).

The level of aggression on w1 was low for all the groups. This confirms that inside a stable group of pregnant sows, it takes long to record a sufficient number of agonistic interactions for an accurate description of the hierarchy. The application of a mild degree of competition, as done from w2 through imposing the time-limited access to the feeders, makes it possible to collect enough data in shorter time without impacting feed intake. Nevertheless, it is still necessary to record the interactions, spend hours on scoring the agonistic behaviours from the video recordings and calculate the ranks from the matrices to assess the dominance. Other methods, such as assessing all the dyads through paired food competition tests (Brouns and Edwards, 1994), are even more time-consuming. Therefore, easier-to-record indexes of the hierarchy are desirable.

4.2. Linearity and transitivity of the hierarchy

The improved Landau indexes were significant and moderately high, indicating a quasi-linear hierarchy ($h' = 0.701 \pm 0.068$). Puppe et al. (2008) found similar results in 29 newly mixed groups of 8 sows ($h' = 0.71 \pm 0.03$) as did Hunter et al. (1988) in a group of 20 sows ($h = 0.6$). Still, the Landau indexes were not close to 1 which can be explained by the number of unknown relations inside the groups (12.25 % in our groups and 22.29 % in Puppe et al., 2008), rather than by a lack of transitivity as the proportion of transitive relations in our study was very high at 97 %.

The high proportion of transitive relations within the groups was a sufficient prerequisite for clear ranking the sows. The results on

transitivity and the rankings according to the DI, ELO and DS being correlated is a proof for the validity of the ranking. As all the methods studied gave similar rankings, we chose the iterative ELO method for further analyses as it has the advantages of enabling the visualisation of rank change, hierarchy stability and follow-up of an individual across time (Neumann et al., 2011).

4.3. Hierarchy strength

We found the hierarchy in the four groups to be strongly stable. Although we investigated a limited number of groups, this agrees with previous studies that compared dominance across time in groups of pregnant sows (Parent et al., 2012). The stability may be linked with the small size of the four groups, making it possible for all the animals to recognise each other individually. In large groups, animals are unable to recognise all group members to maintain a stable hierarchy whereas in small groups they can specifically target with occasional attacks individuals of similar or lower rank (Estevez et al., 2007). Stability of a hierarchy could be also related to its steepness (De Vries et al., 2006). Our study is the first to investigate the steepness of dominance hierarchy in pigs. Even though the absolute steepness was not close to 1, it appears that two adjacently ranked individuals differed in their overall success in agonistic encounters more than they would by chance, indicating that they are not likely to switch rank easily. This finding corresponds with the fact that interactions were mostly unidirectional. The results will have to be confirmed by studying a larger number of groups, and their genericity tested also with different group sizes and in animals of different genetic background.

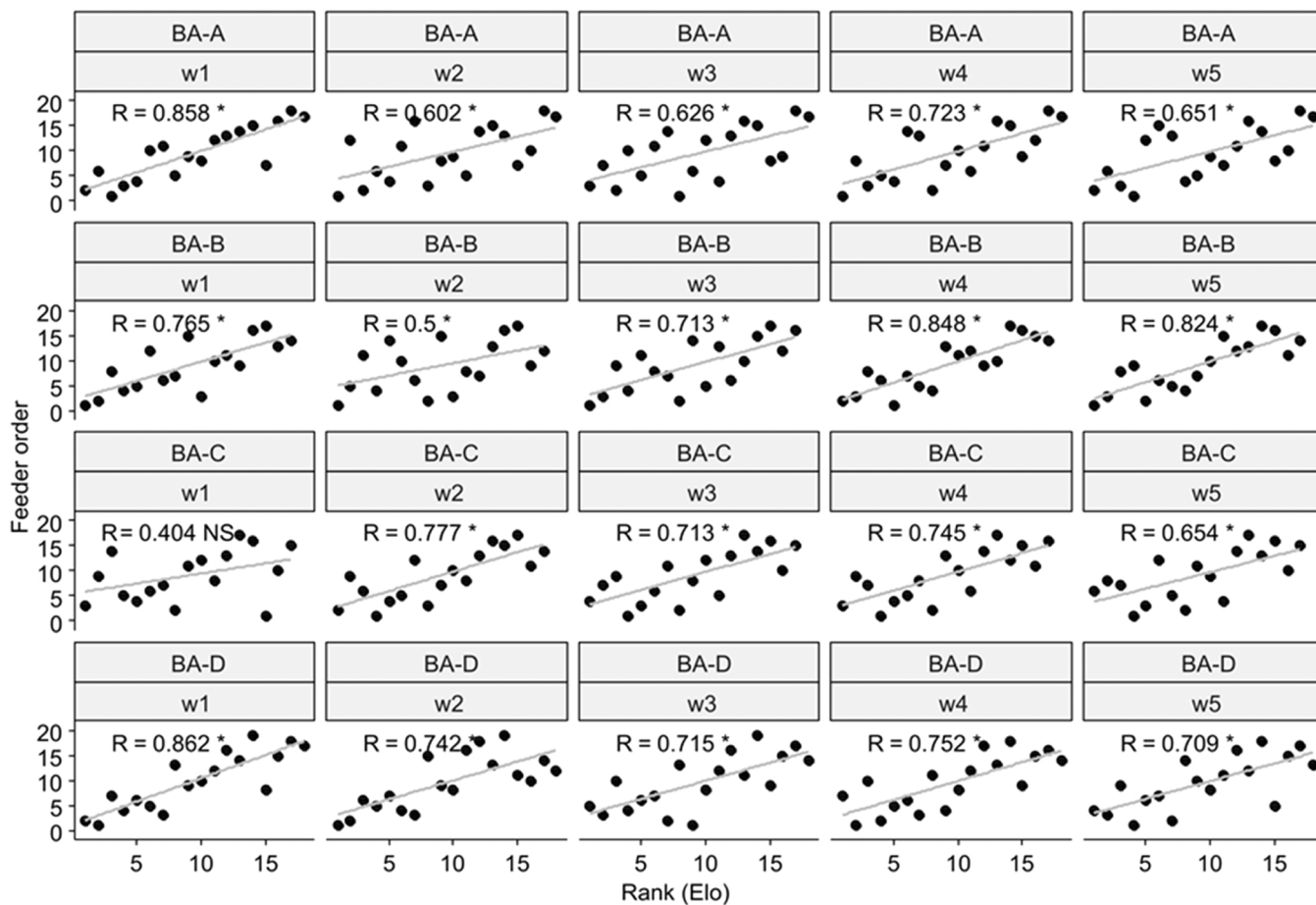


Fig. 4. Evolution of the correlation between feeding order and hierarchy calculated through the Elo-score, across weeks (from w1 to w5). * means significant correlation.

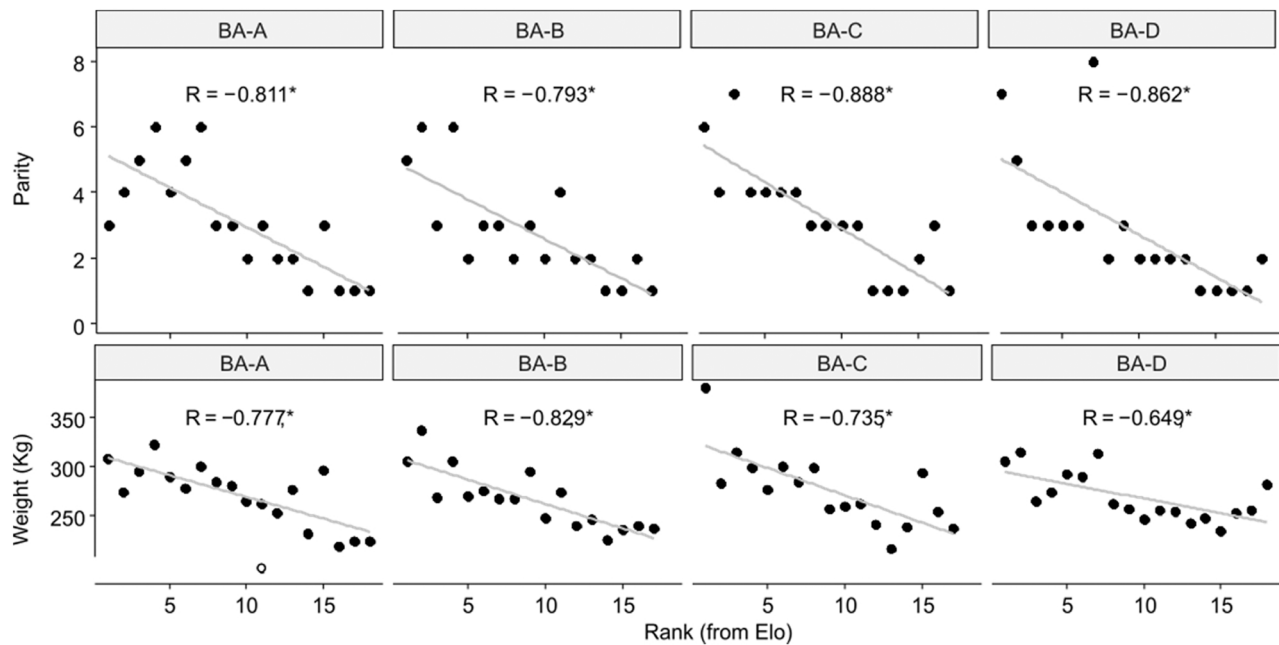


Fig. 5. Elo-ranking scores plotted against parity and body weight for each batch. * means significant correlations.

4.4. Relation with the feeding behaviour, weight and parity

The sows, as predicted, took their whole meal during the first visit. This suggests that the competition took place enter the feeder for the first visit and validates the interest of a calculation of the feeder order according the first visit. We found the feeding order to be correlated with hierarchical rank as did Hunter et al. (1988). However, no correlation was found between dominance rank and total spent time in the feeder or mean time per visit in the feeder. The time dedicated to eat was quite variable between sows probably because of the difference in the amount of food delivered and the intake capacity of the sows. We found a slight correlation between dominance rank and number of visits in the feeder with the more dominant sows tending to visit the feeders more frequently. These findings go against those of Chapinal et al. (2008) who studied the use of a non-protected feeder by pregnant sows, meaning that sows could be disturbed during their meals. They describe a significant correlation between a dominance score and the total daily spent time in the feeder ($R = 0.29, P < 0.01$), the mean duration of a visit ($R = 0.56, P < 0.01$) but not the number of visits ($R = 0.09$). In our study, the time sows spent eating their entire meal was not related to the rank since the sows were protected once they entered the feeder. In this situation, the best indicator of the hierarchy among the feeding behaviour variables seems to be the feeding order.

Even though the feeding order was correlated with hierarchical rank, there was a substantial variability of this correlation between groups ($0.404 \leq R \leq 0.862$). Thus in some groups, the low ranking sows could sometimes sneak into the feeders early. One reason for this might be that when the number of sow per feeder is low (e.g., 9 sows per feeder as in our study), the competition to enter the feeder might not be very high and thus the hierarchy may not be systematically expressed in all groups. In real farming situation the pressure on the access to the resource in those conditions is surely higher. For instance, a study found that there are on average 52 sows per feeder in commercial Western French farms (Ramonet et al., 2013). The expression of aggressiveness can also depend on individual characteristics of the sows in a particular group (Janczak et al., 2003) and thus differ between groups and contexts.

As the body weight is supposedly correlated with size and strength, we expect the bigger sow to be the most dominant as they are more likely to win agonistic interactions. In the present study, we found a strong correlation between hierarchical rank and weight, in agreement with findings of Arey (1999). This link is usually observed in groups of sow where the weight variation is high, as in ours (Brouns and Edwards, 1994). In growing female pigs, Parent et al. (2012) found a very low correlation between dominance hierarchy and weight. The differences in hierarchical characteristics between those two stages of pig production have been already observed in other studies. It is explained by the fact that pregnant sows use their agonistic behaviour to regulate dominance whereas growing pigs frequently display agonistic interactions also to gain experience on social cues (Puppe et al., 2008). Our study as well as other studies (Hunter et al., 1988) have also demonstrated a correlation between hierarchical rank – or feeding order- and parity. In our study, the correlations between hierarchical rank and parity or weight were as strong as the correlation between hierarchical rank and feeding order. Thus, in stable groups that are composed of pregnant sows of different parities, dominance hierarchy could be approximately estimated through the parity or weight of the sows without the need to record either agonistic or feeding behaviour (Brouns and Edwards, 1994). In other situations, such as in groups of sows of similar parity and weight, the competition between same-sized sows could be fiercer and hierarchy less stable, and therefore the order in which the sows enter an automatic feeder may be preferred as a proxy measure of hierarchical rank.

5. Conclusion

We found the dominance hierarchies in stable groups of mixed parity pregnant sows to be stable, transitive and quasi-linear, with Elo-Score, David Score and Dominance Index methods giving almost identical sow rankings. The number of agonistic interactions, but not the proportion of agonistic behaviours with or without contact, increased over a period of four weeks after the access to previously freely accessible feeders was limited to six hours a day. At a dyadic level, dominance occurred mostly through one-way interactions. The hierarchy was uncorrelated with number of feeder visits or time spent in the feeders but was correlated with the feeding order with higher ranking sows accessing the feeder first. Thus, automatically recorded feeding order may provide a rough approximation of the dominance order without the need of a time-consuming recording of agonistic interactions. In addition, parity and weight were closely related to rank, and thus could serve as simple proxies for dominance hierarchy in groups that are stable and composed of differently aged sows. Our conclusions are based on a limited number of small sized and stable sow groups and therefore further investigations are needed to check their general validity.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgements

We thank the pig husbandry staff (UE3P, St-Gilles, France) for their involvement in the accomplishment of the protocol. We thank Carole Guérin for her work on video and data analysis.

Acknowledgements are also expressed to the French Ministry of Agriculture which funded the research activity. This experiment was also funded by Crédits Incitatifs PHASE 2020.

Appendix A. Supporting information

Supplementary data associated with this article can be found in the online version at [doi:10.1016/j.applanim.2022.105683](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105683).

References

- Arey, D.S., 1999. Time course for the formation and disruption of social organisation in group-housed sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 62, 199–207. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(98\)00224-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00224-X).
- Arey, D.S., Edwards, S.A., 1998. Factors influencing aggression between sows after mixing and the consequences for welfare and production. *Livest. Prod. Sci.* 56, 61–70. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00144-4](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00144-4).
- Boissy, A., 2012. Recherche en éthologie appliquée aux animaux de ferme: Concilier bien-être animal et production. *Bull. Acad. Vet. Fr.* 165, 137–148.
- Bowen, D.W., Brooks, R.J., 1978. Social organization of confined male collared lemmings (*Dicrostonyx groenlandicus* Traill). *Anim. Behav.* 26, 1126–1135. [https://doi.org/10.1016/0003-3472\(78\)90102-1](https://doi.org/10.1016/0003-3472(78)90102-1).
- Brouns, F., Edwards, S.A., 1994. Social rank and feeding behaviour of group-housed sows fed competitively or ad libitum. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 39, 225–235. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(94\)90158-9](https://doi.org/10.1016/0168-1591(94)90158-9).
- Büttner, K., Czycholl, I., Mees, K., Krieter, J., 2019. Agonistic interactions in pigs—comparison of dominance indices with parameters derived from social network analysis in three age groups. *Animals* 9. <https://doi.org/10.3390/ani9110929>.
- Chapinal, N., Ruiz-de-la-Torre, J.L., Cerisuelo, A., Baucells, M.D., Gasa, J., Manteca, X., 2008. Feeder use patterns in group-housed pregnant sows fed with an unprotected electronic sow feeder (Fitmix). *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* 11, 319–336. <https://doi.org/10.1080/10888700802329939>.
- David, H.A., 1987. Ranking from unbalanced paired-comparison data. *Biometrika* 74, 432–436. <https://doi.org/10.1093/biomet/74.2.432>.
- De Vries, H., Stevens, J.M.G., Vervaecke, H., 2006. Measuring and testing the steepness of dominance hierarchies. *Anim. Behav.* 71, 585–592. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2005.05.015>.
- Estevez, I., Andersen, I.L., Nævdal, E., 2007. Group size, density and social dynamics in farm animals. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 103, 185–204. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.025>.

- Ewbank, R., 1976. Social hierarchy in suckling and fattening pigs: a review. *Livest. Prod. Sci.* [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(76\)90070-1](https://doi.org/10.1016/0301-6226(76)90070-1).
- Hunter, E.J., Broom, D.M., Edwards, S.A., Sibly, R.M., 1988. Social hierarchy and feeder access in a group of 20 sows using a computer-controlled feeder. *Anim. Prod.* 47, 139–148. <https://doi.org/10.1017/S0003356100037144>.
- Janczak, A.M., Pedersen, L.J., Bakken, M., 2003. Aggression, fearfulness and coping styles in female pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81, 13–28. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00252-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00252-6).
- Langbein, J., Puppe, B., 2004. Analysing dominance relationships by sociometric methods - a plea for a more standardised and precise approach in farm animals. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 87, 293–315. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.01.007>.
- McDonald, D.B., Shikuza, D., 2012. A social network perspective on measurements of dominance hierarchies. *Animal Behaviour* 83, 925–934. <https://doi.org/10.1093/beheco/ars192>.
- Meese, G.B., Ewbank, R., 1973. The establishment and nature of the dominance hierarchy in the domesticated pig. *Anim. Behav.* 21, 326–334. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(73\)80074-0](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(73)80074-0).
- Neumann, C., Duboscq, J., Dubuc, C., Ginting, A., Irwan, A.M., Agil, M., Widdig, A., Engelhardt, A., 2011. Assessing dominance hierarchies: validation and advantages of progressive evaluation with Elo-rating. *Anim. Behav.* 82, 911–921. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.07.016>.
- Norring, M., Valros, A., Bergman, P., Marchant-Forde, J.N., Heinonen, M., 2019. Body condition, live weight and success in agonistic encounters in mixed parity groups of sows during gestation. *Animal* 13, 392–398. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001453>.
- Parent, J.P., Meunier-Salaün, M.C., Vasseur, E., Bergeron, R., 2012. Stability of social hierarchy in growing female pigs and pregnant sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.09.011>.
- Petherick, J., Blackshaw, J., 1987. A review of the factors influencing the aggressive and agonistic behaviour of the domestic pig. *Aust. J. Exp. Agric.* 27, 605. <https://doi.org/10.1071/EA9870605>.
- Puppe, B., Langbein, J., Bauer, J., Hoy, S., 2008. A comparative view on social hierarchy formation at different stages of pig production using sociometric measures. *Livest. Sci.* 113, 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.03.004>.
- Ramonet, Y., Caille, E., Dubois, A., Calvar, C., Jegou, Y., Quillien, P., 2013. Les truies gestantes en groupes. *Prat. dans Les. élevages De. l' Ouest De. la Fr.* 161–170.
- Stookey, J.M., Gonyou, H.W., 1994. The effects of regrouping on behavioral and production parameters in finishing swine. *J. Anim. Sci.* 72, 2804–2811. <https://doi.org/10.2527/1994.72112804x>.
- Strauss, E.D., Shizuka, D., 2022. The dynamics of dominance: open questions, challenges and solutions. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 377. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0445>.
- de Vries, H., 1995. An improved test of linearity in dominance hierarchies containing unknown or tied relationships. *Anim. Behav.* 50, 1375–1389. [https://doi.org/10.1016/0003-3472\(95\)80053-0](https://doi.org/10.1016/0003-3472(95)80053-0).

Partie 2 : Réponses comportementales des truies soumises à un stress lié à une restriction d'accès au DAC

Préambule

Un des objectifs de cette thèse était d'évaluer comment l'impact d'un même stress peut être modulé par les caractéristiques propres à chaque individu. Nous avons déjà émis l'hypothèse que la place dans la hiérarchie était susceptible de moduler l'impact du challenge de restriction d'accès au DAC sur le bien-être des truies. Parmi la quantité de données relevées sur les truies, nous avons dû identifier la caractéristique la plus pertinente pour pouvoir par la suite étudier son impact sur les porcelets. Cette partie se focalise sur l'étude des comportements des truies dont les porcelets ont pu être suivi dans le cadre de la thèse.

Contexte et objectifs

Comme énoncé en introduction, la variabilité comportementale de réponse à un challenge peut être appréciée à travers les notions de personnalité et de style d'adaptation. La définition de la personnalité des animaux implique une variabilité interindividuelle ainsi qu'une stabilité temporelle de l'expression de traits comportementaux. Les caractéristiques communément étudiés pour décrire la personnalité des animaux sont l'agressivité, l'activité, la sociabilité et l'exploration (Gosling and John, 1999). L'agressivité est également une caractéristique comportementale du style d'adaptation proactif (Bolhuis, 2004). Cette partie propose une brève étude sur la variabilité et stabilité des comportements relevés.

Méthode

Cette étude a porté 3 groupes de 18 (± 1) truies. Les variables caractéristiques de la personnalité des truies décrites en introduction de ce chapitre (agressivité, exploration, activité, sociabilité) ont été étudiées à partir de 79 à 106 jours de gestation et en situation de restriction d'accès au DAC (limité à 6h par jour). Les comportements suivant ont été relevés grâce à des scans instantanés hebdomadaires (toutes les 10 minutes pendant 2x3h) : (i) l'exploration de l'environnement de la salle de gestation, (ii) le repos (pour évaluer l'activité), (iii) le contact avec un congénère (pour évaluer la sociabilité qui est définie comme la motivation à être proche des congénères (Koolhaas et Reenen, 2016)). Le nombre d'agressions initiées par chaque truie a été relevé par des observations continues hebdomadaires de 3x2h.

Pour l'analyse, la proportion d'expression des comportements, *ie* le nombre de fois où le comportement a été relevé lors d'un scan sur le nombre total de scans a été calculé pour chaque session hebdomadaire de scans instantanés. Le niveau d'agressivité relative a été évalué en calculant la Proportion d'Interactions Agonistiques Initiées (PIAI) par l'individu sur la totalité des interactions

agonistiques dans lesquelles il a été impliqué lors des 6h d'observation hebdomadaire en continu. Les variables ont été moyennées sur les quatre semaines de restriction d'accès au DAC (s2 à s5, de 79 à 106 jours de gestation) et regroupées dans une Analyse en Composante Principales (ACP) afin de décrire des dimensions caractérisant de la variabilité comportementale des truies. La variabilité inter-bande a également été investiguée.

Ensuite, la stabilité des variables précédemment décrites sur la période de 71 à 106 jours de gestation (s1 à s5, incluant une semaine sans restriction d'accès au DAC) a été étudiée. Pour ce faire, la corrélation entre les différentes semaines des valeurs observées a été étudiée. Etant donnée la répartition non normale des données, les corrélations ont été estimées grâce à la méthode non paramétrique de Spearman.

Résultats :

Deux composantes principales (PC) ont une valeur propre >1 et expliquent cumulativement 74.9% de l'inertie des données (Figure 12).

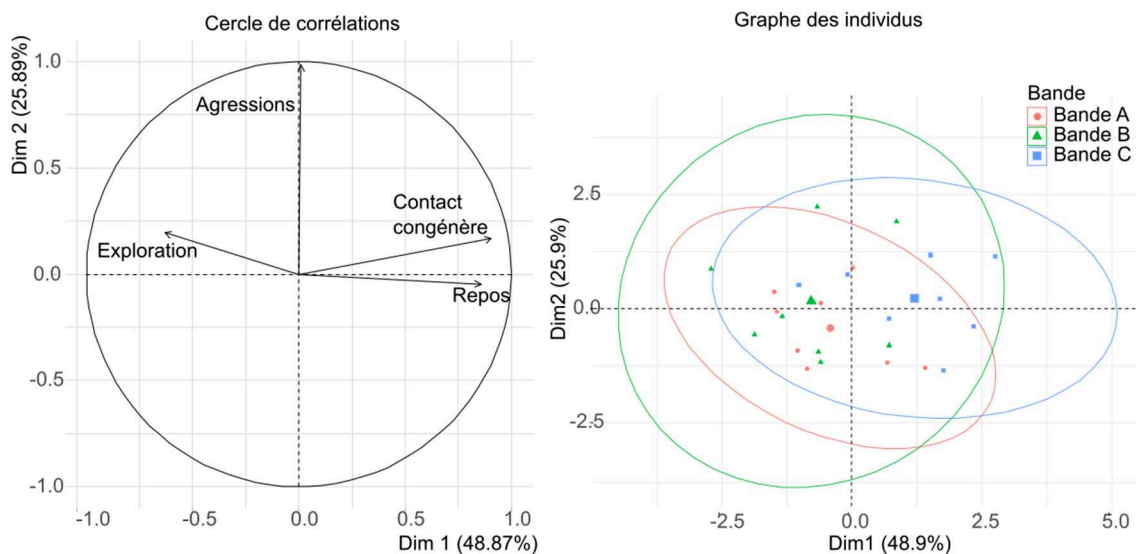


FIGURE 12: CERCLE DES CORRELATIONS ET GRAPHE DES INDIVIDUS POUR L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES SUR LES COMPORTEMENTS DES TRUIES. Les variables *Exploration*, *Repos* et *Contact congénères* sont issues du calcul de la proportion moyenne d'expression de ces comportements lors des scans instantanés hebdomadaire de 79 à 106 jours de gestation. La variable d'agression correspond à la Proportion d'Interaction Agonistiques Initiés moyenne sur cette même période

La première composante de l'ACP est constituée des variables d'activité (contribution repos=36,37%, coordonnées=0.84) d'exploration (contribution exploration=22,33%, coordonnées=-0.66) et de sociabilité des truies (contribution contact=41.29%, coordonnées=0.89). La CP2 quant à elle est constituée de la variable d'agressivité (contribution agressions=94.05%, coordonnées= 0.99). Ces résultats seront discutés dans la partie dédiée du manuscrit.

Le tableau 5 détaille les corrélations de Spearman de l'expression des comportements de semaine en semaine. Les PIAI sont significativement corrélés entre toutes les semaines, les proportions de scans relevé comme 'repos' sont significativement corrélées entre toutes les semaines sauf entre s1 et s3. Les proportions de scans relevés comme 'exploration' sont significativement corrélées sauf entre s1 et s3, s1 et s5 et s2 et s3. Les proportions de scans relevés comme 'contact congénère' ne sont pas significativement corrélées sauf entre s2 et s3.

Tableau 5 : Corrélations de Spearman de chaque variable comportementale relevée entre les différentes semaines (s1 = 72^{ème}, s2= 79^{ème}, s3= 86^{ème}, s4 =93^{ème} et s5 = 100^{ème} jour de gestation) d'observation des truies.

*Les variables Exploration, Repos et Contact congénères sont issus du calcul de la proportion moyenne d'expression de ces comportements lors des scans instantanés hebdomadaire de 71 à 106 jours de gestation. PIAI= Proportion d'Interaction Agonistiques Initiées. Les corrélations significatives (P<0.05) sont repérées par des *. Les coefficients de corrélations supérieurs à 0.65 sont mis en gras.*

Repos	s1	s2	s3	s4	s5
s1	–				
s2	0.40*	–			
s3	0.34	0.75*	–		
s4	0.35*	0.53*	0.56*	–	
s5	0.37*	0.58*	0.61*	0.70*	–
Exploration	s1	s2	s3	s4	s5
s1	–				
s2	0.48*	–			
s3	0.22	0.48	–		
s4	0.29*	0.43*	0.61*	–	
s5	0.18	0.40*	0.48*	0.67*	–
PIAI	s1	s2	s3	s4	s5
s1	–				
s2	0.33*	–			
s3	0.37*	0.75*	–		
s4	0.41*	0.70*	0.69*	–	
s5	0.37*	0.67*	0.71*	0.78*	–
Contact congénère	s1	s2	s3	s4	s5
s1	–				
s2	0.10	–			
s3	0.08	0.46*	–		
s4	0.11	0.20	0.24	–	
s5	0.05	0.25	0.24	0.25	–

Conclusions

La variabilité comportementale au sein du groupe de truies est expliquée par deux dimensions : l'une relative à l'activité des truies et l'autre à leur agressivité. Toutefois, comme l'agressivité est la variable la plus répétable entre les semaines, elle semble être la variable la plus pertinente pour qualifier la réponse de stress des animaux.

Chapitre 2 : Agressivité des truies et développement émotionnel et cognitif des porcelets

Dans le chapitre précédent, nous avons déterminé que l'agressivité des truies était une variable pertinente pour décrire la variabilité comportementale de réponse au challenge lié à la compétition pour l'accès au DAC. Le présent chapitre vise à étudier l'impact de l'agressivité des truies sur le comportement des porcelets.

Contexte

La variabilité de réponse endocrinienne de stress à un facteur de stress social semble être en lien avec le niveau d'agressivité des truies (Courret et al., 2009). En ce sens, certaines études ont démontré que la capacité des truies à remporter des interactions agonistiques étaient liée au niveau basal de cortisol et à l'intensité du pic de sécrétion en situation de stress (Mendl et al., 1992), et à leur score de lésions corporelles (Brajon et al., 2021). Le cortisol maternel est susceptible d'influer sur le comportement du jeune, le plus souvent d'une manière sexe-dépendante (Kranendonk et al., 2006), en perturbant le développement de l'axe corticotrope du fœtus (Jarvis et al., 2006), qui est aussi impliqué dans les fonctions de mémorisation (Issa et al., 1990). Ison et al. (2010), ont démontré que l'impact d'un stress social gestationnel sur les jeunes était modulé par le 'style de subordination' des cochettes.

Nous avons dans un premier temps investigué le lien entre le 'style de subordination' des truies soumise à un stress social, *i.e.* leur tendance à l'agressivité et la dominance, le taux de cortisol salivaire, l'expression de stéréotypies et le score de lésions. Nous avons ensuite étudié l'impact de l'agressivité des truies sur le comportement et les capacités cognitives des porcelets en fonction de leur sexe.

Méthode

Des observations hebdomadaires en continu (*cf* méthodologie générale) ont permis de relever les comportements agonistiques des truies durant les semaines de restriction d'accès au DAC. Nous avons calculé pour chaque truie et chaque semaine la proportion d'interactions agonistiques initiées sur le total d'interactions agonistiques dans lesquelles elle a été impliquée (PIAI). Le rang hiérarchique a été calculé grâce à la méthode du Elo-score présentée dans l'article du chapitre précédent. Nous avons également prélevé des échantillons de salive le premier jour de restriction d'accès au DAC afin de doser le cortisol, ainsi que la semaine précédente pour avoir un échantillon de contrôle. Les lésions corporelles des truies ont également été scorées ce même jour. Grâce à des observations par scans instantanés hebdomadaires, la proportion moyenne d'expression de stéréotypies sur les quatre semaines de restriction a été calculée. La corrélation entre PIAI et le rang hiérarchique, le cortisol salivaire, l'expression de stéréotypies et le score de lésions a été investiguée. Les truies ont été classées en deux catégories en fonction de leur PIAI (Agressive ou non). Nous avons ensuite testé, grâce à des modèles linéaires généraux, l'impact de l'agressivité des truies en interaction avec le sexe sur le comportement (i) de 144 porcelets de poids similaires et en bonne santé lors de deux tests

d'immobilité tonique (7 et 15 jours), (ii) de 96 d'entre eux (2 mâles et 2 femelles par truie), sélectionnés au sevrage, dans un test d'openfield et d'approche volontaire de l'humain (32-33j), (iii) de 48 porcelets de ces porcelets (1 mâle et une femelle par truie) dans un test de résolution d'un labyrinthe complexe (52-58 jours).

Résultats principaux

La proportion d'interaction agonistique initiées est fortement anti-corrélée au rang hiérarchique ($R_s = -0.831$, $P < 0.001$) et au score de lésion ($R_s = -0.475$, $P = 0.019$). En revanche, aucun lien n'a pu être établi avec le taux de cortisol salivaire ($R_s = -0.191$, $P = 0.37$) ni l'expression de stéréotypies. L'agressivité des truies n'a pas d'effet sur la durée d'immobilité des porcelets à aucun des deux tests d'immobilité tonique ($\chi^2 < 0.66$, $P > 0.42$). Elle n'a pas d'effet sur leur score de peur ou d'agitation lors du test d'openfield ($\chi^2 < 3.43$, $P > 0.06$) ni lors du test d'approche volontaire de l'humain. Elle n'a pas non plus d'effet sur les performances des animaux dans le test de mémorisation spatiale.

Conclusion

Les truies agressives sont les plus dominantes et ont les scores de lésions les plus bas, mais l'agressivité ne semble pas liée à la sécrétion de cortisol. L'agressivité des truies n'a pas d'impact sur le style d'adaptation des porcelets exprimé lors du test d'immobilité tonique, leur réactivité émotionnelle au test d'openfield ou leurs performances dans un test de mémorisation spatiale, et ce peu importe le sexe du porcelet.

1 *En préparation pour Animal*

2

3 **Sows' aggressiveness expressed in situation of social challenge doesn't affect piglet's coping style,**
4 **emotionality and spatial learning performances**

5 Mathilde Lanthony^{2,1}, Marek Špinko³, Céline Tallet^{1*}

6 ORCID: 0000-0002-5527-1321

7 ¹PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France

8 ²AgroParisTech, 75005 Paris, France

9 ³Department of Ethology and Companion Animal Science, Faculty of Agrobiological Sciences, Food and Natural
10 Resources, Czech University of Life Sciences, 165 21 Prague, Czechia

11

12 *Corresponding author: Céline TALLET, celine.tallet@inrae.fr

13 **Abstract**

14 Sows experience of a stressful challenge can modulate the impact of this prenatal stress on their
15 offspring's behaviour on a gender specific way. With this study, we first investigated the relation
16 between sows' individual aggressiveness expressed consequently to a social competition challenge,
17 their social status, and its impact of sows on their physiological stress response and physical state. We
18 then investigated the impact of sows aggressiveness on their piglets' behaviour and spatial learning
19 abilities. Three groups of eight multiparous sows bred in groups of 18 (+/-1) were studied. Their access
20 to the feeders was restricted from 24/24 to 6 hours a day during the last four weeks in the gestating
21 pen and they were observed once a week during 6 hours to record their agonistic behaviour. There
22 was a significant negative correlation between the mean ratio of initiated agonistic interactions (RIAI)
23 during those four weeks, the dominance rank, and the body lesion score on the first day of feeder
24 restriction. The most aggressive sows were more dominant and less injured. However, there was no
25 visible increase of the global cortisol levels in the groups after the feeder restriction and no relation
26 between the RIAI and the salivary cortisol level on the first day of feeder restriction or the expression
27 of stereotypic behaviour all along the feeder restriction period. Sows were classified as Aggressive or
28 Non aggressive considering their RIAI. Two tonic immobility test at 7 (TIT1) and 15 (TIT2) days were
29 performed on all of the piglets (N=144), and at weaning 96 piglets (two males and two females) were
30 submitted to an open-field test (OFT) followed by a human voluntary approach test (HVAT). After that,
31 the performance of half of them (N=48) in a spatial memory task were recorded. Sows aggressiveness
32 had no impact on their piglets responses to TIT 1 and TIT 2, OFT, HVAT and performances in the spatial

33 learning test. This could be explained by the fact that the feeder restriction was challenging but not
34 stressful as the sows coped with it thanks to the stable hierarchy in the group.

35 **Abbreviations:**

36 TIT = Tonic Immobility Test

37 DI = Duration of immobilisation

38 OFT = Open Field Test

39 RIAI = Ration of Initiated Agonistic Interactions

40 **Keywords:** Pigs, Prenatal social stress, Aggression, Behaviour, Cognition

41 **1. Introduction**

42 There are many stressors in the environment of gestating sows in commercial industrial farming. A
43 major one is due to negative social interactions with conspecifics that are higher after mixing (Arey
44 and Edwards, 1998) and in situations of competition for food (Brouns and Edwards, 1994). Social
45 dominance is known to facilitate food access, and dominant sows are more likely to become aggressive
46 (Elmore et al., 2011). Competition for food could thus lead to frustration for the subordinates and less
47 aggressive sows (Csermely and Wood-Gush, 1990), expressed through stereotypies (Rushen, 1985).

48 Couret et al.(2009) found that social stress during pregnancy induced a sustained endocrine response
49 of the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) as shown by elevated salivary cortisol levels after
50 grouping and suggested that the variability of this responses among gilts could be explained by their
51 level of aggressiveness. In this respect, Mendl et al. (1992) found that the success in winning agonistic
52 interactions was linked with the basal level of cortisol and the peak of release in response to artificial
53 physiological HPA axis stimulation. The success in agonistic interactions was also reported to be linked
54 to physical state of the animal (Brajon et al., 2021).

55 Elevated maternal cortisol during gestation is known to affect piglets' behaviour, most of the time in a
56 gender specific way (Kranendonk et al., 2006) through altered hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA)
57 axis activity (Jarvis et al., 2006). Ison et al. (2010) demonstrated that piglets born from stressed sows
58 with high lesion scores after mixing had a higher HPA axis reactivity in situation of restraint. Indeed,
59 physiological artificial stimulation of stress during gestation can alter the HPA axis of the offspring, thus
60 when piglets are stressed later in life, they may over-react to the stressor by overproduction of cortisol
61 (Hausmann et al., 2000), leading to variation in stress reactivity, *i.e.* in their coping style (Koolhaas et
62 al., 2010). HPA axis is also involved in spatial memory impairments (Issa et al., 1990). In mice, it was
63 already demonstrated that prenatal stress could impair the offspring cognitive abilities (Jafari et al.,
64 2017). A perturbation during the prenatal period on the offspring HPA axis activity could have an
65 impact on their behaviour and memory abilities.

66 When confronting to a social challenge, the stress response of the sows, *i.e.* her coping strategy toward
67 a social stress, could modulate the physiological stress response as well as her physical state and thus

68 modulate the impact on their offspring coping style and learning abilities. In sheep, Coulon et al. (2015)
69 demonstrated that the impact of prenatal stress on lambs emotional and cognitive abilities was
70 modulated by their ewes reactivity toward the stressor. In pigs, the effect of sows' responses to mixing
71 with unknown conspecific on piglets behaviour was already addressed in the recent study of Ison et al.
72 (2010), who found that differences between individual gilts in their experience of a stressful social
73 challenge co-vary with the extent to which this pre-natal stress impacts on their offspring's behaviour
74 and called it 'subordination style'.

75 With the present study, we tested the impact of sows aggressiveness expressed in condition of social
76 stress induced by resource competition between familiar individual on their piglets behaviour and
77 learning abilities. We first aimed at describing the link between "subordination style", i.e. sows'
78 aggressiveness and dominance, cortisol secretion, expression of stereotypic behaviour and body lesion
79 for the sows. Then, we investigated the impact of sows' aggressiveness on their piglets coping style,
80 emotional reactivity and spatial learning abilities.

81 **2. Material and methods**

82 The experiments took place at the experimental unit Pig Physiology and Phenotyping (UE3P) of the
83 French National Research Institute for Agriculture, Food and Environment (INRAE) of Saint-Gilles
84 (France) (DOI: 10.15454/1.5573932732039927E12) and were performed according to the current
85 French and European legislation on the experimental animal care. The experiment was authorized by
86 the permission No.25883-2020070711528084 v2 from the French Ministry of Agriculture.

87

88 **1. Animals**

89 Sows:

90 24 gestating sows (Landrace x Large white) divided into three groups of 18 (+/-2) were involved in the
91 experiment. They were selected amongst the others at farrowing regarding their level of
92 aggressiveness expressed at the end of gestation. They were followed from 70 days of gestation till
93 farrowing during five weeks (w1 to w5). They were housed in groups from the week of insemination
94 till one week before farrowing in 54 m² pens with concrete floor. The pens were provided with straw
95 every morning on dedicated areas (Figure 1) and enriched permanently with two chains hanging from
96 a fence. Sow parity in the groups ranged from 1 to 8 but only multiparous sows were included in the
97 24 sows studied. Each group had access to two self-locking automatic feeders (Gestal®, JYGA
98 Technologies Inc, Québec, Canada) distributing a standard diet for pregnant sows and to two troughs
99 providing ad libitum access to clear water. They were transferred to individual farrowing crates (4.7m²)
100 equipped with heating nest one week before the announced farrowing.

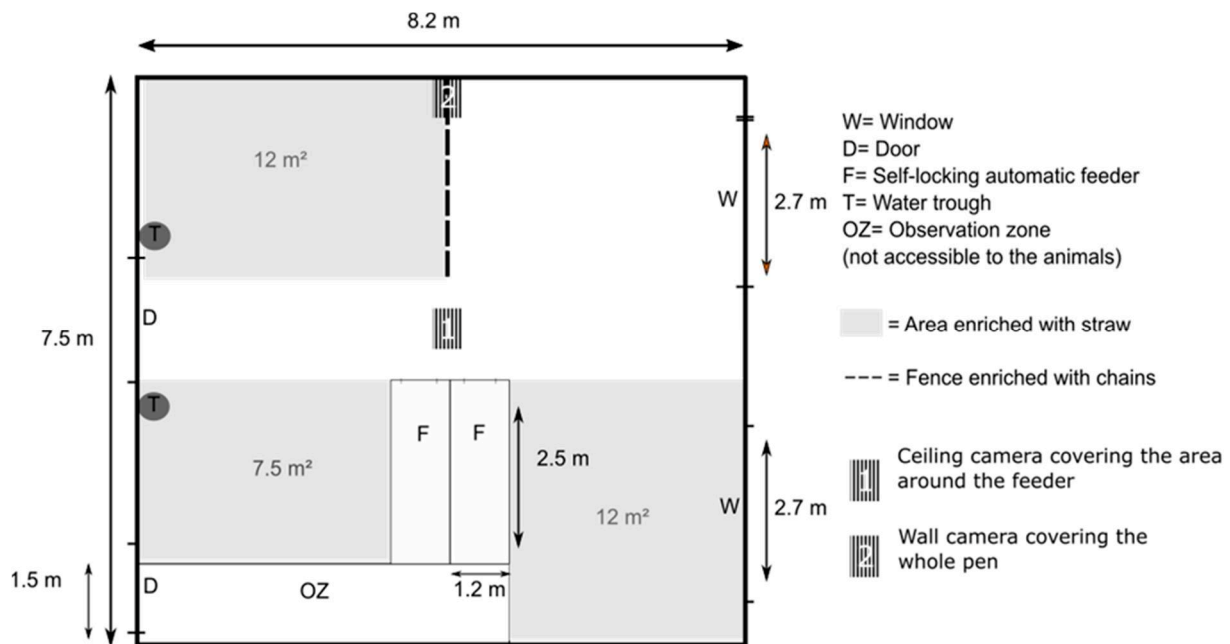


Figure 1: Organisation of the pen for gestating sows

- *Experimental treatment:*

From day 78 of gestation i.e. on Tuesday of w2, the access to feeders was time-restricted while the amount of food delivered remained unchanged. The restriction was implemented manually by the usual caretaker who went into the pen and locked or unlocked the entrance of the feeder every day. The feeders were left open for 6 hours a day. This restriction aimed at creating a social stress through increasing the number of agonistic behaviours within the groups because of feeder access competition. The follow-up was made at the end of gestation to make sure the hierarchy remained stable and that the risk of abortion was limited. Two cameras (BOSH HIKVISION H+265) fitted on the walls of the room (Figure 1) recorded the behaviour of each sow group. The cameras were connected to a recorder (HIKVISION NVR 4.0) placed in another room. One camera focused on the area in front of the feeders where most of the agonistic interactions was supposed to happen. The sows were marked with numbers or letters drawn on their backs and flanks for individual identification. For this study, sows behaviour during the 4 weeks of feeder restriction was observed and analysed, each Wednesday, from day 79 of gestation until the transfer to the farrowing pens at day 106 (Figure 2). Salivary samples and lesion scoring were done at 71 and 78 days of gestation to investigate the effect of feeder access restriction (Figure 2).

- *Observation of the agonistic interactions*

From video recording, a trained operator scored all agonistic interactions for 6 hours (8.30 am - 11.30 am, 1 pm - 4 pm) using a continuous sampling method. The Observer XT 14.0 software (NoldusR©, the Netherlands) was used to record the identity of the interacting sows and the outcome of the interaction, i.e. the identity of the winner / loser. All agonistic behaviours with physical contact (head

124 knocks and bites) as well as non-contact agonistic behaviours such as threats, consisting in a sudden
125 head movement toward another sow, were recorded. The ratio of initiated agonistic interactions was
126 calculated (RAIA = number of agonistic interactions initiated/total number of agonistic interaction in
127 which the animal was involved). The sows were selected according to their global level of aggressiveness
128 expressed during the four weeks. The sows were classified as 'aggressive' if their RAIA was higher than
129 the median of their group, and classified as not aggressive if not. We attempt at selecting the four most
130 aggressive and four less aggressive sows at farrowing if the number of healthy piglets and the balance
131 between male and female was sufficient to go on with the study. The dominance hierarchy in the group
132 was assessed with the Elo-score methods (see Lanthony and al, 2022).

133 Salivary samples and lesion scoring

134 On the first day of feeder access restriction, salivary samples were collected with Sarstedt Cortisol
135 Salivette at 8.30 am, 11.30 am and 14.30 pm to assess the salivary cortisol concentrations by doubled
136 luminescence luminoassay. For the saliva collection, the salivette were inserted in sows' mouth with a
137 clamp for them to chew during 10 seconds. Right after the last collection, body lesions score were
138 recorded according to the welfare quality grid. The distribution of lesions was categorised into five
139 body sections: (1) ears, (2) head and shoulder, (3) central body, (4) rump and tail, (5) legs. The lesions
140 were scored as follows: for wounds which diameter <2cm, scratch length >2cm or group of scratches
141 length <2cm, the score was 1. For wound which diameter is between 2 and 5 cm, the score was 5. For
142 wounds which diameter is >5cm, the score was 16. Section (1) and (2) scores were summed up to
143 assess the front body lesions more particularly as suggested in the literature (Tönepöhl et al., 2013),
144 and scores from all sections were summed up to assess the global body lesions. Control salivary
145 samples were collected one week before the feeder access restriction and the lesions score were also
146 noted to check if the challenge created a stress in the group.

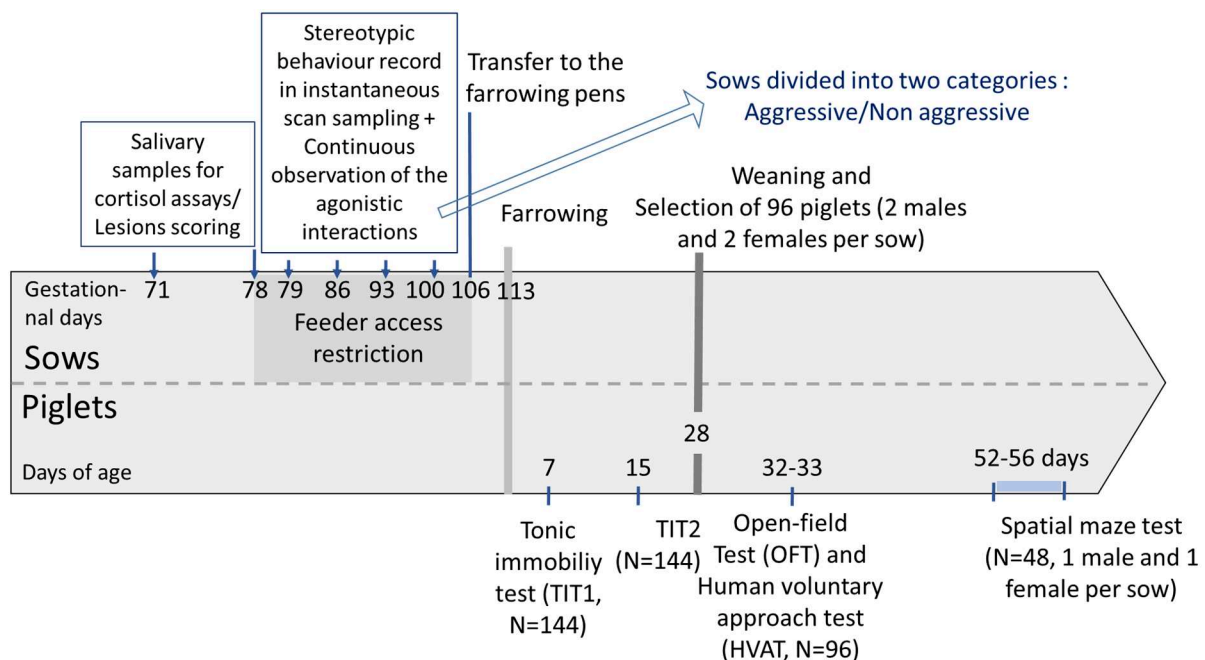
- 147 • Stereotypic behaviour

148 Stereotypic behaviour were assessed during weekly instantaneous scan sampling each 10 min during
149 6 hours (3 hours during the morning directly after feeder opening and three hours during the
150 afternoon). To assess the prevalence of stereotypic behaviour for each sow, the proportion of scan
151 were the sow was noted doing stereotypies on the total number of scan for each week was calculated.
152 The mean proportion of stereotypic behaviour expression was calculated on the four weeks of feeder
153 restriction. Sham chewing, chain chewing or bar biting, as well as tongue rolling were considered as
154 stereotypic behaviours (Zanella et al., 1996).

155 2. Piglets

156 During the suckling period, the piglets were all submitted to two sessions of tonic immobility tests (at
157 7 and 15 days) which is a test commonly used to assess piglets coping styles (Erhard and Mendl, 1997).
158 The behavioural response of 144 of them (6 piglets per sows selected at weaning regarding their

159 weight and health) were recorded. Four of them (two males and two females) per sow were followed
 160 during the post weaning period (experimental piglets). Couples of male and female piglets were reared
 161 in group of three of the same litter. An additional piglet from the same litter (male or female) which
 162 behaviour was recorded during the TIT was added to each group so that a piglet was never left isolated
 163 when his/her sibling was observed for the experiment. They were reared by three in indoor pens (1.15
 164 x 1.32 m) with slatted floor, isolated from each other by 1.5m high plastic panels, evenly distributed
 165 between two rooms. Piglets were fed ad libitum and had continuous access to a water trough. Each
 166 pen was provided with a steel chain as enrichment
 167 After weaning (at 7 and 15 days) the piglets (n=96) were submitted to an open-field test (OFT) followed
 168 by a human voluntary approach test (HVAT) at 32 and 33 days. Then, half of them were tested for their
 169 spatial memory abilities and plasticity in a complex maze test (n=48).



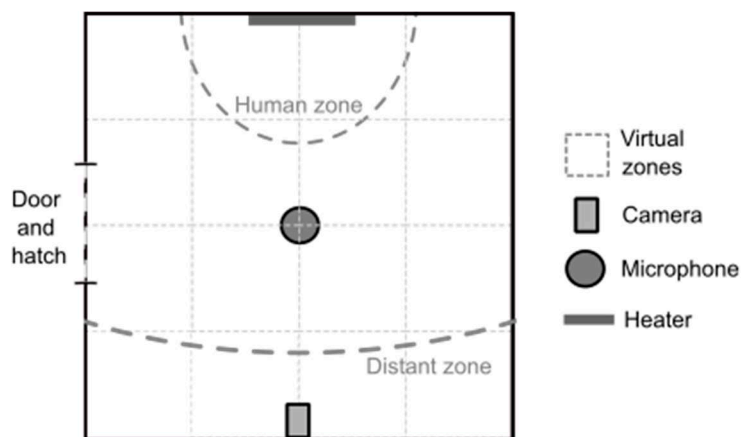
170
 171 *Figure 2: Experimental design of the study*

172
 173 3. Procedures

- 174 • Tonic immobility test (at 7 and 15 days), inspired by (Erhard and Mendl, 1999)

175 The test was performed at 7 and 15 days (TIT1 and TIT2), in the corridor of the sucking room, on a
 176 trolley. The trolley was brought in front of the crate, and all the piglets from the litter were tested one
 177 after the other. Each piglets was randomly picked up from the farrowing crates by the operator that
 178 placed him on its back onto a V-shaped plastic cradle on the trolley. He then put a sand-filled plastic
 179 bag 10*20 cm², 500 g on the piglet's throat and gently stretched his back legs, waiting up to 10 seconds
 180 for the piglet to become immobilized. The duration of immobilisation (Di) was then recorded. If the
 181 piglets had not become immobilized in the 10 seconds, he got 0s as DI.

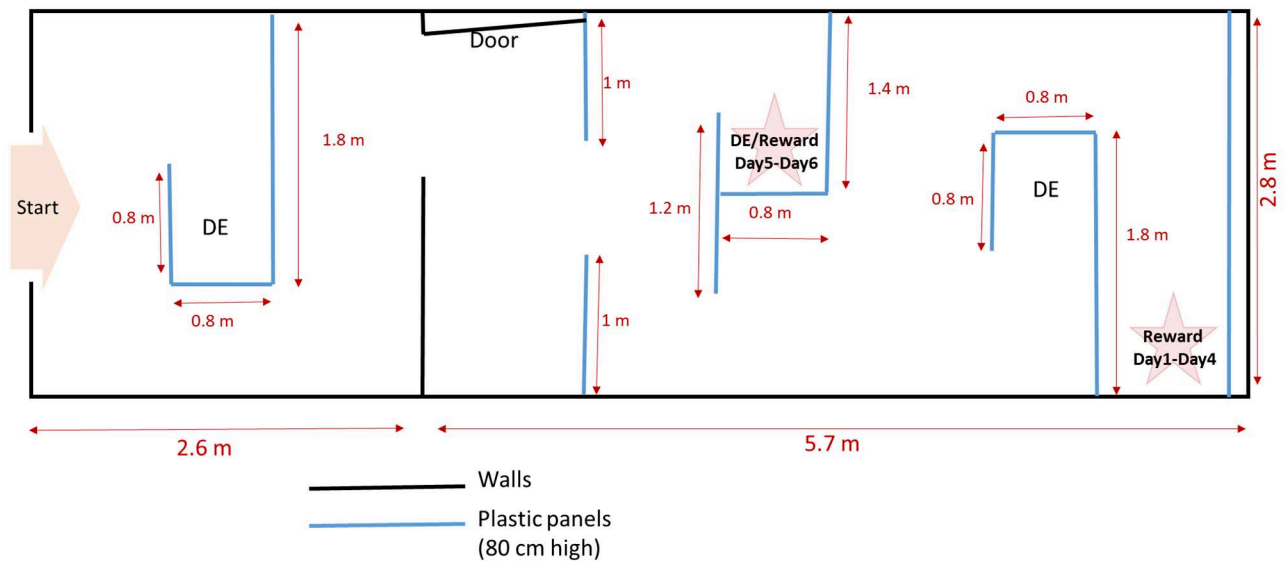
182 Open-field test (OFT) and voluntary human approach test (VHAT) at weaning
 183 The tests were done in a 2.7 m x 2.7 m soundproof room set up with a camera and a microphone.
 184 (Figure 2) situated in the same building as the rearing room. The tests were video recorded thanks to
 185 a camera (BOSH HIKVISION H+265) linked to a numeric recorder (HIKVISION NVR 4.0) which allowed
 186 us to visualize the test from an adjacent room. We also recorded sounds thanks to a C314 microphone
 187 (AKG, Austria) placed in the centre of the room and at one-meter-high, connected to a MD661MK2
 188 recorder (Marantz, USA). On the screen, virtual square zones were defined to assess piglets' mobility
 189 inside the room (16 equal sized zones, Figure 3).
 190 The tested piglet was brought individually in a trolley equipped with a hatch to the experimental room,
 191 the hatches of the trolley and the room were opened and the piglet was gently pushed into the room.
 192 He was then left alone five minutes (OFT). After 5 minutes of isolation in the room, the same human
 193 as for the sows entered the room through the hatch door and sat still and quiet along a wall on the
 194 small stool (VHAT). A virtual "human zone" was defined around the sitting place of human as well as a
 195 "distant zone", along the opposite wall. The location of the piglets in the 16 virtual zones as well as
 196 vocalizations were manually monitored directly during the tests and the other behaviours as freezing,
 197 exploration, location in human and distant zone later from videos, both using the software The
 198 Observer XT 14.0 (Noldus®, The Netherlands). We calculated for both tests the number of zone
 199 changes, the number of grunts and the time spent exploring the room. For VHAT we also calculated
 200 the total time spent in human and distant zones, and the latency to enter the human zone.
 201



202
 203 *Figure 3: Experimental room for open-field and human voluntary approach test*

204 • Spatial memory and reverse learning test (from 52 to 58 days)
 205 Piglets ability to find a food reward in a complex maze was tested. They were first habituated to the
 206 apparatus in groups of three from the same sibling (48-49 days, 10 min twice a day, two days, no food
 207 reward), and alone (50-51 days, 5 min twice a day during two days, with food reward randomly placed
 208 in the maze). The maze included three dead end (Figure 4). The food reward (5 M&m's® mixed with

209 usual food) was placed at the very end of the maze during the first four days of the trial (52-56 days of
 210 age, D1 to D4 of the trial) and then relocated in a dead end during the last two days of trial (57-58 days
 211 of age, D5 to D6 of the trial) to assess their learning plasticity, as in a reverse learning task in T-maze
 212 tests (Kornum and Knudsen, 2011). The food though was removed from their pen approximately 15
 213 hours before the test to elevate their motivation to found the reward (Kornum and Knudsen, 2011).
 214 Each day of trial, the latency to find the reward were recorded.
 215



216
 217 *Figure 4: Organisation of the complex maze, DE = Dead end*

218
 219 4. Data processing and statistical analysis

220 Data processing and analysis were done with R 3.6.2 (R Core Team, 2019).

221 As the data were not normally distributed, the evolution of the dial integral of cortisol and the lesions
 222 score were tested using Wilcoxon test procedure and the correlation between the RIAI and dominance
 223 rank, lesion scores, mean stereotypic behaviour expression proportion, and salivary cortisol were
 224 tested using Spearman rank test procedure.

225 For the other analysis, linear or generalized linear mixed effect models (“lmer” or “glmer” function
 226 with binomial or poisson laws, “lme4” R package) were used to test the interactions between sows
 227 aggressiveness category (two levels = Aggressive / Non aggressive) and piglets’ gender, sows identity
 228 was used as a random factor as there were repeated measures per sow. Some data have been log
 229 transformed to be normalized. All the models were validated thanks to visual inspection for the
 230 homoscedasticity and normality of the residuals (“plotresid” in “RVAideMemoire” R package, Hervé,
 231 2021). Anovas were then computed on the models to test the effects of variables (“car” R package, Fox

232 & Weisberg, 2019). Post-hoc tests were used with Tuckey correction for multiple testing when there
233 were significant effects (“emmeans” R package, Russel, 2021).

234 DI during TIT1 and TIT2 were log transformed and tested as response variables in linear models testing
235 the interacting effect of sow aggressiveness category (two levels = Aggressive / Non aggressive) and
236 gender.

237 To reduce the number of variables, a Principal Component Analysis (“PCA” from FactomineR R
238 package, Lê S et al, 2008) was done considering all the behaviours recorded for HVAT and OFT. The
239 coordinates of each individual on the principal components (PC) were used as behavioural scores.

240 For OFT1, one individual had to be loaded as supplementary individual as it contributed for 4.1 % of
241 PC1. Two PCs had an Eigen value above one, which cumulatively explained 80.70 % of the variability
242 (OFT1_PC1 – 47.18%, OFT1_PC2 – 33.52%). For VHAT1, two PCs had an Eigen value above one, which
243 cumulatively explained 64.20 % of the variability (VHAT1_PC1 – 47.25%, VHAT1_PC2 – 16.95 %).

244 The four behavioural response scores of OFT1 and VHAT1 (OFT1_PC1, OFT1_PC2, VHAT1_PC1,
245 VHAT1_PC2) were used as response variables in linear models, with previous check for normality,
246 testing the interacting effect of sow aggressiveness category and gender.

247 The latency to find the reward in the maze test was log transformed and used as a response
248 variable in a linear model (“lmer” in “lme4” R package) testing the interaction between piglets’ gender
249 and sow aggressiveness category and sow as random effect.

250 The success (success/defeat) in the spatial learning and reverse learning tests were used as
251 response variable in a binomial general linear mixed model (glmer in “lme4” R package, Douglas et
252 al.,2015) testing the interacting effect of sow aggressiveness category and gender.

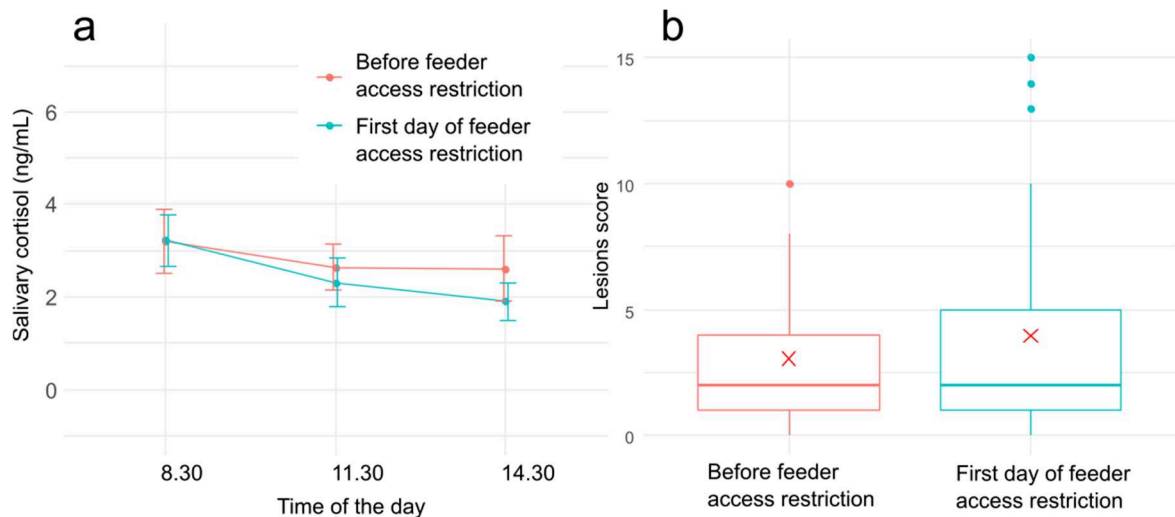
253 The significance level was set at $P < 0.05$.

254 **3. Results**

255 1. Evolution of the cortisol levels before and after the feeder access restriction

256 Figure 5a shows the mean dial evolution of the concentration of salivary cortisol during the control day
257 one week before the feeder access restriction and on the first day of feeder access restriction for the
258 24 sows. Figure 5b shows the evolution of lesions score between the control day and the first day of
259 feeder restriction.

260 There was no difference in the dial integral between the control day and the first day of feeder access
261 restriction ($V = 197$, $P_e = 0.19$) and no differences between the lesions score on the control day and on
262 the first day of feeder restriction ($V = 106$, $P = 0.51$)



263
264 *Figure 5: Dial evolution (mean +/- se) of the concentration of salivary cortisol (a) and lesion scores (mean represented by red*
265 *crosses) the week before feeder restriction and the first day of feeder restriction.*

266 2. Correlation between aggressiveness, stereotypic behaviours physical state and cortisol for the
267 sows

268 They was a significant correlation between the RIAI and the dominance rank (N=24, $R_s = -0.831$,
269 $P < 0.001$), the global lesion score (N=24, $R_s = -0.475$, $P = 0.019$) and the front body lesion score (N=24, $R_s =$
270 0.509 , $P = 0.011$) but not with the mean proportion of stereotypic behaviour expression (N=24, $R_s =$
271 0.10 , $P = 0.63$) or dial cortisol integral (N=24, $R_s = -0.191$, $P = 0.37$) of the first day of feeder access
272 restriction .

273 3. Effect of sow category of aggression on piglets tonic immobility test reaction

274 There was no effect of sow aggressiveness on piglets DI during TIT1 (Chisq =0.017, $P = 0.90$, Figure 6) or
275 TIT2 (Chisq= 0.66, $P = 0.42$, Figure 6), no effect of crossed effects between sow aggressiveness and
276 gender on DI during TIT1 (Chisq = 1.05, $P = 0.30$) or TIT2 (Chisq=0.11, $P = 0.74$), no effect of gender on DI
277 during TIT2 (Chisq=0.42, $P = 0.51$) but there was an effect of gender DI during TIT1 (Chisq=9.36,
278 $P = 0.002$).

279 4. Effect of sow aggressiveness on piglets reaction during an open field test at weaning

280 On the first behavioural response score OFT1_PC1 freezing time loaded positively and exploration
281 time loaded negatively. On the second behavioural response score OFT1_PC2 grunts number and zone
282 changes number loaded positively.

283 On the first behavioural response score HVAT1_PC1, zone changes number, grunts number and
284 exploration time loaded positively and human zone latency, distant zone time and freezing time loaded
285 negatively. On the second behavioural response score HVAT1_PC2, exploration time loaded positively
286 and human zone time loaded negatively. (see companion paper)

287 There was no effect of sow aggressiveness (Chisq= 0.07, $P = 0.78$, Figure 6), of piglets gender
288 (Chisq= 0.10, $P = 0.75$), of the interaction (Chisq= 0.33, $P = 0.57$) on OFT PC1. There was no effect of sow

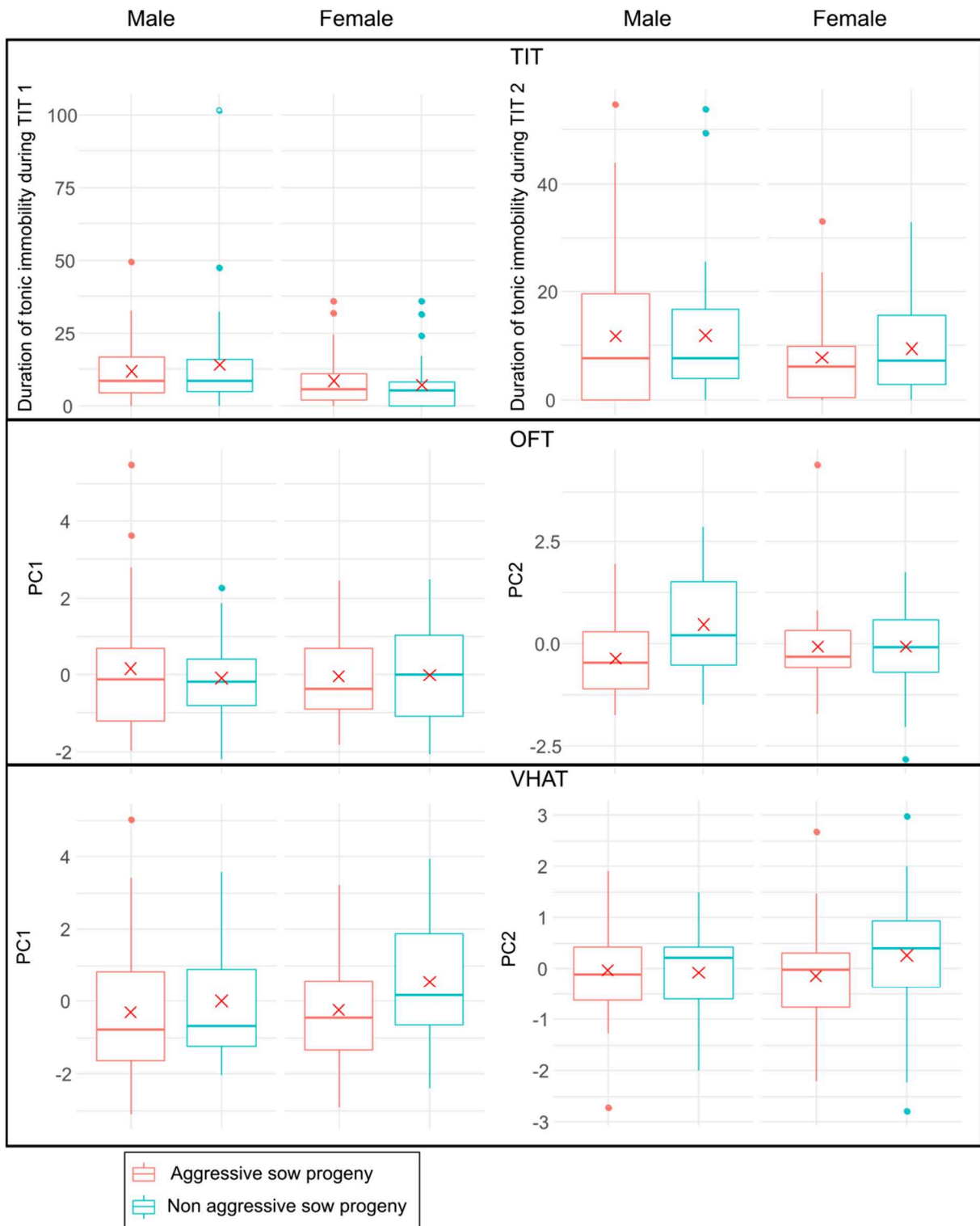
289 aggressiveness (Chisq= 2.19, P= 0.14), of piglets gender (Chisq= 0.29, P= 0.59), of the interaction
290 (Chisq= 3.43, P=0.06) on OFT PC2.

291 There was no effect of sow aggressiveness (Chisq= 1.21, P= 0.27, Figure 6), of piglets gender
292 (Chisq= 0.91, P= 0.34), of the interaction (Chisq= 0.59, P=0.44) on VHAT PC1. There was no effect of
293 sow aggressiveness (Chisq= 0.61, P= 0.44), of piglets gender (Chisq= 0.24, P= 0.62), of the interaction
294 (Chisq= 1.04, P=0.31) on VHAT PC2.

295

296

297



298

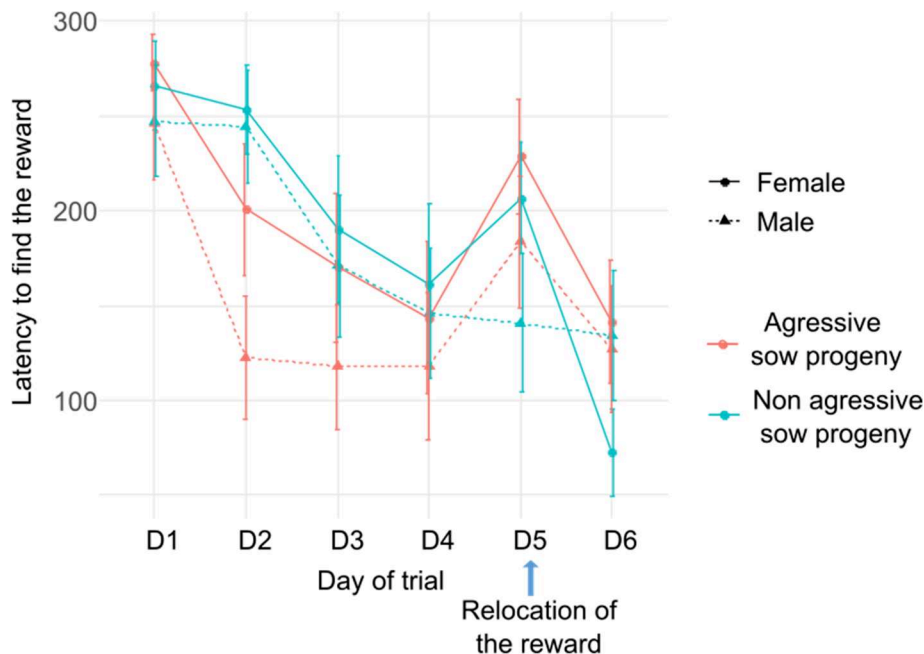
299 *Figure 6: Duration of immobilisation (DI) during tonic Immobility Test (TIT) 1 and 2, coordinates of the*
 300 *piglets on the Principal Components (PC1 and PC2) of the Open Field Test (OFT) and voluntary human*
 301 *approach test (HVAT) at 32-33 days of age according to sows' aggressiveness and piglets' gender*

302 5. Effect of sow aggressiveness on piglets spatial and reverse learning abilities

303

304 Figure 7 shows the evolution of the latencies to find the reward from day to day according to sow
 305 aggressiveness category and piglet gender. There was an effect of the day of trial ($\chi^2 = 67.62$,

306 $P < 0.001$), gender ($\text{Chisq} = 5.73$, $P = 0.02$), of the interaction between day of trial and sow aggressiveness
 307 category ($\text{Chisq} = 13.08$, $P = 0.02$) on the latency to find the reward. No other main or interaction effects
 308 were significant ($0.15 < \text{Chisq} < 3.37$, $P > 0.25$). Post hoc paired comparison on each day showed that the
 309 latency to find the reward were significantly lower for piglets born from aggressive sows on day 2 of
 310 trial ($t = -2.14$, $P = 0.04$) but not on any other day ($-0.92 < t < 0.21$, $P > 0.27$).



311
 312 *Figure 7: Evolution of the latencies to find the reward along the day of trial according to piglet gender and sow category of*
 313 *aggressiveness*

314 4. Discussion

315 This study first aimed at describing the relation between sows' aggressiveness and their cortisol
 316 secretion response, stereotypic behaviour and physical injuries. We previously checked the impact of
 317 the feeder access restriction on the cortisol levels in the groups and the lesions score. It seems that
 318 the cortisol secretion follows the circadian rhythm as expected, with a decrease in the afternoon (Ruis
 319 et al., 1997). Neither the basal level of cortisol nor the circadian rhythm is impacted by the feeder
 320 restriction, meaning that the sows were not stressed by the feeder competition. The lesions scores
 321 were not significantly higher during the first day of feeder restriction either. Still, it seems that's there
 322 is a higher variability between the sows and a slight rise of the lesions score as showed by Figure 5b.

323 We found no relation between the ratio of initiated agonistic interactions and the cortisol integral
 324 from the 3 salivary sample assay or the expression of stereotypies, suggesting that the expression of
 325 aggressiveness wasn't related to higher stress of frustration. This goes along with the results of Rushen
 326 (1985) who found that the occurrence of aggressive behaviour broadly followed patterns of general
 327 activity but wasn't related to the occurrence of stereotypic behaviour. Stereotypic behaviour do not
 328 only result from environments preventing the animal to proceed the consummatory or foraging phase,
 329 but also from undernutrition as they have been reported to be concentrated in the post-feeding period

330 (Terlouw et al., 1991), especially for high parity sow (Rushen, 1985). Thus, it seems that aggressiveness
331 and dominance, allowing the sows to enter the feeder earlier (Lanthony et al., 2022) cannot fully
332 explain the mechanism underlying the expression of stereotypic behaviour. Feeding frustration cannot
333 fully explain the expression of stereotypic behaviour. Ijichi et al. (2013) suggested that stereotypic
334 behaviour were related to animals' personality, as they reflect a proactive response. Still, proactive
335 coping would have been also characterized by higher aggressiveness, but aggressive sows didn't
336 express more stereotypes. There must be other mechanisms underlying.

337 We found a significant negative correlation between the aggressiveness and the lesion score of
338 both entire and front body, suggesting that the most aggressive sows are the least injured. This is in
339 adequacy with our founding on the strong correlation between aggressiveness and dominance. The
340 most aggressive sows are the dominant ones and thus the least injured. This goes along with the
341 findings of (Elmore et al., 2011) who found that dominant sows were more aggressive and spent more
342 time using enrichment. Still, those findings go against the findings of Tönepöhl et al. (2013), which
343 demonstrated that an individuals' frequency of being initiator of agonistic interactions post mixing do
344 not affect the skin lesion recorded later. These differences are surely due to the fact that we didn't
345 apply a social stress in a form of mixing but in a form of competition. Thus, the hierarchy wasn't re-
346 established, and the subordinate must have flee from agonistic encounters instead of initiating ones.
347 This means that in our setup, even for subordinates, the stress induces was weak, as demonstrated by
348 the cortisol levels. That could be explained by the fact that the sows successfully coped with the
349 challenge thanks to the stable established hierarchy (Mormède et al., 2006), as coping can be defined
350 as the individual response to a stressor by which normally harmful physiological effects of this stressor
351 are reduced (Schouten and Wiepkema, 1991). However, in condition of strong social stress in form of
352 frequent mixing with unknown conspecific, there is an increase in cortisol shortly after social grouping
353 that can be explained by the physical activity and the injuries caused by agonistic interactions (Courret
354 et al., 2009). It seems, after all, that the aggressiveness of the sows wasn't related to their stress.

355 We found no effect of sow aggressiveness on the outcome of both TITs, suggesting that the
356 subordination style of the sows didn't affect their piglets' coping style. However, we found a significant
357 effect of the gender on the results of TIT1, females tending to stay immobilized longer. A similar test
358 to the TIT is the backtest, in which the piglets are also put upside down in a V shaped cradle but instead
359 of putting a sand bag and record the duration of TI, the piglets is restrained by human hands and the
360 struggle he makes to escape is assessed. In the TIT we measured how much a piglet could immobilized
361 when put on its back without a particular restraint whereas during the backtest the intensity of struggle
362 when the piglets is put on its back and restraint is measured. Piglets tending to immobilize a lot during
363 TIT should thus struggle less during a backtest. This goes along with the findings of (Kranendonk et al.,

364 2006), who showed a gender effect on the backtest at 9 days of age of control piglets (non prenatally
365 stressed piglets), with female struggling less than males.

366 On PC1 from the OFT, exploration loaded negatively and freezing time positively, on PC2, grunts
367 number and zone change number (mobility) loaded positively. Relaxed piglets tend to explore more,
368 but stressed piglets could react in two different ways: either freeze or being extremely agitated
369 (Donald et al., 2011; Forkman et al., 2007). The agitation is sometimes associated with vocalisations in
370 pigs during isolation, which may reflect negative emotions as stress (Donald et al., 2011). Taking that
371 into consideration OFT_PC1 could represent the level of stress and OFT_PC2 the emotional reactivity.
372 VHAT_PC1 could be interpreted as the fear level of the piglets, and VHAT_PC2 is related to their
373 exploratory behaviour only (see our companion paper). We found no effect of sow aggressiveness,
374 gender or their interactions on piglets' reaction during the OFT nor during the VHAT. In goats,
375 significant effects of the interaction between emotional reactivity of goats and parental stress were
376 found on goat kids reactivity during isolation test (Coulon et al., 2015). In the present case, it seems
377 that sows reactivity to the social stressor (being aggressive or not), wasn't related to a higher level of
378 stress, thus it is logical that the behaviour of the piglets is not impacted by it. In this respect, we found
379 no main effect of sows aggressiveness in their piglets performances in the maze test. The latency to
380 find the reward was only lower for piglets born from aggressive sows on day 2, but not on the other
381 days. This is in agreement with the lack of effect of sows' aggressiveness on the overall behaviour of
382 the piglets on TIT, OFT and HVA. Performances in the maze test could have been explained by higher
383 exploratory behaviours that would have been seen in the other tests. In the spatial maze, males had a
384 faster performance than females. In pigs, some studies found males to be more active (e.g., in play,
385 Brown et al., 2015) or less stressed by challenging situations (Death et al., 2010). If male pigs were
386 more active and/or less fearful in the spatial maze, they may have been able to reach the reward faster.
387 Even if the feeder access competition was enough to raise the global level of aggressiveness in the
388 group as shown in our previous study (Lanthony et al, 2022), the intensity of the challenge seems to
389 have been too low to induce a strong physiological stress response that could have been related to
390 sows' aggressiveness. Considering the strong relation between RIAI and the dominance rank, it seems
391 that subordinates and less aggressive sows could always find ways to avoid fighting, and thus weren't
392 impacted a lot by the feeder access restriction whereas dominants could have the prior access to the
393 feeders. The hierarchy in stable groups of pregnant sows seems to prevent challenging events from
394 creating social stress (Strauss and Shizuka, 2022).

395 **Conclusion**

396 Even if we found sows' aggressiveness to be linked with their social status and physical state, we
397 couldn't relate it to a modulation of the physiological stress response. We found no impact of sows'
398 aggressiveness on their offspring's' behaviour during the tonic immobility test, the open field test, the

399 human voluntary approach test and the spatial learning tests. The stability and strength of the
400 hierarchy inside our groups can surely explain those findings. Further analysis on bigger and unstable
401 groups are needed to further investigated the impact of sows aggressiveness in response to social
402 stress on their piglets behaviour.

403 **Acknowledgements**

404 We thank the pig husbandry staff (UE3P, St-Gilles, France) for their involvement in the accomplishment
405 of the protocol. We particularly thank Patrick Touanel for his work with the piglets. We thank
406 Carole Guérin for her work on video and data analysis. We also thank Raphael Comte and
407 Françoise Thomas for their participation in cortisol assays.

408 Acknowledgements are also expressed to the French Ministry of Agriculture which funded the research
409 activity. This experiment was also funded by Crédits Incitatifs PHASE 2020.

410

411

412

413 **Bibliography**

414 Arey, D.S., Edwards, S.A., 1998. Factors influencing aggression between sows after mixing and the
415 consequences for welfare and production. *Livest. Prod. Sci.* 56, 61–70.

416 [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00144-4](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00144-4)

417 Brajon, S., Ahloy-Dallaire, J., Devillers, N., Guay, F., 2021. Social status and previous experience in the
418 group as predictors of welfare of sows housed in large semi-static groups. *PLoS One* 16, 1–26.

419 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244704>

420 Brouns, F., Edwards, S.A., 1994. Social rank and feeding behaviour of group-housed sows fed
421 competitively or ad libitum. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 39, 225–235. [https://doi.org/10.1016/0168-
422 1591\(94\)90158-9](https://doi.org/10.1016/0168-1591(94)90158-9)

423 Coulon, M., Nowak, R., Andanson, S., Petit, B., Lévy, F., Boissy, A., 2015. Effects of prenatal stress and
424 emotional reactivity of the mother on emotional and cognitive abilities in lambs. *Dev.*

425 *Psychobiol.* 57, 626–636. <https://doi.org/10.1002/dev.21320>

426 Couret, D., Otten, W., Puppe, B., Prunier, A., Merlot, E., 2009. Behavioural , endocrine and immune
427 responses to repeated social stress in pregnant gilts. *Anim. Int. J. Anim. Biosci.* 3, 118–127.

428 <https://doi.org/10.1017/S1751731108003236>

429 Csermely, D., Wood-Gush, D.G.M., 1990. Agonistic behaviour in grouped sows. ii. how social rank
430 affects feeding and drinking behaviour. *Bolletino di Zool.* 57, 55–58.

431 <https://doi.org/10.1080/11250009009355674>

432 Donald, R.D., Healy, S.D., Lawrence, A.B., Rutherford, K.M.D., 2011. Emotionality in growing pigs: Is
433 the open field a valid test? *Physiol. Behav.* 104, 906–913.
434 <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.05.031>

435 Elmore, M.R.P., Garner, J.P., Johnson, A.K., Kirkden, R.D., Richert, B.T., Pajor, E.A., 2011. Getting
436 around social status: Motivation and enrichment use of dominant and subordinate sows in a
437 group setting. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 133, 154–163.
438 <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.05.017>

439 Erhard, H.W., Mendl, M., 1999. Tonic immobility and emergence time in pigs - More evidence for
440 behavioural strategies. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 61, 227–237. [https://doi.org/10.1016/S0168-](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00196-8)
441 [1591\(98\)00196-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00196-8)

442 Erhard, H.W., Mendl, M., 1997. Tonic immobility in pigs: two interpretations — coping strategies or
443 fear. *BSAP Occas. Publ.* 20, 109–110. <https://doi.org/10.1017/S0263967X00043548>

444 Forkman, B., Boissy, A., Meunier-Salaün, M.C., Canali, E., Jones, R.B., 2007. A critical review of fear
445 tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. *Physiol. Behav.* 92, 340–374.
446 <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.03.016>

447 Haussmann, M.F., Carroll, J.A., Weesner, G.D., Daniels, M.J., Matteri, R.L., Lay, D.C., 2000.
448 Administration of ACTH to restrained, pregnant sows alters their pigs' hypothalamic-pituitary-
449 adrenal (HPA) axis. *J. Anim. Sci.* 78, 2399–2411. <https://doi.org/10.2527/2000.7892399x>

450 Ijichi, C.L., Collins, L.M., Elwood, R.W., 2013. Evidence for the role of personality in stereotypy
451 predisposition. *Anim. Behav.* 85, 1145–1151. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2013.03.033>

452 Ison, S.H., D'Eath, R.B., Robson, S.K., Baxter, E.M., Ormandy, E., Douglas, A.J., Russell, J.A., Lawrence,
453 A.B., Jarvis, S., 2010. “Subordination style” in pigs? The response of pregnant sows to mixing
454 stress affects their offspring's behaviour and stress reactivity. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 124, 16–
455 27. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2010.02.001>

456 Jafari, Z., Mehla, J., Kolb, B.E., Mohajerani, M.H., 2017. Prenatal noise stress impairs HPA axis and
457 cognitive performance in mice. *Sci. Rep.* 7, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09799-6>

458 Jarvis, S., Moinard, C., Robson, S.K., Baxter, E., Ormandy, E., Douglas, A.J., Seckl, J.R., Russell, J.A.,
459 Lawrence, A.B., 2006. Programming the offspring of the pig by prenatal social stress:
460 Neuroendocrine activity and behaviour. *Horm. Behav.* 49, 68–80.
461 <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.05.004>

462 Koolhaas, J.M., de Boer, S.F., Coppens, C.M., Buwalda, B., 2010. Neuroendocrinology of coping styles:
463 Towards understanding the biology of individual variation. *Front. Neuroendocrinol.* 31, 307–
464 321. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2010.04.001>

465 Kornum, B.R., Knudsen, G.M., 2011. Cognitive testing of pigs (*Sus scrofa*) in translational
466 biobehavioral research. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 35, 437–451.

467 <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.05.004>

468 Kranendonk, G., Hopster, H., Fillerup, M., Ekkel, E.D., Mulder, E.J.H., Taverne, M.A.M., 2006. Cortisol
469 administration to pregnant sows affects novelty-induced locomotion, aggressive behaviour, and
470 blunts gender differences in their offspring. *Horm. Behav.* 49, 663–672.
471 <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.12.008>

472 Mendl, M., Zanella, A.J., Broom, D.M., 1992. Physiological and reproductive correlates of behavioural
473 strategies in female domestic pigs. *Anim. Behav.* 44, 1107–1121.
474 [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(05\)80323-9](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80323-9)

475 Mormède, P., Foury, A., Meunier-Salaün, M.-C., 2006. Bien-être du porc : le point de vue de l’animal,
476 approches biologiques et comportementales. *Bull. Acad. Vet. Fr.* 159, 191–204.
477 <https://doi.org/10.4267/2042/47833>

478 Ruis, M.A.W., Te Brake, J.H.A., Engel, B., Ekkel, E.D., Buist, W.G., Blokhuis, H.J., Koolhaas, J.M., 1997.
479 The circadian rhythm of salivary cortisol in growing pigs: Effects of age, gender, and stress.
480 *Physiol. Behav.* 62, 623–630. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(97\)00177-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(97)00177-7)

481 Rushen, J.P., 1985. Stereotypies, aggression and the feeding schedules of tethered sows. *Appl. Anim.*
482 *Behav. Sci.* 14, 137–147. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(85\)90025-5](https://doi.org/10.1016/0168-1591(85)90025-5)

483 Schouten, W.G.P., Wiepkema, P.R., 1991. Coping styles of tethered sows. *Behav. Processes* 25, 125–
484 132. [https://doi.org/10.1016/0376-6357\(91\)90015-R](https://doi.org/10.1016/0376-6357(91)90015-R)

485 Strauss, E.D., Shizuka, D., 2022. The dynamics of dominance: open questions, challenges and
486 solutions. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 377. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0445>

487 Terlouw, E.M.C., Lawrence, A.B., Illius, A.W., 1991. Influences of feeding level and physical restriction
488 on development of stereotypies in sows. *Anim. Behav.* 42, 981–991.
489 [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(05\)80151-4](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80151-4)

490 Tönepöhl, B., Appel, A.K., Voß, B., König von Borstel, U., Gauly, M., 2013. Interaction between sows’
491 aggressiveness post mixing and skin lesions recorded several weeks later. *Appl. Anim. Behav.*
492 *Sci.* 144, 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.01.004>

493 Zanella, A.J., Broom, D.M., Hunter, J.C., Mendl, M.T., 1996. Brain opioid receptors in relation to
494 stereotypies, inactivity, and housing in sows. *Physiol. Behav.* 59, 769–775.
495 [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(95\)02118-3](https://doi.org/10.1016/0031-9384(95)02118-3)

496

Chapitre 3 : Effets croisés de la réaction à l'humain des truies et d'un apprivoisement sur le comportement des porcelets

Dans le chapitre précédent, nous avons démontré que l'agressivité des truies n'impacte pas l'émotivité ou le comportement des jeunes. Certaines études prennent en considération la réaction à l'humain pour décrire la personnalité des truies (Horback and Parsons, 2016). Comme énoncé en introduction, les interactions avec l'humain sont un des facteurs susceptibles d'impacter le bien-être des truies, nous avons donc axé le chapitre 3 sur l'étude des effets croisés de la réaction à l'humain des truies et d'un apprivoisement des porcelets sur leur comportement et notamment vis-à-vis de l'humain.

Contexte

La réaction à l'humain de la truie peut être interprétée comme une dimension de sa personnalité (Horback and Parsons, 2016). La peur de l'humain peut engendrer un stress chronique sur les truies (Hemsworth, 2003). Une perception positive de l'humain par l'animal est donc intéressante à développer en élevage, pour valoriser son bien-être. Ceci est d'autant plus vrai que le stress chronique des truies gestantes peut également avoir des conséquences néfastes sur les porcelets (Kranendonk et al., 2006), de manière sexe dépendante (Rutherford et al., 2014). Chez la caille, la réactivité émotionnelle des jeunes face à l'humain est modulée par celles de leur mères, et les effets persistent après la séparation mère-jeune (Bertin and Richard-Yris, 2004). Rooney et al. (2021) ont démontré que la réaction à l'humain des truies impactait la réponse de leurs porcelets à différents tests comportementaux, et que globalement les porcelets nés de mères farouches l'étaient aussi, avant le sevrage. Plus globalement, le comportement des porcelets pourrait être impacté par la réaction à l'humain des truies, soit par effet indirect via un stress chronique, soit par transmission directe. Le renforcement de la relation humain animal dans le jeune âge des porcelets contribue à diminuer leur niveau de peur de l'humain et réduire leur niveau d'anxiété (Tallet et al., 2014; Wang et al., 2020). Un apprivoisement des porcelets pourrait donc compenser les effets négatifs d'une éventuelle transmission de la peur de l'humain des truies.

Cette étude a visé dans un premier temps à étudier la relation entre réaction à l'humain et sécrétion de cortisol pour évaluer le stress induit par la peur de l'humain. Ensuite, nous avons étudié l'effet de la réaction à l'humain de la truie sur le comportement des porcelets et ses effets croisés avec l'apprivoisement des porcelets sur leur comportement et leurs capacités cognitives.

Méthode

Un test d'approche de l'humain opéré sur les truies au 70^{ème} jour de gestation a permis de les classer en deux catégories : docile (n=13, parité moyenne = 3.8 +/- 1.5) ou farouche (n=11, parité moyenne = 3.6 +/- 1.7). Le taux de cortisol salivaire dans les trois prélèvements de salives à 71 jours a été analysé et mis en relation avec la réaction à l'humain des truies. Nous avons ensuite testé, grâce à des modèles linéaires généraux, l'impact de la catégorie de réaction à l'humain des truies en

interaction avec le sexe des porcelets sur le comportement des porcelets (i) lors de deux tests d'immobilité tonique (N=144 porcelets de poids similaires et en bonne santé) à 7 et 15 jours, (ii) d'un test d'openfield et d'approche volontaire de l'humain à 32-33j (N=96 porcelets).

La moitié d'entre eux a ensuite été apprivoisée (cf méthodologie générale). Les effets du sexe en interaction avec la catégorie de réaction à l'humain des truies ainsi que de la catégorie de réaction à l'humain des truies en interaction avec le traitement des porcelets (apprivoisement ou non) ont été testés sur (i) les réponses comportementales des porcelets au second openfield et au second test d'approche volontaire de l'humain à 46-47 jours, (ii) leurs performances lors d'un test d'apprentissage spatial de 52 à 58 jours.

Principaux résultats

La réaction à l'humain des truies au test au 71^{ème} jour de gestation n'a pas d'effets sur les concentrations en cortisol salivaire au 72^{ème} de gestation ($F = 2.72$, $P = 0.10$).

La réponse des porcelets aux deux tests d'immobilité tonique est stable ($R_s = 0.46$, $P < 0.001$). Les porcelets issus de truies qui ont peur de l'humain sont restés immobiles plus longtemps pendant le premier test d'immobilité tonique ($\text{Chisq} = 6.24$, $P = 0.01$) mais les effets ne sont plus statistiquement visibles lors du deuxième. Ils ont aussi exprimé davantage de comportements de peur lors du premier test d'approche volontaire de l'humain ($\text{Chisq} = 8.23$, $P = 0.004$). En revanche, leurs comportements lors du premier openfield ne sont pas différents de ceux des porcelets issus de mère dociles.

Les mêmes effets de la réaction à l'humain de la truie sont restés visibles sur le deuxième test d'approche volontaire de l'humain ($\text{Chisq} = 8.33$, $P = 0.004$), à la fois sur les porcelets apprivoisés et les porcelets non apprivoisés (pas d'effet d'interaction des facteurs, $\text{Chisq} = 2.49$, $P = 0.11$). Les porcelets apprivoisés ont montré moins de signe de stress et davantage de signes d'attrait pour l'humain que les porcelets non apprivoisés ($\text{Chisq} = 15.05$, $P < 0.001$). L'apprivoisement semble donc moduler la transmission de la peur de l'humain sans l'effacer. Aucun effet de la réaction à l'humain de la truie ou de l'apprivoisement n'a été décrit sur la réponse comportementale des porcelets au deuxième test d'openfield. En revanche, les porcelets issus de mères dociles ont eu de meilleures performances lors du test de mémoire spatiale avec des latences d'atteinte de la récompense plus faibles ($\text{Chisq} = 5.0$, $P = 0.03$).

Conclusions

La peur de l'humain semble être transmise de la truie aux porcelets. L'apprivoisement module la transmission de la peur de l'humain sans l'effacer. La peur de l'humain de la truie impacte également les performances des porcelets lors d'un test d'apprentissage spatial. Les effets de la peur de l'humain

sur l'état de stress des truies n'ont pu être démontrés. Les résultats obtenus sont donc le signe d'une transmission d'un trait de personnalité des truies et non d'un impact du stress prénatal.

1 Animal Behaviour

2 The long lasting power of mothers: Sows fear of human is transmitted to their weaned piglets, persists
3 even after familiarization with human and impacts piglets performances in spatial maze tests.

4 **Abstract**

5 Fear of human, which can lead to chronic stress, could impact negatively offspring's' behaviour and
6 cognition whereas early positive handling has positive impacts on them. The aim of this study was to
7 evaluate the crossed effects of trans-generational transfer and positive reinforcement of human-
8 animal relationship (HAR) on piglets' behaviour and HAR. Sows were classified into two categories
9 (Fearful, n=11 and Docile, n=13) based on whether they avoided human contact or not during a human
10 approach test in their home pen at 71 days of gestation. Three salivary samples were collected on day
11 72 of gestation for cortisol assay to evaluate individual level of stress. Fear of human wasn't related to
12 cortisol secretion levels ($F = 2.72, P = 0.10$). The response to two tonic immobility tests (TIT) at 7 and 15
13 days of six piglets of each sows was studied. Piglets born from fearful sows stood immobilized longer
14 ($\text{Chisq} = 6.24, P = 0.01$) than those born from docile sows, and females ($8.70, P = 0.003$) longer than males
15 during the first TIT at 7 days. The effects were not significant in the second TIT at 15 days. The
16 behaviour of four piglets of each sow (n=96 in total, two males and two females per sow) was then
17 assessed through various standard test after weaning (28 days). We found no effect of sow's reaction
18 to human on piglets' emotionality expressed during an Open-field test (OFT) at 32-33 days. However,
19 during a Human voluntary approach test (HVAT) piglets born from fearful sows were more fearful than
20 piglets born from docile sows ($\text{Chisq} = 8.23, P = 0.004$). Half of the piglets (n=48, 1 male and 1 female
21 per sow) were then familiarized with human by daily gentle interactions during 7 days while the others
22 received minimum contact. At 46 and 47 days, they were all again individually submitted to an OFT
23 and HVAT (OFT2 and HVAT2). We found no main or crossed effect of sow's reaction to human and
24 piglet's treatment (familiarized with human/minimum contact) on piglets' emotionality during OFT2,
25 nor on their exploratory behaviour during HVAT2. However, Piglets' born from fearful sows were less

26 attracted to human during HVAT2 (Chisq=8.33, P=0.004) than those born from docile sows, and
27 familiarized piglets were more attracted than minimum contact ones (Chisq=15.05, P<0.001). Piglets
28 born from docile sows found the reward more rapidly in the spatial maze test than those born from
29 fearful sows. That could be explained by higher exploration and less fear rather or higher memory
30 skills. Both sows HAR and piglet familiarization with human seemed to specifically affect human related
31 behaviours without affecting their general emotionality, except in the spatial maze test. This study
32 particularly highlights the long lasting effects of prenatal transmission of fear of human and the
33 possible modulation by positive reinforcement of piglets' HAR.

34

35 **Abbreviations:**

36 HAR = Human-animal relation

37 OFT = Open field test

38 VHAT = Voluntary human approach test

39 HART = Human approach reaction test

40 **Keywords:** Pigs, human-animal relationship, familiarization, transmission, learning, emotionality

41 **Introduction**

42 Reaction to human can be interpreted as a dimension of animals' temperament (Horback and
43 Parsons, 2016). It has been reported to remain constant in time in several domestic species as cows,
44 goats, pigs and poultry (reviewed by Boissy, 1995) or horses (Lansade and Bouissou, 2008). As a
45 consequence, we observe a large variability in reactions to humans for a same species or group of
46 animals observed. One can be classified as docile/bold or fearful/shy according to their reactions to
47 human presence and handling (Lyons et al., 1988). Fear of human can induce chronic stress, as shown
48 by elevated basal glucocorticoid levels in pigs (Hemsworth, 2003). Positive attraction to humans is thus
49 to be developed in farm animals, for a better welfare state.

50 This is even more true that chronic stress of mothers and elevated glucocorticoid levels have
51 negative consequences on their progeny (Kranendonk et al., 2006), and this depends on the gender
52 (Rutherford et al., 2014). This is mediated by an altered hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis
53 activity (Jarvis et al., 2006) that is also involved in spatial memory impairments (Issa et al., 1990).
54 Maternal stress has negative consequences on emotional and cognitive abilities of their progeny (e.g.
55 lambs of 1 month of age, Coulon et al. (2015), rats until 21 months of age, Vallée et al. (1999) and mice
56 of 8 weeks, Jafari et al. (2017)). More generally, emotional state of mothers can affect behavioural
57 development of their offspring (Rutherford et al., 2014).

58 Similarly, fear of human leading to chronic stress could impact the offspring behavioural
59 development. In quails, young birds emotional reactivity to human can be modulated by their mothers'
60 and the effects persist well after the end of maternal contact (Bertin and Richard-Yris, 2004). Rooney
61 et al. (2021) classified gilts into fearful and friendly toward humans and demonstrated that gilt's level
62 of fear of human impacted their piglets' responses in various behavioural tests before weaning. Piglets
63 from friendly gilts were more active during a backtest, which is used to assess piglets' coping style
64 (Kanitz et al., 2019) and less freezing in an open-field test, which characterise their emotionality
65 (Donald et al., 2011). They also express more contact toward humans (Rooney et al, 2021). Dams' fear
66 of human could impact their progeny in two ways: either by the direct effect of fear transmission or
67 by the negative effects of prenatal stress induced. Still, there is no evidence for the persistence of the
68 maternal impact after weaning in mammals or its interaction with post-natal events, including early
69 positive experiences with human.

70 Postnatal experience can modulate the behaviour of mammals, by taking advantage of their
71 behavioural flexibility. The variability of reactions to humans in domestic animals is dependent on the
72 number, duration and nature of daily interactions humans provide them (Hemsworth and Coleman,
73 1998). Gentle touch such as petting is an important feature for the creation of a positive human-animal
74 relation. Rault et al., (2019) found behavioural and physiological signs of positive emotional states

75 during belly-rubbing in pigs. Familiarization through frequent and repeated positive interactions, as
76 scratching and stroking, leads to higher attraction for human and reduce pig's anxiety (Tallet et al.,
77 2014; Wang et al., 2020). Early handling has been reported to reduce fearfulness and improve memory
78 function in various learning tasks in rodents (Fernández-Teruel et al., 2002). Providing positive human
79 handling during the young age could thus compensate the negative effects of mother's fear of humans.

80 The aim of the study was threefold. We divided multiparous sows into fearful and docile
81 categories. We firstly analysed the impact of sows' fear of human on their cortisol level during
82 pregnancy to assess stress level. Secondly, we tested the effect of sows' reaction to human during
83 pregnancy on their piglets' coping style before weaning and emotionality and reaction to human after
84 weaning. Finally, we tested the crossed effects of sows' reaction to human and repeated gentle
85 handling of piglets after weaning on piglets' emotionality, relation to human and learning abilities.

86 We hypothesis that fear of human can be transmitted from the sows to their piglets and that
87 it could drive their coping style, impact their emotionality and lower their cognitive abilities. We also
88 hypothesis that positive handling of piglets after weaning could compensate the negative effects of
89 dams' fear of human on emotionality and reaction to humans, and increase their adaptive abilities in
90 learning task.

91 **Material and methods**

92 The experiments involved 24 gestating sows and 144 of their piglets from the experimental unit Pig
93 Physiology and phenotyping (UE3P) of the French National Research Institute for Agriculture, Food and
94 Environment (INRAE) of Saint-Gilles (France) (doi : 10.15454/1.5573932732039927E12) and were
95 performed according to current French legislation on experimental animal care (authorization to
96 experiment on living animals No. 21707-2019092316028835_v4 of the French Ministry of Agriculture).

97 **Animals**

98 1. Sows:

99 The sows (Landrace x Large white) were housed in three different groups of 18 (+/-1) sows from the
100 week of insemination (Pietrain semen) till one week before farrowing. They were hosted in a 54m²
101 room with concrete floor daily provided with straw and enriched permanently with two chains hanging
102 from a fence. They had access to two self-locking automatic feeders (Gestal®, JYGA Technologies Inc,
103 Québec, Canada) feeding them a standard diet for pregnancy, and to two troughs freely accessible and
104 providing ad libitum access to clear water. The 24 sows studied for this article were part of a larger
105 study on the crossed impact of sows' personality and early positive experience with human on piglet's
106 behaviour and the eight experimental sows per group were selected amongst each group according to
107 behavioural criteria just before farrowing. Parities of studied sows were comprised between 2 and 7
108 but parities in thr groups ranged from 1 to 8. The tests on sows and on piglets, as well as the
109 familiarization were done by a unique experimenter (female, 1.69m tall), referred to as the human in
110 this paper.

111 • Human approach reaction test on sows (HART):

112 At 71 gestational days, each sow was submitted to a HART in the home pen. The test was done in
113 randomised order. The experimenter entered calmly the room, walked inside the pen for 2 minutes
114 and started the first test. The test was carried out in three steps. Step1: The experimenter went in
115 front of the aimed sow, 50 cm away from its head approximately and stood still during 10 seconds.
116 Step 2: If the sow didn't run away or just step back during step 1, the experimenter got closer to the
117 sow and kneeled trying to reach out for sow's snout with one hand without contact and stayed still for
118 10 seconds. If the sow directly reached for contact, the experimenter immediately moved on to step 3
119 without waiting 10 seconds. Step 3: If the sows didn't run away during step 2, the experimenter gently
120 put the hand on sow's forehead between the ears and tried to keep the contact during 10 seconds.
121 The reaction of each sows was recorded by an external experimenter as follows: The sows that ran
122 away during step 1 or step 2 were classified as fearful (n=11, mean parity = 3.6+/-1.7). The sows that
123 didn't run away at all and accepted human contact were classified as docile (n=13, mean parity = 3.8+/-
124 1.5).

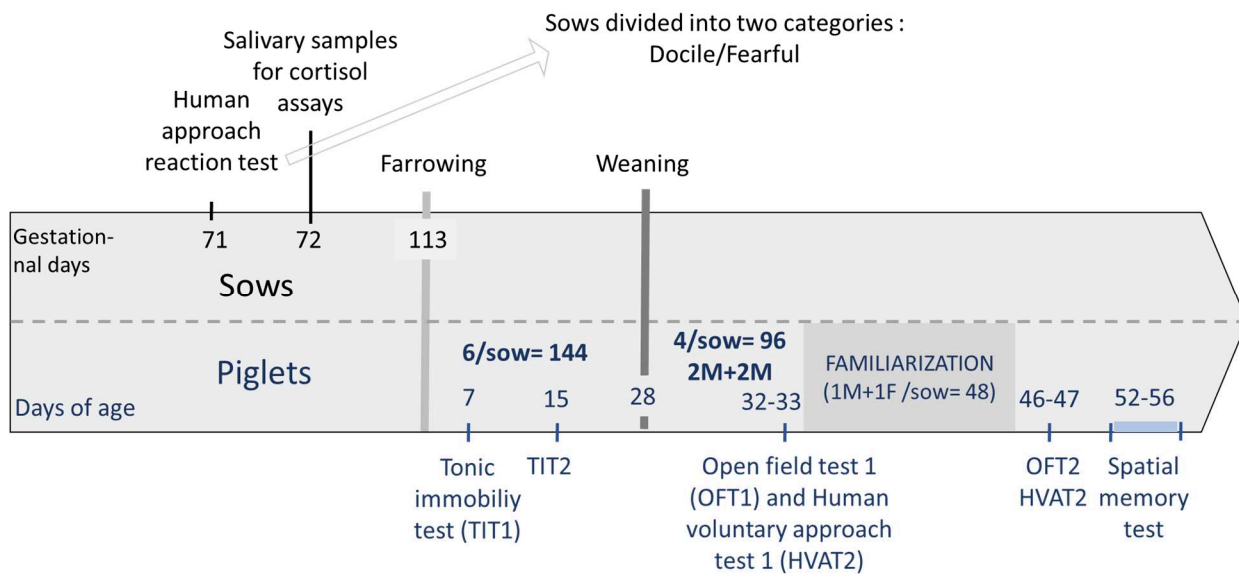
125 • Salivary sampling on sows

126 To assess whether fear of human had an impact on sows cortisol physiology, the day after HART test,
127 salivary samples were collected with Sarstedt Cortisol Salivette at 8.30 am, 11.30 am and 14.30 pm to
128 assess the salivary cortisol concentrations by doubled luminescence luminoassay. For the saliva
129 collection, the salivette were inserted in sows' mouth by manually by an operator with a clamp for
130 them to chew during 10 seconds.

131 2. Piglets:

132 During the suckling period, the piglets were all submitted to two sessions of tonic immobility tests (at
133 7 and 15 days) which is a test commonly used to assess piglets coping styles (Erhard and Mendl, 1997).
134 The behavioural response of 144 of them (6 piglets per sows selected at weaning regarding their
135 weight and health) were recorded to be analysed. Four of them (two males and two females) per sow
136 were followed during the post weaning period (experimental piglets). Couples of male and female
137 piglets were reared in group of three of the same litter. An additional piglet from the same litter (male
138 or female) which behaviour was recorded during the TIT was added to each group so that a piglet was
139 never left isolated when his/her sibling was observed for the experiment. They were reared by three
140 in indoor pens (1.15 x 1.32 m) with slatted floor, isolated from each other by 1.5m high plastic panels.
141 Piglets were fed ad libitum and had continuous access to a water trough. Each pen was provided with
142 a steel chain as enrichment

143 Experimental piglets (n=96, 2 males+2 females per sow) were all submitted to an open-field test (OFT1)
144 followed by a human-voluntary approach test (VHAT1) at 32 or 33 days. After that, piglets of room A,
145 representing half of the experimental piglet (1 male+ 1 female per sow), were familiarized with human
146 through gentle tactile interaction during 7 days, three times five minutes a day in their home pens.
147 The other piglets (N= 48, 1male + 1 female per sow) received minimum contact. They were then again
148 submitted to an OFT and VHAT at 46 or 47 days (OFT2 and VHAT2, Figure 1).



149

150 *Figure 1: Experimental design of the study. M=male, F=female, TIT = Tonic immobility test, OFT= Openfield test, HVAT = Human*
 151 *voluntary approach test*

- 152 • Tonic immobility test (7 and 15 days), adapted from (Erhard and Mendl, 1999)

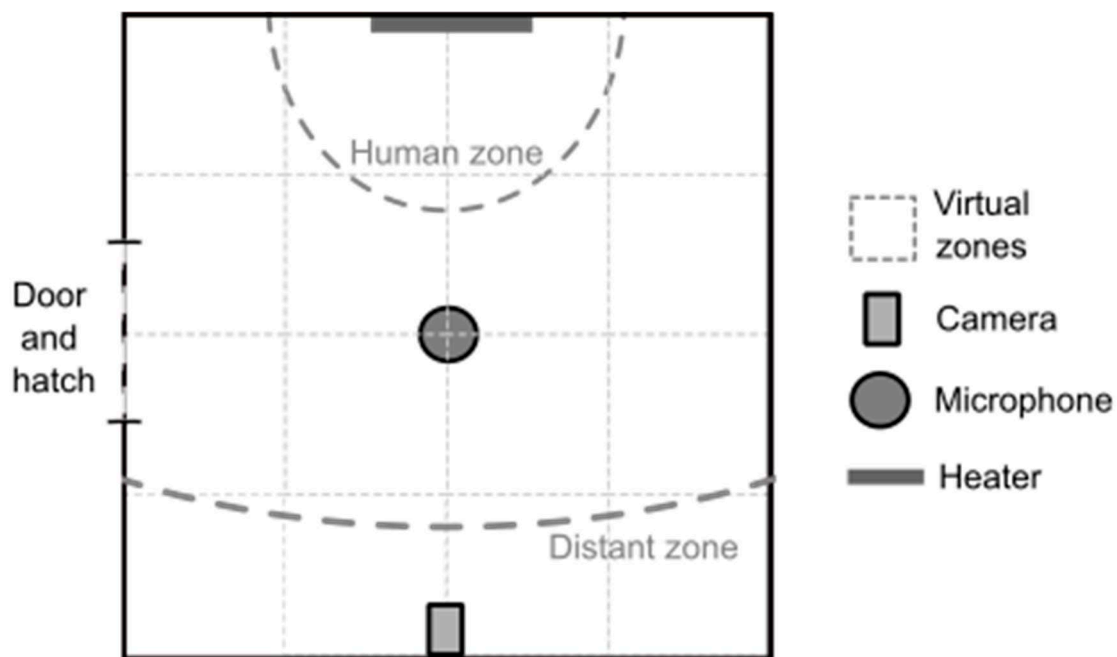
153 The test was performed at 7 and 15 days (TIT1 and TIT2), in the corridor of the nursing room, on a
 154 trolley. The trolley was brought in front of the crate, and all the piglets from the litter were tested one
 155 after the other. Each piglets was randomly picked up from the farrowing crates by the operator that
 156 placed him on its back onto a V-shaped plastic cradle on the trolley. She then put a sand-filled plastic
 157 bag 10*20 cm², 500 g on the piglet's throat and gently stretched his back legs, waiting up to 10 seconds
 158 for the piglet to become immobilized. The duration of immobilisation (ID) was then recorded. If the
 159 piglets had not become immobilized in the 10 seconds, he got 0s as ID.

- 160 • Openfield test (OFT) and voluntary human approach test (VHAT) at 32-33 and 46-47 days

161 The tests were done in a 2.7 m x 2.7 m soundproof room set up with a camera and a microphone.
 162 (Figure 2) situated in the same building as the rearing room. The tests were video recorded thanks to
 163 a camera (BOSH HIKVISION H+265) linked to a numeric recorder (HIKVISION NVR 4.0) which allowed
 164 us to visualize the test from an adjacent room. We also recorded sounds thanks to a C314 microphone
 165 (AKG, Austria) placed in the centre of the room and at one-meter-high, connected to a MD661MK2
 166 recorder (Marantz, USA). On the screen, virtual square zones were defined to assess piglets' mobility
 167 inside the room (16 equal sized zones, figure 1).

168 The protocol was the same for both OFT/VHAT1 and OFT/VHAT2. The tested piglet was brought
169 individually in a trolley equipped with a hatch to the experimental room, the hatches of the trolley and
170 the room were opened and the piglet was gently pushed into the room. He was then left alone five
171 minutes (OFT). After 5 minutes of isolation in the room, the same human as for the sows entered the
172 room through the hatch door and sat still and quiet along a wall on the small stool (VHAT). A virtual
173 “human zone” was defined around the sitting place of human as well as a “distant zone”, along the
174 opposite wall. The location of the piglets in the 16 virtual zones as well as vocalizations were manually
175 monitored directly during the tests and the other behaviours as freezing, exploration, location in
176 human and distant zone later from videos, both using the software The Observer XT 14.0 (Noldus®,
177 The Netherlands). We calculated for both tests the number of zone changes, the number of grunts and
178 the time spent exploring the room. For VHAT we also calculated the total time spent in human and
179 distant zones, and the latency to enter the human zone.

180



181

182 *Figure 2: Experimental room for open-field and human voluntary approach test*

- 183
- Familiarization with human :

184 The experimenter came in front of the grid of the pen and stood still, holding a 40 cm high stool, and
185 quiet for 30 seconds. She then entered to sit on the stool in the pen, close to the grid at the opposite
186 of the entrance. During the first session of familiarization, the experimenter sat still without moving
187 for 5 minutes before going out, in order not to afraid the pigs. For the other familiarization sessions,
188 she engaged in interactions with each pig (similar protocol as in Tallet et al. (2014)): she hold out the
189 hand towards the pig; if the pig did not move away, she tried to touch it; if the pig accepted being
190 touched, she softly stroked it along the body with the palm of her hand; and once it accepted being
191 stroked, she scratched it along the body with her fingers. Scratching consisted in rubbing the skin of
192 the pigs with the finger tips and applying more pressure than stroking. In addition, the handler spoke
193 to the pig with a soft voice. The experimenter focused on each experimental piglet for approximately
194 two minutes first and alternatively focused her attention on all the three piglets during the last minute.

195 • Spatial maze test (~52 To 58 days)

196 Piglets ability and speed to find a food reward in a complex maze was assessed. They were first
197 habituated to the apparatus in groups of three from the same sibling (10 min twice a day, two days,
198 no food reward) and alone (5 min twice a day during two days, with food reward randomly placed in
199 the maze). The maze included three dead end (Figure 3). The food though was removed from their pen
200 approximately 15 hours before the test to elevate their motivation to found the reward (Kornum and
201 Knudsen, 2011). The food reward (5 M&m's® mixed with usual food) was placed at the very end of the
202 maze during the first four days of the test (52-56 days of age, D1 to D4 of the trial) and then relocated
203 in a dead end during the last two days of the test (57-58 days of age, D5 to D6 of the trial) to assess
204 their learning plasticity, as in a reverse learning task in T-maze tests (Kornum and Knudsen, 2011). One
205 each day of trial, the piglet was led out of the maze by the usual caretaker once he had found the
206 reward and after 5 minutes in the maze if he had not find it. Each day, the latencies to find the reward
207 were recorded. If the piglets had not find the reward within 5 minutes, he got attributed the maximum
208 latency, *i.e.* 300 seconds.

209

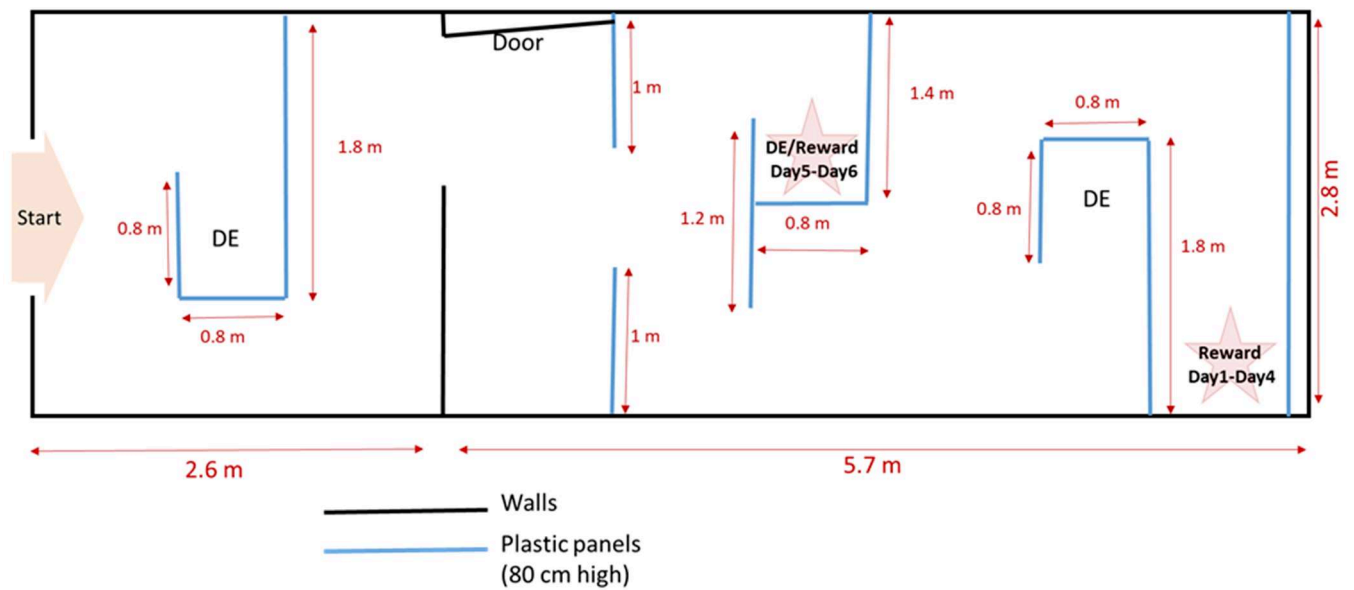


Figure 3: Organisation of the complex maze, DE = Dead End

Data processing and statistical analysis

Data processing and analysis were done with R 3.6.2 (R Core Team, 2019).

The effect of fear of human on the salivary cortisol were tested in a poisson general linear model (glmer in “lme4” R package, Douglas et al., 2015) testing the interacting effect of sow reaction to human category in each time of the day (8.30, 11.30 or 14.30).

In order to make sure the behaviour during the tonic immobility test was stable, the correlation between ID of TIT1 and TIT2 was assessed. Duration of immobilisation during TIT1 and TIT2 were log transformed and tested as a response variable in a linear model (“lmer” in “lme4” R package, Douglas et al.,2015) testing the interacting effect of sow reaction to human category (Fearful/ Docile) and piglets’ gender, sow was used as a random factor.

To reduce the number of variables, a Principal Component Analysis (“PCA” from FactomineR R package, Lê S et al, 2008) was done considering all the behaviours recorded for each HVAT and OFT. The coordinates of each individual on the principal components (PC) were used as behavioural scores. For OFT1, one individual had to be loaded as supplementary individual as it contributed for 4.1 % of PC1. Two PCs had an Eigen value above one, which cumulatively explained 80.70 % of the variability (OFT1_PC1 – 47.18%, OFT1_PC2 – 33.52%). For VHAT1, two PCs had an Eigen value above one, which

228 cumulatively explained 64.20 % of the variability (VHAT1_PC1 – 47.25%, VHAT1_PC2 – 16.95 %). For
229 OFT2, two PCs had an Eigen value above one, which cumulatively explained 86.73% of the variability
230 (OFT2_PC1 – 58.33%, OFT2_PC2 – 28.40%). For VHAT2, two PCs had an Eigen value above one, which
231 cumulatively explained 67.3% of the variability (VHAT2_PC1 – 48.72%, VHAT2_PC2 – 18.61%).

232 The four behavioural response scores of OFT1 and VHAT1 (OFT1_PC1, OFT1_PC2, VHAT1_PC1,
233 VHAT1_PC2) were used as response variables in linear models testing the interaction between sow
234 reaction to human category (Fearful/Docile) and piglets' gender, and sow as random effect ("lmer" in
235 "lme4" R package, Douglas et al., 2015).

236 The four behavioural response scores of OFT2 and VHAT2 (OFT2_PC1, OFT2_PC2, VHAT2_PC1,
237 VHAT2_PC2) were used as response variables in linear models testing the mains effects and the
238 interaction between piglet treatment (familiarized with human/minimum contact) and sow reaction
239 to human category (fearful/Docile) and sow as random effect.

240 The latency to find the reward in the maze test was log transformed and used as a response
241 variable in a linear model ("lmer" in "lme4" R package) testing the interaction between piglets' gender
242 and sow reaction to human category and the interaction between sow reaction to human category,
243 piglet treatment and the day of the test and sow as random effect. (Model = Latency ~ Sow reaction
244 to human * piglet gender* day of the test + Sow reaction to human* piglet treatment * day of the test
245 + 1| sow).

246 The models were validated thanks to visual inspection for the symmetrical and normal
247 distribution of the residuals ("plotresid" in "RVAideMemoire" R package, Hervé, 2021). Anovas were
248 computed on the models to test for significant effects of variables ("car" R package, Fox & Weisberg,
249 2019). Post-hoc tests were computed using Tuckey correction for multiple testing when effects were
250 significant ("emmeans" R package, Russel, 2021). Even if there was no interaction effect, post-hoc tests
251 were sometimes computed to evaluate the cumulative and crossed effect between factors that had
252 main effects as it is mathematically correct (Wei et al., 2012) but interpretations were cautious.

253 **Results**

254 **Effect of sows' fear of human on cortisol**

255 There was no effect of sow reaction to human category ($F = 2.72$, $P = 0.10$) or interacting effect of sows
256 reaction to human category and time ($F = 0.79$, $P = 0.54$) on salivary cortisol.

257 **Effect of sows' response to HART on piglets' duration of immobilisation during TIT**

258 The duration of immobilisation between TIT1 and TIT2 were correlated ($R_s = 0.46$, $P < 0.001$).
259 Piglets born from fearful sows immobilized longer during TIT1 than those born from docile sows
260 ($\text{Chisq} = 6.25$, $P = 0.01$, Figure 4a), and females immobilized longer than males ($\text{Chisq} = 8.69$, $P = 0.003$) but
261 there was no effect of the interaction between gender and sow reaction to human category ($\text{Chisq} =$
262 3.0 , $P = 0.08$), on piglets' duration of immobilisation. There was no significant effect of sow reaction to
263 human category ($\text{Chisq} = 1.34$, $P = 0.25$, Figure 4(B)), of piglets gender ($\text{Chisq} = 0.27$, $P = 0.60$), or the
264 interaction ($\text{Chisq} = 1.85$, $P = 0.17$), on piglets' duration of immobilisation during TIT2.

265 **Impact of sow's reaction to human on piglets' behavioural tests right after weaning (32/33 days)**

266 **Impact of sow's reaction to human on piglets' behaviour in OFT1**

267 On the first behavioural response score OFT1_PC1 freezing time loaded positively and exploration time
268 loaded negatively. On the second behavioural response score OFT1_PC2 grunts number and zone
269 changes number loaded positively (Table 1).

270 There was no effect of sow reaction to human category ($\text{Chisq} = 1.64$, $P = 0.20$, Figure 4(C)), piglets'
271 gender ($\text{Chisq} = 0.09$, $P = 0.76$) or interaction ($\text{Chisq} = 1.57$, $P = 0.21$) on OFT1_PC1.

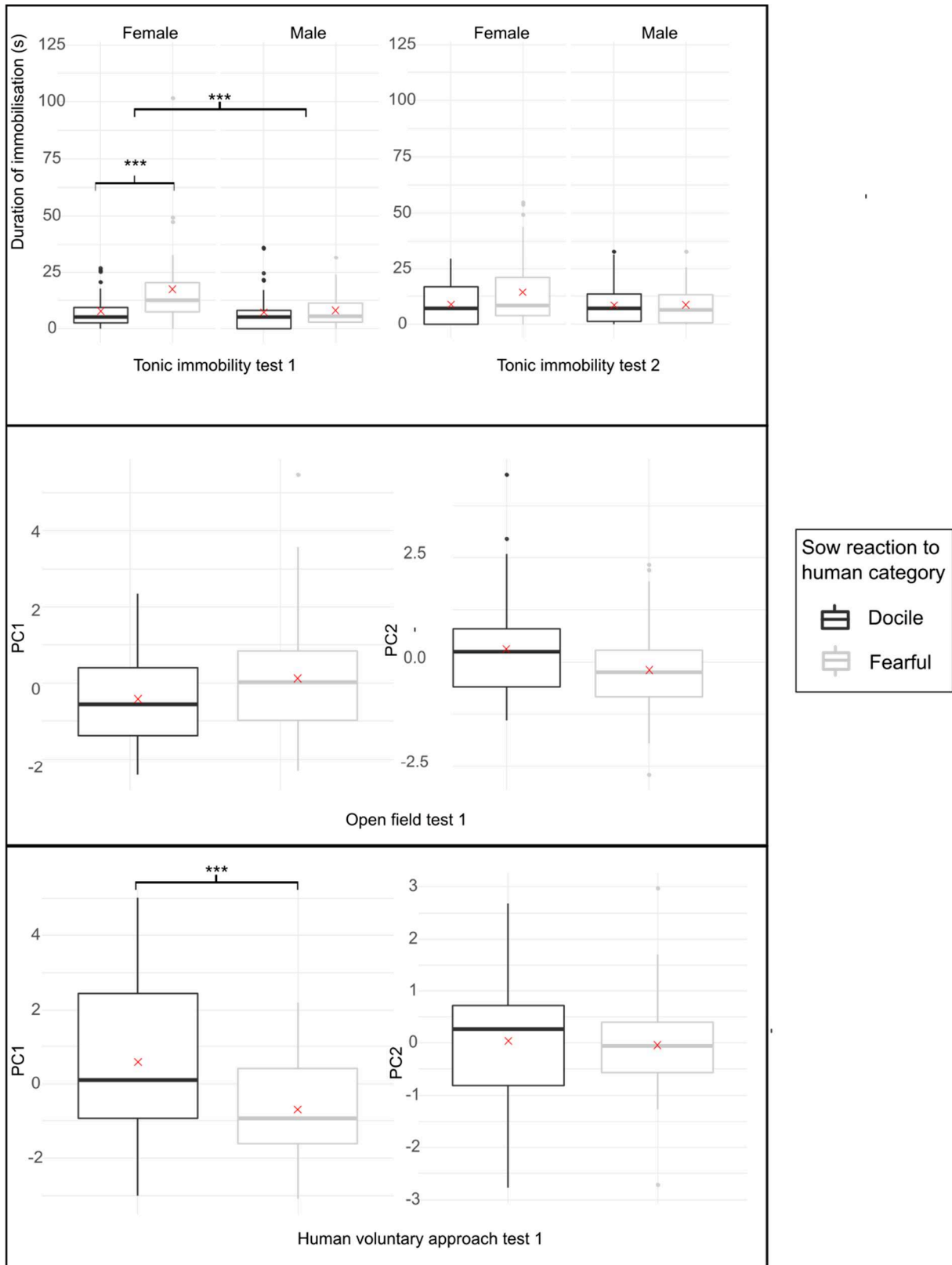
272 There was no effect of sow reaction to human category ($\text{Chisq} = 3.30$, $P = 0.07$, Figure 4(D)), piglets'
273 gender ($\text{Chisq} = 0.32$, $P = 0.57$) or interaction ($\text{Chisq} = 0.83$, $P = 0.36$) on OFT1_PC2.

274 **Impact of sow's reaction to human on piglets' behaviour in VHAT1**

275 On the first behavioural response score HVAT1_PC1, zone changes number, grunts number and
276 exploration time loaded positively and human zone latency, distant zone time and freezing time loaded

277 negatively. On the second behavioural response score HVAT1_PC2, exploration time loaded positively
278 and human zone time loaded negatively (Table 1).

279 Piglets born from fearful sows had lower scores on HVAT1 PC1 (Chisq=8.23, P=0.004, figure 4(E)), there
280 was but no effect of piglets' gender (Chisq=0.92, P=0.34) or interaction (Chisq=0.45, P=0.50) on
281 VHAT1_PC1.
282



283

284 Figure 4 : Box plot representing the effect of sow's category of reaction to human category(fearful or
 285 docile) on piglets behaviour: (A) duration of immobilisation during TIT1 at 7 days, (B) duration of
 286 immobilisation during TIT2 at 15 days, (C) OFT1 PC1, (D) OFT1 PC2, (E) VHAT1 PC1, (F) VHAT1 PC2 at
 287 33-33days . * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** = $P < 0.001$.

288

289 **Impact of sow's reaction to human and piglets treatment (familiarization or not) on piglets**
290 **behavioural tests two weeks after weaning (46/47 days)**

291 **Impact of sow's reaction to human and piglets treatment (familiarization or not) on OFT2**

292 On the first behavioural response score OFT2_PC1, exploration time and zone changes number loaded
293 positively and freezing time loaded negatively. On the second behavioural response score OFT1_PC2
294 grunts number loaded positively (Table 1).

295 There was no effect of sow reaction to human category (Chisq=3.13, P=0.08, Figure 5 (A)),
296 familiarization with human Chisq=0.73, P=0.39), piglets' gender (Chisq=0.03, P=0.87), interaction
297 between sow reaction to human category and gender (Chisq 0.30, P=0.59) or interaction between sow
298 reaction to human category and piglets' treatment (Chisq=2.30, P= 0.13) on OFT2 PC1.

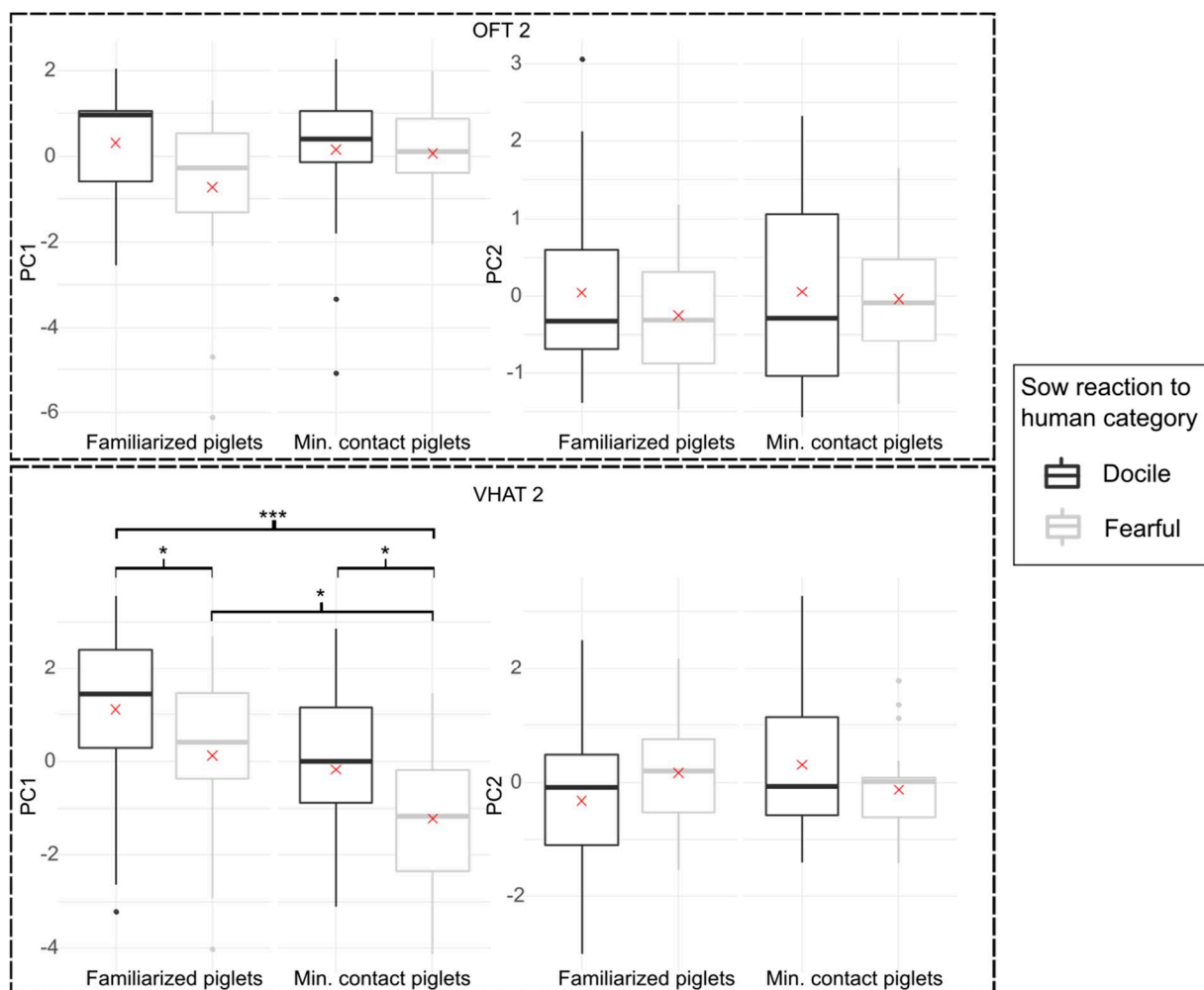
299 There was no effect of sow reaction to human category (Chisq=0.59, P=0.44, Figure 5 (B)), piglets'
300 treatment (Chisq=0.25, P=0.62), piglets' gender (Chisq=0.039, P=0.84), interaction between sow
301 reaction to human category and gender (Chisq=0.17, P=0.67) or interaction between sow reaction to
302 human and piglets' treatment (Chisq=0.24, P=0.63) on OFT2 PC2.

303 **Impact of sow's reaction to human and piglets treatment (familiarization/ minimum contact) on**
304 **VHAT2**

305 On the first behavioural response score VHAT2_PC1, human zone time, grunts number and zone
306 changes number loaded positively and freezing time, human zone latency and freezing time loaded
307 negatively. On the second behavioural response score VHAT2_PC2 exploration time loaded positively
308 (Table1).

309 Piglets born from fearful sows had lower scores on HVAT2 PC1 (Chisq=8.33, P=0.004, Figure 5 (C)), as
310 well as tamed piglets (Chisq=15.05, P<0.001), but there was no effect of gender (Chisq=0.29, P=0.59),
311 interaction between sow reaction to human category and gender (Chisq=2.49, P=0.11) or interaction
312 between sow reaction to human category and piglets' treatment (Chisq =0.009, P=0.92) on HVAT2 PC1.

313 Post-hoc showed that there are significant differences in VHAT2_PC1 response between
 314 fearful_sow/tamed and fearful_sow/not_tamed piglets ($t=2.68$, $P=0.04$) as well as between
 315 docile_sow/tamed piglets and docile_sow/not_tamed piglets ($t=2.77$, $P=0.035$) and between
 316 fearful_sow/not-tamed piglets and docile_sow/tamed piglets ($t=-4.75$, $P<0.001$).
 317 There was no effect of sow reaction to human category ($\text{Chisq}=0.004$, $P=0.94$, Figure 5 (D)), piglets'
 318 treatment ($\text{Chisq}=1.04$, $P=0.31$), piglets' gender ($\text{Chisq}=0.11$, $P=0.73$), interaction between sow
 319 reaction to human category and gender ($\text{Chisq}=0.005$, $P=0.94$) but an effect of interaction between
 320 sow reaction to human category and piglets' treatment ($\text{Chisq}=5.18$, $P=0.02$) on VHAT2 PC2. However,
 321 pairwise post-hoc comparisons didn't confirm the effect ($-2.32<t<1.30$, $P>0.10$).



323 Figure 5: Boxplots representing the effect of sow reaction to human category (Fearful/Docile) and
 324 piglets' treatment (Familiarized/Min. contact) on (A) OFT2 PC1, (B) OFT2 PC2, (C) HVAT2 PC1 and (D)
 325 HVAT2 PC2. Red cross represents the mean in each category. $*$ = $P<0.05$, $**$ = $P<0.01$, $***$ = $P<0.001$.

Table 1 : Variable loadings of the behavioural parameters used in the Principal Component Analysis of OFT1, HVAT1, OFT2, HVAT2

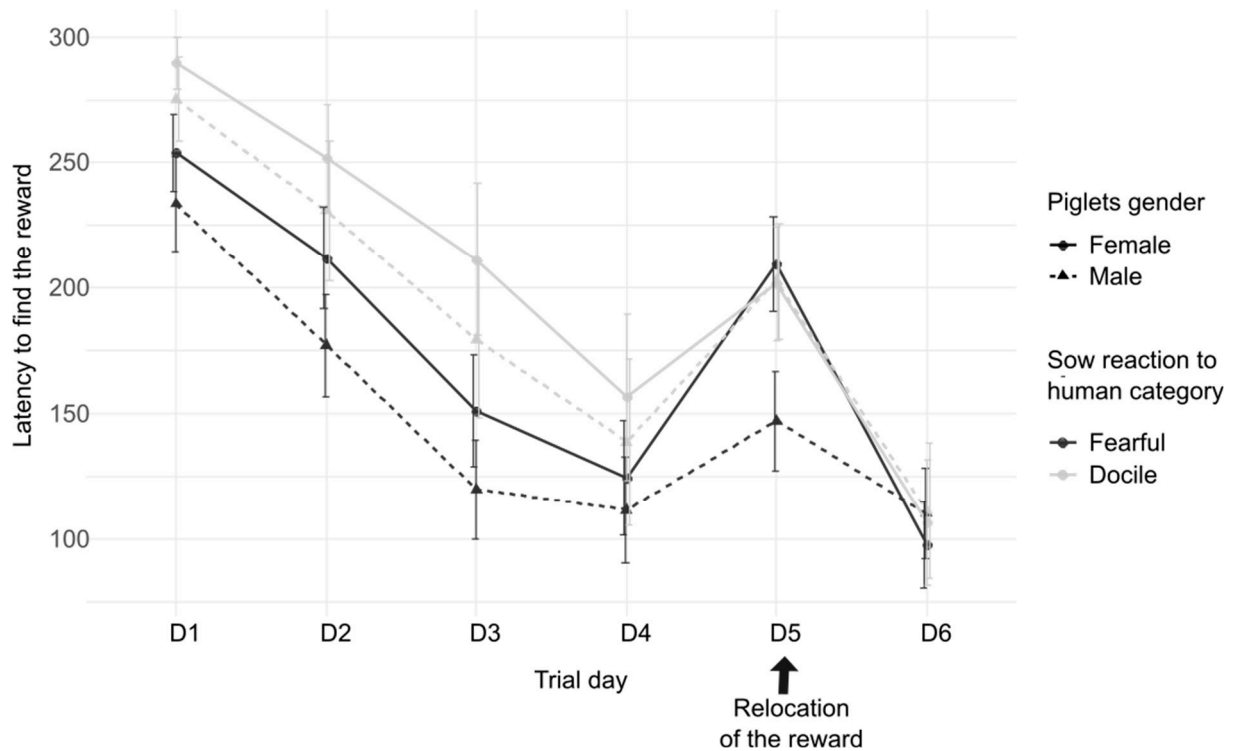
	PC.1	PC.2	PC.1	PC.2
	Contribution (%)		Coordinates	
OFT1				
cumulative inertia	47,18	80,70	-	-
OFT1_grunts_number	8,76	36,32	0,41	0,70
OFT1_exploration_time	48,17	0,09	-0,95	0,03
OFT1_freezing_time	42,74	9,42	0,90	-0,36
OFT1_zone_changes_number	0,34	54,17	0,08	0,85
VHAT1				
Cumulative inertia	47.25	60.20	-	-
VHAT1_grunts_number	14.34	0.14	0.69	-0.04
VHAT1_exploration_time	10.42	40.56	0.59	0.69
VHAT1_freezing_time	16.91	6.48	-0.75	-0.28
VHAT1_zone_changes_number	19.99	0.24	0.81	0.05
VHAT1_human_zone_latency	15.37	18.75	-0.71	0.47
VHAT1_distant_zone_time	10.02	2.77	-0.58	-0.18
VHAT1_human_zone_time	12.95	31.06	0.65	-0.61
OFT2				
Cumulative inertia	58.33	86.73	-	-
OFT2_grunts_number	7.26	59.74	0.41	0.82
OFT2_exploration_time	31.52	17.67	0.86	-0.45
OFT2_freezing_time	37.56	7.12	-0.94	0.28
OFT2_zone_changes_number	23.66	15.47	0.74	0.42
VHAT2				
Cumulative inertia	48.72	67.3	-	-
VHAT2_grunts_number	9.80	15.61	0.58	-0.45
VHAT2_exploration_time	2.89	60.98	0.31	0.89
VHAT2_freezing_time	19.58	7.59	-0.82	-0.31
VHAT2_zone_changes_number	20.57	2.19	0.84	0.17
VHAT2_human_zone_latency	22.44	0.26	-0.87	0.06

VHAT2_distant_zone_time	5.66	0.55	-0.44	0.08
VHAT2_human_zone_time	19.06	12.83	0.81	-0.41

326

327 **Effect of sow reaction to human and piglets' treatment on their success in the complex maze test**

328 Figure 7 shows the evolution of the latency to find the reward according to the day of the trial, sow
329 reaction to human category and piglet gender. There was an effect of the day of the trial (Chisq=143.4,
330 $P < 0.001$) on the latency to find the reward. Post hoc paired comparisons showed that day 1 wasn't
331 different from day 2 ($t = 2.49$, $P = 0.12$), but day 2 latencies were higher than day 3 ($t = 3.72$, $P = 0.003$) and
332 day 3 latencies were higher than day 4 ($t = 2.96$, $P = 0.04$). Day 5 latencies to find the reward
333 (corresponding to the first day with the reward relocated) were lower than day 1 ($t = 5.80$, $P < 0.001$) and
334 higher than day 6 ($t = 0.81$, $P < 0.001$). In general, latencies to find the reward were lower for males than
335 females (Chisq=5.42, $P = 0.02$), and for piglets born from Docile sows than from Fearful sows (Chisq=5.0,
336 $P = 0.03$). There was no effect of piglets' treatment (Chisq=0.86, $P = 0.35$) and no other main effect of
337 interaction effect tested ($0.10 < \text{Chisq} \leq 3.19$, $P > 0.1$)



338

339 *Figure 4: Evolution along the days of trial of piglets' (52-58 days of age) latencies to find the reward (in seconds) according to*
 340 *sow reaction to human categories. Means +/- se*

341

342 **Discussion**

343 **Absence of effect of sows' fear of human on cortisol**

344 This study first aimed at determining if sows' fear of human was related to higher cortisol
 345 levels. We expected to find a higher basal level of cortisol for fearful sows compared to docile ones,
 346 but we did not. Indeed, there was no statistical effect of sow reaction to human category on any of the
 347 three assays during the day, and no effect on the dial integral of cortisol either. This goes along to the
 348 findings of Rooney et al. (2021), who showed no significant difference of the basal cortisol level
 349 between friendly and fearful gilts at the end of gestation. We thus have well observed a personality
 350 trait specific of the spontaneous reaction to humans, and not to a general stress for some of the sows
 351 compared to others. This validate our attempts to measure the impact of human-sow relationship on
 352 their piglets.

353 **Piglets' coping style is influenced by sows' fear of human and there is a gender effect**

354 Durations of immobilisation during TIT1 and TIT2 were correlated, which goes along with the
355 findings of (Erhard and Mendl, 1999). TIT is thus a valuable test to assess piglets' coping style, *i.e.* a
356 coherent set of stress responses which is consistent over time (Koolhaas et al., 1999). However, as
357 piglets' behaviour during the tonic immobility test could be affected by previous handling (Van Erp-
358 van der Kooij et al., 2001), results from TIT1 are more valuable than from TIT2. Piglets born from fearful
359 sows tended to stay immobilized longer during TIT1. This confirm the findings of Rooney et al. (2021)
360 who found that piglets from friendly gilts tended to struggle more (*i.e.* immobilise less) during a back-
361 test than those born from fearful sows. The tonic immobility test was performed by a human and
362 included aversive handling as catching, removing form the litter and restraint. Piglets' response to this
363 procedure could be related to their fear and emotional reactivity toward human. Freezing or
364 immobilisation is a predominant behaviour of reactive coping (Ruis et al., 2000). Tonic immobility is a
365 common anti-predator behaviour (Van Erp-van der Kooij et al., 2001). We may hypothesised that
366 fearful sows transmitted their fear to piglets leading them to express anti-predator behaviour in
367 reaction to human handling and leading them to have a reactive coping strategy. The sow's effect was
368 not visible on TIT 2, maybe due to memory of the first test that could have modified the reactivity of
369 piglets, even if it remained correlated to the first test. Thus piglets born from fearful sows seem to
370 have a more reactive coping strategy toward human aversive handling and restraint, but sows' effect
371 fades over time.

372 We also found that females had longer duration of immobilisation than males during TIT1. This
373 goes along with findings of Kranendonk et al. (2006), who found that females struggled less than intact
374 males in a backtest at 9 days and could be explained by testosterone secretion. However, the gender
375 effects were not visible on TIT2 either, suggesting as hypothesized in the previous paragraph that the
376 memory of the first test have driven the behavioural responses of the piglets.

377 **Sows' fear of human specifically affects human related behaviour at weaning**

378 This study also aimed at describing the impact of sows reaction to human on their piglets'
379 emotionality in an Open field test. Piglet's behavioural reactivity during the first OFT was explained by
380 two PCs, one that could be interpreted as an exploratory/freezing scale and the other that could be
381 interpreted as a scale of arousal, which is similar to the results of Donald et al. (2011). Taking that into
382 consideration, it appears that piglets having high scores on OFT1_PC1 or OFT1_PC2 express stress
383 either by being extremely agitated or freezing, which is in agreement with preceding studies validating
384 the use of OFT to evaluate emotionality (Donald et al 2011). Although OFT1 was valuable to assess
385 piglets' emotionality, we found no effect of sow reaction to human category on weaned piglets'
386 behaviour during OFT, as did (Rooney et al., 2021) before weaning .

387 Piglets having high scores on VHAT1_PC1 entered rapidly human zone, stayed longer in it and
388 spent less time in the distant zone. This component would represented the attraction/fear for human
389 (Rault et al., 2020). Piglets having high scores on VHAT1_PC2 explored a lot and spent less time in
390 human zone. Still, as the latency to enter human zone as well as freezing time or time spent in the
391 distant zone didn't load on this PC, the lower time spent near the human could not be attributed to
392 fear of human but rather to lack of interest. Effect of sows' fear of human were visible on VHAT_PC1
393 but not on VHAT1_PC2, nor on both OFT1_PC1 and OFT1_PC2. In summary, only behaviours toward
394 human were impacted by sows' fear of human but not the emotionality during OFT or the exploratory
395 behaviour during VHAT. Fear seems to be transmitted from dams to offspring, which corroborates
396 previous findings on other mammal species. Coulon et al. (2011) found that lambs born from ewes
397 aversively treated explored less and were slower to approach human during a VHAT than lambs born
398 from gently treated ewes. In our set up, we measured the spontaneous reaction to human at a given
399 time, but we did not apply various treatment (gentle vs aversive) on the sows during pregnancy; all the
400 sows and their piglets thus had the same prenatal experiences. This suggests that not only the prenatal
401 experiences can have an impact on piglets' behaviour but also dams' perception of human. Indeed,
402 emotional states of sows during pregnancy in response to a stimulus can impact piglets' reaction to
403 the same stimulus, as demonstrated with prenatal auditory preferences (Tallet et al., 2016). The

404 mechanism of the transmission of the fear of human between sow and piglets remains unknown, but
405 it could happen during the nursing period through emotional contagion. Indeed, emotional contagion,
406 especially of negative emotions, was described in various animal species (Špinka, 2012). This could also
407 be by direct observation of the behaviour of the sows toward humans during the nursing period, as
408 this has been observed in foal (Henry et al., 2005).

409

410 **Sows' reaction to human and familiarization with human after weaning specifically affect piglets'**

411 **HAR**

412 The second part of the study investigated the crossed effects of sows' reaction to human and
413 piglets' familiarization with human on their emotionality and relation to human during the post
414 weaning period. OFT2_PC1 reflects the level of stress of the piglets, expressed by exploration and
415 activity levels, with piglets having higher scores being less stressed. OFT2_PC2 was characterized by
416 piglets' vocalisation. Again, we found no effect of sow category on OFT2_PC1 nor OFT2_PC2. The
417 behaviour during OFT2 wasn't impacted either by piglets' treatment. This corroborates the findings on
418 mice of (Ueno et al., 2020) and (Villain et al., 2020) on piglets, which demonstrated that animals
419 habituated to gentle human handling did not differ in their behaviour during open-field test as
420 compared to control. However, (Oliveira et al., 2015) demonstrated that early human handling during
421 the nursing period resulted in piglets being less fearful when isolated in a novel environment.

422 VHAT2_PC1 could be interpreted similarly to VHAT1_PC1, piglets having high scores coming
423 rapidly and staying close to human, not freezing and not staying in the distant zone. On this PC,
424 presence in the human zone loaded similarly to grunts number. In the present study, no difference
425 was made between long and short grunts, but several studies do so, long grunts being considered as
426 sign of distress whereas short ones as contact call or reassuring sign (Briefer et al., n.d.; Villain et al.,
427 2020). Long grunts associated with activity, indicative of excitability, can be a response to a stressful
428 situations and are often accompanied with escape attempt (Fraser, 1974). However, Villain et al.
429 (2020) found that piglets expressed more short grunts when being reunited with a familiar human

430 associated with positive contact after an isolation period and interpreted it as a sign of reassurance.
431 We can thus interpret that piglets having high scores on VHAT2_PC1 are close to human and seek
432 reinsurance with her. We found that familiarized piglets had higher scores on VHAT2_PC1 and thus
433 were closer to human. This corroborates the findings of Oliveira et al. (2015), which demonstrated that
434 forced early human handling reduced piglets' fear of human during human test. Indeed, fear of human
435 can be reduced through habituation. *ie* regular exposure to human (Rault et al.. 2020). In the present
436 study, the piglets were not only habituated to human presence but also receive positive reinforcement
437 through tactile interactions, which can strengthen HAR (Coulon et al., 2015b). VHAT2_PC1 is thus with
438 certainty related to piglets attraction toward human. There were no interaction effects between
439 piglets' treatment and sow reaction to human even if there were cumulative effects of piglets'
440 treatment and sow reaction to human on VHAT2_PC1. Still, the main effect of sows HAR remained
441 significant, which means that maternal effects persist long after the end of maternal contact, as
442 demonstrated in quails (Bertin and Richard-Yris, 2004). This also means that familiarization with human
443 didn't erase the impact of mothers' fear of human even if it modulated it. This is quite a striking finding
444 on the long lasting effects of prenatal transmission.

445 No main or crossed effects of sow category or familiarization with human was found on
446 VHAT2_PC2, representing the exploratory behaviour of the piglets. In our case, only behaviour toward
447 human was impacted by the treatments. This means that familiarization with human and sow HAR
448 target specifically piglets' HAR. This goes along with the findings of Hemsworth et al. (1996), who
449 demonstrated that that changes in the behavioural response of animals undergoing regular positive
450 handling by humans is stimulus specific to humans in beef and pigs, and those of Villain et al. (2020) in
451 pigs. This is the first time that long lasting effect of mother's reactivity to humans on their progeny is
452 shown. Even if fear of the sow can be counterbalance by handling their piglets, it shows that
453 temperament may be transmitted to the progeny.

454 Piglets performance in finding the reward in the maze test improved from day to day, showing
455 that pigs are able to solve complex spatial memory tests. Decreasing fear of the apparatus may have

456 also contributed to the shortening of the latencies to reach the goal. Piglets born from docile sows
457 were always quicker to reach the reward. This finding supports our hypothesis that the fearful
458 temperament of the mother sows would impair cognitive abilities of their progeny. The underlying
459 mechanism remains unclear because we couldn't relate the fear of human of sows with higher cortisol
460 secretion. Complementary measures of the HPA axis functioning would have helped to understand,
461 but with our measures we cannot show that cognitive abilities have been altered through HPA axis
462 development impairment. An alternative mechanism is that the piglets born to docile sows were less
463 fearful of the apparatus and thus less reluctant to explore the maze. This latter explanation is plausible
464 as the differences between the two types of progeny were present already from the first day of maze
465 testing. In this respect, Jansen et al. (2009) suggested that apparent divergences in memory or learning
466 might result from divergences in explorative style rather than in cognitive processes. On the other
467 hand, this interpretation does not fit with the fact that there were no similar effects on the exploratory
468 behaviour during OFT and HVAT, and that latencies are so short that exploration had limited chance
469 to occur. Further studies are thus needed to understand the underlying mechanisms.

470 In the spatial maze, males had a faster performance than females. Cognitive abilities of animals
471 can be under sexual selection, producing different cognitive profiles of the two sexes within the same
472 species (Fuss, 2021). Nevertheless, as discussed in the previous paragraph, the faster male
473 performance in the maze need not be due to different cognition. In pigs, some studies found males to
474 be more active (e.g., in play, Brown et al., 2015) or less stressed by challenging situations (Death et al.,
475 2010). This is also what we found in the TIT. If male pigs were more active and/or less fearful in the
476 spatial maze, they may have been able to reach the reward faster. Roelofs et al. (2017) used a
477 holeboard task to investigate pig sex differences in learning abilities and found no difference for any
478 measure of spatial memory. However, the study found better initial performance of females in reversal
479 trials. Obviously, sex differences need to be taken into account when designing and interpreting
480 behavioural and cognitive tasks in pigs.

481 **Conclusion**

482 This study first showed that fear of human can be transmitted from the sows to their piglets
483 and that it is persistent long after weaning. The mechanism of this impact remains unknown and is to
484 be studied. Familiarization with human reduces fear while raising attraction for human and modulates
485 the negative effects of sows' fear of human without erasing it. Mainly human directed behaviour in
486 standard behavioural tests was impacted by either sow human reaction or familiarization, except for
487 exploratory behaviours in the maze test that led to higher performances for piglets born from docile
488 sows. If the transmission is accomplished non-genetically, familiarizing fearful sows with human could
489 thus be favourable both for sow and piglet welfare as well as familiarizing them does. This could be
490 verified by further studies including positive reinforcement of sow HAR during gestation.

491

492 **Acknowledgements**

493 We thank the pig husbandry staff (UE3P, St-Gilles, France) for their involvement in the accomplishment
494 of the protocol. We particularly thank Patrick Touanel for his work with the piglets. We thank Carole
495 Guérin for her work on video and data analysis. We also thank Raphael Comte and Françoise Thomas
496 for their participation in cortisol assays.

497 Acknowledgements are also expressed to the French Ministry of Agriculture which funded the research
498 activity. This experiment was also funded by Crédits Incitatifs PHASE 2020.

499 **References**

500 R packages :

501 Russell V. Lenth (2021). emmeans: Estimated Marginal Means.aka Least-Squares Means. R package
502 version 1.6.1. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>

503 John Fox and Sanford Weisberg (2019). An {R} Companion to Applied Regression. Third Edition.
504 Thousand Oaks CA: Sage.URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>

505 Douglas Bates. Martin Maechler. Ben Bolker. Steve Walker (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models
506 Using lme4. *Journal of Statistical Software*. 67(1). 1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01.

507 Lê S. Josse J. Husson F (2008). “FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis.” *Journal of Statistical*
508 *Software*. 25(1). 1–18. doi: 10.18637/jss.v025.i01.

509 Hervé M. RVAideMemoire: Diverse Basic Statistical and Graphical Functions. (2020). Available online
510 at: <https://cran.r-project.org/web/packages/RVAideMemoire/index.html>

511

512 Literature:

513 Bertin, A., Richard-Yris, M.A., 2004. Mothers’ fear of human affects the emotional reactivity of young
514 in domestic Japanese quail. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 89, 215–231.
515 <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.06.004>

516 Boissy, A., 1995. Fear and fearfulness in animals. *Q. Rev. Biol.* 70, 165–191.
517 <https://doi.org/10.1086/418981>

518 Brown, S.M., Klaffenböck, M., Nevison, I.M., Lawrence, A.B., 2015. Evidence for litter differences in
519 play behaviour in pre-weaned pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 172, 17–25.
520 <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.09.007>

521 Coulon, M., Hild, S., Schroeer, A., Janczak, A.M., Zanella, A.J., 2011. Gentle vs. aversive handling of
522 pregnant ewes: II. Physiology and behavior of the lambs. *Physiol. Behav.* 103, 575–584.
523 <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.04.010>

524 Coulon, M., Nowak, R., Andanson, S., Petit, B., Lévy, F., Boissy, A., 2015a. Effects of prenatal stress
525 and emotional reactivity of the mother on emotional and cognitive abilities in lambs. *Dev.*
526 *Psychobiol.* 57, 626–636. <https://doi.org/10.1002/dev.21320>

527 Coulon, M., Nowak, R., Peyrat, J., Chandèze, H., Boissy, A., Boivin, X., 2015b. Do lambs perceive
528 regular human stroking as pleasant? behavior and heart rate variability analyses. *PLoS One* 10,
529 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118617>

530 Death, R.B., Turner, S.P., Kurt, E., Evans, G., Thölking, L., Looft, H., Wimmers, K., Murani, E., Klont, R.,

531 Foury, A., Ison, S.H., Lawrence, A.B., Mormède, P., 2010. Pigs' aggressive temperament affects
532 pre-slaughter mixing aggression, stress and meat quality. *Animal* 4, 604–616.
533 <https://doi.org/10.1017/S1751731109991406>

534 Donald, R.D., Healy, S.D., Lawrence, A.B., Rutherford, K.M.D., 2011. Emotionality in growing pigs: Is
535 the open field a valid test? *Physiol. Behav.* 104, 906–913.
536 <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.05.031>

537 Erhard, H.W., Mendl, M., 1999. Tonic immobility and emergence time in pigs - More evidence for
538 behavioural strategies. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 61, 227–237. [https://doi.org/10.1016/S0168-](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00196-8)
539 [1591\(98\)00196-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00196-8)

540 Erhard, H.W., Mendl, M., 1997. Tonic immobility in pigs: two interpretations — coping strategies or
541 fear. *BSAP Occas. Publ.* 20, 109–110. <https://doi.org/10.1017/S0263967X00043548>

542 Fernández-Teruel, A., Giménez-Llort, L., Escorihuela, R.M., Gil, L., Aguilar, R., Steimer, T., Tobeña, A.,
543 2002. Early-life handling stimulation and environmental enrichment. *Pharmacol. Biochem.*
544 *Behav.* 73, 233–245. [https://doi.org/10.1016/s0091-3057\(02\)00787-6](https://doi.org/10.1016/s0091-3057(02)00787-6)

545 Forkman, B., Boissy, A., Meunier-Salaün, M.C., Canali, E., Jones, R.B., 2007. A critical review of fear
546 tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. *Physiol. Behav.* 92, 340–374.
547 <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.03.016>

548 Fuss, T., 2021. Mate Choice, Sex Roles and Sexual Cognition in Vertebrates: Mate Choice Turns
549 Cognition or Cognition Turns Mate Choice? *Front. Ecol. Evol.* 9, 15.
550 <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.749495>

551 Hemsworth, P.H., 2003. Human-animal interactions in livestock production. *Appl. Anim. Behav. Sci.*
552 81, 185–198. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00280-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00280-0)

553 Hemsworth, P.H., Price, E.O., Borgwardt, R., 1996. Behavioural responses of domestic pigs and cattle
554 to humans and novel stimuli. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 50, 43–56. [https://doi.org/10.1016/0168-](https://doi.org/10.1016/0168-1591(96)01067-2)
555 [1591\(96\)01067-2](https://doi.org/10.1016/0168-1591(96)01067-2)

556 Henry, S., Hemery, D., Richard, M.A., Hausberger, M., 2005. Human-mare relationships and

557 behaviour of foals toward humans. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 93, 341–362.
558 <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.01.008>

559 Horback, K.M., Parsons, T.D., 2016. Temporal stability of personality traits in group-housed gestating
560 sows. *Animal* 10, 1351–1359. <https://doi.org/10.1017/S1751731116000215>

561 Jafari, Z., Mehla, J., Kolb, B.E., Mohajerani, M.H., 2017. Prenatal noise stress impairs HPA axis and
562 cognitive performance in mice. *Sci. Rep.* 7, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09799-6>

563 Jansen, J., Bolhuis, J.E., Schouten, W.G.P., Spruijt, B.M., Wiegant, V.M., 2009. Spatial learning in pigs:
564 Effects of environmental enrichment and individual characteristics on behaviour and
565 performance. *Anim. Cogn.* 12, 303–315. <https://doi.org/10.1007/s10071-008-0191-y>

566 Jarvis, S., Moinard, C., Robson, S.K., Baxter, E., Ormandy, E., Douglas, A.J., Seckl, J.R., Russell, J.A.,
567 Lawrence, A.B., 2006. Programming the offspring of the pig by prenatal social stress:
568 Neuroendocrine activity and behaviour. *Horm. Behav.* 49, 68–80.
569 <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.05.004>

570 Kanitz, E., Tuchscherer, M., Otten, W., Tuchscherer, A., Zebunke, M., Puppe, B., 2019. Coping Style of
571 Pigs Is Associated With Different Behavioral, Neurobiological and Immune Responses to
572 Stressful Challenges. *Front. Behav. Neurosci.* 13, 1–15.
573 <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2019.00173>

574 Koolhaas, J.M., Korte, S.M., De Boer, S.F., Van Der Vegt, B.J., Van Reenen, C.G., Hopster, H., De Jong,
575 I.C., Ruis, M.A.W., Blokhuis, H.J., 1999. Coping styles in animals: Current status in behavior and
576 stress- physiology. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 23, 925–935. [https://doi.org/10.1016/S0149-](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(99)00026-3)
577 [7634\(99\)00026-3](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(99)00026-3)

578 Kranendonk, G., Hopster, H., Fillerup, M., Ekkel, E.D., Mulder, E.J.H., Taverne, M.A.M., 2006. Cortisol
579 administration to pregnant sows affects novelty-induced locomotion, aggressive behaviour, and
580 blunts gender differences in their offspring. *Horm. Behav.* 49, 663–672.
581 <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.12.008>

582 Lansade, L., Bouissou, M.F., 2008. Reactivity to humans: A temperament trait of horses which is

583 stable across time and situations. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 114, 492–508.
584 <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.04.012>

585 Lyons, D.M., Price, E.O., Moberg, G.P., 1988. Individual differences in temperament of domestic dairy
586 goats: constancy and change. *Anim. Behav.* 36, 1323–1333. [https://doi.org/10.1016/S0003-](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(88)80201-X)
587 [3472\(88\)80201-X](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(88)80201-X)

588 Oliveira, D. De, Paranhos, M.J.R., Zupan, M., Rehn, T., Keeling, L.J., 2015. Early human handling in
589 non-weaned piglets : Effects on behaviour and body weight. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 164, 56–63.
590 <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.01.002>

591 Rault, J.L., Truong, S., Hemsworth, L., Le Chevoir, M., Bauquier, S., Lai, A., 2019. Gentle abdominal
592 stroking ('belly rubbing') of pigs by a human reduces EEG total power and increases EEG
593 frequencies. *Behav. Brain Res.* 374, 111892. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2019.04.006>

594 Rault, J.L., Waiblinger, S., Boivin, X., Hemsworth, P., 2020. The Power of a Positive Human–Animal
595 Relationship for Animal Welfare. *Front. Vet. Sci.* 7, 1–13.
596 <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.590867>

597 Roelofs, S., Nordquist, R.E., van der Staay, F.J., 2017. Female and male pigs' performance in a spatial
598 holeboard and judgment bias task. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 191, 5–16.
599 <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.01.016>

600 Rooney, H.B., Schmitt, O., Courty, A., Lawlor, P.G., O'driscoll, K., 2021. Like mother like child: Do
601 fearful sows have fearful piglets? *Animals* 11. <https://doi.org/10.3390/ani11051232>

602 Ruis, M.A.W., Te Brake, J.H.A., Van De Burgwal, J.A., De Jong, I.C., Blokhuis, H.J., Koolhaas, J.M., 2000.
603 Personalities in female domesticated pigs: Behavioural and physiological indications. *Appl.*
604 *Anim. Behav. Sci.* 66, 31–47. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00070-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00070-2)

605 Rutherford, K.M.D., Piastowska-Ciesielska, A., Donald, R.D., Robson, S.K., Ison, S.H., Jarvis, S.,
606 Brunton, P.J., Russell, J.A., Lawrence, A.B., 2014. Prenatal stress produces anxiety prone female
607 offspring and impaired maternal behaviour in the domestic pig. *Physiol. Behav.* 129, 255–264.
608 <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.02.052>

609 Špinka, M., 2012. Social dimension of emotions and its implication for animal welfare. *Appl. Anim.*
610 *Behav. Sci.* 138, 170–181. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.005>

611 Tallet, C., Sy, K., Prunier, A., Nowak, R., Boissy, A., Boivin, X., 2014. Behavioural and physiological
612 reactions of piglets to gentle tactile interactions vary according to their previous experience
613 with humans. *Livest. Sci.* 167, 331–341. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.06.025>

614 Ueno, H., Takahashi, Y., Suemitsu, S., Murakami, S., Kitamura, N., Wani, K., Matsumoto, Y., Okamoto,
615 M., Ishihara, T., 2020. Effects of repetitive gentle handling of male C57BL/6NCrl mice on
616 comparative behavioural test results. *Sci. Rep.* 10, 3509. [https://doi.org/10.1038/s41598-020-](https://doi.org/10.1038/s41598-020-60530-4)
617 [60530-4](https://doi.org/10.1038/s41598-020-60530-4)

618 Vallée, M., Maccari, S., Dellu, F., Simon, H., Le Moal, M., Mayo, W., 1999. Long-term effects of
619 prenatal stress and postnatal handling on age-related glucocorticoid secretion and cognitive
620 performance: A longitudinal study in the rat. *Eur. J. Neurosci.* 11, 2906–2916.
621 <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.1999.00705.x>

622 Van Erp-van der Kooij, E., Kuijpers, A.H., Van Eerdenburg, F.J.C.M., Tielen, M.J.M., 2001. A note on
623 the influence of starting position, time of testing and test order on the backtest in pigs. *Appl.*
624 *Anim. Behav. Sci.* 73, 263–266. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(01\)00145-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(01)00145-9)

625 Villain, A.S., Lanthony, M., Guérin, C., Tallet, C., 2020. Manipulable Object and Human Contact:
626 Preference and Modulation of Emotional States in Weaned Pigs. *Front. Vet. Sci.* 7, 1–19.
627 <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.577433>

628 Wei, J., Carroll, R.J., Harden, K.K., Wu, G., 2012. Comparisons of treatment means when factors do
629 not interact in two-factorial studies. *Amino Acids* 42, 2031–2035.
630 <https://doi.org/10.1007/s00726-011-0924-0>

631

632

DISCUSSION GENERALE

1. Rappel des objectifs et des principaux résultats

Ce travail visait à étudier les effets de la variabilité de réponse à différents facteurs de stress susceptibles d'impacter les truies gestantes sur le comportement de leurs porcelets : un stress d'origine sociale et la peur de l'humain.

Dans un premier temps, nous avons étudié la variabilité et la stabilité comportementale dans les groupes de truies soumises à un même challenge de compétition pour l'accès à l'alimentation. La hiérarchie étant susceptible de moduler ce stress, nous l'avons caractérisée. La partie 1 du chapitre 1 a permis de démontrer que la hiérarchie dans nos groupes était très forte : stable, linéaire et assez raide. Elle est liée à la parité et au poids des truies ainsi qu'à leur ordre d'accession au DAC. L'étude des comportements exprimés par les truies sur les quatre dernières semaines de gestation sous restriction d'accès au DAC a montré qu'ils se répartissent sur 2 dimensions : une dimension relative à l'activité et une dimension relative à l'agressivité. La variable la plus stable dans le temps était l'agressivité, qui a donc fait l'objet d'une attention particulière.

Nous avons ainsi étudié, chez les truies gestantes, le lien entre agressivité et stress physiologique, expression de stéréotypies, état corporel et hiérarchie, ainsi que l'impact de l'agressivité des truies sur le comportement des porcelets dans le chapitre 2. Nous n'avons pas trouvé de liens entre l'agressivité et l'expression de stéréotypies ou la sécrétion de cortisol et nous n'avons observé aucun effet de l'agressivité des truies sur le comportement des porcelets lors d'un test d'immobilité tonique, d'un test d'openfield et d'un test d'apprentissage spatial.

Enfin, nous avons étudié dans le chapitre 3 les effets croisés de la réaction à l'humain de la truie et de l'appivoisement des porcelets sur leurs comportements et leur capacités cognitives de mémorisation spatiale. La peur de l'humain se transmet des truies aux porcelets, et les effets restent visibles sur les porcelets même apprivoisés, bien que les porcelets apprivoisés soient globalement plus proches de l'humain indépendamment du statut de leur mère. Nous avons également montré que les porcelets issus de mère dociles avaient de meilleurs résultats lors du test de mémorisation spatiale.

Cette partie propose une mise en perspective des résultats obtenus, des amorces d'explications des mécanismes en jeu ainsi qu'une réflexion autour de la méthodologie employée.

2. Description de la personnalité des truies

2.1. Existence d'une variabilité interindividuelle

Les analyses du chapitre 1 ont fait ressortir deux dimensions caractérisant la variabilité interindividuelle des truies sur l'ACP. Les ellipses de dispersion des truies au sein de chaque bande se chevauchent, il n'y a donc a priori pas d'effets majeurs de la bande sur les résultats (figure 12 du manuscrit). Aux vues de la composition des axes, il semblerait que les truies qui explorent le plus leur environnement sont les plus actives et les moins sociales. Toutefois, Camerlink et al. (2022) suggèrent que la proximité sociale ne reflète pas l'affinité sociale mais est une conséquence des préférences pour des zones de repos confortables. Les zones de repos convoitées par les truies sont en effet restreintes en élevage, et dans notre cas correspondaient aux zones paillées. Ces résultats sont aussi à relativiser en fonction de l'ambiance thermique de la salle, l'augmentation de la température étant liée à une diminution de l'activité et de la fréquence de repos au contact des congénères pour les porcs à l'engrais (Spooler et al., 2012). Autrement dit, les animaux ont tendance à se coucher isolés des autres lorsqu'il fait plus chaud. Le fait que la proximité sociale soit corrélée au repos soulève donc la pertinence de son interprétation. Les comportements exploratoires apparaissent comme anti-corrélés au repos au contact des congénères sur cette même dimension. Toutefois, après consultation de la littérature, il semble que le caractère exploratoire soit à analyser dans un contexte d'environnement nouveau, lors d'un test d'openfield par exemple (Roche et al., 2016). Or ici, les comportements relevés sont des comportements d'exploration de la salle qui est connue des truies, et sont donc davantage des comportements relatifs à l'investigation de l'environnement et des enrichissements (paille et chaine notamment). La caractéristique décrite est donc surtout relative à l'activité des truies, avec d'un côté des truies actives qui investiguent leur environnement, de l'autre des truies qui ont tendance à se reposer dans des endroits de taille restreinte et se retrouver proches des congénères. La deuxième dimension qui est ressortie de l'ACP est celle de l'agressivité, entièrement indépendante des caractéristiques liées à l'activité des animaux, ce qui est en accord avec la littérature (Koolhaas and Reenen, 2016). Horback et Parsons (2016) ont étudié le comportement au regroupement de 46 truies gestantes et ont décrit avec une ACP, l'existence de 3 dimensions expliquant plus de 60 % de l'inertie des données : une dimension relative à l'agressivité/dominance et une dimension relative à l'activité/exploration que nous avons décrites dans le chapitre 1 ainsi qu'une dimension relative à l'évitement/la fuite face à l'humain, que nous avons étudié dans le chapitre 3.

2.2. Dominance, agressivité et réaction à l'humain comme traits de personnalité ?

En introduction, nous avons évoqué la possibilité d'inclure le concept de dominance comme caractéristique de la personnalité des truies. Par la nature du challenge que nous avons appliqué, la

hiérarchie dans nos groupes avait son importance sur les répercussions individuelles puisque le statut social était corrélé à l'ordre de passage au DAC (chapitre 1), comme cela a été démontré dans d'autres études (Hunter et al., 1988). Les définitions de la personnalité et du style d'adaptation impliquent une stabilité comportementale à travers le temps et les contextes (O'Malley et al., 2019). L'échelle de temps à laquelle on se place est à prendre en compte. En effet, nous avons déterminé que la hiérarchie dans le groupe était très stable sur les cinq semaines de suivi de nos essais, et une autre étude a démontré que les proportions de succès dans les interactions agonistiques en début et en fin de gestation étaient corrélées (Norrington et al., 2019). De ce point de vue, la caractéristique de dominance dans le groupe est stable. Or, nos résultats et la bibliographie montrent que le statut hiérarchique évolue avec la parité (Arey, 1999). La dominance n'est donc pas une caractéristique stable en considérant une échelle de temps plus longue. Dans leur revue, Finkemeier et al. (2018) discutent du fait que la dominance soit davantage une conséquence sociale plutôt qu'un facteur de personnalité. Le trait de personnalité sous-jacent serait plutôt l'agressivité des truies, caractère dont nous avons étudié l'impact sur le stress et la progéniture. Dans leur étude, Horback and Parsons (2016) ont étudié la stabilité des réponses comportementales des truies à deux gestations d'intervalle. Ils ont montré que les scores des truies sur l'ACP, dont les axes ont été décrits dans le paragraphe précédent (agressivité, activité, réaction à l'humain), étaient corrélés d'une gestation à l'autre. Mount and Seabrook (1993) ont également démontré que l'agressivité des truies lors de deux regroupements successifs était stable, et qu'elle n'était pas reliée à des paramètres physiques propres aux truies (âge, parité, poids). A une échelle de temps courte, nous avons également trouvé que l'agressivité était stable. En revanche, nous avons de notre côté trouvé que les truies agressives sont aussi les truies les plus dominantes, ce qui relie l'agressivité indirectement à la parité. Ceci va dans le sens de Elmore et al. (2011) qui ont démontré que les truies les plus dominantes étaient les plus agressives. Ce constat est cohérent avec les résultats du chapitre 1 qui ont montré que les interactions agonistiques étaient majoritairement unidirectionnelles dans nos groupes de truies. Cela signifie que seules les truies dominantes se risquent à agresser les autres truies, et que dans la majorité des cas les truies agressées ne répondent pas. Dans ce cadre, il paraît peu pertinent de considérer l'agressivité et la dominance telles que nous les avons relevées comme un trait de la personnalité des truies, puisqu'elles sont reliées à des caractéristiques physiques (poids) et ont été évaluées dans un contexte particulier. Dans ce sens, Stamps and Groothuis (2010) proposent de préférer le terme « syndrome comportemental » pour évoquer les comportements qui montrent une stabilité temporelle ou à travers les contextes, mais pas les deux. Afin d'évaluer si les truies étaient de tempérament agressif, il aurait fallu mesurer leur réaction à la mise en présence d'individus inconnus (Bolhuis et al., 2005; Tönepöhl et al., 2013) dans des contextes variés (Stamps and Groothuis, 2010).

La seconde caractéristique comportementale que nous avons étudiée est celle de la réaction à l'humain. Dans notre étude, nous avons mesuré la réaction spontanée à l'humain des truies en début d'expérimentation, mais nous n'avons pas répété les mesures. La réaction à l'humain est un trait de personnalité reconnu dans plusieurs études, et sur différentes espèces (revue par Finkemeier et al., 2018). Parmi les études précédentes, Horback and Parsons (2016) ont démontré dans leur étude que la réaction à l'humain évaluée au cours d'un test similaire à celui que nous avons entrepris, était répétable. De plus, Lawrence et al. (1991) ont démontré que la réponse comportementale des porcs à divers tests impliquant l'humain était répétable. Enfin, dans l'étude de Scott et al. (2009), qui a évalué la répétabilité des différents tests de réaction à l'humain utilisés sur les truies, le test d'approche de l'humain tel que nous l'avons réalisé a été décrit comme répétable et corrélé à leur réponse à un test similaire lorsqu'elles sont bloquées en stalle. Des résultats similaires ont été démontrés pour des tests de réaction à l'humain chez les bovins (Bacher et al., 2021). Par conséquent, nous n'avons pas répété les tests. La réponse des truies à l'humain semble répétable dans plusieurs contextes. Il est donc raisonnable d'estimer que la réaction spontanée des truies à l'approche de l'humain en début de protocole reflète un trait de leur personnalité. Nous avons donc étudié l'impact de ce trait de personnalité sur les porcelets.

2.3. Absence de modulation de l'état de stress par la variabilité individuelle

Bien que l'agressivité et la dominance telles que nous les avons mesurées ne reflètent pas un trait de personnalité des truies, elles auraient pu moduler le stress généré par le challenge social. En effet, nous avons démontré que les truies les plus dominantes accèdent prioritairement au DAC et nous avons trouvé un fort lien entre score de lésions et agressivité ou dominance. Les truies les plus dominées et les moins agressives ont un score de lésion globalement plus élevé, ce qui corrobore les conclusions de Brajon et al. (2021), qui ont mis en évidence que les truies les plus dominantes avaient les scores de lésions les plus faibles en fin de gestation à 84 jours.

Nous n'avons pas pu relier l'agressivité des truies à l'expression de stéréotypies. Ayant observé que la majorité des comportements stéréotypiques s'exprimait autour des phases de repas, Rushen (1985) avait estimé qu'ils relevaient d'une frustration alimentaire. Nous aurions donc pu nous attendre à ce que les truies les plus agressives et dominantes, et passant au DAC en premier exprimeraient moins de stéréotypies. Nos résultats vont dans le sens de ceux de Rushen (1985) qui ont démontré que l'occurrence des stéréotypies suivait les patterns d'activité générales mais n'était pas relié à l'activité stéréotypique. Compte tenu des observations de Veenema et al. (2004) chez le rat et Ruis et al. (2000) chez le porc, nous nous attendions à décrire un lien entre le taux de cortisol salivaire des truies et leur agressivité. Bien que nous ayons trouvé un lien entre agressivité/dominance et score de lésions, nous n'avons pas pu le relier à un effet sur le niveau de cortisol. Ces résultats vont dans le sens de ceux de

Ison et al. (2010). Ils ont démontré que les cochettes qui s'engageaient davantage dans des interactions agonistiques avec les multipares lors du premier regroupement plutôt que de les éviter avaient des scores de lésions significativement plus élevés, sans pour autant engendrer une augmentation du taux de cortisol. La littérature suggère cependant que les truies ayant le plus faible succès lors des interactions agonistiques (et donc d'après notre étude, les moins agressives) avaient un niveau de cortisol basal plus élevé et de plus hauts pics de cortisol suite à une stimulation physiologique artificielle (Ijichi et al., 2013). Dans notre étude, nous n'avons volontairement pas suivi de cochettes. Van der Staay et al. (2008) ont montré que les défaites sociales répétées des cochettes face à des truies dominantes induisaient un pic de sécrétion de cortisol immédiatement après la confrontation mais que cet effet diminuait après plusieurs confrontations. Sur des multipares en fin de gestation et en groupe stable, il est donc cohérent que nous n'ayons pas trouvé d'effets de l'agressivité sur la sécrétion de cortisol. De plus, l'absence de réponse de stress physiologique pourrait aussi être expliquée par le fait que, grâce à la hiérarchie stable, les truies ont pu s'adapter au challenge avec succès (Mormède et al., 2006). En effet, l'adaptation ("coping" en anglais) peut être définie comme la réponse individuelle à un facteur de stress par laquelle les effets physiologiques néfastes normaux sont réduits (Schouten and Wiepkema, 1991). Dans le cas de challenge modérés, la hiérarchie permet de résoudre les conflits à moindre coût dans des groupes stables. Toutefois, lorsque de fréquentes introductions de truies sont opérées, comme dans le cas des conduites en groupes dynamiques, les regroupements induisent un stress physiologique qui semble être modulé par l'agressivité des truies (Couret et al., 2009). Dans la littérature, les études ayant investigué l'effet d'un stress social utilisent des situations extrêmes (Brajon et al., 2017; Jarvis et al., 2006). Dans leur étude, Brajon et al. (2017), ont par exemple provoqué un stress sous forme de regroupement individuel de cochettes dans la loge de deux truies plus grosses durant une semaine. Ces études visent à étudier la différence entre un groupe contrôle et un groupe stressé, et utilisent donc des facteurs de stress assez violents. Dans notre cas, nous n'avions pas pour but de comparer un groupe contrôle à un groupe stressé. Nous avons intentionnellement choisi un challenge modéré par souci éthique et pour étudier la variabilité de réponse à ce challenge. Nous avons effectivement observé une variabilité de réponse comportementale, mais cette dernière est apparemment reliée à des caractéristiques physiques, comme expliqué dans le paragraphe 2.2, et non physiologiques.

De la même manière, nous n'avons décrit aucun lien entre la réaction à l'humain de la truie et la sécrétion de cortisol dans le chapitre 3. Ces résultats corroborent ceux de Rooney et al. (2021). Dans leur étude, des échantillons de salive ont été prélevés une fois par semaine et à heure fixe de 90 à 108 jours de gestation et la moyenne de concentration pour chaque animal sur ces trois prélèvements a été calculée. Les ordres de grandeur des concentrations en cortisol salivaires sont identiques aux

nôtres ($10^{-1}\mu\text{g/dL}$ vs ng/mL). De 104 à 108 jours de gestation, les réactions des truies à un test d'approche de l'humain ont été relevées chaque jour. Les truies ayant systématiquement fuit lors des 4 tests ont été catégorisées comme farouches pures, celles ayant systématiquement accepté le contact de l'humain ont été catégorisées comme dociles pures. Leurs analyses incluent par la suite soit uniquement les truies purement dociles ou farouches, soit également les truies intermédiaires. Seuls les résultats issus des analyses n'utilisant que les truies pures sont mis au regard des nôtres. Cette étude a donc relevé des données de manière similaire à la nôtre en incluant une dimension temporelle et de répétabilité. Aucun lien n'a été établi entre la réaction au test d'approche de l'humain et le niveau moyen de cortisol. La peur de l'humain se trouve liée à une sécrétion de cortisol dans des cas où elle est associée à des traitements par l'humain aversifs (Hemsworth, 2003). Dans notre cas et celui de l'étude de Rooney et al. (2021), la réaction spontanée des truies est mesurée, sans traitement aversif préalable et donc en l'absence de biais cognitif, c'est sans doute pour cela qu'aucun lien n'a été décrit avec le stress physiologique.

3. Répercussions sur la progéniture

Les chapitres 2 et 3 nous ont permis d'évaluer l'impact de l'agressivité des truies et de leur réaction à l'humain sur le comportement des porcelets. Nous avons étudié l'effet de l'apprivoisement des porcelets seulement dans le cas de l'étude de l'effet de la réaction à l'humain, puisque nous n'avons pas décrit d'impact de l'agressivité des truies sur le comportement des porcelets. Le tableau 6 propose un récapitulatif des liens entre les traits de comportements que nous avons étudiés avec les signes de stress, et leurs impacts sur la progéniture en s'appuyant sur nos résultats et ceux de la littérature.

3.1. Analyse générale des comportements des porcelets

- Réponses au Test d'immobilité tonique (TIT)

Nous avons préféré le test d'immobilité tonique en raison du manque de répétabilité du backtest décrit dans la littérature (Zebunke et al., 2015). Lors d'un backtest, le porcelet est maintenu sur le dos dans un dispositif en forme de V également, mais plutôt que de le maintenir immobilisé par un sac de sable dès l'obtention de l'immobilité tonique et mesurer la durée d'immobilisation, le porcelet est maintenu par la main humaine et on mesure l'effort qu'il produit pour se défaire de la contrainte. Il nous semblait que la mise en place du test d'immobilité tonique permettait davantage de standardisation. La réponse des porcelets au TIT aurait tout de même pu être variable en fonction de leur poids ou de leur forme physique, mais nous n'avons inclus dans notre analyse que des porcelets en bonne santé et de poids homogènes au sevrage. Nous avons donc a priori évité le maximum de biais pour la mise en pratique et l'analyse de ce test. Le TIT paraît répétable puisque les durées d'immobilisation lors des deux tests d'immobilité tonique que nous avons effectués étaient corrélées. Erhard and Mendl (1999) ont étudié la réponse de porcelets âgés de trois semaines à quatre tests

d'immobilité tonique effectués durant 4 jours consécutifs. Ils ont démontré les durées d'immobilisations étaient corrélées d'un jour à l'autre ($0.48 < R_s < 0.68$, $P < 0.01$). Ceci démontre que la réponse des porcelets au TIT n'est pas aléatoire et peut refléter le style d'adaptation des porcelets (Erhard and Mendl, 1997). Toutefois, la réponse des animaux au TIT semble être influencée par les manipulations antérieures des porcelets (Van Erp-van der Kooij et al., 2001), la réponse spontanée des animaux lors du premier TIT a donc sans doute davantage de valeur analytique.

Comme la littérature suggérait que les effets du stress prénatal étaient modulés par le sexe des animaux, nous avons testé ce facteur sur les tests comportementaux et notamment sur le TIT. Nous avons décrit un effet du sexe sur les réponses des animaux au premier TIT à 7 jours. Cet effet n'était plus visible sur le deuxième TIT à 15 jours. Erhard et al. (1999) n'avait pas non plus montré d'effet du sexe sur la réponse à un TIT à 2.5 semaines soit 17 jours environ. Toutefois, en accord avec nos résultats sur le premier TIT, Kranendonk et al. (2006) ont démontré que les femelles se débattaient moins que les mâles lors d'un backtest à 9 jours, ce qu'ils expliquent par une éventuelle sécrétion de testostérone chez les mâles, puisqu'ils étaient entiers dans le cas de de cette étude comme dans notre cas.

- Réponses à l'open-field (OFT) et au test d'approche volontaire de l'humain (HVAT)

L'isolement social, provoqué dans le test d'openfield, a été reporté comme étant le challenge le plus stressant pour les espèces sociales (Forkman et al., 2007), dont le porc fait partie. Ce test permet donc d'évaluer la réactivité émotionnelle des porcelets à ce stress. Au travers des ACP, nous avons décrit deux dimensions qui caractérisaient la réponse des porcelets et qui étaient similaires lors des deux openfields. L'une pouvait être interprétée comme une échelle de stress (du 'freezing' à l'exploration) et l'autre une échelle d'excitation (+/- vocalisations associées à la mobilité). Ces dimensions se rapprochent de celles décrites par Donald et al. (2011). Les porcelets ont effectivement réagi de façon non homogène à ce stress de l'isolement. Lors des HVAT, deux dimensions ont également suffi à expliquer une grande partie de l'inertie des données (>64,2%) et la première composante expliquait à elle seule presque la moitié de l'inertie des données (>47.25%). Sur cette composante, le temps passé proche de l'humain, le nombre de changements de zones et le nombre de grognements émis contribuaient positivement, tandis que la latence d'approche de l'humain, le temps passé dans la zone distante de l'humain ainsi que le temps passé immobile ("freezing") contribuaient négativement. Cette dimension pouvait être interprétée comme une échelle allant de la peur de l'humain à l'attraction pour celui-ci (Rault et al., 2020). La présence du comportement de 'freezing' sur la dimension relative à la peur/attraction semble montrer que l'immobilisation pourrait être le signe d'une réaction anti-prédateur face à l'humain (Humphreys and Ruxton, 2018). La seconde composante était constituée uniquement du temps passé à explorer, caractéristique de l'état de stress

de l'animal (Donald et al., 2011). Il se peut donc que la première dimension reflète la réponse au stress lié à la présence de l'humain, tandis que la seconde reflète la réponse au stress de l'isolement social.

- Réponse au test de mémorisation spatiale

La latence moyenne pour atteindre la récompense a significativement décliné de jour en jour, comme exposé dans les articles des chapitres 2 et 3. Elle était de 236 secondes en moyenne au jour 1. Elle est passée à 128 (+/-126) secondes en moyenne au jour 4 en incluant les animaux n'ayant pas trouvé la récompense, et 45 (+/-42) secondes en moyenne pour les animaux ayant trouvé la récompense. Les porcelets ont été capables de s'adapter à la relocalisation de la récompense puisqu'au jour 6, la latence moyenne était de 87 (+/-99) secondes au jour 6 en incluant les animaux n'ayant pas trouvé la récompense et 80 (+/-72) pour les animaux l'ayant trouvée. Ceci démontre que les porcelets sont capables de résoudre des problèmes de mémorisation spatiale complexes et d'apprendre en peu de temps. Nous avons une nouvelle fois décrit un effet du sexe lors du test du labyrinthe, les mâles ayant des latences globalement plus basses pour trouver la récompense. Les capacités cognitives peuvent être soumises à la sélection sexuelle, produisant des profils cognitifs distincts pour les mâles et femelles, avec leur importance évolutive (Fuss, 2021). Toutefois, Jansen et al. (2009) suggèrent que l'apparente divergence dans les capacités d'apprentissage ou mémorielles pourraient résulter de divergences dans les comportements exploratoires plutôt que de divergences de capacités cognitives. De plus, chez le porc, les mâles ont été décrits comme plus actifs (dans les comportements de jeu, Brown et al., 2015) et moins stressés en situations de challenge (Death et al., 2010). En étant plus actifs et moins stressés dans le labyrinthe, les porcelets mâles ont donc pu trouver la récompense plus rapidement. D'autres études ont démontré des effets du sexe dans les performances des porcs à des tests cognitifs (Roelofs et al., 2017). Le sexe a aussi joué un rôle dans les réponses des porcelets aux tests d'immobilité tonique. Il est donc important de prendre en considération l'effet du sexe dans les analyses comportementales (Fuss, 2021).

3.2. L'agressivité des truies n'a pas d'effet sur le comportement des porcelets

Nous n'avons décrit aucun effet de l'agressivité des truies sur les quatre tests réalisés sur les porcelets (TIT, OFT, HVAT, labyrinthe). Ison et al. (2010) ont étudié l'impact du style de subordination de cochettes regroupées à plusieurs reprises avec des multipares, qui se manifestait par des différences dans les scores de lésions post-regroupement, sur le comportement des porcelets. L'investigation qu'ils ont menée sur les porcelets comprenait des observations différentes des nôtres, puisqu'il s'agissait d'observations en routine dans la stalle de lactation, avant le sevrage. Ils ont montré que les porcelets dont les mères avaient des scores de lésions élevés, ayant été décrites comme s'engageant davantage dans des interactions agonistiques, étaient moins excités dans les jours suivant le sevrage et moins agressifs. Il semble donc que, dans cette étude, la propension des mères à s'engager

dans des interactions agonistiques ait modulé l'agressivité des porcelets. De manière similaire à l'étude sur la réaction à l'humain qui sera discutée dans le paragraphe suivant, nous aurions pu étudier le lien entre agressivité des mères et agressivité des porcelets, dans un test de confrontation sociale du type résident-intrus par exemple (Koolhaas et al., 2013). Ceci aurait permis d'évaluer la transmission du caractère 'agressivité' de la mère au porcelet, à condition de s'assurer que le protocole d'observation des truies permette effectivement de décrire un trait de personnalité et non une conséquence d'attributs physiques, en observant leur réponse au regroupement avec des congénères non familiers par exemple. Dans nos hypothèses, nous nous attendions à ce que l'agressivité soit révélatrice du style d'adaptation des truies et donc reliée à la physiologie du stress et que, par ce biais, l'impact sur la progéniture serait modulé. De nombreuses études chez les rongeurs relient le style d'adaptation à l'agressivité, comme énoncé en introduction (Benus et al., 1986; Galinowski and Lôo, 2003; Koolhaas et al., 2010). Toutefois, D'Eath and Burn (2002) ont montré que la réponse de porcelets lors d'un backtest n'était pas prédictive de l'agressivité exprimée dans un test de résident-intrus. Dans tous les cas, il semble comme exposé au paragraphe 2.2 que l'expression de l'agressivité n'était pas liée à un trait de personnalité ou au style d'adaptation des truies mais à des caractéristiques physiques. De ce fait, la transmission aux jeunes est peu probable, d'autant plus que les porcelets ne voient pas leur mère dans des situations d'agressivité pendant la lactation.

3.3. La réaction à l'humain comme trait de personnalité et ses implications

D'après nos résultats, il semblerait que la personnalité des truies n'affecte pas le comportement des porcelets par modulation du stress prénatal mais par transmission directe de certains caractères. C'est ce que nous avons constaté dans le chapitre 3 de ce travail de thèse.

Nous avons démontré que la peur de l'humain exprimée par la truie en gestation était reliée au comportement des porcelets lors du premier test d'immobilité tonique. Les porcelets issus de mères farouches ont eu tendance à s'immobiliser plus longtemps. Ceci va dans le sens des résultats de Rooney et al. (2021) qui ont démontré que les porcelets issus de mères farouches se débattaient moins lors d'un backtest à 13 jours. Le comportement d'immobilisation est caractéristique du style d'adaptation réactif mais est aussi plus généralement un comportement anti-prédateur (Humphreys and Ruxton, 2018). Le backtest comme le test d'immobilité tonique requièrent des manipulations aversives par l'humain. Une hypothèse d'explication de ces résultats pourrait donc être que la peur de l'humain et le stress impliqué par les manipulations avant le test d'immobilité tonique aient poussé les porcelets ayant peur de l'humain à exprimer des comportement anti-prédateurs. Cette hypothèse est plausible surtout au regard des résultats décrits au paragraphe 3.1 sur les dimensions de l'ACP de l'HVAT qui montrent que la peur de l'humain est reliée au comportement de 'freezing'. De surcroît, dans notre protocole, le test d'immobilité tonique a eu lieu dans le couloir de la salle de maternité, la réaction des

truies à la présence de l'humain et à la saisie de ces porcelets a donc pu impacter la réponse comportementale des porcelets. En effet, la contagion émotionnelle existe chez le porc. Van Erp-Van Der Kooij et al. (2000) ont pu établir que les porcelets dont les mères réagissent fortement lorsque ces derniers sont tirés hors de la loge avaient tendance à moins lutter lors du backtest. Nous n'avons pas relevé le comportement des truies lors de la capture des porcelets dans la loge. Il est toutefois fort probable que les truies farouches aient davantage réagi que les truies dociles étant donnée la corrélation observée entre la réponse des truies au test d'approche de l'humain en salle de gestation libre et en stalle (captive, comme en lactation), décrite par Scott et al. (2009). Hutson et al. (1991) ont démontré que lorsque les truies sont soumises à un stimulus auditif fait de cris de porcelets, deux réactions extrêmes sont constatées : soit les truies réagissent vivement, soit elles ignorent complètement le stimulus. La réponse des truies farouches a donc pu être extrême en comparaison à la réponse des truies dociles et influencer le comportement des porcelets.

Les modèles linéaires étudiés dans le chapitre 3 n'ont pas permis de décrire d'effet de la catégorie de réaction à l'humain de la truie sur les coordonnées des porcelets sur les composantes principales décrites lors des openfields. Rooney et al. (2021) ont également étudié la réponse des porcelets à un test d'openfield mais avant le sevrage, à 20 jours d'âge. Leurs analyses ont été effectuées comportement par comportement, ce qui est critiquable aux vues de l'inflation d'erreur liée à des tests statistiques multiples. Ils n'ont pas décrit d'effet de la catégorie de réaction à l'humain de la truie sur le temps passé debout, à marcher, explorer ou courir, ni sur l'incidence de vocalisations des porcelets. Toutefois, ils suggèrent que les porcelets issus de truies dociles tendent à passer moins de temps immobiles (comportement de 'freezing'). Nous n'avons décrit aucun effet de la catégorie de réaction à l'humain de la truie sur les comportements exploratoires, qui caractérisaient la deuxième composante principale des tests d'approche volontaire de l'humain. En revanche, nous avons décrit un effet significatif assez fort de la catégorie de réaction à l'humain de la truie sur la première composante principale décrite lors des deux tests d'approche volontaire de l'humain, qui représentaient une échelle allant de la peur de l'humain à l'attraction pour ce dernier. Les porcelets issus de truies farouches ont exprimé davantage de signes de peur de l'humain lors du premier test d'approche volontaire de l'humain ($P=0.004$) et les effets ont persisté lors du deuxième test ($P=0.004$) et même sur les porcelets apprivoisés (absence d'effet d'interaction, $P=0.11$). Rooney et al. (2021) ont effectué un test d'approche de l'humain en deux étapes sur leurs porcelets : (i) après un openfield, un humain entrait dans la salle et s'asseyait pour un test d'approche volontaire de l'humain, en restant immobile durant une minute. Si le porcelet était entré au contact de l'humain durant cette minute, un test de contact forcé était opéré. Ils ont également démontré que les porcelets issus de mères dociles s'approchent plus rapidement de l'humain. En revanche, ils n'ont démontré aucune différence sur le

test de contact forcé. Dans leur analyse, ils mettent en avant le fait que Kooij et al.(2002) ont trouvé que des porcelets classés comme proactifs lors d'un backtest s'approchaient plus rapidement de l'humain. En mettant en perspectives les résultats qu'ils ont obtenus lors du backtest, de l'openfield et du test d'approche de l'humain, ils suggèrent que les porcelets de truies dociles auraient un style d'adaptation plus proactif. C'est une hypothèse. Dans notre cas, il semble qu'uniquement les comportements en réponse à l'humain soient impactés, puisque des effets ont pu être décrits uniquement sur les comportements tournés vers l'humain lors de l'HVAT, qu'aucun effet n'a été décrit lors des OFTs et que les effets sur le test d'immobilité tonique peuvent être reliés aux manipulations par l'humain. De plus, les porcelets ont pu associer l'évènement aversif que constitue le TIT à l'humain (Hemsworth, 2003), en relation avec la réaction des truies, ce qui a pu contribuer à construire leur perception de l'humain. Notre présente étude et la littérature permettent donc de démontrer que la perception de l'humain par les truies semble être transmise aux porcelets et que les effets sont stimulus-spécifiques. Certaines études sur les bovins ont démontré que le trait de tempérament 'docile' est héritable (revue par Haskell et al., 2014). Il semble donc qu'il y ait une transmission trans-générationnelle du caractère docile/farouche.

En revanche, cette théorie peine à expliquer les effets décrits dans le chapitre 3 sur les performances des porcelets lors du test de mémorisation spatiale. Les porcelets nés de truies dociles ont eu de meilleures performances dans le labyrinthe avec des latences pour trouver la récompense globalement plus faibles. L'état d'anxiété dans lequel se trouve l'animal peut influencer ses capacités d'apprentissage (Mendl, 1999). La peur relève d'une réaction à un danger réel tandis que l'anxiété relève d'une réaction à un danger potentiel (Boissy, 1995). Il est possible que la réaction de la truie à l'approche de l'humain soit révélatrice de son état d'anxiété vis-à-vis de ce dernier, et que ce soit ce caractère anxieux qui se soit transmis. De plus, Janczak et al. (2003b) ont décrit un lien entre la peur ou l'anxiété relative à l'humain chez les truies et une diminution des performances maternelles. Chez les bovins, la docilité semble associée aux comportements maternels (revue par Haskell et al. (2014)). Le comportement des truies en lactation peut donc être influencé par leur peur de l'humain et se répercuter sur leurs porcelets à travers des expériences précoces. En ce sens, il est surprenant que la réaction des porcelets au test d'openfield n'ait pas été impactée. Il faut cependant noter que dans notre protocole, les porcelets étaient conduits en dehors du labyrinthe par la main de l'humain et ce depuis les phases d'habituation (4 jours consécutifs avant les essais). Il se peut que les porcelets méfiants vis-à-vis de l'humain aient négativement anticipé la sortie du labyrinthe, puisque les porcs sont capables d'anticipation (Villain et al., 2020) et que l'état d'anxiété causé par cette anticipation aient diminué leur performances. La mesure de la réaction des porcelets au guidage en dehors du labyrinthe aurait pu permettre de valider cette hypothèse.

Il semble donc que le trait de personnalité anxieux se transmette de la truie aux porcelets, ou à minima le trait de docilité. L'investigation des mécanismes de transmission de la peur de l'humain des truies (génétique, épigénétique) étaient en dehors du cadre de notre étude mais nous pouvons supposer, aux vues des résultats que nous avons obtenus, qu'une partie de la transmission se fait en période prénatale par perception des stimuli externes par le fœtus, mais également en période post-natale durant la période de lactation, par modification des comportements maternels ou par contagion émotionnelle.

3.4. La valorisation d'expériences précoces positives avec l'humain module mais ne compense pas les effets négatifs de la peur de l'humain des truies

Nous avons étudié l'effet de l'appivoisement des porcelets après le sevrage sur leur comportement lors des seconds Openfield et test d'approche volontaire de l'humain ainsi que sur le test de mémorisation spatiale. Les contacts avec un humain familier induisent des émotions positives chez les animaux, comme démontré chez les ovins et les bovins (revu par Tallet et al.(2018)), la valorisation de ces contacts constitue donc un renforcement positif. Les porcelets qui ont subi un renforcement positif par contacts positifs quotidiens ont eu des scores plus élevés sur la CP1 de l'HVAT2. Cela signifie qu'ils ont montré moins de signes de stress et plus d'attraction pour l'humain. Un renforcement positif par interactions tactiles positives tend en effet à augmenter la tendance des veaux à approcher l'humain, familier ou non et ce dans un environnement familier ou non (Lensink et al., 2000). Brajon et al. (2015a) ont démontré que les effets de renforcement positif avec les porcelets perdurent au moins cinq semaines. Bien que les effets bénéfiques sur les RHA du renforcements positif soient clairs (Tallet et al., 2018), nous avons démontré qu'ils modulaient mais n'étaient pas suffisants pour contrebalancer entièrement les effets délétères de la transmission prénatale. Ceci suggère que la relation humain-animal se construit grâce aux expériences et à l'association cognitive entre les évènements vécus et le stimulus 'humain' (Mota-Rojas et al., 2020) mais aussi sur les bases du tempérament des animaux. Seules les réponses comportementales des porcelets lors de l'HVAT ont été influencées par l'appivoisement. De précédentes études chez les bovins et les porcs ont également démontré que les changements de réponses comportementales d'animaux engagés dans des interactions positives régulières avec l'humain étaient stimulus-spécifiques de l'humain, (Hemsworth et al., 1996; Avelyn S. Villain et al., 2020).

Tableau 6 : Relations entre les traits de personnalité étudiés (Réponse à un stress d'origine sociale et réaction à l'humain), leur lien avec les réponses et signes de stress et l'impact sur la progéniture

	Modèle	Facteur de stress prénatal	Caractéristique individuelle	Réponse de stress	Autres signes	Impact sur les jeunes
Présente étude	Truies multipares	Compétitions pour l'alimentation / Interaction sociales	Agressivité/ Dominance vs Subordination	–	Lésions corporelles plus nombreuses	–
Ison et al. 2010	Truies primipares	Regroupement avec des congénères multipares	Interaction avec les multipares vs évitement des multipares Précédemment dominantes parmi les primipares / précédemment dominées	– Pic de cortisol plus haut lors du regroupement	Lésions corporelles plus nombreuses Prise de poids plus faible	– Moins de vocalisations et de mobilité durant les trois jours suivant le sevrage (28 jours) Moins d'agressivité
Présente étude	Truies multipares	Interactions avec l'humain	Attrait/ Peur lors d'un test d'approche de l'humain	Pas d'effets sur le niveau basal de cortisol	–	Plus longue durée d'immobilisation lors d'un Test d'immobilité tonique à 7jours Plus de signes de peur et moins d'attrait lors d'un test d'approche volontaire de l'humain à 33/33j et même après apprivoisement à 46/47 jours Moindre performances dans un test d'apprentissage spatial
Rooney et al. 2021	Truies primipares	Interactions avec l'humain	Attrait/ Peur lors d'un test d'approche de l'humain	Taux basal de cortisol plus élevé	–	Davantage de réponse passive au backtest Plus d'immobilité lors d'un open field test Moins d'attrait pour l'humain lors d'un test de contact forcé avec l'humain
Coulon et al. 2015	Brebis multipares	Quotidiennement et aléatoirement : Isolements, regroupements, transports, tonte, chiens, retard du repas	Réactivité lors d'un test d'isolement antérieur aux traitements stressants : Forte réactivité /Faible réactivité	Taux de cortisol élevé	–	Latence d'approche de l'humain plus élevée lors d'un test d'approche volontaire de l'humain Moins de temps passé à investiguer l'objet lors d'un test d'objet nouveau

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous avons observé, dans cette étude, l'existence d'une variabilité comportementale dans les groupes de truies en fin de gestation soumises à des conditions similaires. Elle s'est notamment exprimée au travers de divergences de réaction à l'humain et d'agressivité en réponse à un challenge de limitation de la durée de l'accès à l'alimentation. La stabilité de la hiérarchie dans nos groupes de truies a permis à ces dernières de s'adapter à ce challenge sans provoquer de fort stress dans le groupe. Bien que le nombre d'agressions dans les groupes de truies ait été relié au temps passé dans la file d'attente devant le nourrisseur dans une autre étude (Anil et al., 2006), nos résultats suggèrent que lorsque la hiérarchie est stable, une compétition pour l'accès à l'alimentation n'induit pas de stress marqué pour les animaux. Une conduite en groupe stable permet donc de limiter les conflits sociaux grâce à la hiérarchie et valorise donc le bien-être animal. Nous avons aussi montré que l'ordre d'accès au nourrisseur (Distributeur Automatique de Concentré) est un proxy fiable de la hiérarchie, dans nos conditions avec un petit groupe, stable, constitué d'animaux de parités variables. Utiliser cet ordre pourrait permettre de mieux connaître les phénomènes dynamiques et les réponses aux variations de l'ordre hiérarchique, en permettant l'obtention aisée de données continues.

L'agressivité exprimée en réponse au challenge d'accès au DAC ne peut être considérée comme un trait de personnalité puisqu'elle est dépendante de paramètres intrinsèques à l'individu, comme son poids et sa parité. La réaction spontanée à l'humain semble en revanche constituer un trait caractéristique de leur personnalité. La variabilité de réaction à l'humain comme la variabilité d'agressivité n'ont pas été reliées à la variabilité de réponses de stress dans le cas présent. Notre étude, appuyée par la bibliographie, a permis de démontrer que les truies dominées avaient accès au DAC en dernier. Malgré la restriction temporelle d'accès au DAC, toutes nos truies ont pu s'alimenter et le nombre de truies par DAC était d'environ 9 dans le cas présent, contre en moyenne 40 à 50 truies en élevage. Il est donc possible que l'attente avec cette pression d'accès au DAC induise tout de même un stress sur les subordonnées dans des groupes de taille plus conséquente. Elmore et al. (2011) ont démontré que les truies dominantes avaient également accès en priorité aux enrichissements. Dans un contexte où l'approvisionnement en enrichissements est insuffisante au regard de la taille du groupe, il se peut donc que les truies subordonnées n'y aient pas accès. Une vigilance accrue peut donc être portée sur les truies subordonnées qui sont facilement repérables dans un système au DAC.

Nous n'avons décrit aucun effet de l'agressivité des truies sur le comportement de leurs porcelets, probablement en raison de l'absence de modulation du stress gestationnel par le niveau d'agressivité des truies. L'agressivité étant limitée dans un groupe stable, la perception de l'agressivité par les porcelets in utero reste questionnable. En revanche, la réaction à l'humain de la truie a influé sur le comportement des porcelets. Les effets sont visibles dès la période de lactation et perdurent bien après le sevrage. Le trait de personnalité 'farouche' des truies favorise le développement d'un

tempérament farouche voire anxieux chez les porcelets, ce qui impacte à la fois le comportement et les performances cognitives de ces derniers. Il semble que la perception que se font les truies de l'humain puisse être transmise aux porcelets. Il se pourrait que cette transmission se fasse durant la période prénatale (Tallet et al., 2016) ou post-natale par contagion émotionnelle (Reimert et al., 2017) ou imitation. Nos résultats ouvrent le champ à des études pour investiguer les mécanismes précis en jeu.

L'apprivoisement des porcelets a permis d'augmenter leur attraction pour l'humain. Toutefois, la persistance des effets maternels sur la relation humain-animal des porcelets même apprivoisés montre que le renforcement positif module les effets trans-générationnels sans les effacer. L'effet de la réaction à l'humain de la truie sur le comportement de ses porcelets a opéré sans traitements aversif. Or, il a été démontré que l'attitude du soigneur lors des interventions de routine impactait le niveau de peur des animaux vis-à-vis de ce dernier (Zulkifli, 2013). Il semble donc intéressant de favoriser une attitude et des comportements positifs des soigneurs vis-à-vis des truies, à la fois pour leur bien-être mais aussi pour limiter l'impact sur celui des porcelets. C'est d'autant plus important pour le travail des éleveurs.

Bibliographie

Cette liste bibliographique concerne les sources mobilisées hors des articles scientifiques.

- Adcock, R.J., Kattesh, H.G., Roberts, M.P., Carroll, J.A., Saxton, A.M., Kojima, C.J., 2007. Temporal relationships between plasma cortisol, corticosteroid-binding globulin (CBG), and the free cortisol index (FCI) in pigs in response to adrenal stimulation or suppression. *Stress* 10, 305–310. <https://doi.org/10.1080/10253890701248020>
- Aisa, B., Tordera, R., Lasheras, B., Del Río, J., Ramírez, M.J., 2007. Cognitive impairment associated to HPA axis hyperactivity after maternal separation in rats. *Psychoneuroendocrinology* 32, 256–266. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2006.12.013>
- Anil, L., Anil, S.S., Deen, J., Baidoo, S.K., Walker, R.D., 2006. Effect of group size and structure on the welfare and performance of pregnant sows in pens with electronic sow feeders. *Can. J. Vet. Res.* 70, 128–136.
- Arey, D.S., 1999. Time course for the formation and disruption of social organisation in group-housed sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 62, 199–207. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(98\)00224-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00224-X)
- Bacher, L., 2022. Réactivité à l' Homme chez les taureaux limousins : phénotypage et caractérisation à l' aide d' un outil de monitoring et de tests comportementaux To cite this version : HAL Id : tel-03621338 Réactivité à l' Homme chez les taureaux limousins : phénoty.
- Barnett, J.L., Hemsforth, P.H., Cronin, G.M., Newman, E.A., McCallum, T.H., Chilton, D., 1992. Effects of pen size, partial stalls and method of feeding on welfare-related behavioural and physiological responses of group-housed pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 34, 207–220. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(05\)80116-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(05)80116-9)
- Benediktsson, R., Calder, A.A., Edwards, C.R.W., Seckl, J.R., 1997. Placental 11 β -hydroxysteroid dehydrogenase: A key regulator of fetal glucocorticoid exposure. *Clin. Endocrinol. (Oxf)*. 46, 161–166. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2265.1997.1230939.x>
- Benus, R., Koolhaas, J.M., Van Oortmerssen, G., 1986. Individual differences in behavioural reaction to a changing environment in mice and rats 83–94.
- Benus, R., Koolhaas, J.M., van Oortmerssen, G.A., 1989a. Routine formation and flexibility in social and non-social behaviour of aggressive and non-aggressive male mice 58, 99–104.
- Benus, R., Koolhaas, J.M., Van Oortmerssen, G.A., 1989b. Behavioural strategies of aggressive and non-aggressive male mice in active shock avoidance. 58, 99–104.

- Benus, R.F., Bohus, B., Koolhaas, J.M., van Oortmerssen, G.A., 1991. Heritable variation for aggression as a reflection of individual coping strategies. *Experientia* 47, 1008–1019. <https://doi.org/10.1007/BF01923336>
- Bertin, A., Richard-Yris, M.A., 2004. Mothers' fear of human affects the emotional reactivity of young in domestic Japanese quail. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 89, 215–231. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.06.004>
- Boissy, A., 2012. Recherche en éthologie appliquée aux animaux de ferme: Concilier bien-être animal et production. *Bull. Acad. Vet. Fr.* 165, 137–148.
- Boissy, A., 1995. Fear and fearfulness in animals. *Q. Rev. Biol.* 70, 165–191. <https://doi.org/10.1086/418981>
- Bolhuis, J.E., 2004. Personalities in pigs: Individual characteristics and coping with environmental challenges.
- Bolhuis, J.E., Schouten, W.G.P., de Jong, I.C., Schrama, J.W., Cools, A.R., Wiegant, V.M., 2000. Responses to apomorphine of pigs with different coping characteristics. *Psychopharmacology (Berl.)* 152, 24–30. <https://doi.org/10.1007/s002130000516>
- Bolhuis, J.E., Schouten, W.G.P., Schrama, J.W., Wiegant, V.M., 2005. Individual coping characteristics, aggressiveness and fighting strategies in pigs. *Anim. Behav.* 69, 1085–1091. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.09.013>
- Bolhuis, J.E., Schouten, W.G.P.P., Leeuw, J.A.D. De, Schrama, J.W., Wiegant, V.M., 2004. Individual coping characteristics, rearing conditions and behavioural flexibility in pigs. *Behav. Brain Res.* 152, 351–360. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2003.10.024>
- Bornett, H.L.I., Morgan, C.A., Lawrence, A.B., Mann, J., 2000. The effect of group housing on feeding patterns and social behaviour of previously individually housed growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70, 127–141. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00146-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00146-5)
- Brajon, S., Ahloy-Dallaire, J., Devillers, N., Guay, F., 2021. Social status and previous experience in the group as predictors of welfare of sows housed in large semi-static groups. *PLoS One* 16, 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244704>
- Brajon, S., Laforest, J.P., Bergeron, R., Tallet, C., Hötzel, M.J., Devillers, N., 2015a. Persistency of the piglet's reactivity to the handler following a previous positive or negative experience. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 162, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.11.009>

- Brajon, S., Laforest, J.P., Schmitt, O., Devillers, N., 2015b. The way humans behave modulates the emotional state of piglets. *PLoS One* 10, 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133408>
- Brajon, S., Ringgenberg, N., Torrey, S., Bergeron, R., Devillers, N., 2017. Impact of prenatal stress and environmental enrichment prior to weaning on activity and social behaviour of piglets (*Sus scrofa*). *Appl. Anim. Behav. Sci.* 197, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.09.005>
- Brown, S.M., Klaffenböck, M., Nevison, I.M., Lawrence, A.B., 2015. Evidence for litter differences in play behaviour in pre-weaned pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 172, 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.09.007>
- Burdick, N.C., Randel, R.D., Carroll, J.A., Welsh, T.H., 2011. Interactions between temperament, stress, and immune function in cattle. *Int. J. Zool.* 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/373197>
- Büttner, K., Czycholl, I., Basler, H., Krieter, J., 2018. Effects of an intensified human-animal interaction on tail biting in pigs during the rearing period. *J. Agric. Sci.* 156, 1039–1046. <https://doi.org/10.1017/S002185961800103X>
- Camerlink, I., Scheck, K., Cadman, T., Rault, J.L., 2022. Lying in spatial proximity and active social behaviours capture different information when analysed at group level in indoor-housed pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 246, 105540. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105540>
- Challis, J.R.G., Sloboda, D., Matthews, S.G., Holloway, A., Alfaidy, N., Patel, F.A., Whittle, W., Fraser, M., Moss, T.J.M., Newnham, J., 2001. The fetal placental hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis, parturition and post natal health. *Mol. Cell. Endocrinol.* 185, 135–144. [https://doi.org/10.1016/S0303-7207\(01\)00624-4](https://doi.org/10.1016/S0303-7207(01)00624-4)
- Courboulay, V., Boulot, S., Badouard, B., 2010. Etat des lieux des systèmes de logement en groupe des truies en France et résultats techniques. *Actual. EN Prod. Porc.*
- Couret, D., 2008. Conséquences du stress social répété appliqué pendant la gestation sur le fonctionnement du système immunitaire des porcelets. Université de Rennes 1.
- Couret, David, Jamin, A., Kuntz-Simon, G., Prunier, A., Merlot, E., 2009. Maternal stress during late gestation has moderate but long-lasting effects on the immune system of the piglets. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 131, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2009.03.003>
- Couret, D, Otten, W., Puppe, B., Prunier, A., Merlot, E., 2009. Behavioural , endocrine and immune responses to repeated social stress in pregnant gilts. *Anim. Int. J. Anim. Biosci.* 3, 118–127. <https://doi.org/10.1017/S1751731108003236>

- Coutellier, L., Arnould, C., Boissy, A., Orgeur, P., Prunier, A., Veissier, I., Meunier-Salaün, M.C., 2007. Pig's responses to repeated social regrouping and relocation during the growing-finishing period. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 105, 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.007>
- D'Eath, R.B., Burn, C.C., 2002. Individual differences in behaviour: A test of “coping style” does not predict resident-intruder aggressiveness in pigs. *Behaviour* 139, 1175–1194. <https://doi.org/10.1163/15685390260437326>
- David, M., Dall, S.R.X., 2016. Unravelling the Philosophies Underlying “Animal Personality” Studies: A Brief Re-Appraisal of the Field. *Ethology* 122, 1–9. <https://doi.org/10.1111/eth.12445>
- De Jonge, F.H., Bokkers, E.A.M., Schouten, W.G.P., Helmond, F.A., 1996. Rearing piglets in a poor environment: Developmental aspects of social stress in pigs. *Physiol. Behav.* 60, 389–396. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(96\)00013-3](https://doi.org/10.1016/0031-9384(96)00013-3)
- Death, R.B., Turner, S.P., Kurt, E., Evans, G., Thölking, L., Looft, H., Wimmers, K., Murani, E., Klont, R., Foury, A., Ison, S.H., Lawrence, A.B., Mormède, P., 2010. Pigs' aggressive temperament affects pre-slaughter mixing aggression, stress and meat quality. *Animal* 4, 604–616. <https://doi.org/10.1017/S1751731109991406>
- Donald, R.D., Healy, S.D., Lawrence, A.B., Rutherford, K.M.D., 2011. Emotionality in growing pigs: Is the open field a valid test? *Physiol. Behav.* 104, 906–913. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.05.031>
- Dove, H., Beilharz, R.G., Black, J.L., 1974. Dominance patterns and positional behaviour of sheep in yards. *Anim. Prod.* 19, 157–168. <https://doi.org/10.1017/S0003356100022728>
- Drews, C., 1993. The concept and definition of dominance in animal behaviour. *Behav.* 125 53, 284–311. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Elmore, M.R.P., Garner, J.P., Johnson, A.K., Kirkden, R.D., Richert, B.T., Pajor, E.A., 2011. Getting around social status: Motivation and enrichment use of dominant and subordinate sows in a group setting. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 133, 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.05.017>
- Erhard, H.W., Mendl, M., 1999. Tonic immobility and emergence time in pigs - More evidence for behavioural strategies. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 61, 227–237. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(98\)00196-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00196-8)
- Erhard, H.W., Mendl, M., 1997. Tonic immobility in pigs: two interpretations — coping strategies or fear. *BSAP Occas. Publ.* 20, 109–110. <https://doi.org/10.1017/S0263967X00043548>

- Erhard, H.W., Mendl, M., Christiansen, S.B., 1999. Individual differences in tonic immobility may reflect behavioural strategies. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 64, 31–46.
[https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00028-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00028-3)
- Finkemeier, M.A., Langbein, J., Puppe, B., 2018. Personality research in mammalian farm animals: Concepts, measures, and relationship to welfare. *Front. Vet. Sci.* 5, 1–15.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00131>
- Forkman, B., Boissy, A., Meunier-Salaün, M.C., Canali, E., Jones, R.B., 2007. A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. *Physiol. Behav.* 92, 340–374.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.03.016>
- Forkman, B., Furuhaug, I.L., Jensen, P., 1995. Personality, coping patterns, and aggression in piglets 31–42.
- Frankenhaeuser, M., Lundberg, U., Forsman, L., 1980. Dissociation between sympathetic-adrenal and pituitary- adrenal responses to an achievement situation characterized by high controllability: comparison between type a and type b males and females *. *Biol. Psychol.* 10 10, 79–91.
- Freeman, H.D., Gosling, S.D., 2010. Personality in nonhuman primates: A review and evaluation of past research. *Am. J. Primatol.* 72, 653–671. <https://doi.org/10.1002/ajp.20833>
- Fuss, T., 2021. Mate Choice, Sex Roles and Sexual Cognition in Vertebrates: Mate Choice Turns Cognition or Cognition Turns Mate Choice? *Front. Ecol. Evol.* 9, 15.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2021.749495>
- Galinowski, A., Lôo, H., 2003. Biologie du stress. *Ann. Med. Psychol. (Paris)*. 161, 797–803.
<https://doi.org/10.1016/j.amp.2003.10.003>
- Giergiel, M., Olejnik, M., Jabłoński, A., Posyniak, A., 2021. The markers of stress in swine oral fluid. *J. Vet. Res.* 65, 487–495. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2021-0065>
- Gosling, S.D., John, O.P., 1999. Personality dimensions in nonhuman animals: A cross-species review. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 8, 69–75. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00017>
- Grimberg-Henrici, C.G.E., Vermaak, P., Elizabeth Bolhuis, J., Nordquist, R.E., van der Staay, F.J., 2016. Effects of environmental enrichment on cognitive performance of pigs in a spatial holeboard discrimination task. *Anim. Cogn.* 19, 271–283. <https://doi.org/10.1007/s10071-015-0932-7>
- Haskell, M.J., Simm, G., Turner, S.P., 2014. Genetic selection for temperament traits in dairy and beef cattle. *Front. Genet.* 5, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fgene.2014.00368>

- Hauser, J., Feldon, J., Pryce, C.R., 2009. Direct and dam-mediated effects of prenatal dexamethasone on emotionality, cognition and HPA axis in adult Wistar rats. *Horm. Behav.* 56, 364–375. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2009.07.003>
- Hemsworth, P.H., 2003. Human-animal interactions in livestock production. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81, 185–198. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00280-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00280-0)
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Hansen, C., 1986. The influence of handling by humans on the behaviour, reproduction and corticosteroids of male and female pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 15, 303–314. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(86\)90123-1](https://doi.org/10.1016/0168-1591(86)90123-1)
- Hemsworth, P.H., Price, E.O., Borgwardt, R., 1996. Behavioural responses of domestic pigs and cattle to humans and novel stimuli. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 50, 43–56. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(96\)01067-2](https://doi.org/10.1016/0168-1591(96)01067-2)
- Hessing, M.J.C., Hagelsø, A.M., van Beek, J.A.M., Wiepkema, R.P., Schouten, W.G.P., Krukow, R., 1993. Individual behavioural characteristics in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 37, 285–295. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(93\)90118-9](https://doi.org/10.1016/0168-1591(93)90118-9)
- Holt, J.P., Johnston, L.J., Baidoo, S.K., Shurson, G.C., 2006. Effects of a high-fiber diet and frequent feeding on behavior, reproductive performance, and nutrient digestibility in gestating sows. *J. Anim. Sci.* 84, 946–955. <https://doi.org/10.2527/2006.844946x>
- Horback, K.M., Parsons, T.D., 2016. Temporal stability of personality traits in group-housed gestating sows. *Animal* 10, 1351–1359. <https://doi.org/10.1017/S1751731116000215>
- Hughes, B.O., Duncan, I.J.H., 1988. The notion of ethological “need”, models of motivation and animal welfare. *Anim. Behav.* 36, 1696–1707. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(88\)80110-6](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(88)80110-6)
- Humphreys, R.K., Ruxton, G.D., 2018. A review of thanatosis (death feigning) as an anti-predator behaviour. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 72. <https://doi.org/10.1007/s00265-017-2436-8>
- Hunter, E.J., Broom, D.M., Edwards, S.A., Sibly, R.M., 1988. Social hierarchy and feeder access in a group of 20 sows using a computer-controlled feeder. *Anim. Prod.* 47, 139–148. <https://doi.org/10.1017/S0003356100037144>
- Hutson, G.D., Wilkinson, J.L., Luxford, B.G., 1991. The response of lactating sows to tactile, visual and auditory stimuli associated with a model piglet. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 32, 129–137. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(05\)80037-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(05)80037-1)
- Ijichi, C.L., Collins, L.M., Elwood, R.W., 2013. Evidence for the role of personality in stereotypy

- predisposition. *Anim. Behav.* 85, 1145–1151. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2013.03.033>
- Ishiwata, T., Uetake, K., Kilgour, R.J., Eguchi, Y., Tanaka, T., 2007. Oral behaviors of beef steers in pen and pasture environments. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* 10, 185–192.
<https://doi.org/10.1080/10888700701313629>
- Ison, S.H., D'Eath, R.B., Robson, S.K., Baxter, E.M., Ormandy, E., Douglas, A.J., Russell, J.A., Lawrence, A.B., Jarvis, S., 2010. “Subordination style” in pigs? The response of pregnant sows to mixing stress affects their offspring’s behaviour and stress reactivity. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 124, 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2010.02.001>
- Issa, A.M., Rowe, W., Gauthier, S., Meaney, M.J., 1990. Hypothalamic-pituitary-adrenal activity in aged, cognitively impaired and cognitively unimpaired rats. *J. Neurosci.* 10, 3247–3254.
<https://doi.org/10.1523/jneurosci.10-10-03247.1990>
- Janczak, A.M., Pedersen, L.J., Bakken, M., 2003a. Aggression, fearfulness and coping styles in female pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81, 13–28. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00252-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00252-6)
- Janczak, A.M., Pedersen, L.J., Rydhmer, L., Bakken, M., 2003b. Relation between early fear- and anxiety-related behaviour and maternal ability in sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 82, 121–135.
[https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(03\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(03)00055-8)
- Jansen, J., Bolhuis, J.E., Schouten, W.G.P., Spruijt, B.M., Wiegant, V.M., 2009. Spatial learning in pigs: Effects of environmental enrichment and individual characteristics on behaviour and performance. *Anim. Cogn.* 12, 303–315. <https://doi.org/10.1007/s10071-008-0191-y>
- Jarvis, S., Moinard, C., Robson, S.K., Baxter, E., Ormandy, E., Douglas, A.J., Seckl, J.R., Russell, J.A., Lawrence, A.B., 2006. Programming the offspring of the pig by prenatal social stress: Neuroendocrine activity and behaviour. *Horm. Behav.* 49, 68–80.
<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.05.004>
- Jensen, P., Rushen, J., Forkman, B., 1995. Behavioural strategies or just individual variation in behaviour? - A lack of evidence for active and passive piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 43, 135–139. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00554-6](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00554-6)
- Jones, A.C., Gosling, S.D., 2005. Temperament and personality in dogs (*Canis familiaris*): A review and evaluation of past research. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 95, 1–53.
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.04.008>
- Kanitz, E., Otten, W., Tuchscherer, M., 2006. Changes in endocrine and neurochemical profiles in neonatal pigs prenatally exposed to increased maternal cortisol. *J. Endocrinol.* 191, 207–220.

<https://doi.org/10.1677/joe.1.06868>

- Kay, G., Tarcic, N., Poltyrev, T., Weinstock, M., 1998. Prenatal stress depresses immune function in rats. *Physiol. Behav.* 63, 397–402. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(97\)00456-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(97)00456-3)
- Klemcke, H.G., 1995. Placental Metabolism of Cortisol at Mid- and Late Gestation in Swine¹. *Biol. Reprod.* 53, 1293–1301. <https://doi.org/10.1095/biolreprod53.6.1293>
- Koolhaas, J.M., Coppens, C.M., de Boer, S.F., Buwalda, B., Meerlo, P., Timmermans, P.J.A., 2013. The resident-intruder paradigm: a standardized test for aggression, violence and social stress. *J. Vis. Exp.* 1–7. <https://doi.org/10.3791/4367>
- Koolhaas, J.M., De Boer, S.F., Buwalda, B., Van Reenen, K., 2007. Individual variation in coping with stress: A multidimensional approach of ultimate and proximate mechanisms. *Brain. Behav. Evol.* 70, 218–226. <https://doi.org/10.1159/000105485>
- Koolhaas, J.M., de Boer, S.F., Coppens, C.M., Buwalda, B., 2010. Neuroendocrinology of coping styles: Towards understanding the biology of individual variation. *Front. Neuroendocrinol.* 31, 307–321. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2010.04.001>
- Koolhaas, J.M., Korte, S.M., De Boer, S.F., Van Der Vegt, B.J., Van Reenen, C.G., Hopster, H., De Jong, I.C., Ruis, M.A.W., Blokhuis, H.J., 1999. Coping styles in animals: Current status in behavior and stress- physiology. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 23, 925–935. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(99\)00026-3](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(99)00026-3)
- Koolhaas, J.M., Reenen, C.G. Van, 2016. Interaction between coping style / personality , stress , and welfare : Relevance for domestic farm animals 1. *J. Anim. Sci.* 94, 2284–2296. <https://doi.org/10.2527/jas2015-0125>
- Kranendonk, G., Hopster, H., Fillerup, M., Ekkel, E.D., Mulder, E.J.H., Taverne, M.A.M., 2006. Cortisol administration to pregnant sows affects novelty-induced locomotion, aggressive behaviour, and blunts gender differences in their offspring. *Horm. Behav.* 49, 663–672. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.12.008>
- Krause, A., Puppe, B., Langbein, J., 2017. Coping style modifies general and affective autonomic reactions of domestic pigs in different behavioral contexts. *Front. Behav. Neurosci.* 11, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2017.00103>
- Langbein, J., Puppe, B., 2004. Analysing dominance relationships by sociometric methods - A plea for a more standardised and precise approach in farm animals. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 87, 293–315. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.01.007>

- Lawrence, A.B., Appleby, M.C., Macleod, H.A., 1988. Measuring hunger in the pig using operant conditioning: The effect of food restriction. *Anim. Prod.* 47, 131–137.
<https://doi.org/10.1017/S0003356100037132>
- Le Roux, C.W., Chapman, G.A., Kong, W.M., Dhillon, W.S., Jones, J., Alaghband-Zadeh, J., 2003. Free cortisol index is better than serum total cortisol in determining hypothalamic-pituitary-adrenal status in patients undergoing surgery. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 88, 2045–2048.
<https://doi.org/10.1210/jc.2002-021532>
- Lensink, B.J., Boivin, X., Pradel, P., Le Neindre, P., Veissier, I., 2000. Reducing veal calves' reactivity to people by providing additional human contact. *J. Anim. Sci.* 78, 1213–1218.
<https://doi.org/10.2527/2000.7851213x>
- Lensink, B.J., Leruste, H., De Bretagne, T., Bizeray-Filoché, D., 2009. Sow behaviour towards humans during standard management procedures and their relationship to piglet survival. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 119, 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.04.007>
- Lordi, B., Patin, V., Protais, P., Mellier, D., Caston, J., 2000. Chronic stress in pregnant rats: Effects on growth rate, anxiety and memory capabilities of the offspring. *Int. J. Psychophysiol.* 37, 195–205. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(00\)00100-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(00)00100-8)
- Mason, G.J., Latham, N.R., 2004. Can't stop, won't stop: Is stereotypy a reliable animal welfare indicator? *Anim. Welf.* 13, 57–69.
- McCormick, C.M., Smythe, J.W., Sharma, S., Meaney, M.J., 1995. Sex-specific effects of prenatal stress on hypothalamic-pituitary-adrenal responses to stress and brain glucocorticoid receptor density in adult rats. *Dev. Brain Res.* 84, 55–61. [https://doi.org/10.1016/0165-3806\(94\)00153-Q](https://doi.org/10.1016/0165-3806(94)00153-Q)
- Meese, G.B.B., Ewbank, R., 1973. The establishment and nature of the dominance hierarchy in the domesticated pig. *Anim. Behav.* 21, 326–334. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(73\)80074-0](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(73)80074-0)
- Mendl, M., 1999. Performing under pressure: Stress and cognitive function. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 65, 221–244. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00088-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00088-X)
- Mendl, M., Zanella, A.J., Broom, D.M., 1992. Physiological and reproductive correlates of behavioural strategies in female domestic pigs. *Anim. Behav.* 44, 1107–1121.
[https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(05\)80323-9](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80323-9)
- Merlot, E., Quesnel, H., Prunier, A., 2013. Prenatal stress, immunity and neonatal health in farm animal species. *Animal* 7, 2016–2025. <https://doi.org/10.1017/S175173111300147X>

- Mormede, P., Boisseau-Sowinski, L., Chiron, J., Diederich, C., Eddison, J., Guichet, J.L., Neindre, P. Le, Meunier-Salaün, M.C., 2018. Animal welfare: Context, definition, evaluation. *Inra Prod. Anim.* 31, 145–162. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.2.2299>
- Mormede, P., Foury, A., Meunier-Salaun, M.-C., 2006. Bien-être du porc : le point de vue de l’animal, approches biologiques et comportementales. *Bull. Acad. Vet. Fr.* 191. <https://doi.org/10.4267/2042/47833>
- Mormède, P., Foury, A., Meunier-Salaün, M.-C., 2006. Bien-être du porc : le point de vue de l’animal, approches biologiques et comportementales. *Bull. Acad. Vet. Fr.* 159, 191–204. <https://doi.org/10.4267/2042/47833>
- Mota-Rojas, D., Broom, D.M., Orihuela, A., Velarde, A., Napolitano, F., Alonso-Spilsbury, M., 2020. Effects of human-animal relationship on animal productivity and welfare. *J. Anim. Behav. Biometeorol.* 8, 196–205. <https://doi.org/10.31893/JABB.20026>
- Mount, N.C., Seabrook, M.F., 1993. A study of aggression when group housed sows are mixed. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 36, 377–383. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(93\)90134-B](https://doi.org/10.1016/0168-1591(93)90134-B)
- Nardone, A., Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B., 1997. Composition of Colostrum from Dairy Heifers Exposed to High Air Temperatures during Late Pregnancy and the Early Postpartum Period. *J. Dairy Sci.* 80, 838–844. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76005-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76005-3)
- Norring, M., Valros, A., Bergman, P., Marchant-Forde, J.N., Heinonen, M., 2019. Body condition, live weight and success in agonistic encounters in mixed parity groups of sows during gestation. *Animal* 13, 392–398. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001453>
- Nowak, R., Boivin, X., 2015. Filial attachment in sheep: Similarities and differences between ewe-lamb and human-lamb relationships. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 164, 12–28. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.09.013>
- O’Malley, C.I., Turner, S.P., D’Eath, R.B., Steibel, J.P., Bates, R.O., Ernst, C.W., Siegford, J.M., 2019. Animal personality in the management and welfare of pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 218, 104821. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.06.002>
- Øverli, Ø., Korzan, W.J., Höglund, E., Winberg, S., Bollig, H., Watt, M., Forster, G.L., Barton, B.A., Øverli, E., Renner, K.J., Summers, C.H., 2004. Stress coping style predicts aggression and social dominance in rainbow trout. *Horm. Behav.* 45, 235–241. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2003.12.002>
- Paboeuf, F., Gautier, M., Cariolet, R., Meunier-Salaün, M.C., Dourmad, J.Y., 2010. Effets des modes de

logement et d'alimentation des truies en gestation sur leurs performances zootechniques et leurs comportements. *Journée la Rech. Porc.* 42, 1–8.

Prunier, A., Averos, X., Dimitrov, I., Edwards, S.A., Hillmann, E., Holinger, M., Ilieski, V., Leming, R., Tallet, C., Turner, S.P., Zupan, M., Camerlink, I., 2019. Review: Early life predisposing factors for biting in pigs. *Animal*. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001940>

Puppe, B., Langbein, J., Bauer, J., Hoy, S., 2008. A comparative view on social hierarchy formation at different stages of pig production using sociometric measures. *Livest. Sci.* 113, 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.03.004>

Qian, J., Zhou, D., Pan, F., Liu, C.X., Wang, Y.W., 2008. Effect of environmental enrichment on fearful behavior and gastrin-releasing peptide receptor expression in the amygdala of prenatal stressed rats. *J. Neurosci. Res.* 86, 3011–3017. <https://doi.org/10.1002/jnr.21736>

Quesnel, H., Peuteman, B., Merlot, E., Prunier, A., Calvar, C., Robert, F., Meunier-Salaün, M.C., 2018. Effet de l' environnement des truies pendant la gestation sur leur comportement et la survie des porcelets 35590.

Ramonet, Y., Caille, E., Dubois, A., Calvar, C., Jegou, Y., Quillien, P., 2013. Les truies gestantes en groupes . *Pratiques dans les élevages de l' Ouest de la France* 161–170.

Ramonet, Y., Tertre, A., Bretagne, D., 2014. Activité motrice des truies en groupes dans les différents systèmes de logement 1–8.

Rault, J.L., Waiblinger, S., Boivin, X., Hemsworth, P., 2020. The Power of a Positive Human–Animal Relationship for Animal Welfare. *Front. Vet. Sci.* 7, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.590867>

Réale, D., Reader, S.M., Sol, D., McDougall, P.T., Dingemans, N.J., 2007. Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biol. Rev.* 82, 291–318. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2007.00010.x>

Reynolds, R.M., 2013. Glucocorticoid excess and the developmental origins of disease: Two decades of testing the hypothesis - 2012 Curt Richter Award Winner. *Psychoneuroendocrinology* 38, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2012.08.012>

Ringgenberg, N., Bergeron, R., Meunier-Salaün, M.C., Devillers, N., 2012. Impact of social stress during gestation and environmental enrichment during lactation on the maternal behavior of sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 136, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.12.012>

- Robert, S., Matte, J.J., Farmer, C., Girard, C.L., Martineau, G.P., 1993. High-fibre diets for sows: effects on stereotypies and adjunctive drinking. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 37, 297–309.
[https://doi.org/10.1016/0168-1591\(93\)90119-A](https://doi.org/10.1016/0168-1591(93)90119-A)
- Roche, D.G., Careau, V., Binning, S.A., 2016. Demystifying animal “personality” (or not): Why individual variation matters to experimental biologists. *J. Exp. Biol.* 219, 3832–3843.
<https://doi.org/10.1242/jeb.146712>
- Roelofs, S., Nordquist, R.E., van der Staay, F.J., 2017. Female and male pigs’ performance in a spatial holeboard and judgment bias task. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 191, 5–16.
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.01.016>
- Rooney, H.B., Schmitt, O., Courty, A., Lawlor, P.G., O’driscoll, K., 2021. Like mother like child: Do fearful sows have fearful piglets? *Animals* 11. <https://doi.org/10.3390/ani11051232>
- Roussel, S., Boissy, A., Montigny, D., Hemsworth, P.H., Duvaux-Ponter, C., 2005. Gender-specific effects of prenatal stress on emotional reactivity and stress physiology of goat kids. *Horm. Behav.* 47, 256–266. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2004.09.010>
- Roussel, S., Hemsworth, P.H., Leruste, H., White, C., Duvaux-Ponter, C., Nowak, R., Boissy, A., 2006. Repeated transport and isolation during pregnancy in ewes: Effects on the reactivity to humans and to their offspring after lambing. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 97, 172–189.
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.07.001>
- Ruis, M.A.W., Te Brake, J.H.A., Engel, B., Buist, W.G., Blokhuis, H.J., Koolhaas, J.M., 2001. Adaptation to social isolation acute and long-term stress responses of growing gilts with different coping characteristics. *Physiol. Behav.* 73, 541–551. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(01\)00548-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(01)00548-0)
- Ruis, M.A.W., Te Brake, J.H.A., Van De Burgwal, J.A., De Jong, I.C., Blokhuis, H.J., Koolhaas, J.M., 2000. Personalities in female domesticated pigs: Behavioural and physiological indications. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 66, 31–47. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00070-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00070-2)
- Rushen, J.P., 1985. Stereotypies, aggression and the feeding schedules of tethered sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 14, 137–147. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(85\)90025-5](https://doi.org/10.1016/0168-1591(85)90025-5)
- Rutherford, K.M.D., Piastowska-Ciesielska, A., Donald, R.D., Robson, S.K., Ison, S.H., Jarvis, S., Brunton, P.J., Russell, J.A., Lawrence, A.B., 2014. Prenatal stress produces anxiety prone female offspring and impaired maternal behaviour in the domestic pig. *Physiol. Behav.* 129, 255–264.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.02.052>
- Schouten, W.G.P., Wiepkema, P.R., 1991. Coping styles of tethered sows. *Behav. Processes* 25, 125–

132. [https://doi.org/10.1016/0376-6357\(91\)90015-R](https://doi.org/10.1016/0376-6357(91)90015-R)
- Scott, K., Laws, D.M., Courboulay, V., Meunier-Salaün, M.C., Edwards, S.A., 2009. Comparison of methods to assess fear of humans in sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 118, 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.02.004>
- Sluyter, F., Korte, S.M., Bohus, B., Van Oortmerssen, G.A., 1996. Behavioral stress response of genetically selected aggressive and nonaggressive wild house mice in the shock-probe/defensive burying test. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 54, 113–116. [https://doi.org/10.1016/0091-3057\(95\)02164-7](https://doi.org/10.1016/0091-3057(95)02164-7)
- Spoolder, H.A.M., Aarnink, A.A.J., Vermeer, H.M., van Riel, J., Edwards, S.A., 2012. Effect of increasing temperature on space requirements of group housed finishing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 138, 229–239. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.010>
- Spoolder, H.A.M., Geudeke, M.J., Van der Peet-Schwering, C.M.C., Soede, N.M., 2009. Group housing of sows in early pregnancy: A review of success and risk factors. *Livest. Sci.* 125, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.03.009>
- Stamps, J., Groothuis, T.G.G., 2010. The development of animal personality: Relevance, concepts and perspectives. *Biol. Rev.* 85, 301–325. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2009.00103.x>
- Tallet, C., Brajon, S., Devillers, N., Lensink, J., 2018. Pig-human interactions: Creating a positive perception of humans to ensure pig welfare. *Adv. Pig Welf.* 381–398. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101012-9.00008-3>
- Tallet, C., Rakotomahandry, M., Guérin, C., Lemasson, A., Hausberger, M., 2016. Postnatal auditory preferences in piglets differ according to maternal emotional experience with the same sounds during gestation. *Sci. Rep.* 6, 1–8. <https://doi.org/10.1038/srep37238>
- Tallet, C., Sy, K., Prunier, A., Nowak, R., Boissy, A., Boivin, X., 2014. Behavioural and physiological reactions of piglets to gentle tactile interactions vary according to their previous experience with humans. *Livest. Sci.* 167, 331–341. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.06.025>
- Tanida, H., Miura, A., Tanaka, T., Yoshimoto, T., 1995. Behavioral response to humans in individually handled weanling pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 42, 249–259. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(94\)00545-P](https://doi.org/10.1016/0168-1591(94)00545-P)
- Tao, S., Monteiro, A.P.A., Thompson, I.M., Hayen, M.J., Dahl, G.E., 2012. Effect of late-gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95, 7128–7136. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5697>

- Tönepöhl, B., Appel, A.K., Voß, B., König von Borstel, U., Gauly, M., 2013. Interaction between sows' aggressiveness post mixing and skin lesions recorded several weeks later. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 144, 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.01.004>
- Van Beirendonck, S., Van Thielen, J., Verbeke, G., Driessen, B., 2014. The association between sow and piglet behavior. *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.* 9, 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2014.01.005>
- van der Staay, F.J., de Groot, J., Schuurman, T., Korte, S.M., 2008. Repeated social defeat in female pigs does not induce neuroendocrine symptoms of depression, but behavioral adaptation. *Physiol. Behav.* 93, 453–460. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.10.002>
- Van Erp-Van Der Kooij, E., Kuijpers, A.H., Schrama, J.W., Ekkel, E.D., Tielen, M.J.M., 2000. Individual behavioural characteristics in pigs and their impact on production. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 66, 171–185. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00094-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00094-5)
- Van Erp-van der Kooij, E., Kuijpers, A.H., Van Eerdenburg, F.J.C.M., Tielen, M.J.M., 2001. A note on the influence of starting position, time of testing and test order on the backtest in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73, 263–266. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(01\)00145-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(01)00145-9)
- Veenema, A.H., Koolhaas, J.M., De Kloet, E.R., 2004. Basal and stress-induced differences in HPA axis, 5-HT responsiveness, and hippocampal cell proliferation in two mouse lines. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1018, 255–265. <https://doi.org/10.1196/annals.1296.030>
- Veenema, A.H., Meijer, O.C., de Kloet, E.R., Koolhaas, J.M., 2003. Genetic selection for coping style predicts stressor susceptibility. *J. Neuroendocrinol.* 15, 256–267. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2826.2003.00986.x>
- Verdon, M., Hansen, C.F., Rault, J.L., Jongman, E., Hansen, L.U., Plush, K., Hemsworth, P.H., 2015. Effects of group housing on sow welfare: A review. *J. Anim. Sci.* 93, 1999–2017. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8742>
- Villain, A. S., Hazard, A., Danglot, M., Guérin, C., Boissy, A., Tallet, C., 2020. Piglets vocally express the anticipation of pseudo-social contexts in their grunts. *Sci. Rep.* 10, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75378-x>
- Villain, Avelyne S., Lanthony, M., Guérin, C., Tallet, C., 2020. Manipulable Object and Human Contact: Preference and Modulation of Emotional States in Weaned Pigs. *Front. Vet. Sci.* 7, 1–19. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.577433>
- Waiblinger, S., Boivin, X., Pedersen, V., Tosi, M.V., Janczak, A.M., Visser, E.K., Jones, R.B., 2006.

- Assessing the human-animal relationship in farmed species: A critical review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 101, 185–242. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.02.001>
- Wavreille, J., Planchon, V., Virginie, R., Gaëlle, B., Sulon, J., Vandenheede, Marc(5), Baudouin NICKS (5), N.B.-T., 2009. Le cortisol salivaire comme indicateur du bien-être chez la truie gestante lors du regroupement 3–4.
- Weinstock, M., 2008. The long-term behavioural consequences of prenatal stress. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 32, 1073–1086. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.03.002>
- Welfare Quality®, 2009. Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs), Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands.
- White, P.J., Ward, M.P., Toribio, J.A.L.M.L., Windsor, P.A., 2010. The association between congenital chondrodystrophy of unknown origin (CCUO) in beef cattle and drought in south-eastern Australia. *Prev. Vet. Med.* 94, 178–184. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.02.002>
- Zanella, A.J., Broom, D.M., Hunter, J.C., Mendl, M.T., 1996. Brain opioid receptors in relation to stereotypies, inactivity, and housing in sows. *Physiol. Behav.* 59, 769–775. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(95\)02118-3](https://doi.org/10.1016/0031-9384(95)02118-3)
- Zebunke, M., Repsilber, D., Nürnberg, G., Wittenburg, D., Puppe, B., 2015. The backtest in pigs revisited - An analysis of intra-situational behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 169, 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.05.002>
- Zhou, Q., Sun, Q., Wang, G., Zhou, B., Lu, M., Marchant-Forde, J.N., Yang, X., Zhao, R., 2014. Group housing during gestation affects the behaviour of sows and the physiological indices of offspring at weaning. *Animal* 8, 1162–1169. <https://doi.org/10.1017/S1751731114001025>
- Zupan, M., Rehn, T., De Oliveira, D., Keeling, L.J., 2016. Promoting positive states: The effect of early human handling on play and exploratory behaviour in pigs. *Animal* 10, 135–141. <https://doi.org/10.1017/S1751731115001743>

Valorisations scientifiques

1. Articles scientifiques :

Lanthony M., Danglot M., Spinka M., Tallet C., 2022. Dominance hierarchy in groups of pregnant sows: characteristics and identification of related indicators, *Applied animal behaviour science*

Lanthony M., Spinka M., Tallet C. Sows' aggressiveness expressed in situation of social challenge doesn't affect piglet's coping style, emotionality and spatial learning performances, *Animal Behaviour*, en preparation.

Lanthony M., Spinka M., Tallet C. The long lasting power of mothers: Sows fear of human is transmitted to their weaned piglets, persists even after taming and impacts piglets performances in spatial maze tests., *Animal Behaviour*, en preparation

Céline Tallet, Jamie Ahloy-Dallaire, Azzedine Chebahi, Caroline Clouard, Valérie Courboulay, Sébastien Goumon, Mathilde Lanthony, Nicolas Villain, L'éthologie du porc domestique (*Sus scrofa domesticus*), INRAE production animale, en préparation

2. Communication orales avec comité de lecture

Mathilde Lanthony, Maëva Durand, Carole Guerin, Charlotte Gaillard, Céline Tallet. Hiérarchie dans les groupes de truies gestantes : méthodes de calcul, caractéristiques et lien avec les données d'alimentation. 54. *Journées de la recherche porcine*, Ifip; INRAE, Feb 2022, En ligne, France. pp.257-262.

3. Communications écrites affichées

Mathilde Lanthony, Céline Tallet, Apprivoiser les porcelets pour compenser les effets négatifs d'une mauvaise relation humain-animal (RHA) des truies, JAS Phase 2022, Poitiers. Poster

Mathilde Lanthony, Marek Spinka, Céline Tallet, Taming the piglets to compensate the negative effects of their mothers' fear of human, Universities Federation for Animal Welfare conference, juin 2022.

Annexes

Hiérarchie dans les groupes de truies gestantes : méthodes de calcul, caractéristiques et lien avec les données d'alimentation

Mathilde LANTHONY, Maëva DURAND, Carole GUERIN, Charlotte GAILLARD, Céline TALLET

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

mathilde.lanthony@inrae.fr

Hiérarchie dans les groupes de truies gestantes : méthodes de calcul, caractéristiques et lien avec les données d'alimentation

L'objectif de ce projet est d'étudier la hiérarchie au sein de groupes de truies gestantes et son lien avec les données enregistrées par les distributeurs automatiques de concentré (DAC) et des indicateurs zootechniques (poids, parité). Une première analyse a été effectuée sur quatre groupes de 18 (± 1) truies suivies de 71 à 106 jours de gestation, ayant subi une restriction d'accès au DAC à partir de 79 jours afin d'exacerber les comportements agonistiques permettant d'observer l'expression de la hiérarchie. Six heures d'observation hebdomadaires ont permis de calculer les rangs hiérarchiques et des variables sociométriques. Deux méthodes de calcul du rang hiérarchique (par score de David et elo-score) ont été comparées et donnent des classements équivalents ($R = 0,96$, $P < 0,01$). La hiérarchie est stable au sein d'une bande sur une gestation ($Stab = 0,996 \pm 0,001$), assez raide ($Raid = 0,54 \pm 0,09$), c'est-à-dire que deux individus de rangs adjacents diffèrent fortement dans leur capacité à remporter des combats, et quasi-linéaire et transitive ($H' = 0,67 \pm 0,08$, $P_{tri} = 0,97 \pm 0,02$), c'est-à-dire que si un individu A domine un individu B, et B domine C, alors la A domine C. Quatre bandes de 17 (± 2) truies supplémentaires ont été suivies en début et fin de gestation (13-20 et 99-106 jours) pour compléter les données qui montrent que la hiérarchie est fortement corrélée à l'ordre de passage au DAC ($R = 0,687$, $P < 0,01$), anti-corrélée au poids en sortie de gestation ($R = -0,66$, $P < 0,01$), à la parité ($R = -0,75$, $P < 0,01$) et au nombre de visites du DAC ($R = -0,19$, $P < 0,01$). Cependant, aucun lien n'a été établi avec le temps passé dans le DAC.

Hierarchy in groups of pregnant sows: calculation methods, characteristics and relations to feeding data

The aim of this project was to study the hierarchy in groups of pregnant sows and its relation to the data recorded by automatic feeders and animal-production indicators (parity, weight). Initial analysis was performed for four groups of 18 (± 1) sows at the end of gestation (days 71-106) whose access to the feeders was restricted beginning on day 79 to exacerbate agonistic behaviour in order to observe the expression of dominance in the group. Six hours of continuous observations were collected and enabled calculation of scores used to classify the sows by dominance order, as well as several sociometric variables. Two methods for calculating dominance order were compared (elo-score and David's score), and they yielded similar rankings ($R = 0.96$, $P < 0.01$). The hierarchy remained stable within a batch and across one gestation ($Stab = 0.996 \pm 0.001$), quite steep ($Raid = 0.54 \pm 0.09$) (i.e. large absolute differences in overall success in winning dominance encounters between adjacently ranked individuals), and appeared to be transitive and linear ($H' = 0.67 \pm 0.08$, $P_{tri} = 0.97 \pm 0.02$) (i.e. if individual A dominates individual B, and B dominates C, then A dominates C). The data were supplemented with additional data from four batches followed at the beginning and end of gestation (days 13-20 and 99-106). Dominance order was strongly positively correlated with feeder order ($R = 0.69$, $P < 0.01$) and strongly negatively correlated with weight ($R = -0.66$, $P < 0.01$), parity ($R = -0.75$, $P < 0.01$) and the number of visits to feeders ($R = -0.19$, $P < 0.01$). However, no correlation between hierarchy and time spent in the feeder was found.

INTRODUCTION

La plupart des animaux grégaires sont soumis à la mise en place de relations de dominance au sein du groupe (Langbein et Puppe, 2004). Drews (1993) a défini la dominance comme étant une résultante du schéma d'interactions agonistiques répétées entre deux individus, caractérisé par une issue constante en faveur d'un des deux membres de la dyade et par une absence de riposte de son adversaire plutôt que par l'escalade de l'agressivité. La connexion sociale qui en résulte est alors appelée relation de dominance. Dans des conditions stables, les relations de dominance au sein du groupe sont généralement structurées de manière hiérarchique (Boissy, 2012). Par reconnaissance interindividuelle, chaque membre du groupe se situe par rapport aux autres, ce qui dévie les conduites agressives vers des formes bénignes moins préjudiciables aux individus et donc à l'espèce, en permettant la résolution des conflits à moindre coût tout en offrant la priorité d'accès à l'alimentation ou d'autres ressources limitées à certains individus (Boissy, 2012). Toutefois, la compétition pour l'accès à des ressources, notamment à l'alimentation pour les truies gestantes rationnées, peut exacerber les comportements agonistiques et l'expression des relations de dominance, ce qui pourrait être préjudiciable pour les truies de bas rangs (Kranendonk *et al.*, 2007). Ainsi, il peut être utile pour l'éleveur d'avoir accès aux informations relevant de la hiérarchie au sein des groupes d'animaux pour s'assurer de leur état de bien-être.

Il existe plusieurs méthodes permettant de calculer les rangs hiérarchiques dans un groupe, notamment le classement grâce au score de David (David, 1987), basé sur des matrices de dominance construites à un instant T et fixées dans le temps, et le classement grâce au elo-score (Neumann *et al.*, 2011), calculé à partir de la séquence chronologique des interactions agonistiques. Ces deux méthodes permettent le calcul de variables sociométriques intéressantes (ex : stabilité et linéarité) pour décrire les relations de dominance au sein du groupe. Malheureusement, elles nécessitent toutes deux des observations régulières et chronophages. Il paraît donc intéressant d'identifier des indicateurs simples et plus rapides à obtenir pour décrire la hiérarchie d'un groupe. Norring *et al.* (2019) ont par exemple montré une corrélation positive entre le poids vif, et par conséquent la parité, et la capacité d'une truie gestante à remporter des interactions agonistiques. La structure hiérarchique étant liée à la priorité d'accès aux ressources, plusieurs études exploitent l'accès à l'alimentation comme indicateur hiérarchique en considérant par exemple l'ordre d'accès et le temps de détention de la ressource (Kranendonk *et al.*, 2007 ; Parent *et al.*, 2012). Dans un système à distributeur automatique de concentré (DAC) où la truie est protégée une fois entrée dans le distributeur, l'ordre de passage pourrait être un bon indicateur. Cependant, utiliser cet ordre à un instant T pour décrire la structure hiérarchique du groupe nécessite de s'assurer en amont que la hiérarchie est stable, linéaire et raide et que l'ordre de passage au DAC est stable également. Une structure hiérarchique est stable si le rang d'un individu varie peu au cours du temps (Neumann *et al.*, 2011). Une hiérarchie est linéaire si et seulement si pour chaque dyade (A ; B) le résultat est connu, A domine B ou B domine A et si chaque triade est transitive, c'est-à-dire que pour trois individus (A ; B ; C), si A domine B et B domine C alors A domine C (de Vries, 1995). La raideur d'une hiérarchie se réfère quant à elle à la différence de succès global lors des interactions agonistiques entre deux individus de rangs adjacents. Plus des individus de rangs adjacents sont différents dans leur capacité de

dominance globale plus la hiérarchie est raide (De Vries *et al.*, 2006). Peu d'études se sont intéressées à la structure hiérarchique au sein des groupes de truies et aux variables sociométriques en découlant. Toutefois, Puppe *et al.* (2008) ont montré que la hiérarchie au sein des groupes de truies semble être linéaire.

Cette étude vise dans un premier temps à comparer les résultats issus de l'approche par le score de David et par le elo-score pour calculer les rangs hiérarchiques et dans un second temps à analyser les variables sociométriques de stabilité, transitivité, linéarité et de raideur en découlant. Elle vise enfin à identifier des liens entre hiérarchie, données de l'alimentation et variables zootechniques (poids, parité).

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Animaux et logement

L'expérimentation a été menée entre 2019 et 2021 sur un total de huit bandes de 17 (\pm 2) truies en gestation de l'unité Expérimentale Physiologie et Phénotypage des Porcs (UE3P) d'INRAE (35) (doi : 10.15454/1.5573932732039927E12). Elles y étaient logées en groupe, sur aire bétonnée partiellement paillée, dans des salles similaires de 54 m² équipées de deux DACs (Gestal®, JYGA Technologies Inc., Québec, Canada), fournissant une ration quotidienne adaptée à chaque animal, et de deux abreuvoirs à accès libre et illimité.

1.2. Traitement expérimental

1.2.1. Protocole A

Les truies du protocole A, réparties en quatre bandes (BA-A, BA-B, BA-C, BA-D) de 18 (\pm 1) truies, ont été suivies à partir de 71 jours de gestation (s1 à s5). A compter de 79 jours de gestation, soit cinq semaines avant la mise bas prévue, l'accès aux DACs a été restreint temporellement (6h d'ouverture en continu avec ouverture entre 8h et 10h, fermeture entre 14h et 16h) afin de créer une compétition pour l'accès à l'alimentation et exacerber les comportements agonistiques pour permettre d'analyser finement la structure hiérarchique des groupes. En l'absence de restriction d'accès au DAC, les rations étant distribuées à partir de minuit, la plupart des truies s'alimentent durant la nuit. Cette restriction est donc susceptible de perturber fortement les animaux. Le suivi sur 5 semaines nous permettait également de mesurer la stabilité de la hiérarchie. Les salles de gestation étaient équipées de deux caméras numériques (BOSH HIKVISION H+265) reliées à un enregistreur numérique (HIKVISION NVR 4.0).

1.2.2. Protocole B

Les truies du protocole B, réparties en quatre bandes (BB-A, BB-B, BB-C, BB-D) de 17 (\pm 2) truies, ont été suivies pendant la troisième et l'avant dernière semaine de gestation (13-20 et 99-106 jours) en dehors de toute modification de leurs conditions d'élevage (pas de restriction alimentaire). Les salles de gestation étaient équipées de deux caméras Ro-main (RS-CCPOE280IR4-DH).

1.2.3. Relevé des données des DACs

Les données des DACs ont été extraites afin de calculer les variables suivantes pour chaque truie et chaque jour : le nombre de visites (avec ou sans consommation d'aliment) dans le DAC, le temps total quotidien passé dans le DAC, la durée moyenne d'une visite, heure de première visite nutritive afin de calculer l'ordre de passage quotidien (à un des deux DACs

indifféremment). L'ordre de passage moyen sur chaque semaine a également été calculé.

1.2.4. Observation des interactions agonistiques

A partir des captations vidéo, nous avons relevé toutes les interactions agonistiques sur 6 h en continu chaque semaine entre 71 et 106 jours de gestation pour les truies du protocole A, et deux semaines après la mise en groupe ainsi que celle précédant le transfert en maternité pour les truies du protocole B. Les observations ont été réalisées par le même opérateur qui relevait à la fois l'identité des protagonistes grâce à un marquage dorsal et l'issue de leurs interactions (identité des individus gagnant/perdant). Un individu était considéré comme gagnant d'une interaction s'il avait induit un comportement de fuite ou d'évitement de l'adversaire. La figure 1 détaille le déroulement des deux protocoles.

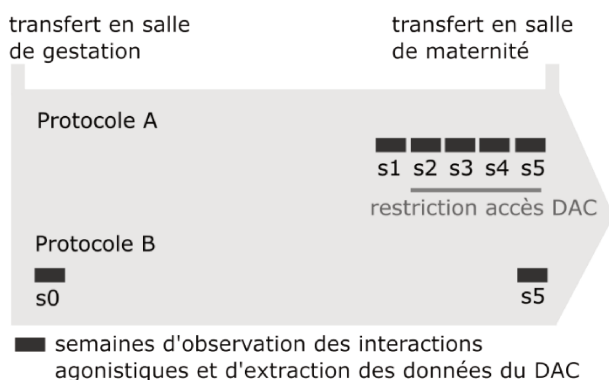


Figure 1 - Chronologie des relevés sur les truies des protocoles A et B s0 = 13 à 20 jours de gestation, s1 à s5 = 71 à 106 jours de gestation

1.2.5. Traitement des données et analyses statistiques

Le rang hiérarchique des animaux du protocole A a été calculé grâce au score de David et au elo-score. Le rang hiérarchique des truies du protocole B a été calculé grâce au elo-score. Le calcul du score de David se fait à partir de matrice de dominance, construite à partir de toutes les interactions (David, 1987). Le calcul du elo-score se fait à partir de la séquence chronologique des interactions agonistiques (Neumann *et al.*, 2011).

La stabilité de la hiérarchie a été calculée sur les 5 semaines d'observations des truies du protocole A en suivant la méthode décrite par Neumann *et al.* (2011) modifiée par McDonald et Shizuka (2013), qui se base sur la valeur absolue des différences de rangs obtenue grâce au elo-score entre deux observations consécutives. L'approche par le score de David quant à elle a permis de calculer les indicateurs de linéarité et de raideur. La linéarité a été testée en utilisant la méthode donnée par de Vries (1995). Cette méthode est basée sur l'indice de linéarité H', construit grâce à l'indice de linéarité de Landau h corrigé des valeurs manquantes. H' est compris entre 0 et 1, plus il est proche de 1, plus la hiérarchie est linéaire.

La raideur a été calculée à partir des données cumulées sur les 5 semaines d'observations selon la méthode décrite par de Vries *et al.* (2006). La raideur réelle est définie comme étant la pente absolue de la droite de régression passant par les scores de David normalisés, représentés en fonction des rangs des individus. Elle est comparée à la raideur obtenue sous l'hypothèse nulle où les résultats des interactions agonistiques dyadiques sont simulés aléatoirement (N = 1000 itérations).

Le traitement des données ainsi que les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R 3.6.2 (R Core Team, 2019). Le calcul des scores et des variables sociométriques a été réalisé grâce au package ELocating (v0.46.11, Neumann, 2020). La première analyse sur la comparaison des scores et la caractérisation de la hiérarchie a été effectuée en utilisant les données du protocole A. Le reste des analyses a été effectué en regroupant les données des protocoles A et B afin d'augmenter la puissance des tests statistiques. Les données étant réparties normalement, la corrélation entre les deux scores hiérarchiques a été testée grâce au test de corrélation de Pearson, tandis que les autres corrélations ont été testées grâce au test non paramétrique de Spearman. Le seuil de significativité des tests est fixé à 0,01.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Hiérarchie et variables sociométriques lors d'un suivi longitudinal (Protocole A)

2.1.1. Corrélation entre score de David et elo-score

Les observations comportementales sur les truies du protocole A ont permis d'accumuler un total de 710 (± 61) interactions par bandes en moyenne. La restriction de l'accès au DAC a eu pour effet d'augmenter le nombre d'interactions agonistiques. En effet, entre la première et la deuxième semaine d'observation, le nombre d'interactions a significativement augmenté en étant multiplié par 3,3 en moyenne ($\pm 2,03$), et jusque par 6,22 pour une des bandes. Le coefficient de corrélation de Pearson entre le score de David et le elo-score est de 0,96, ce qui correspond à une corrélation très forte. Les rangs calculés à partir de ces deux méthodes sont donc similaires. Toutefois, l'analyse effectuée semaine par semaine montre que cette corrélation diminue lorsque les interactions agonistiques sont peu nombreuses, notamment lorsque la hiérarchie est calculée uniquement à partir des données récoltées la première semaine d'observation, et lorsqu'il n'y a pas de restriction d'accès à l'alimentation (Figure 2).

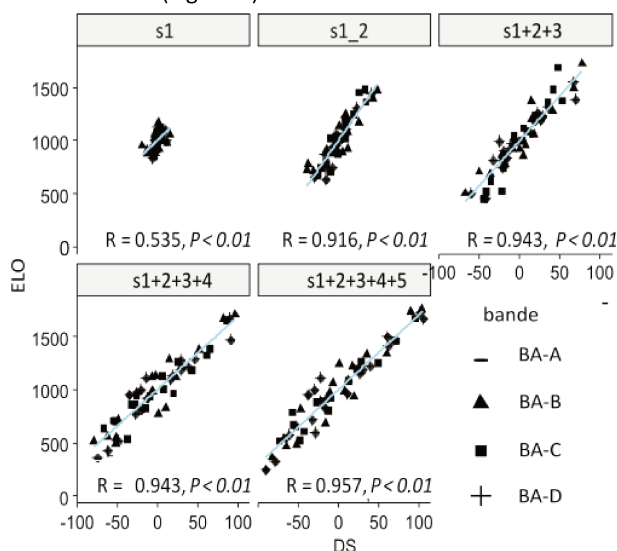


Figure 2 - Corrélation entre elo-score (ELO) et score de David (DS) pour les bandes du protocole A selon les semaines cumulées (R = Coefficient de corrélation de Pearson)

Les rangs calculés à partir du elo-score et du score de David sont donc similaires lorsque la quantité d'information disponible sur les interactions est suffisante. En termes de résultats, les méthodes semblent donc équivalentes. Ceci corrobore les

conclusions de Neumann *et al.* (2011) qui ont noté que l'approche par le elo-score apporte peu d'informations supplémentaires lorsque la matrice d'interactions comporte peu d'informations manquantes et que la hiérarchie est linéaire et stable. C'est ce que nous allons vérifier dans la suite de l'étude.

2.1.2. Variables sociométriques

L'indice de stabilité moyen sur les quatre bandes est de 0,996 ($\pm 0,001$), ce qui correspond à une hiérarchie très stable, puisque l'indicateur varie entre 0 et 1, un score de 1 étant signe d'une hiérarchie complètement stable. Ceci vient corroborer les observations faites par Parent *et al.* (2012), ayant comparé la stabilité des rangs obtenus dans des groupes de truies gestantes grâce à cinq méthodes différentes basées sur l'accès à l'alimentation.

L'indice de Landau amélioré h' calculé sur les quatre bandes du protocole A est en moyenne de 0,70 ($\pm 0,08$), la linéarité étant testée significative pour les quatre bandes ($P < 0,01$). Ce résultat se rapproche du résultat obtenu par Puppe *et al.* (2008) dans 29 groupes de truies avec un indice de Landau $h' = 0,71 \pm 0,03$. Ces résultats attestent d'une hiérarchie quasi-linéaire et sont satisfaisants, puisque très peu de structures hiérarchiques affichent une linéarité forte en considérant un indice de Landau $h' > 0,9$. D'après Neumann *et al.* (2018), ceci n'est pas dû à une transitivité faible, mais à un nombre de relations dyadiques inconnues élevé qui diminuent le h' . Les résultats présents confirment ce postulat puisque le pourcentage de dyades inconnues est en moyenne de 12,8% et atteint 19% pour une des quatre bandes et que la transitivité observée Pt quant à elle est supérieure à la transitivité théorique moyenne $ttri$ obtenue au hasard (Tableau 1). Brouns et Edwards (1994) ont pu décrire une hiérarchie quasi linéaire également chez les truies. Ils ont également montré que tant que le nombre d'interactions agonistiques observées est suffisant, les résultats obtenus en situation artificielle de compétition deux à deux pour de l'alimentation permettant d'explorer le résultat de chaque dyade sont similaires à ceux obtenus grâce à des observations

de routine dans le groupe comme celles que nous avons entreprises. Ainsi, les éventuelles interactions dyadiques manquantes ne remettent pas en cause nos observations.

L'indice de raideur calculé quant à lui est supérieur à l'indice de raideur théorique pour les quatre bandes étudiées (Tableau 1). La visualisation du graphique représentant les scores de David normalisés en fonction du rang des individus montre que la hiérarchie semble raide pour des truies de rangs extrêmes et moins raide pour des truies de rangs intermédiaires. Ceci suggère que l'intensité des relations de dominance est plus forte pour les truies de rangs extrêmes (Figure 3). La hiérarchie au sein des groupes est donc stable, raide et linéaire. Cependant, en l'absence de facteur induisant une compétition interindividuelle, les interactions agonistiques, et donc l'expression de la hiérarchie, sont en nombre limité.

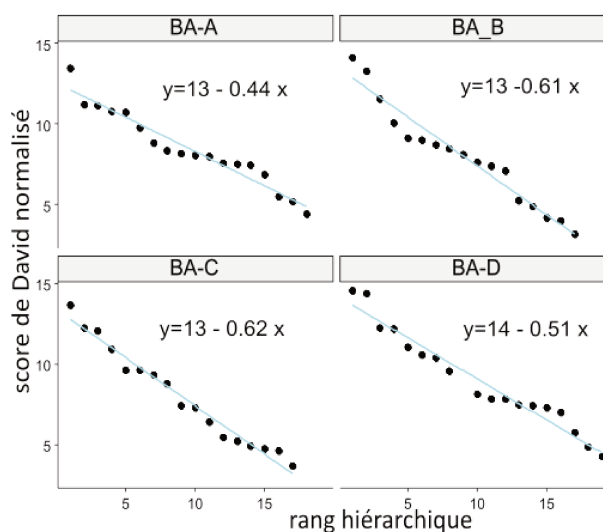


Figure 3 - Score de David normalisé en fonction du rang des individus par bande. La pente de la droite de régression correspond à la raideur de la hiérarchie.

Tableau 1 - Récapitulatif des variables sociométriques relevées sur les truies du protocole A

Bande	N ¹	Stab ²	Dyades	Nint ³	Inconnues	%inconnues	h' ⁴	Pt ⁵	Ttri ⁶	Raid ⁷	Raid ⁸
BA-A	18	0,994	153	481	30	19	0,620	0,961	0,843	0,441	0,163
BA-B	17	0,996	136	835	6	4	0,740	0,945	0,781	0,608	0,205
BA-C	17	0,998	136	767	14	10	0,784	0,996	0,983	0,621	0,195
BA-D	19	0,996	171	796	30	18	0,636	0,966	0,863	0,508	0,163

¹Nombre d'individus. ²Indice de stabilité. ³Nombre d'interactions. ⁴Indice de Landau amélioré. ⁵Proportion réelle de relations transitives. ⁶Proportion de relations transitives obtenues sous l'hypothèse nulle. ⁷Indice de raideur réelle ⁸Indice de raideur attendu sous l'hypothèse nulle.

2.1.3. Etude de la stabilité de l'ordre de passage au DAC

L'ordre moyen au DAC a pu être calculé pour chaque semaine et chaque individu. L'écart-type de l'ordre de passage hebdomadaire moyen a également été calculé : il s'élève en moyenne à 2,35. Pour évaluer plus en détail la stabilité de l'ordre de passage, la différence en valeur absolue d'ordre de passage entre deux semaines consécutives a été calculée. Elle s'élève en moyenne à 1,375 ($\pm 0,96$). Cela signifie que d'une semaine à l'autre une truie est fortement susceptible de gagner ou perdre un peu plus d'un rang de passage au DAC. Un exemple d'évolution hebdomadaire de l'ordre aux DAC est représenté sur la figure 4 pour une des bandes du protocole A.

Sur l'ensemble des données issues du protocole A, on constate que certains individus ont vu leur ordre de passage se modifier drastiquement entre la semaine 1 et la semaine 2, après la mise en place de la restriction (six individus avec Δ rang > 5 entre les 2 premières semaines sur 71 individus au total). Ceci est notamment visible pour l'individu représenté en gras sur la figure 4 avec Δ rang = 16. Cet individu passe de premier à dernier. Cela peut s'expliquer par le fait que l'application de la restriction d'accès au DAC, apportant une modification du cycle alimentaire des animaux, a pu perturber davantage certains individus que d'autres, notamment si ces derniers avaient pris l'habitude de s'alimenter la nuit, certains individus étant plus fortement sensibles aux variations environnementales (Bolhuis *et al.*, 2004).

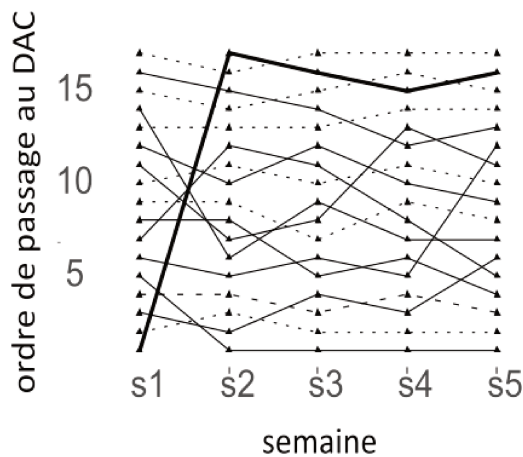


Figure 4 - Exemples d'évolution de l'ordre au DAC en fonction des semaines pour la bande BA-C du protocole A

Chaque courbe représente un individu. L'individu représenté en gras est celui donc le Δ rang entre s1 et s2 est maximal. Les individus représentés en pointillés sont ceux dont l'ordre varie très peu au cours des semaines

2.2. Hiérarchie et données issues des DAC (protocoles A et B)

2.2.1. Corrélation entre ordre hiérarchique et ordre au DAC

Les observations menées sur les truies du protocole B ont permis de collecter des informations sur un total de 154 (± 60) interactions. Ces interactions ont permis de classer la totalité des truies des quatre bandes en utilisant la méthode du elscore. Les données des deux protocoles ont été regroupées pour analyser la corrélation entre l'ordre au DAC et la hiérarchie de manière globale. La corrélation entre la hiérarchie et l'ordre au DAC hebdomadaire moyen, calculée à partir de la totalité des données, a été testée significative grâce à un test de corrélation de Spearman ($R = 0,687, P < 0,01$).

L'étude détaillée par bande et par semaine montre que cette corrélation est variable en fonction des bandes et du temps ($0,404 < R < 0,858$). Pour deux bandes du protocole B, en semaine 5, la corrélation est faible et non significative ($R_{\max} = 0,464, P > 0,08$). Ceci peut être expliqué par l'absence de compétition pour l'accès au DAC en l'absence de restriction et le faible nombre d'interactions, rendant moins fiable la classification hiérarchique. La faible corrélation entre ordre au DAC et hiérarchie de la bande BA-C en s1 ($R = 0,404, P = 0,11$) peut être expliquée par le comportement de l'individu passant premier avant restriction et dernier ensuite, en gras sur la figure 4, a priori dominé. Cela peut s'expliquer par le fait qu'en l'absence de facteur induisant une compétition pour l'accès à la ressource, la hiérarchie ne s'exprime pas ou peu pour accéder au DAC. Des individus plutôt dominés peuvent donc se trouver lésés lorsque l'on induit un facteur de compétition.

Dans des groupes à effectifs restreints comme ceux dont nous disposons, les variations de comportement individuelles ont un impact fort sur la dynamique du groupe. Toutefois, en considérant les corrélations globales, il paraît que l'ordre au DAC peut être utile pour catégoriser les truies, dominantes ou dominées, même s'il ne permet pas de prédire le rang hiérarchique exact.

2.2.2. Lien avec les autres données du DAC

Le rang hiérarchique n'est pas corrélé à la durée moyenne des visites ni au temps total quotidien d'occupation du DAC (respectivement $R = 0,097$ et $P = 0,845$ et $R = 0,84, P = 0,948$). En revanche, le rang hiérarchique est corrélé au nombre de visites quotidiennes du DAC ($R = -0,187, P < 0,01$), les truies dominantes ayant une légère tendance à visiter le DAC un plus grand nombre de fois. Cette observation ne corrobore pas les observations de Chapinal *et al.* (2008), qui ont étudié l'utilisation d'un DAC non protégé, et ont décrit une corrélation significative entre un index de dominance (variant dans le sens inverse de nos rangs hiérarchiques) et la durée d'occupation quotidienne ($R = 0,29, P < 0,01$) et la durée moyenne des visites ($R = 0,56, P < 0,01$) mais pas le nombre de visites du DAC ($R = 0,09$). Dans le cas présent, le fait que seul le nombre de visites soit impacté est en cohérence avec les caractéristiques du dispositif, les truies étant protégées une fois à l'intérieur du DAC. L'expression de la hiérarchie se fait donc pour l'accès à la ressource mais pas son temps de détention.

2.3. Lien entre la hiérarchie, la parité et le poids (données des protocoles A et B)

La place dans la hiérarchie est fortement et négativement corrélée à la parité ($R = -0,7, P < 0,01$) et au poids en sortie de gestation ($R = -0,7, P < 0,01$) et cela pour toutes les bandes étudiées (Figures 5). La corrélation entre hiérarchie et parité corrobore les observations de Kranendonk *et al.* (2007), qui ont trouvé un lien entre la catégorie de la truie (dominée ou dominante) et la parité en comparant la parité moyenne de groupes de truies dominantes et dominées ($X^2 = 23,4, P < 0,01$). Les truies plus vieilles et plus massives sont dominantes.

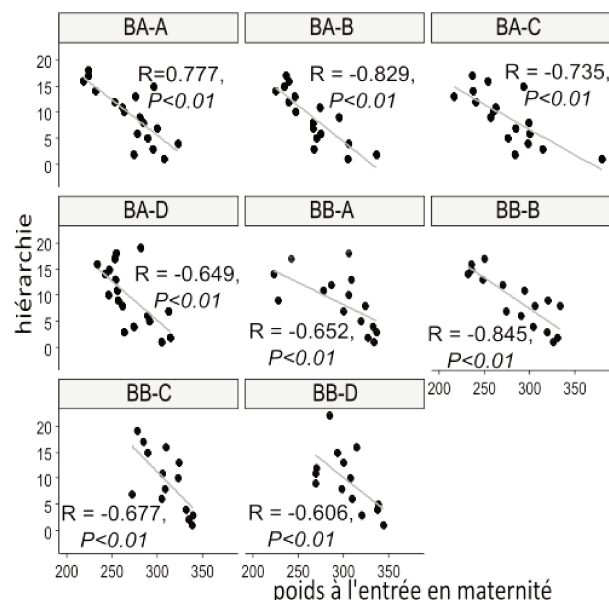


Figure 5a - Corrélations entre rang hiérarchique et poids à l'entrée en maternité pour les huit bandes étudiées

R = corrélation de Spearman

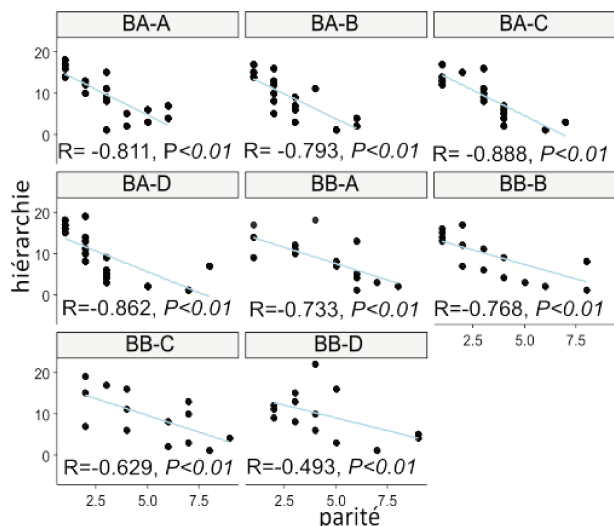


Figure 5b - Corrélation entre rang hiérarchique et parité pour les huit bandes étudiées

R = corrélation de Spearman

CONCLUSION

L'étude a permis de montrer que les deux méthodes de calcul de la hiérarchie, basées sur le elo-score ou sur le score de David, étaient équivalentes dans les résultats de classements obtenus. Le calcul des indicateurs sociométriques a permis de démontrer que la hiérarchie au sein des groupes de truies étudiées est stable, plutôt raide et quasi linéaire. Dans notre système à DAC protégé, le rang hiérarchique influe sur l'ordre de passage au DAC et sur le nombre de visites quotidiennes sans toutefois influencer sur la durée des visites et le temps total quotidien d'occupation du DAC, et donc la capacité des animaux à terminer leur ration. Il paraît également que le rang hiérarchique est fortement anti-corrélé à la parité et au poids des truies, les truies plus vieilles et plus massives étant plus dominantes. Il peut donc être utile pour l'éleveur de surveiller les fluctuations de l'ordre de passage au DAC ou des incohérences avec le poids ou la parité pour détecter d'éventuels problèmes individuels au sein du groupe.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les animaliers de l'UE3P pour leur investissement ainsi que Margot Danglot pour sa participation à la collecte et l'analyse des données.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Boissy A., 2012. Recherche en éthologie appliquée aux animaux de ferme: Concilier bien-être animal et production. Bull. Acad. Vet. Fr., 165, 137-148.
- Bolhuis J.E., Schouten W.G.P., Leeuw J.A. De, Schrama J.W., Wiegant V.M., 2004. Individual coping characteristics , rearing conditions and behavioural flexibility in pigs. , Behav. Brain. Res, 152, 351-360.
- Brouns F., Edwards S.A., 1994. Social rank and feeding behaviour of group-housed sows fed competitively or ad libitum. Appl. Anim. Behav. Sci., 39, 225-235.
- Chapinal N., Ruiz-de-la-Torre J.L., Cerisuelo A., Baucells M.D., Gasa J., Manteca X., 2008. Feeder use patterns in group-housed pregnant sows fed with an unprotected electronic sow feeder (Fitmix). J. Appl. Anim. Welf. Sci., 11, 319-336.
- David H.A., 1987. Ranking from unbalanced paired-comparison data. Biometrika, 74, 432-436.
- Drews C., 1993. The concept and definition of dominance in animal behaviour. Behav. 125, 53, 284-311.
- Kranendonk G., Van Der Mheen H., Fillerup M., Hopster H., 2007. Social rank of pregnant sows affects their body weight gain and behavior and performance of the offspring. J. Anim. Sci., 85, 420-429.
- Langbein J., Puppe B., 2004. Analysing dominance relationships by sociometric methods - A plea for a more standardised and precise approach in farm animals. Appl. Anim. Behav. Sci., 87, 293-315.
- McDonald D.B., Shizuka D., 2013. Comparative transitive and temporal orderliness in dominance networks. Behav. Ecol., 24, 511-520.
- Neumann C., Duboscq J., Dubuc C., Ginting A., Irwan A.M., Agil Muhammad., Widdig A., Engelhardt A., 2011. Assessing dominance hierarchies: Validation and advantages of progressive evaluation with Elo-rating. Anim. Behav., 82, 911-921.
- Neumann C., McDonald D.B., Shizuka D., 2018. Dominance ranks, dominance ratings and linear hierarchies: a critique. Anim. Behav., 144, 1-16.
- Neumann C., Kulik L., 2020, EloRating: Animal Dominance Hierarchies by Elo Rating, R package version 0.46.11.
- Norring M., Valros A., Bergman P., Marchant-Forde J.N., Heinonen M., 2019. Body condition, live weight and success in agonistic encounters in mixed parity groups of sows during gestation. Animal, 13, 392-398.
- Parent J.P., Meunier-Salaün M.C., Vasseur E., Bergeron R., 2012. Stability of social hierarchy in growing female pigs and pregnant sows. Appl. Anim. Behav. Sci., 142, 1-10.
- Puppe B., Langbein J., Bauer J., Hoy S., 2008. A comparative view on social hierarchy formation at different stages of pig production using sociometric measures. Livest. Sci. , 113, 155-162.
- R Core Team, 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- De Vries H., Stevens J. M. G., Vervaecke H., 2006. Measuring and testing the steepness of dominance hierarchies. , 71, 585-592.
- De Vries H., 1995. An improved test of linearity in dominance hierarchies containing unknown or tied relationships. Anim. Behav., 50, 1375-1389.

Apprivoiser les porcelets pour compenser les effets négatifs d'une mauvaise relation humain-animal (RHA) des truies

Mathilde Lanthony^{1,2}, Céline Tallet²

1. AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 75005 Paris, France

2. PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France

CONTEXTE

Des porcelets allaitants nés de truies dociles acceptent davantage le contact de l'humain.

Des interactions positives répétées rendent l'humain plus attractif pour les porcelets et réduisent leur anxiété.

Persistance après le sevrage, effets croisés ?

METHODE

24 truies réparties en 3 groupes de 18 (+/-1) individus

Test de réaction à l'approche de l'humain

2 catégories :

- **Docile** (n=13, acceptent le contact)
- **Farouche** (n=11, n'acceptent pas le contact)

96 porcelets (44 de truies farouches / 52 de truies dociles) sevrés à 28 jours

1) Test d'approche volontaire de l'humain (HVAT) (32-33j)
Le comportement du porcelet isolé avec l'humain dans une salle inconnue est analysé



2) Apprivoisement de la moitié d'entre eux : 3 sessions de 5 minutes par jour durant 7 jours, avec interactions tactiles positives

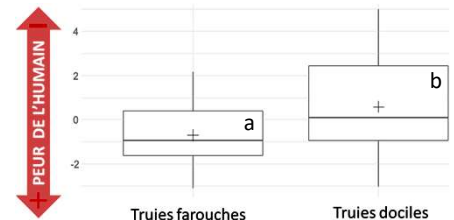
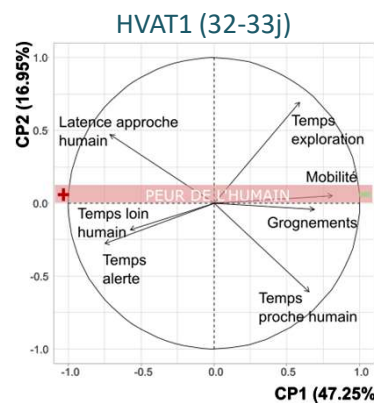
3) Test d'approche volontaire de l'humain (HVAT) (46-47j)

RESULTATS / DISCUSSION

-> Les comportements des porcelets durant les deux HVAT ont été analysés grâce à des Analyses en Composantes Principales (ACP)

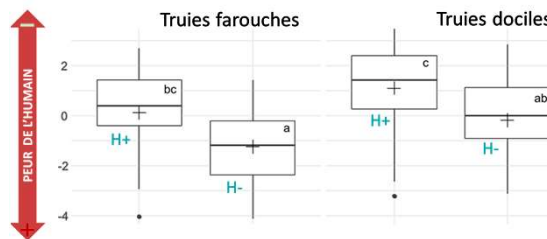
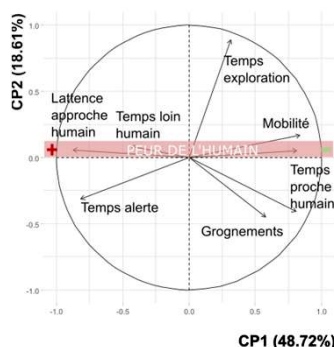
Les coordonnées sur les Composantes principales (PC) ont été interprétées comme des scores comportementaux. Pour les deux HVAT, la CP1 peut être interprétée comme un score de peur de l'humain

Les effets de la catégorie de la truie (**Docile/Farouche**) et/ou de l'apprivoisement (**H+/H-**) ont été testés grâce à des modèles mixtes



-> La peur de l'humain se transmet de la truie aux porcelets, les effets sont visibles au sevrage ($\chi^2 = 8,23, P=0,0041$)

HVAT2 (46-47j)



Pas d'effets d'interactions ($\chi^2 = 0,009, P=0,92$)
Effets de la catégorie de la truie ($\chi^2 = 8,33, P=0,0039$)
Effets de l'apprivoisement ($\chi^2 = 14,88, P=0,0001$)

Les effets d'une mauvaise RHA des truies sur la RHA des porcelets perdurent même après le sevrage. Les porcelets issus de mère farouche et apprivoisés (H+) ne sont pas statistiquement différents des porcelets issus de mère dociles et non apprivoisés (H-) :

-> L'apprivoisement compense les effets négatifs d'une mauvaise RHA des mères.

CONCLUSION

La relation de la truie à l'humain impacte celle de ses porcelets même après le sevrage et les effets perdurent dans le temps. Un apprivoisement peut compenser les effets négatifs d'une mauvaise RHA des truies mais les meilleurs résultats sur la RHA sont obtenus avec des porcelets issus de mère dociles ET apprivoisés.

Mathilde Lanthony^{1,2}, Céline Tallet²

1. AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 75005 Paris, France

2. PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France

Taming the piglets to compensate the negative effects of their mothers' fear of human

CONTEXT

Suckling piglets born from docile sows better accept human contact

Repeated positive interactions raise Piglets attract for human

Post weaning and crossed effects?

METHODS

24 sows divided into 3 groups of 18 (+/-1) individuals

Human approach test at weaning

2 categories :

- Docile (n=13, accept human contact)
- Farouche (n=11, refuse contact)

96 piglets (44 from shy sows / 52 from docile sows) weaned at 28 days

1) Human voluntary approach test (HVAT) (32-33 days)
Piglet's behaviour in situation of isolation in human presence is recorded



2) Taming of half of the piglets:
3 x 5 minutes per day during 7 days, positive interactions

3) Human voluntary approach test (HVAT) (46-47 days)

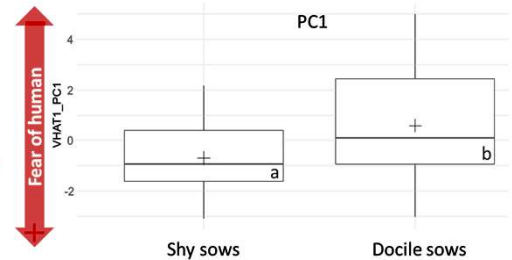
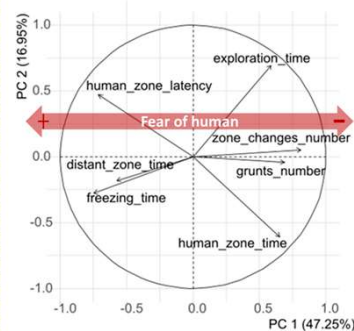
RESULTATS / DISCUSSION

-> Piglets behaviour during both HVAT have been analyzed through Principal Component Analysis (PCA)

Principal Components (PC) coordinates have been interpreted as behavioural scores. For both HVAT, CP1 can be interpreted as a score of fear of human.

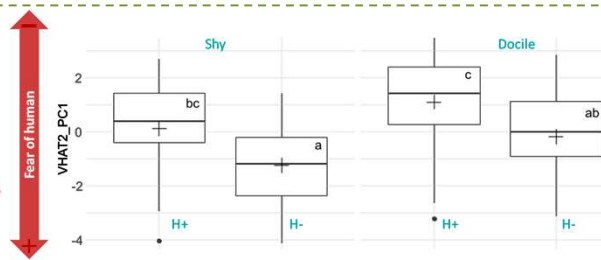
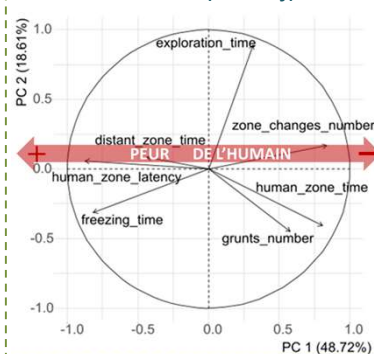
Sow category effects (Docile/Shy) and/or taming effects (H+/H-) <

HVAT1 (32-33 days)



-> Fear of human is transmitted from the sows to their piglets ($\chi = 8,23$, $P=0,0041$)

HVAT2 (46-47j)



No interaction effect ($\chi = 0,009$, $P=0,92$)
Effect of sow category ($\chi = 8,33$, $P=0,0039$)
Effect of taming ($\chi = 14,88$, $P=0,0001$)

The effects of sows negative HAR on their piglets HAR are visible even after weaning

Piglets born from shy sows and tamed (H+) are not statistically different from piglets born from docile sows and not tamed (H-) :

-> Taming can compensate the negative effects of sows bad HAR

CONCLUSION

Sows' HAR impact their piglets' HAR and the effects last after weaning

Taming can compensate the negative effects of sows bad HAR but the better results on piglets Har are obtained with both a good HAR of their mother and taming

Titre : Impact de traits de personnalité des truies gestantes sur le comportement des porcelets : exemple de la réaction à l'humain et de l'agressivité en contexte de stress social. Etude des interactions avec le renforcement positif de la relation humain-animal des porcelets.

Mots clés : Porc, personnalité, transmission, agressivité, relation humain-animal

Résumé :

Les regroupements avec des congénères et les interactions avec l'humain sont deux sources de stress majeures pour les truies gestantes. Elles y répondent de manière variable. Cette variabilité de réponse, si elle est stable, permet d'aborder le concept de personnalité. Réaction au stress et personnalité pourraient avoir un impact sur la descendance. Si l'expérience prénatale peut impacter le comportement des jeunes, il en est de même pour des expériences précoces positives avec l'humain. L'interaction entre expérience pré- et péri-natale reste peu connue chez les porcs.

Cette thèse a donc visé dans un premier temps à étudier l'existence d'une variabilité et d'une stabilité de réponse à un facteur de stress social chez les truies et les répercussions sur le stress induit. Le statut social étant susceptible de moduler l'impact de ce stress, nous avons au préalable caractérisé la structure hiérarchique de nos groupes. Puisque l'agressivité semblait être une variable pertinente pour qualifier la variabilité de réponse à un challenge social, nous avons étudié son impact sur le comportement des porcelets. Enfin, nous avons étudié les effets de la réaction à l'humain des truies et ses interactions avec un renforcement positif de la relation humain-animal sur le comportement de leurs porcelets.

Nous avons montré que la hiérarchie des groupes de truies est linéaire, raide et stable ce qui a eu pour conséquences de limiter l'impact du stress social. Les truies les plus agressives étaient aussi les plus dominantes et les moins blessées, mais aucun effet de l'agressivité des truies sur leur niveau de stress ou le comportement de leurs porcelets n'a été trouvé. En revanche, la réaction à l'humain des truies, sans moduler leur stress, a impacté le comportement de leurs porcelets. Les porcelets de mères farouches ont eu des réponses comportementales à différents tests qui peuvent être interprétées directement ou indirectement comme étant en lien avec la peur de l'humain. Bien que le renforcement positif ait amélioré la relation humain-animal des porcelets, il n'a pas effacé les effets maternels. Les porcelets nés de mères farouches ont également eu des performances moindres dans un test de mémorisation spatiale, que l'on peut attribuer à un état anxieux général.

Cette étude soulève dans un premier temps l'intérêt de la conduite des truies gestantes en groupe stable pour limiter les effets d'un éventuel stress social, par résolution des conflits grâce à la hiérarchie. Aussi, elle soulève l'importance de la relation humain-animal dans les élevages de truies gestantes, non seulement pour leur propre bien-être mais également celui de leurs porcelets.

Title : Prenatal effects of personality traits : Example of the aggressiveness and human-animal relation. Investigation of the interactions with early positive human handling

Keywords : Pig, personality, prenatal transmission, human animal relation

Abstract : Mixing with conspecifics and interactions with humans are two of the major stress sources for pregnant sows. They may respond to it in different ways. This variability of response, if it is time stable, draws the concept of animal personality. Stress response and personality could have an impact on the offspring behaviour, as well as early positive experiences with human.

This study thus first focused on the investigation of the individual response variability and stability to a social stressor, and its impact on the stress response. Social status can modulate the stressor impact ; we thus previously investigated the characteristics of the hierarchy inside our groups. Since the aggressiveness seemed to be a valuable indicator of the social stress response variability, we investigated its impact on piglets' behaviour. Finally, we studied the effects of sows' reaction to humans and their interactions with early positive human handling on piglets' behaviour.

We demonstrated that the hierarchy inside groups of sows is linear, steep and stable, which limited the impact of the social stress. The most aggressive sows were also the most dominant and least injured, but no effects of sows aggressiveness were described on their stress levels, neither on their piglets' behaviour. Piglets born from fearful sows showed behavioural responses in various tests that could be directly or indirectly attributed to the fear of human. Positive experiences with humans improved human-piglets relation but didn't erase the maternal effects. Piglets born from fearful sows had lower performances in a spatial memory task that could be attributed to a general anxious state.

This study raises the importance of the breeding of sows in stable groups to lower the impact of a possible social stress thanks to the hierarchy. It also points out the importance of a good human-animal relation in sow breedings, not only for their own welfare but also for their piglets'