



**HAL**  
open science

## Evaluation des impacts de la chaleur sur le taux de réussite à la saillie chez la truie

David Renaudeau, Benjamin Denece, Pierre Corre, Sylviane Boulot, Brigitte Badouard, Jean-Yves Dourmad

► **To cite this version:**

David Renaudeau, Benjamin Denece, Pierre Corre, Sylviane Boulot, Brigitte Badouard, et al.. Evaluation des impacts de la chaleur sur le taux de réussite à la saillie chez la truie. 54. Journées de la recherche porcine (JRP), Ifip; Inrae, Feb 2022, En ligne, France. pp.263-268. hal-03627875

**HAL Id: hal-03627875**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03627875v1>**

Submitted on 24 Nov 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.

# Evaluation des impacts de la chaleur sur le taux de réussite à la saillie chez la truie

David RENAUDEAU (1), Benjamin DENECE (1), Pierre CORRE (1), Sylviane BOULOT (2), Brigitte BADOUARD (2),  
Jean-Yves DOURMAD (1)

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

(2) IFIP - Institut du porc, BP 35104, 35651 Le Rheu Cedex, France

[david.renaudeau@inrae.fr](mailto:david.renaudeau@inrae.fr)

## Evaluation des impacts de la chaleur sur le taux réussite à la saillie chez la truie

Les variations saisonnières de l'environnement climatique sont connues pour influencer négativement les performances de reproduction de la truie. Les objectifs de ce travail sont de caractériser, sur la base de données d'élevages commerciaux, les effets des variations saisonnières sur le taux de réussite à la saillie ( $T_{x_{\text{saillie}}}$ ) et de produire des équations reliant la température à la fertilité des truies. Les données utilisées ont été extraites de la base de données GTTT. Cette extraction contenait 2 788 028 enregistrements de saillie provenant de 780 élevages en France et 131 élevages à la Réunion entre 2002 et 2012. Les données climatiques provenaient des stations publiques de Météo France localisées à moins de 10 km des élevages. Nos résultats confirment la variation saisonnière du  $T_{x_{\text{saillie}}}$  avec des réductions de 2,2 et 3,5% en période estivale, respectivement en métropole et à la Réunion. Cette infertilité saisonnière est particulièrement marquée chez les truies primipares. La période critique du cycle pour laquelle les effets de la température sur le  $T_{x_{\text{saillie}}}$  sont les plus importants a été identifiée entre le 30<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> jour et entre le 5<sup>ème</sup> au 20<sup>ème</sup> jour avant la première saillie, respectivement pour les cochettes et les truies. Des régressions binomiales ont été utilisées pour relier la réussite à la saillie à la température moyenne enregistrée pendant la période critique. Entre 10 et 30°C, le risque d'échec à la saillie augmente en moyenne de 4,2, 8,4 et 4,9%, respectivement pour les cochettes, les truies primipares et multipares. La précision des estimations du risque d'échec à la saillie est faible pour les cochettes et les truies primipares. Chez ces animaux, le caractère multifactoriel de l'infertilité saisonnière rend difficile la prédiction fiable du  $T_{x_{\text{saillie}}}$  à partir de la température. Chez les truies multipares, l'amélioration de la capacité prédictive des équations rend possible leur utilisation en modélisation.

## Evaluation of the impact of heat stress on the farrowing rate of sows

Seasonal variations in the climatic environment are known to decrease the reproductive performance of sows. The objectives of this study were to evaluate effects of seasonal variations on farrowing rate (FR) measured from commercial farm data and to produce equations to predict FR from outdoor temperature. The data used were extracted from the Technical Management of Sow Herds database (GTTT). This extraction contained 2,788,028 records (from 2002-2012) from 780 and 131 farms in France La Réunion Island, respectively. Climatic data were obtained from public weather stations of Météo France located within a 10 km radius from each farm. Our results confirmed seasonal variation in the FR, which was 2.2% and 3.5% lower in summer in France and La Reunion Island, respectively. This seasonal infertility was particularly high in primiparous sows. FR was influenced by high temperatures that occurred during a critical period of reproductive cycles identified from 3-30 and 5-20 days before the first mating of gilts and weaned sows, respectively. Binomial regressions were used to predict FR from the mean temperature measured during the critical period. Between 10 and 30°C, the risk of infertility increased by a mean of 4.2%, 8.4% and 4.9% for gilts, primiparous sows and multiparous sows respectively. The accuracy of predictions of risk of infertility was low for gilts and primiparous sows. For these animals, seasonal infertility is a multifactorial syndrome, which could explain the difficulty in accurately predicting FR from outdoor temperature only. For multiparous sows, the improved accuracy of the prediction equation allows it to be used it in a modeling approach.

## INTRODUCTION

Parmi les nombreux facteurs environnementaux influençant les performances techniques d'un élevage de porc, les paramètres climatiques sont souvent décrits comme étant les plus importants à prendre en compte dans plusieurs grands bassins de production porcine mondiaux (Brésil, Midwest, Europe du Sud et Asie du Sud-Ouest). Pour les stades physiologiques bénéficiant d'une alimentation libérale, une augmentation de la température ambiante au-delà de la limite supérieure de la zone de confort thermique induit une réduction de l'appétit avec des conséquences négatives à court terme sur les performances de croissance et de reproduction des animaux (Mayorga *et al.*, 2019). Des travaux récents montrent qu'une exposition précoce pendant la phase fœtale à une température élevée a des effets à long terme sur l'expression du potentiel de croissance, la santé et le comportement des porcs (Serviento *et al.*, 2020). Ces travaux confirment qu'au-delà des effets liés à la restriction alimentaire la chaleur a aussi des effets directs à court et à long terme sur les performances des animaux.

Les truies reproductrices sont particulièrement sensibles à la chaleur. Au-delà de 22°C, la diminution de l'ingestion des truies en lactation provoque une diminution de leur production laitière et de la croissance de leur portée mais également un accroissement de leur déficit énergétique (Dourmad *et al.*, 2015). Ce déficit se traduit par une perte d'état corporel qui selon son ampleur et l'âge de la truie peut avoir des conséquences sur les performances de reproduction ultérieure (retards ou défauts d'expression des œstrus, échecs à la saillie..., Prunier *et al.*, 1996). Les échecs de gestation ont des conséquences importantes sur le fonctionnement d'un élevage en augmentant le nombre de jours improductifs et en réduisant la productivité numérique du troupeau de truies et par conséquent le revenu de l'éleveur.

Avec le réchauffement climatique, les problèmes liés aux fortes températures vont probablement s'accroître dans le futur. L'évaluation des impacts du changement climatique est donc un enjeu important pour évaluer le degré de vulnérabilité de la filière porcine et proposer des stratégies d'adaptation efficaces et acceptées par les éleveurs. Dans ce contexte, la modélisation des effets de la chaleur doit s'appuyer sur l'utilisation d'équations empiriques ou mécanistes qui relient la variation de la température à une variation des performances. Pour le porc en croissance et la truie en lactation, ces équations existent et ont déjà été intégrées ou le seront prochainement dans des modèles simulant les réponses des bâtiments et des animaux face aux perturbations climatiques (Quiniou *et al.*, 2021). Si les effets de la chaleur sur les performances de reproduction sont bien décrits dans la littérature, les équations reliant la température avec la fertilité des truies restent peu nombreuses (Iida *et al.*, 2021).

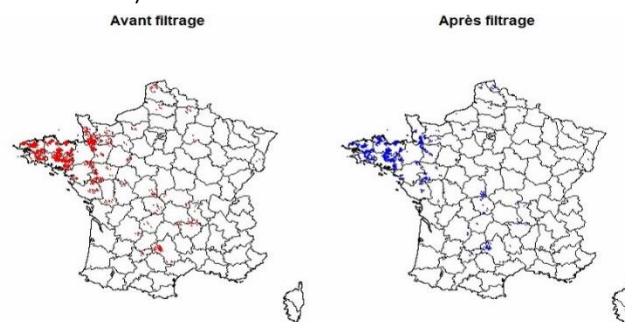
Les objectifs de ce travail sont de caractériser, sur la base de données d'élevages, les effets des variations saisonnières sur le taux de réussite à la saillie et de tenter de produire des équations reliant la température à la fertilité des truies.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. Description des bases de données

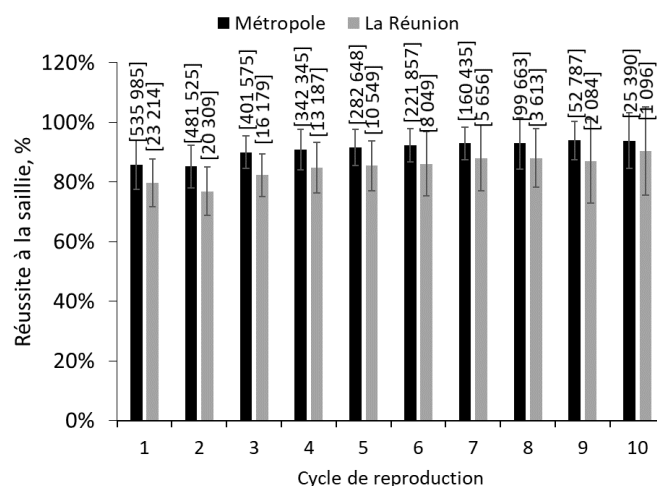
Les données concernant les caractéristiques et les performances de reproduction individuelles des truies ont été extraites de la base de données de la Gestion Technique du Troupeau de Truie (GTTT) collectées dans les élevages en France métropolitaine et à la Réunion sur une période de 10 ans (2002-

2012). Dans notre étude, nous avons choisi de travailler sur le taux de réussite à la saillie ( $Tx_{\text{saillie}}$ ) qui à la base est une donnée binaire (1 = mise bas ou 0 = absence de mise bas) pour chaque truie et chaque cycle. Seuls les élevages localisés à moins de 10 km d'une station météorologique du réseau de Météo France ont été retenus. Nous avons donc finalement travaillé sur les performances obtenues sur un ensemble de 780 élevages en métropole et 131 élevages à la Réunion. La figure 1 montre que, du point de vue de la localisation géographique, la population sélectionnée des élevages métropolitains est représentative de la population métropolitaine des élevages de porcs. Au total, la base de données initiale comportait 2 788 028 enregistrements de saillies. Nous avons supprimé les enregistrements quand l'âge à la première saillie était inférieur à 150 jours (21 476 observations) ou supérieur à 460 jours (37 130 observations). Enfin, nous n'avons pas considéré les données obtenues après le 10<sup>ème</sup> cycle de reproduction (21 276 observations).



**Figure 1** - Localisation des élevages avant et après filtrage pour une distance maximale de 10 km avec une station publique de Météo France

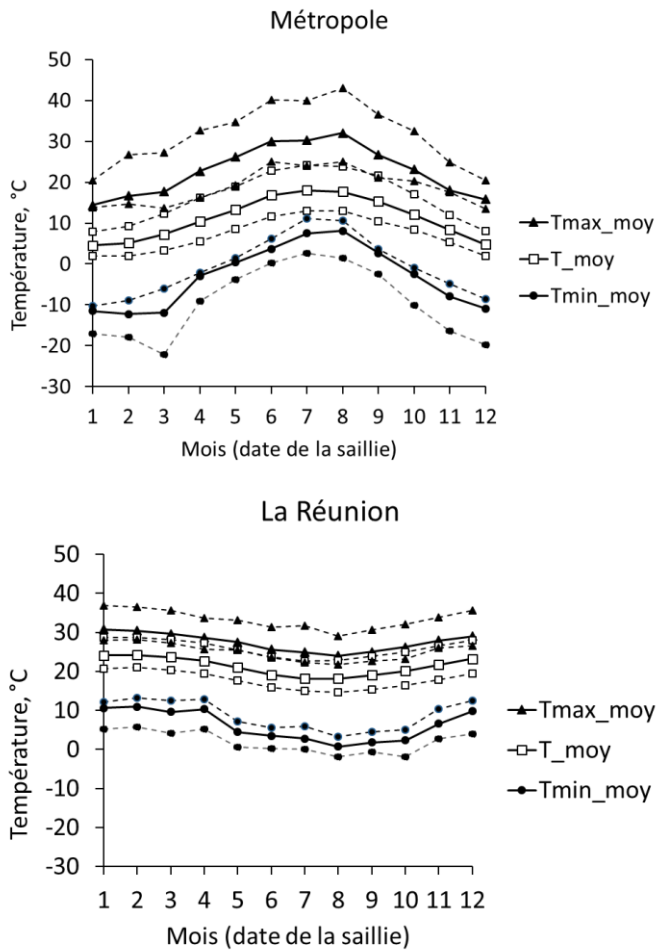
Finalement, la base de données utilisée pour effectuer nos analyses comportait 2 708 146 enregistrements de saillies. La figure 2 montre le taux moyen de la réussite à la saillie selon le numéro du cycle et la localisation géographique de l'élevage. Pour éviter d'avoir des déséquilibres importants en termes de nombre d'observations par cycle, les données des cycles supérieurs à 6 ont été regroupées dans une même classe (7+). Par ailleurs, les données des cochettes et des truies sevrées ont été analysées séparément.



**Figure 2** - Taux de réussite à la saillie moyen ( $\pm$  écart type) selon le cycle de reproduction et la localisation des élevages (Métropole vs La Réunion). La valeur entre crochets indique le nombre de saillies concernées.

Dans la base de données finale, la distance moyenne entre les élevages et la station météorologique la plus proche était de 5,6 ( $\pm 2,6$ ) km. Les variations des températures mensuelles entre

2002 et 2012 pour la métropole et la Réunion sont présentées dans la figure 3. Après des analyses préliminaires et en accord avec des travaux précédents (Sasaki *et al.*, 2018 ; Iida *et al.*, 2021), nous avons choisi d'utiliser la température maximale journalière ( $T_{max}$ ) comme indicateur thermique dans nos analyses.



**Figure 3** – Variations des températures mensuelles ( $T$ )<sup>1</sup> en métropole et la Réunion pendant la période d'étude

<sup>1</sup> $T_{moy}$  : moyenne des  $T$  moyennes journalières,  $T_{max\_moy}$  et  $T_{min\_moy}$  : moyennes des températures maximales et minimales journalières.

Les lignes pointillées correspondent aux valeurs maximales et minimales des températures moyennes.

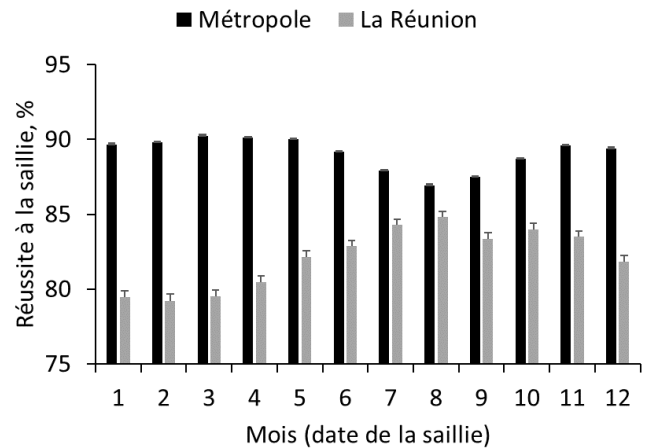
### 1.2. Description des étapes de l'analyse des données

Nous avons d'abord analysé l'impact d'un certain nombre de facteurs connus pour leur impact sur le  $Tx_{saillie}$ . Un modèle de régression binomiale (Proc GLIMMIX, SAS) a été utilisé avec comme variable dépendante la réussite à la saillie (1 ou 0) et, comme variable explicative, la localisation de l'élevage (métropole vs La Réunion), l'année, le mois de la saillie et le cycle de reproduction (1 à 7+). L'élevage au sein de chaque aire géographique a été utilisé comme une variable aléatoire.

La période critique du cycle de reproduction pendant laquelle le  $Tx_{saillie}$  était le plus sensible à la température a été déterminée sur la base de l'étude de la variation de la corrélation moyenne entre  $T_{max}$  mesurée à un jour donné du cycle (du 32<sup>ème</sup> jour avant au 28<sup>ème</sup> après la première saillie) et le  $Tx_{saillie}$ . La période critique a été identifiée comme étant la période du cycle pour laquelle la valeur du coefficient de corrélation de Spearman était la plus faible (Bloemhof *et al.*, 2013). Pour cela, nous avons utilisé une macro SAS (SAS Inst. Inc.) basée sur la procédure CORR dans laquelle les coefficients de corrélation obtenus entre 2 jours consécutifs étaient comparés deux à deux par un test basé sur le calcul de la transformation Z de Fisher.

La moyenne de la  $T_{max}$  ( $MT_{max}$ ) pendant la période critique a été considérée comme indicateur thermique à relier aux variations du  $Tx_{saillie}$ . Dans une première étape, des modèles de régression logistique (PROC GLIMMIX) ont été utilisés pour analyser l'effet de la température sur le  $Tx_{saillie}$ . La variable dépendante était binaire (1 = mise bas ou 0 absence de mise bas) et les variables indépendantes étaient  $MT_{max}$ , l'âge à la saillie (trois classes ; uniquement pour les femelles nullipares) et le numéro du cycle (2, 3, 4, 5, 6 et 7+ ; uniquement pour les truies sevrées). Le numéro d'élevage a été considéré en variable aléatoire dans les modèles.

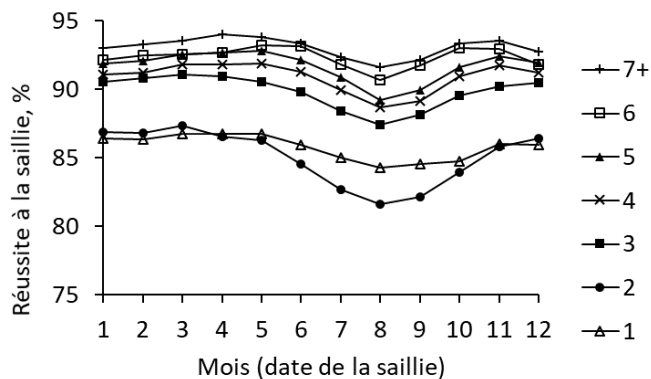
## 2. RESULTATS ET DISCUSSION



**Figure 4** – Evolution du taux de saillie ( $Tx_{saillie}$ ) moyen ( $\pm$  erreur standard) selon la localisation (métropole vs La Réunion) et le mois de la saillie

Tous les facteurs étudiés ont des effets statistiquement significatifs sur la réussite des saillies. La figure 4 montre la variation saisonnière du  $Tx_{saillie}$  pour les élevages localisés en métropole ou à la Réunion. En moyenne, le  $Tx_{saillie}$  annuel est significativement plus faible à la Réunion comparativement à la métropole (82,2 vs 89,0%). L'effet du mois de saillie dépend de la localisation de l'élevage (interaction  $P < 0,001$ ). En métropole, l'infertilité saisonnière est particulièrement visible en juillet-août-septembre avec une réduction moyenne du  $Tx_{saillie}$  de 2,2%. Ces données sont en accord avec les observations de Auvigne *et al.* (2010). A la Réunion, les performances de reproduction sont réduites plus longtemps, pendant 5 mois de décembre à avril avec une baisse moyenne du  $Tx_{saillie}$  de 3,5%. La réduction du  $Tx_{saillie}$  en période estivale est particulièrement marquée à la fois en intensité et en durée pour les femelles réalisant leur second cycle de reproduction (Figure 5). Chez ces truies, la période d'infertilité saisonnière débute en juin pour se terminer en octobre. En métropole, la variation saisonnière du  $Tx_{saillie}$  calculée entre juillet et septembre est en moyenne de 1,8% pour les cycles 1, 3, 4, 5, 6 et 7+ contre 3,9% pour primipares en cycle 2 (Figure 5). Des résultats assez similaires sont retrouvés pour La Réunion.

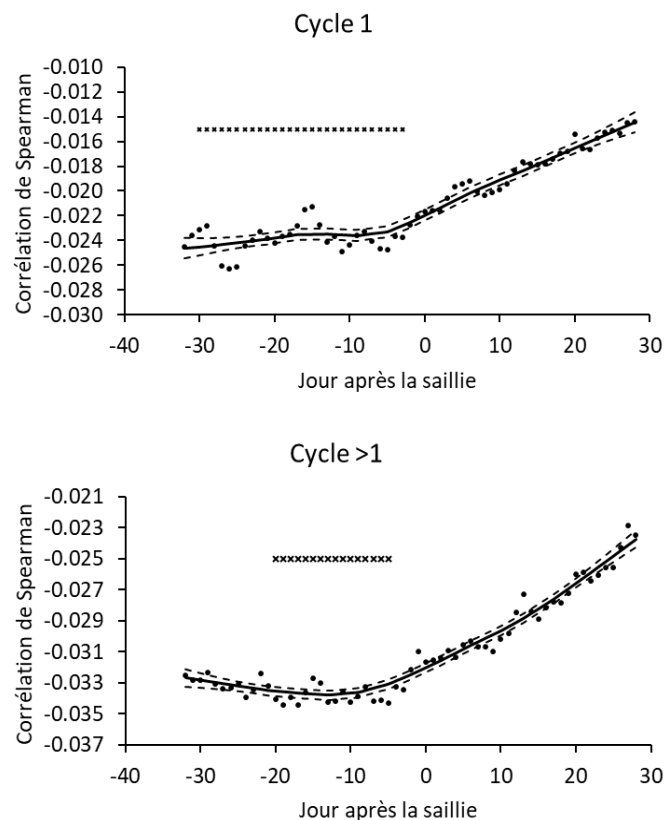
Nos observations montrent que le  $Tx_{saillie}$  varie fortement d'un élevage à l'autre et d'une année à l'autre. Par exemple, lors de la canicule de 2003, indépendamment du numéro de cycle des truies, le  $Tx_{saillie}$  a été réduit de plus de 5 points en août et septembre comparativement à la moyenne des six premiers mois de l'année.



**Figure 5** – Evolution du  $T_{x_{saillie}}$  mensuel selon le numéro de cycle de la femelle (données sur les élevages de la métropole)  
 La variation saisonnière de la fertilité des truies s’explique généralement par des retours en chaleur résultant de problèmes associés à l’insémination (problèmes de détection des chaleurs... ) ou d’une mortalité embryonnaire avant et après implantation (Quesnel *et al.*, 2005). Même si les causes exactes expliquant l’infertilité saisonnière ne sont pas toutes connues, il semble que la température ambiante et l’évolution de la durée quotidienne d’éclairage soient impliquées (Peltoniemi *et al.*, 2000). Une étude menée pour séparer les effets de la durée d’éclairage et de l’élévation de la température ambiante sur l’intervalle sevrage-œstrus en période estivale semble indiquer un effet prédominant de la chaleur (Prunier *et al.*, 1994). En Europe, la saison estivale se traduit à la fois par une élévation de la température et un allongement de la durée de la période diurne. Dans les régions tropicales, les deux saisons se distinguent principalement par une variation de la température et de l’humidité et peu par une variation de la photopériode. L’observation d’une infertilité saisonnière marquée dans ces deux régions confirment l’importance des facteurs climatiques.

Un des objectifs de ce travail était de déterminer à quel moment du cycle les femelles étaient les plus sensibles à l’élévation de la température ambiante. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur l’évolution de la corrélation moyenne calculée jour par jour entre le  $T_{x_{saillie}}$  et  $T_{max}$  (Figure 6). Quel que soit le numéro de cycle, la valeur de la corrélation est négative. Elle est relativement faible mais toujours significativement différente de zéro. Ce résultat indique que de nombreux facteurs (autres que la température) influencent le  $T_{x_{saillie}}$  mais qu’une élévation de la température à l’extérieur des bâtiments d’élevage peut avoir des conséquences négatives sur le  $T_{x_{saillie}}$ . Pour les nullipares, la période critique est identifiée entre le 30<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> jour avant la 1<sup>ère</sup> saillie. Pour les truies ayant déjà effectué un cycle de reproduction, cette période s’étend du 20<sup>ème</sup> au 5<sup>ème</sup> jour avant la saillie. Ce dernier résultat est en accord avec des travaux fondés sur des données collectées en Espagne ou au Japon (Bloemhof *et al.*, 2013 ; Sasaki *et al.*, 2018 ; Iida *et al.*, 2021), qui concluent sur une période de sensibilité allant de la 3<sup>ème</sup> semaine avant à la 1<sup>ère</sup> semaine après le sevrage. Pour les truies sevrées, la majeure partie de cette période critique de 20 jours correspond à la lactation précédente. Pour les cochettes, la période critique débute aussi avant la saillie, mais dure 10 jours de plus. Elle englobe donc la fin de la quarantaine et la période de synchronisation des chaleurs.

Une mobilisation accrue des réserves corporelles pour compenser le déficit énergétique lié aux effets de la chaleur sur l’ingestion d’aliment est l’une des principales causes invoquées pour expliquer les problèmes de reproduction après le sevrage (Quesnel *et al.*, 2005). Pour les cochettes, comme pour les truies sevrées, les trois semaines précédant l’insémination incluent



**Figure 6** – Evolution du coefficient de corrélation de Spearman entre  $T_{max}$  et  $T_{x_{saillie}}$  selon le jour du cycle (0 = date de la première saillie) et le cycle de reproduction – (x = jours pour lesquels la corrélation est minimale)

**Tableau 1** - Paramètres du modèle de régression binomiale expliquant les variations de la probabilité d’avoir une saillie fécondante chez les cochettes (cycle 1)<sup>1</sup>

Facteurs	Estimation <sup>2</sup> (±SE)	P-value
Ordonnée à l’origine	-1,815 (±0,073)	< 0,01
$MT_{max}$		
Effet linéaire	0,033 (±0,008)	< 0,01
Effet quadratique	-0,0014 (±0,003)	< 0,01
Age à la saillie	Référence	
<242 j		
243 à 256 j	+0,106 (±0,101)	NS
257 à 276 j	+0,021 (±0,098)	NS
>277 j	-0,039 (±0,094)	< 0,01

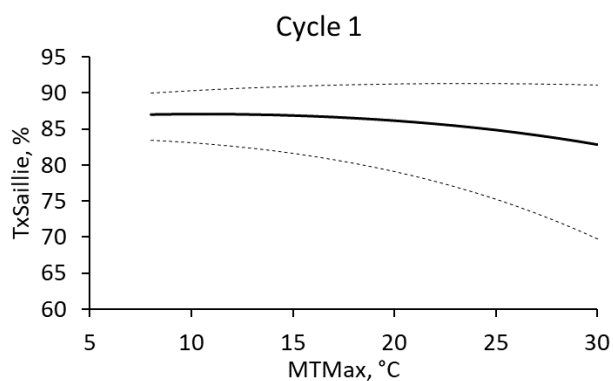
<sup>1</sup>Les interactions entre les effets (linéaires et quadratiques) de la température et l’âge à la saillie ne sont pas significatifs (respectivement  $P = 0,254$  et  $P = 0,278$ ). <sup>2</sup>Logarithme de l’odds-ratio du « risque » relatif d’avoir un succès à la saillie.

conditionne la qualité des ovocytes, et la survie des embryons (Quesnel *et al.*, 2005). Par ailleurs, une température élevée durant la semaine de saillie est décrite comme un facteur susceptible de perturber le fonctionnement de l’axe hypothalamo-hypophysio-ovarien chez les cochettes et les truies (Prunier *et al.*, 1996). Cela peut augmenter la variabilité de l’intervalle entre le début des chaleurs et l’ovulation et par conséquent le risque d’inséminations « mal programmées » et les échecs de fertilisation (De Rensis *et al.*, 2017).

Les estimations des paramètres du modèle de régression binomiale utilisé pour analyser les données des cochettes sont présentées dans le tableau 1. La  $T_{max}$  moyenne a un effet linéaire et quadratique sur le  $T_{x_{saillie}}$ . L’âge à la saillie des cochettes a peu d’influence sur le  $T_{x_{saillie}}$ . La « chance » d’avoir un succès à la saillie diminue significativement lorsque l’âge à la saillie dépasse 277 jours. Compte-tenu de l’absence d’interaction

entre l'âge à la saillie et la température, une nouvelle équation de prédiction est obtenue en considérant l'effet de l'âge à la saillie (en variable continue) seulement sur l'ordonnée à l'origine de l'équation de régression (Figure 7). A partir de cette équation, il est possible d'estimer que le  $T_{x_{\text{saillie}}}$  est réduit de 4,2% entre 10 et 30°C. En se basant sur l'intervalle de confiance à 95% (IC95), cette chute varie entre 0,7 et 13,4%. De la même façon, le point d'inflexion de la réponse à la chaleur ( $T_{\text{max}}$  à laquelle la dérivée première s'annule) est compris entre 3,8 et 23,6°C. Plus généralement, le large IC95 pour les prédictions du  $T_{x_{\text{saillie}}}$  à partir de la température de la période critique indique que le modèle final chez les femelles en cycle 1 a une faible capacité prédictive.

Chez les truies, le  $T_{x_{\text{saillie}}}$  est influencé par la température pendant le stade critique et le cycle de reproduction et l'interaction entre ces deux facteurs (Tableau 2). L'estimation



**Figure 7** – Prédiction<sup>1</sup> moyenne (ligne continue) et limites de l'intervalle de confiance à 95% (lignes pointillées) du taux de saillie ( $T_{x_{\text{saillie}}}$ ) en fonction de la moyenne de la température maximale ( $MT_{\text{max}}$ ) mesurée pendant la période critique pour les femelles en cycle 1.

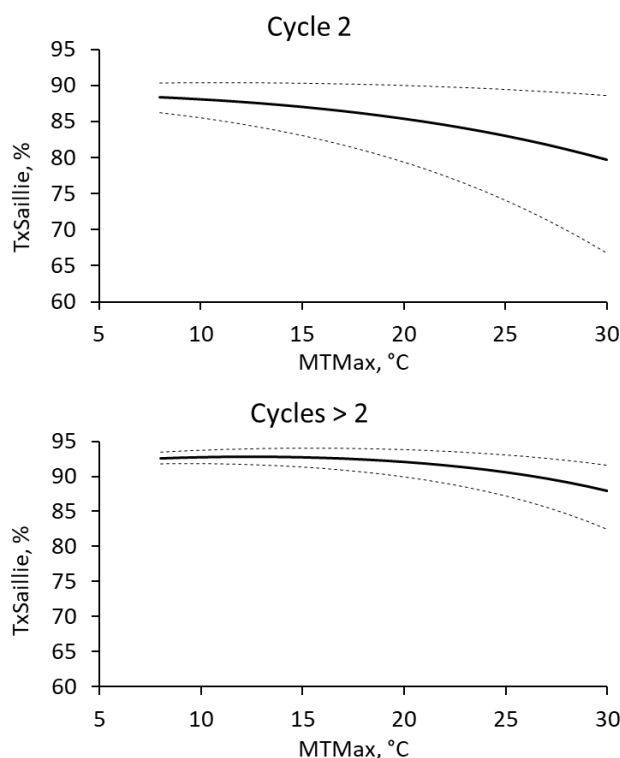
<sup>1</sup>Les prédictions sont issues de l'équation suivante :  $Y = (1 + \exp(-(2,96 + 0,0186 \times T_{\text{max}} - 0,00088 \times T_{\text{max}}^2 - 0,00411 \times \text{âgeSaillie})))^{-1} \times 100$

**Tableau 2** - Paramètres du modèle de régression binomiale pour les données du taux de saillie ( $T_{x_{\text{saillie}}}$ ) selon le numéro de cycle des truies sevrées<sup>1</sup>

Equation de régression	Estimation ( $\pm SE$ )	P-value
Ordonnée à l'origine $MT_{\text{max}}$	-1.804 ( $\pm 0,034$ )	< 0,01
Effet linéaire	0,029 ( $\pm 0,003$ )	0,01
Effet Quadratique	-0,0016 ( $\pm 0,001$ )	< 0,01
Cycle		
2	Référence	
3	0,391 ( $\pm 0,022$ )	< 0,01
4	0,449 ( $\pm 0,024$ )	< 0,01
5	0,546 ( $\pm 0,026$ )	< 0,01
6	0,501 ( $\pm 0,029$ )	< 0,01
7+	0,677 ( $\pm 0,025$ )	< 0,01
Calcul des Odds-ratio <sup>2</sup>	Valeur	IC95
Cycle		
2	Référence	
3	1,577	[1,544-1,611]
4	1,849	[1,806-1,892]
5	2,019	[1,968-2,071]
6	2,368	[2,299-2,440]
7+	2,564	[2,498-2,631]

<sup>1</sup>Moyenne  $\pm$  écart-type. Les interactions entre les effets (linéaires et quadratiques) de la température et le numéro du cycle sont toutes hautement significatives ( $P < 0,001$ ). <sup>2</sup>IC95 : intervalle de confiance à 95%. Estimation des odds ratios pour évaluer les interactions entre le numéro du cycle et le  $T_{x_{\text{saillie}}}$ . Les données du cycle 2 ont été choisies comme référence. Le calcul a été fait pour une  $MT_{\text{max}}$  de 24°C.

des odds-ratio pour un niveau de température donné (24°C) indique que la probabilité relative d'avoir une réussite à la saillie est significativement plus élevée pour les truies au-delà de leur second cycle comparativement aux femelles en second cycle. La comparaison 2 à 2 des odds-ratio obtenus sur les truies à partir du cycle 3 montre une réduction progressive du risque d'un échec à la saillie (résultats non présentés). Pour les truies dans le groupe 7+, le risque relatif d'avoir un échec à la saillie à 25°C est 40% plus faible que celui des truies en cycle 3. En revanche, les effets de la température sur le  $T_{x_{\text{saillie}}}$  sont assez proches pour les truies au-delà du cycle 2. Pour simplifier, nous avons donc produit deux équations de prédiction, une pour les truies primipares et une autre pour les multipares (Figure 8).



**Figure 8** – Prédiction<sup>1</sup> moyennes (lignes continues) et limites de l'intervalle de confiance à 95% (lignes pointillées) du taux de saillie ( $T_{x_{\text{saillie}}}$ ) en fonction de la moyenne de la température maximale ( $MT_{\text{max}}$ ) mesurée pendant la période critique pour les truies en cycle 2 et ou en cycles suivants (> 2).

<sup>1</sup>Les prédictions sont issues des équations suivantes :

Cycle 2 :  $Y = 1/(1 + \exp((2,07 + 0,0013 \times T_{\text{max}} - 0,00082 \times T_{\text{max}}^2) \times -1)) \times 100$

Cycle > 2 :  $Y = 1/(1 + \exp((2,27 + 0,0463 \times T_{\text{max}} - 0,00187 \times T_{\text{max}}^2) \times -1)) \times 100$

Comme pour les femelles dans leur premier cycle de reproduction, la qualité de la prédiction de  $T_{x_{\text{saillie}}}$  pour les truies primipares sevrées n'est pas très bonne. Le  $T_{x_{\text{saillie}}}$  chute en moyenne de 8,4% [IC95 : -1,8 à -18,8] entre 10 et 30°C et le point d'inflexion de la courbe est calculé à 0,7°C [IC95 : -4,1 à 11,0°C]. Pour les truies multipares, la réduction de l'IC95 indique une qualité de la prédiction nettement améliorée. Ce résultat est confirmé par l'analyse de la courbe ROC (aire sous la courbe à 66% contre en moyenne 55% pour les femelles en cycles 1 et 2). Le  $T_{x_{\text{saillie}}}$  chute en moyenne de 4,9% [IC95 : -2,1 à -9,5%] entre 10 et 30°C et le point d'inflexion de la courbe est calculé à 12,4°C [IC95 : 9,4 à 15,4°C].

Si l'on considère les points d'inflexion des équations comme des indicateurs de la sensibilité à la température, les résultats de cette étude montrent que les jeunes truies (cycles 1 et 2) seraient plus sensibles à la chaleur. La variation du  $T_{x_{\text{saillie}}}$  entre 10 et 30°C est particulièrement importante pour les femelles en cycle 2 (-8,2% vs -4,2% et -4,9% en cycle 1 et cycle > 2). En

utilisant un modèle linéaire-plateau pour évaluer le seuil de sensibilité et l'effet de la température sur le taux de réussite à la saillie, Iida *et al.* (2021) concluent également à une plus grande sensibilité moyenne des jeunes truies après leur premier sevrage par rapport au reste de la population de truies. Après le premier sevrage, les troubles de la fertilité sont fréquemment rapportés dans les élevages avec comme principaux facteurs de risque la technicité des éleveurs, la maîtrise de la taille des portées allaitées et plus généralement la conduite pendant la lactation (Boulot *et al.*, 2013). Comme indiqué plus haut, une mobilisation excessive des réserves corporelles pendant la lactation augmente le risque de mauvaises venues en chaleur et d'infertilité (Prunier *et al.*, 1996). Cela semble être particulièrement vrai chez les truies primipares puisque pour cette population de femelles une perte de poids pendant la lactation supérieure à 5% du poids vif à la mise-bas suffirait à provoquer un allongement de l'intervalle sevrage-saillie fécondante alors que ces problèmes de reproduction n'apparaîtraient chez les truies multipares que lorsque la perte de poids vif dépasserait 10% (Thaker et Bilkei, 2005).

Notre étude confirme qu'il est possible d'utiliser les paramètres climatiques mesurés à l'extérieur de l'élevage au cours de la période précédant l'insémination pour identifier des stades physiologiques critiques et prédire le  $T_{x_{saillie}}$  chez les truies. Néanmoins, en accord avec les précédents travaux antérieurs sur le sujet, la capacité prédictive de ces équations reste globalement faible notamment chez les jeunes truies. Cela indique que des variables prédictives complémentaires liées à l'animal (taille de la portée lors de la lactation précédente, état corporel au sevrage/saillie...) et, plus généralement, au fonctionnement de l'élevage (durée de la lactation, modalités de préparation des cochettes, gestion de la reproduction, de l'alimentation et de l'ambiance dans les bâtiments...)

pourraient être ajoutées dans le modèle pour améliorer leur précision. La prise en compte de certaines causes d'échecs non liés à des problèmes de reproduction (réforme de femelles gestantes), mais parfois liées au stress thermique (mortalité de truies gestantes) pourrait aussi affiner les prédictions. Certaines de ces informations sont disponibles dans les bases GTTT, d'autres nécessiteraient des mesures complémentaires ou des remontées d'informations collectées par les éleveurs.

Pour les truies multipares, l'équation proposée peut être considérée comme satisfaisante pour prédire le risque (et son incertitude) d'avoir un échec à la saillie quand la température ambiante augmente et pourrait être utilisée dans des modèles globaux destinés à évaluer la vulnérabilité des exploitations porcines face à l'évolution du climat.

## CONCLUSION

Cette étude confirme que les conditions climatiques chaudes dans la période précédant la saillie ont des impacts négatifs sur les performances de reproduction des femelles avec des effets plus marqués chez les jeunes truies. Chez ces animaux, le caractère multifactoriel de l'infertilité saisonnière et la diversité des pratiques d'élevage rendent difficile la prédiction fiable du  $T_{x_{saillie}}$  à partir des températures extérieures. Chez les truies multipares, l'amélioration de la capacité prédictive des équations rend possible leur utilisation en modélisation.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient INRAE (Projet PigChange, métaprogramme ACCAF) pour le soutien financier apporté à cette étude.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

- Auvigne V., Leneveu P., Jehannin C., Peltoniemi O., Salle E., 2010. Seasonal infertility in sows: a five year field study to analyze the relative roles of heat stress and photoperiod. *Theriogenol.*, 74, 60-66.
- Bloemhof S., Mathur P.K., Knol E.F., van der Waaij E.H., 2013. Effect of daily environmental temperature on farrowing rate and total born in dam line sows. *J. Anim. Sci.*, 91, 2667-2679.
- Boulot S., Despres E., Badouard B., Sallé I., 2013. Le «syndrome de 2<sup>ème</sup> portée» dans les élevages français : prévalence de différents profils et facteurs de risque. *Journée Rech. Porcine*, 45, 70-80.
- De Rensis F., Ziecik A.J., Kirkwood R.N., 2017. Seasonal infertility in gilts and sows: aetiology, clinical implications and treatments. *Theriogenol.*, 96, 111-117.
- Dourmad J.Y., Le Velly V., Le Chartier C., Gourdine J.L., Renaudeau D., 2015. Influence de la température ambiante chez la truie allaitante, une approche par méta-analyse et par modélisation. *Journée Rech. Porcine*, 47, 105-110.
- Iida R., Piñeiro C., Koketsu Y., 2021. Timing and temperature thresholds of heat stress effects on fertility performance of different parity sows in Spanish herds. *J. Anim. Sci.*, 99, 1-11.
- Mayorga E.J., Renaudeau D., Ramirez B.C., Ross J.W., Baumgard L.H., 2019. Heat stress adaptations in pigs. *Animal Frontiers*, 9, 54-61.
- Peltoniemi O.A.T., Tast A., Love R.J., 2000. Factors effecting reproduction in the pig: seasonal effects and restricted feeding of the pregnant gilt and sow. *Livest. Prod. Sci.*, 60-61, 173-184.
- Prunier A., Dourmad J.Y., Etienne M., 1994. Effect of light regimen under various ambient temperatures on sow and litter performance. *J. Anim. Sci.*, 72, 1461-1466.
- Prunier A., Quesnel H., Messias de Bragança M., Kermabon A.Y., 1996. Environmental and seasonal influences on the return-to-estrus after weaning in primiparous sows: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 45, 103-110.
- Quesnel H., Boulot S., Le Colzer Y., 2005. Les variations saisonnières des performances de reproduction chez la truie. *INRA Prod. Anim.*, 18, 101-110.
- Quiniou N., Cadero A., Marcon M., Brossard L., 2021. Simuler avec le modèle bioclimatique ThermiPig les performances des porcs en croissance en tenant compte des conditions climatiques et des caractéristiques de la salle d'engraissement. *Journée Rech. Porcine*, 53, 89-94.
- Sasaki Y., Fujie M., Nakatake S., Kawabata T., 2018. Quantitative assessment of the effects of outside temperature on farrowing rate in gilts and sows by using a multivariate logistic regression model. *J. Anim. Sci.*, 89, 1187-1193.
- Serviento A.M., Lebret B., Renaudeau D., 2020. Chronic prenatal heat stress alters growth, carcass composition, and physiological response of growing pigs subjected to postnatal heat stress. *J. Anim. Sci.*, 98, skaa161.
- Thaker M.Y.C., Bilkei G., 2005. Lactation weight loss influences subsequent reproductive performance of sows. *Anim. Reprod. Sci.*, 88, 309-318.