

## ANALYSE DE THÈSE

---

### ALIMENTATION SUR MESURE ET ESTIMATION DU BIEN-ÊTRE DES TRUIES GESTANTES À PARTIR DE DONNÉES HÉTÉROGÈNES

Thèse de Maëva **DURAND**<sup>1</sup>

Analysée par René **BAUMONT**<sup>2</sup>

Directrice de thèse : Charlotte **GAILLARD**, Chargé de recherche, INRAE

Co-directrice de thèse : Christine **LARGOUET**, Maître de conférences, Institut Agro, IRISA, INRIA

Mme Maëva Durand a obtenu le 23 octobre 2023 le titre de Docteur de l'Institut Agro dans la spécialité « Biologie et Physiologie Animale » en soutenant une thèse intitulée « *Alimentation sur mesure et estimation du bien-être des truies gestantes à partir de données hétérogènes* ». Les rapports du jury, tant sur le document écrit que sur la soutenance orale, soulignent l'originalité et la qualité remarquable de ce travail de thèse, qui associe des approches de nutrition animale et d'éthologie avec la maîtrise des outils d'élevage de précision et l'utilisation de l'intelligence artificielle. Elle présente de nombreuses retombées potentielles pour la filière porcine. De plus ce travail de thèse a été extrêmement bien valorisé avec, à date de la soutenance de thèse, sept publications acceptées dans des journaux à comité de lecture, dont une synthèse à vocation de transfert dans la revue INRAE Productions Animales et trois publications en préparation ou soumises. Cette thèse a été soutenue par l'ANR au titre du programme d'investissement d'avenir. Elle a fait l'objet d'un partenariat entre l'INRAE (Département Phase), le Centre de développement du Porc et l'Université Laval (Québec, Canada), ce qui lui donne une dimension internationale.

#### **Contexte zootechnique, objectifs et démarche scientifique de la thèse**

La thèse de Maëva Durand s'inscrit dans le nouveau paradigme de la numérisation et de l'automatisation des élevages porcins permettant de mettre en œuvre une alimentation de précision, avec toujours la préoccupation de réduire les coûts d'alimentation qui représentent plus de 75% du coût de production, tout en améliorant le bien-être des truies gestantes qui

---

<sup>1</sup> Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat de l'Institut Agro Rennes Angers, École doctorale N°600, Écologie, Géosciences, Agronomie, Alimentation, spécialité : Biologie et Physiologie Animales, préparée au sein de l'unité de recherche UMR PEGASE, INRAE, Institut Agro, soutenue le 23 octobre 2023.

<sup>2</sup> Membre de l'Académie d'agriculture de France, section 3, « Élevages »

## ANALYSE DE THÈSE

---

sont élevées en groupe depuis 2013. La doctorante se propose donc d'utiliser les techniques d'élevage de précision pour développer une alimentation « sur mesure » proposant des stratégies individualisées, et un monitoring du bien-être des truies par l'analyse des modifications comportementales permettant de détecter précocement les problèmes de santé. La thèse avait donc comme objectif de comprendre « **Comment les données comportementales et environnementales peuvent améliorer l'estimation des besoins nutritionnels et du bien-être des truies en gestation ?** »

L'état de l'art, présenté dans la thèse, montre comment les techniques de « Machine Learning », qui sont en plein essor, sont particulièrement efficaces pour extraire des données des capteurs d'élevage de précision présents dans les exploitations pour analyser le comportement des animaux et proposer des solutions prometteuses pour l'amélioration du bien-être des animaux. Il montre aussi les perspectives en nutrition animale de ces nouvelles techniques pour caractériser plus précisément les besoins des truies en gestation, en prenant en compte la forte variabilité individuelle, à partir de la collecte continue de données enregistrées par les capteurs.

L'objectif général de recherche a été décliné en trois objectifs plus spécifiques :

- 1) Evaluer les effets des perturbations environnementales sur le comportement et les besoins nutritionnels ;
- 2) Estimer les besoins individuels journaliers avec des méthodes de « Machine Learning » à partir de données comportementales et environnementales ;
- 3) Estimer le bien-être de chaque truie et leurs problèmes de santé d'une manière non invasive à l'aide de données comportementales.

La démarche scientifique a constitué à 1) recueillir des données comportementales dans diverses situations expérimentales affectant le comportement, les besoins nutritionnels et le bien-être des truies, puis 2) à prévoir à partir de ces données, par des méthodes de « Machine Learning », les besoins nutritionnels journaliers individuels et l'état de bien-être individuel.

### **Principaux acquis de la thèse**

Les expérimentations conduites dans la thèse ont donné lieu à la constitution d'une large base de données relationnelle et ont mis en évidence que les truies confrontées à diverses perturbations pendant leur gestation (restriction alimentaire, perturbation sonore, stress thermiques, enrichissement/appauvrissement du milieu), modifient leur comportement et par conséquent leurs besoins nutritionnels journaliers. Ces modifications peuvent être enregistrées grâce à des capteurs et des automates du comportement social, d'alimentation, d'abreuvement et de l'activité physique de l'animal. Ils peuvent enregistrer des variations dans le milieu de vie avec la mesure de l'ambiance (température, humidité, niveau sonore) de la salle de gestation.

L'utilisation des algorithmes de « Machine Learning » (« gradient tree boosting » et « random forest », notamment) sur ces données comportementales et environnementales a permis une prévision précise des besoins nutritionnels journaliers en lysine digestible et en énergie métabolisable. Il est ainsi possible d'améliorer la prévision des besoins nutritionnels des truies gestantes à partir d'un nombre limité d'informations facilement accessibles en élevage (ingestion), combinées aux méthodes de « Machine Learning » et plus aisément évolutives

## ANALYSE DE THÈSE

---

que le modèle « InraPorc » issu des systèmes d'alimentation proposés pour les porcs par INRAE.

Les algorithmes de « Machine Learning » ont également permis l'estimation de l'état de bien-être des truies gestantes à l'échelle individuelle, et interprétable à l'aide d'un arbre de décision. Ces données ouvrent des perspectives pour implémenter en élevage des procédures visant à caractériser de façon simple et automatique le bien-être et la santé des animaux.

### **Perspectives**

Cette thèse est remarquable par la diversité des approches méthodologiques utilisées, et les multiples réponses étudiées, qui ont permis d'élaborer un impressionnant jeu de données et de résultats contribuant à répondre aux objectifs fixés. Elle ouvre de nombreuses perspectives originales et novatrices en montrant que l'utilisation de données comportementales et environnementales permet d'améliorer l'alimentation sur mesure et l'estimation de l'état de bien-être. Elle permet également d'imaginer la conception d'un outil d'aide à la décision et d'actions correctrices intégrées pour l'alimentation et le bien-être des truies gestantes. En cela, elle est de nature à préfigurer un certain modèle de système d'alimentation et d'élevage de demain.

La discussion générale, très bien construite, aborde les intérêts et les limites des différents capteurs, dont les aspects économiques, point important pour l'adoption de telles technologies. Les automates d'alimentation montrent leur supériorité pour la prévision tant des besoins nutritionnels que du bien-être et les retours sur investissement, estimés en prenant en compte les multiples avantages, sont intéressants. Ces résultats sont bien sûr à conforter, mais il est très intéressant de voir qu'une stratégie avec alimentation de précision et estimation du bien-être animal peut présenter un retour sur investissement positif en trois à six ans. Ceci est particulièrement prometteur pour montrer qu'amélioration du bien-être animal et performance économique de l'élevage sont compatibles.

### **Conclusion**

Le travail de thèse de Maëva Durand est une contribution marquante à la conception des élevages porcins de demain, en montrant que la numérisation et l'automatisation des élevages permettant de mettre en œuvre une alimentation « sur mesure » est compatible avec de bonnes performances économiques et un meilleur bien-être des animaux d'élevage. Il est tout à fait essentiel que ces travaux se poursuivent en intégrant aussi la dimension sociale et sociétale, en prenant en compte les conséquences pour l'éleveur, notamment l'évolution de la relation « homme-animal », qui devient « homme-machine (capteurs et automates)-animal » et l'acceptabilité par la société de ces nouvelles techniques d'élevage.

La valorisation de cette thèse par l'Académie d'agriculture de France permettra de nourrir les réflexions sur la numérisation et l'automatisation de l'élevage et de l'agriculture en général, et notamment les intérêts et les limites de ces nouvelles technologies pour répondre aux grands défis que sont notamment 1) l'amélioration de l'efficacité des élevages et la réduction de leur empreinte environnementale, et 2) l'amélioration du bien-être animal. Cette thèse pourra aussi

## ANALYSE DE THÈSE

---

nourrir des réflexions conjointes entre les sections 3 (Elevage) et 9 (Agrofournitures), de même que la section 4 (Sciences humaines et sociales), autour du numérique en agriculture.

Cela justifie que cette analyse figure sur le site de l'Académie et dans le Mensuel à titre de valorisation.