



HAL
open science

Améliorer les performances et le bien être des truies gravides par la mobilisation de nouvelles technologies pour une alimentation de précision et la détection de signaux comportementaux.

Michel Marcon, N. Quiniou, C. Courboulay, Y. Rousselière, G. Melot, Marie-Christine Meunier-Salaün, Etienne Labussière, Yannick Ramonet, P. Cherel, M. Le Mer

► **To cite this version:**

Michel Marcon, N. Quiniou, C. Courboulay, Y. Rousselière, G. Melot, et al.. Améliorer les performances et le bien être des truies gravides par la mobilisation de nouvelles technologies pour une alimentation de précision et la détection de signaux comportementaux.. Innovations Agronomiques, 2020, 79, pp.245-256. 10.15454/vk07-4b16 . hal-03109316

HAL Id: hal-03109316

<https://hal.inrae.fr/hal-03109316>

Submitted on 13 Jan 2021

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Améliorer les performances et le bien être des truies gravides par la mobilisation de nouvelles technologies pour une alimentation de précision et la détection de signaux comportementaux

Marcon M.¹, Quiniou N.¹, Courboulay C.¹, Rousselière Y.¹, Melot G.¹, Meunier-Salaün M.C.², Labussière E.², Ramonet Y.³, Cherel P.⁴, Le Mer M.⁴

¹ IFIP-institut du porc, Domaine de la Motte au Vicomte, F-35651 Le Rheu Cedex

² INRAE, Agrocampus Ouest, PEGASE, F-35590 Saint-Gilles

³ CRA-Bretagne, 4 avenue du Chalutier Sans Pitié, F-22190 Plérin

⁴ RF-Track, 8 Rue de la Rigourdière, F-35510 Cesson-Sévigné

Correspondance : michel.marcon@ifip.asso.fr

Résumé

Depuis la mise en groupe des truies gestantes, les éleveurs observent plus d'hétérogénéité de l'état corporel des truies lors de leur entrée en maternité impliquant plus de pertes de porcelets. Il est également plus difficile d'observer les problèmes d'aplombs dans des grands groupes de truies.

La première étape de ce projet avait pour objectif le développement d'un capteur capable d'enregistrer le niveau d'activité individuel des truies logées en groupe conformément à la réglementation bien-être. Cette étude a donc permis la mise au point de l'Acti'Sow. Il s'agit d'un accéléromètre autonome, positionné à l'oreille des truies, qui permet de connaître le temps quotidien passé par les truies à rester couchée, debout ou encore à marcher. Par ailleurs, cette étude offre également une meilleure connaissance du comportement des truies grâce aux nourrisseurs et aux abreuvoirs connectés, à la station de pesée identifiée et aux capteurs d'activité. En moyenne, la consommation d'eau quotidienne d'une truie est de 8,2 l / jour mais ce résultat cache une variabilité conséquente de près de 50% lorsque l'on compare une truie par rapport à une autre et de 38% pour la même truie d'un jour à l'autre. À propos de leur activité, une truie « normale » passe 67% de son temps en position couchée, un peu plus de 28% en position debout sans bouger et moins de 5% en marche. Sachant cela, entre la plus fainéante et la plus active, la dépense énergétique liée à cette activité représente plus de 500 g d'aliment. Le système d'alerte précoce des problèmes de boiterie est l'autre principal objectif de cette étude. En utilisant les comportements alimentaire et hydrique (nombre de visites par jour, heure de chaque visite, quantité d'eau / d'aliments consommée, rang d'accès au nourrisseur / abreuvoirs), le poids individuel et le niveau d'activité, nous avons construit un premier modèle capable de prédire individuellement les boiteries 24 heures avant que l'agriculteur puisse l'observer. La précision est proche de 77%.

Mots-clés : Elevage de précision, capteur accéléromètre, bien-être animal, détection des boiteries.

Abstract: Use of new technologies to improve welfare and technical results of pregnant sows through precision feeding and early abnormal behavioural signals detection

Since the new welfare regulation, farmers have to breed pregnant sows penned in the group. Thus, breeders observed more heterogeneity in the backfat thickness of sows when they are entering the farrowing units, implying more losses of piglets. It is also more difficult to observe lameness issues in large groups of sows. The objectives of this project are (i) to develop an activity sensor to feed each

sow according to the energy it spends and (ii) to create an early detection system for lameness problems.

The first step of this project was to develop a sensor able to record the individual activity level of sows penned in a group. As a result, Acti'Sow has been created. It is an ear tag accelerometer offering to know the daily time spent lying, standing and walking by a sow with a global accuracy close to 85 %.

This project offers a better knowledge about sow behavior thanks to automatic feeders, connected drinkers, weighing scale and activity sensors. On average, the daily water consumption is 8.2 l/day/sow, but this result hides a huge variability close to 50 % when comparing a sow to another and 38 % for the same sow from a day to the next one. About their activity, an average sow spends 67 % of its time lying down, a bit more than 28 % standing up without moving and less than 5% walking. According to that, between the laziest one and the more active one, energy expenditure represent more than 500 g of feed. It means, with the same fixed objective of backfat thickness with these two sows, a farmer will need to give 500 g more feed/day for the very active sow.

Early warning system for lameness issues was the other main result of this study. Through the use of watering and feeding behavior (number of visits per day, time of each visit, quantity of water/feed consumed, access rank to the feeder), individual weight and activity level, we built a first model able to individually predict lameness issue 24 hours before the farmer can observe it. The accuracy is close to 77 %. It means, that a cell phone app can alert farmers when a sow needs to be checked.

Keywords: Pig farming, animal welfare, precision farming, sensor, animal disease.

Introduction

Au cours de ces 30 dernières années, la production porcine a connu de très fortes évolutions. En premier lieu, la sélection génétique d'animaux à potentiel de plus en plus élevé a conduit à une augmentation considérable de la prolificité des truies (+3,2 porcelets nés totaux/portée entre 1970 et 2013, source IFIP-GTTT, 2001, 2013). Dans le même temps, les progrès accomplis dans la connaissance des besoins nutritionnels des animaux (Dourmad et al., 2005) et des valeurs nutritionnelles des matières premières utilisées en alimentation animale ont permis de gérer les fortes exigences physiologiques résultant de l'évolution des animaux. Des modifications sont aussi intervenues dans l'environnement des animaux, le changement le plus notable étant l'obligation réglementaire faite à tous les élevages à compter du 1^{er} janvier 2013 de remplacer la contention individuelle de la truie gravide par un logement en groupe au-delà du premier mois de gestation, ce qui induit de nouveaux paradigmes à l'origine, en grande partie, de ce projet.

Les éleveurs sont déjà sensibilisés à l'importance à accorder à la gestion des réserves corporelles des truies pour optimiser, sur le plan économique, le potentiel génétique des animaux. De ce fait, la maîtrise de l'hétérogénéité des réserves des truies en fin de gestation fait l'objet de toutes les attentions depuis longtemps.

L'approche factorielle d'estimation des besoins nutritionnels de la truie (Dourmad et al., 2005) permet de concevoir une conduite alimentaire intégrée, consistant à raisonner la quantité et la qualité des apports nutritionnels à chaque stade physiologique pour atteindre des objectifs de poids vif et d'épaisseur de lard dorsal (ELD) (IFIP, 2008), en tenant compte de nombreux facteurs (type génétique, rang de portée, objectifs à la mise-bas ...). Certaines lacunes subsistent cependant dans les modèles : il est ainsi nécessaire de mieux caractériser les dépenses énergétiques d'entretien. Celles-ci dépendent non seulement du poids vif (Noblet et Etienne, 1987), des conditions de température ambiante (Geuyen et al., 1984 ; Noblet et al., 1988), du temps passé debout (Noblet et al., 1993), mais vraisemblablement aussi d'autres facteurs comme l'importance de l'activité locomotrice. De nombreuses connaissances

permettent de prendre en compte les différentes caractéristiques de la truie elle-même ou de son environnement pour raisonner les apports alimentaires. Cependant, la mise en œuvre effective de ces connaissances se heurte à plusieurs difficultés :

La première tient aux équipements et au temps nécessaires pour caractériser l'état des animaux à un stade donné. Ainsi, de nombreux éleveurs se sont dotés de matériels de mesure de l'ELD par échographie ultrasonique, mais rares sont ceux à être équipés d'une bascule permettant de peser les truies. Or, une sous-estimation du poids vif quand le rang de portée augmente conduit à un amaigrissement des truies (Heugebaert, 2013).

Un autre défaut d'information tient aux difficultés pratiques pour quantifier le niveau d'activité physique des animaux. Les observations de visu réalisées en élevages montrent que l'activité motrice des truies est variable selon le mode de logement (Tertre et Ramonet, 2014). Les truies logées en grands groupes au Distributeur Automatique de Concentré (DAC) sont les plus actives comparativement à celles logées en petits groupes. Ces observations sont cependant limitées dans le temps, 6 heures/jour pour l'étude précitée, et ne peuvent pas être démultipliées. En station expérimentale, les systèmes vidéo permettent d'allonger la durée des observations, mais nécessitent un temps d'analyse long incompatible avec une utilisation en monitoring courant en élevage de production.

Des équipes ont essayé une approche basée sur l'enregistrement automatique des mouvements par la pose d'accéléromètre sur les truies. Ces appareils placés au cou ou à la patte montrent qu'il est possible d'avoir une bonne estimation des différents types d'activité (Cornou et Lundbye-Christensen, 2008 et 2010). Mais plusieurs freins ont aussi été identifiés. Le premier est la localisation de l'accéléromètre qui est difficile de maintenir en place en conditions d'élevage. En deuxième lieu, la faible autonomie électrique de l'appareil émetteur est un élément souligné par Marchioro et al., en 2011. Ces derniers ont aussi essayé de localiser le capteur au niveau de l'oreille.

La troisième difficulté tient à la diversité des modes de logement des truies en groupes. Deux options techniques se dégagent en élevage : logement en petits groupes avec une alimentation simultanée des truies en auges collectives ou réfectoires individuels, ou en groupes plus grands avec une alimentation successive des truies dans des stations d'alimentation distribuant l'aliment après identification des animaux (DAC). Les points de passage obligé que constituent ces stations ouvrent des opportunités pour mettre au point et installer des systèmes d'acquisition d'informations à leur proximité, ce qui n'est pas le cas dans le logement en petits groupes. Des dispositifs de mesures spécifiques seront donc étudiés dans chacune de ces deux situations dans ce projet.

La modification des systèmes d'élevage a également des conséquences sur les modes de surveillance des animaux et l'occurrence de certains problèmes comme les truies entrées vides en maternité, (Boulot et al., 2011) ou les boiteries (Cador et al., 2013). Les troubles de reproduction et problèmes d'aplomb restent en effet les principaux motifs de réforme des truies en groupe (Badouard et al., 2013). Ces problèmes modifient le besoin des animaux et impliquent des ajustements de conduite. La truie gravide étant un animal rationné, la motivation alimentaire est forte. Ceci suggère un passage régulier des animaux dans les automates de distribution d'aliment, dans un ordre lié au statut hiérarchique de l'animal. Cependant, les modalités d'accès aux ressources alimentaires peuvent être modifiées chez un animal qui n'évolue pas conformément à son stade physiologique : fractionnement des repas, modification des heures d'accès, abreuvement privilégié par rapport à l'alimentation, réduction/augmentation du temps d'activité. La vitesse et la fluidité du déplacement peuvent également être altérées. De nombreux auteurs ont cherché à utiliser l'information générée par un capteur ou un automate pour identifier des situations spécifiques d'élevage (Cornou et al., 2013). Il s'avère que la précision de l'alerte s'améliore quand plusieurs informations sont analysées simultanément. Notre projet s'inscrit dans cette démarche. L'analyse combinée des différentes informations générées permettra de qualifier les données les plus à même d'être utilisées comme signaux d'alerte.

1. Développement d'un capteur du niveau d'activité physique des truies pendant la gestation

1.1 Matériel et méthode

Les essais ont été conduits à la station expérimentale de l'IFIP à Romillé pour les truies élevées sur caillebotis totale et à la station expérimentale de l'INRA à Saint-Gilles pour des petits groupes de truies élevées sur paille. L'objectif était de (i) créer un algorithme capable de déterminer le niveau d'activité d'une truie et (ii) dans deux conditions différentes de logement (caillebotis et paille).

Pour atteindre ces objectifs, trois essais ont été mis en place. Le premier (essai 1) a porté uniquement sur le développement de l'algorithme de traitement du signal brut et les deux autres pour évaluer la précision du capteur pour des truies sur caillebotis total (essai 2) et sur litière paillée (essai 3).

L'essai 1 a été réalisé à la station expérimentale de l'IFIP à Romillé avec des truies gestantes élevées en groupe dynamique de 72 truies (mélange de trois bandes dans la même salle). La salle (Figure 1) avait une superficie 226 m² et était équipée de deux distributeurs automatiques d'aliment (DAC) et de 6 abreuvoirs connectés (AC). Six groupes de quatre truies ont été choisis aléatoirement parmi les 72 truies présentes. L'essai 2 a également été mené à Romillé sur 10 autres truies. Elles ont été choisies en fonction de leur rang de portée et de leur niveau d'activité déterminé par le nombre de visites au DAC et aux abreuvoirs connectés.

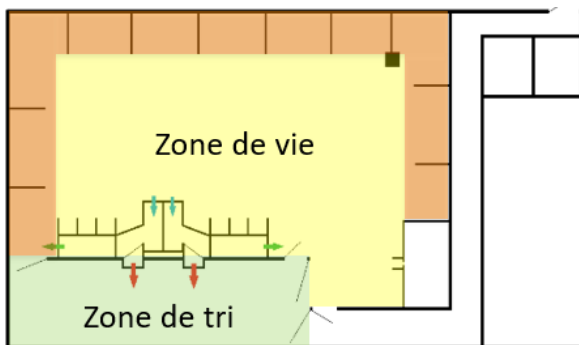


Figure 1 : Salle de gestation équipée de DAC abreuvoirs connectés, pesée.



Figure 2 : Système d'enregistrement vidéo retenu comme méthode de référence.

L'algorithme (essai 1) a été conçu à partir des données de 24 truies. Elles ont été équipées d'accéléromètres à la mi-gestation et d'un système d'enregistrement vidéo (Figure 2). Deux séquences de deux heures (10h00-12h00 et 14h00-16h00) ont été nécessaires afin d'observer une variété de comportements, en particulier les comportements d'investigation comme jouer avec la chaîne ou explorer le sol. Au total c'est donc 96 heures de vidéo qui ont été enregistrées simultanément avec les données brutes des accéléromètres. Ensuite, un séquençage des vidéos a été réalisé sur la base d'une analyse de quatre états : couché, assis, debout et en mouvement (debout). Les comportements associés à chaque état n'ont pas été étudiés. Par conséquent, une truie debout mâchant une chaîne ne « se déplace » pas tant que ses pattes ne bougent pas. L'heure de début et de fin de chaque état a été rigoureusement notée.

Deux sessions d'enregistrements vidéo supplémentaires (18 - 31 mars 2016 et 11 avril - 9 mai 2016) ont permis d'obtenir 96 heures de vidéo additionnelles acquises sur 10 nouvelles truies (différentes de l'essai 1) pour évaluer la précision de l'algorithme lors de l'essai 2. Des enregistrements vidéo ont été effectués à l'aide de cinq caméras pour surveiller les truies partout dans la pièce, avec des enregistrements continus pendant les périodes diurnes.

Le séquençage vidéo concerne les quatre mêmes états que dans l'essai 1 et a été effectué sur quatre périodes de 1h : 8h30-9h30 ; 11h30-12h30 ; 14h30-15h30 ; 17h30-18h30, choisies pour être

représentatives de l'activité diurne des truies (Tableau 1). Pour l'essai 3, 12 truies à la mi-gestation ont été choisies (3 par groupe) selon leur comportement. Elles ont été filmées pendant 3 heures (9-11h et 14-15h), afin d'être représentatif de leur activité journalière. Ainsi, à l'issue de l'essai, un total de 103 heures de vidéo associé à des enregistrements de signaux accélérométriques ont été utilisés pour l'analyse de sensibilité.

Tableau 1 : Part relative de chaque état (% du temps enregistré)

| État | Essai 2 | Essai 3 |
|--------------|---------|---------|
| Couché | 66,57 | 22,69 |
| Debout | 28,21 | 68,92 |
| En mouvement | 3,61 | 5,94 |
| Assis | 1,61 | 2,45 |

Deux types d'accéléromètres ont été utilisés. Pour l'essai 1, il s'agissait d'un accéléromètre de type datalogger conçu spécifiquement par le partenaire Rf-track. Cet équipement a enregistré les niveaux d'accélération sur trois axes dans l'espace avec une fréquence de 16 Hertz. Les données brutes ont été stockées sur une carte micro SD. Une deuxième version (accéléromètre double) a été utilisée dans les essais 2 et 3. Cette version comprenait un dispositif avec transmission par radiofréquence des données traitées par l'algorithme embarqué dans un microcontrôleur. À la fin, pour les analyses nous disposons de trois types de signaux, (i) l'accélération dans les 3 axes (x, y, z), (ii) le séquençage vidéo et (iii) un signal nettoyé (Figure 3)

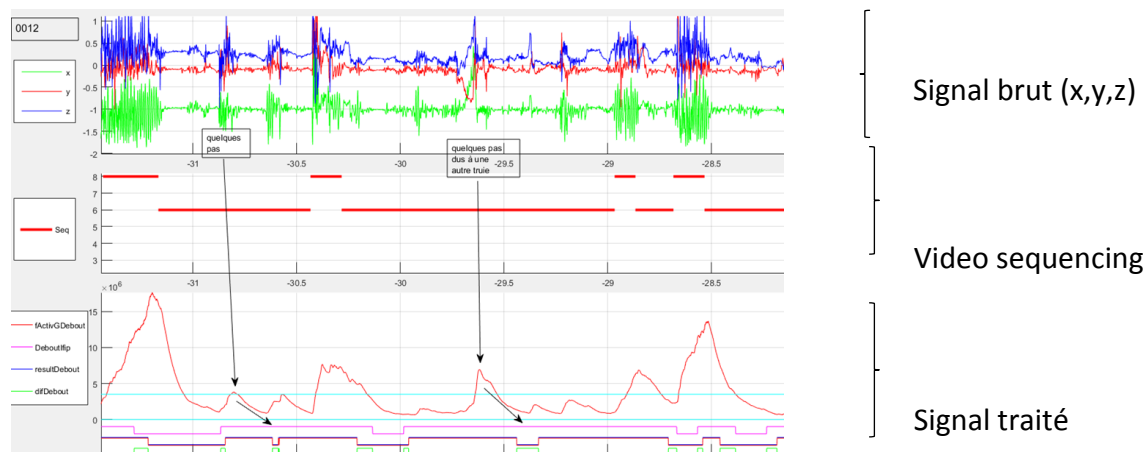


Figure 1 : Méthodologie d'analyse du signal

Ces prototypes de capteurs étaient autonomes et alimentés par batterie. Les accéléromètres ont été fixés sur une boucle d'identification classique à l'aide de colliers autobloquant en plastique.

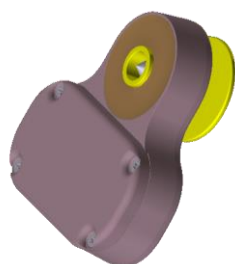
1.2 Résultats

En définitif après analyse, l'algorithme permet de prédire la position couchée (sensibilité 94,3% et 89,1% respectivement pour les essais 2 et 3) avec une très bonne précision (Tableau 2). L'analyse de spécificité a confirmé ces résultats avec des valeurs supérieures à 83% pour les caillebotis et à 96% pour les truies avec paille. Pour l'état « debout », comme le montre le Tableau 2, les résultats sont plus mitigés autour d'une sensibilité de 67% pour les deux essais. Toutefois, la spécificité demeure bonne avec 94,1% et 75,9% respectivement pour les essais 2 et 3. Pour l'état « mobile », il y a une grande différence entre les truies logées sur caillebotis et celles sur paille. En effet, dans l'essai 2, la sensibilité est proche de 70% et la spécificité de 94%, tandis qu'avec la paille, la valeur de sensibilité chute drastiquement jusqu'à 41,4%. Enfin, la précision globale est meilleure avec les données de l'essai 2 (84,2%) que de celles du 3 (69,2%).

Tableau 2 : Résultats de l'analyse de sensibilité

| Etat | Essai 2 | | | Essai 3 | | |
|--------------------|----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
| | Couché | Debout | Mobile | Couché | Debout | Mobile |
| <i>Sensitivité</i> | 94,3 | 66,9 | 68,4 | 89,1 | 67,5 | 41,4 |
| <i>Spécificité</i> | 83,2 | 94,1 | 93,7 | 96,2 | 75,9 | 78,3 |
| <i>Précision</i> | 84,2 | | | 69,2 | | |

En conclusion, la précision, pour capter le niveau d'activité d'une truie avec l'accéléromètre placé à l'oreille, est suffisante. Elle permet d'évaluer le niveau d'énergie dépensée par une truie en fonction de son niveau individuel d'activité physique. Les résultats ont montré une sensibilité du capteur à l'oreille supérieure à 90% en moyenne pour déterminer si une truie est couchée ou debout. Il reste cependant difficile de déterminer si la truie marche ou non en raison de nombreux bruits sur le signal (mouvements de la tête, répétabilité et durée du signal ...). Ces problèmes sont encore plus évidents pour les truies logées sur paille qui ont un comportement d'investigation avec la paille ce qui trompe l'algorithme.

**Figure 4** : Vue 3D de l'accéléromètre final

Le prototype développé a correctement répondu aux attentes en termes d'autonomie et de connectivité (possible de capter 72 boîtiers simultanément) pour aboutir à un dispositif complètement opérationnel (Figure 4).

2. Modèle d'estimation des besoins alimentaires intégrant les caractéristiques individuelles des truies pendant la gestation

L'élaboration d'un modèle d'estimation des besoins alimentaires intégrant les caractéristiques individuelles et/ou l'activité des truies pendant la gestation a été réalisée en deux étapes :

- Evaluer le niveau de dépense énergétique d'une truie selon son activité physique ;
- Prendre en compte les caractéristiques individuelles des truies dans le calcul des rations.

2.1 Niveau de dépense énergétique d'une truie en mouvement

La mise aux normes bien-être des truies gestantes a conduit à une augmentation de leur activité et ce de manière très disparate selon les individus. Les dernières données disponibles sur l'énergie dépensée par les truies datent de 1993 (Noblet et al., 1993). Une truie se tenant debout immobile dépense 0,26 kJ / kg de poids vif métabolique de plus que lorsqu'elle est couchée. Mais quid de l'énergie dépensée lorsque les truies se déplacent ?

2.1.1 Matériel et méthode

Pour ce faire, un tapis roulant spécifique a été développé (Arbor Technologies), afin de pouvoir mesurer, dans les chambres respiratoires de l'INRA à Saint-Gilles, le surcoût énergétique lié au déplacement des truies. Deux chambres de 12 m³ permettant d'accueillir des animaux de 50 à 300 kg ont été utilisées. Une baie d'analyses permet d'enregistrer en continu 1 point toutes les 10 secondes, les niveaux d'O₂, de CO₂, CH₄. Le tapis roulant a été prévu pour faire marcher les truies sur une plage de vitesse allant de 1 à 15 km/h.

Les mesures reposent sur de la calorimétrie dite « indirecte » (Formule de Brouwer) :

$$Pc = 16.175 \times O_2 + 5.021 \times CO_2 (-5.987 \times N_{urine} - 2.167 \times CH_4)$$

Deux expérimentations ont été conduites, la première concernait 12 truies (placées une par une dans les chambres). Afin d'induire des différences d'activité physique, elles étaient alimentées en 1, 2, 3 ou 4 repas dans la journée. Afin de faire coïncider la position de la truie avec une dépense d'énergie, la case était positionnée sur des capteurs de forces et les truies étaient filmées. Le deuxième essai avait pour objectif de quantifier les dépenses d'énergie supplémentaires lorsque les truies sont en mouvement, c'est-à-dire lorsqu'elles marchent ou courent. Nous avons donc, à partir des vidéos réalisées dans l'action 1, déterminé la vitesse de marche et de course des truies. 12 nouvelles truies, de poids différents, ont été entraînées à l'utilisation du tapis roulant pour des vitesses de 1,5 km/h (marche tranquille), 3 km/h (course lente) et 4,5 km/h sprint.

2.1.2 Résultats

Il y a une très bonne correspondance entre la position debout filmée par la caméra et le signal traité des capteurs de force (Figure 5).

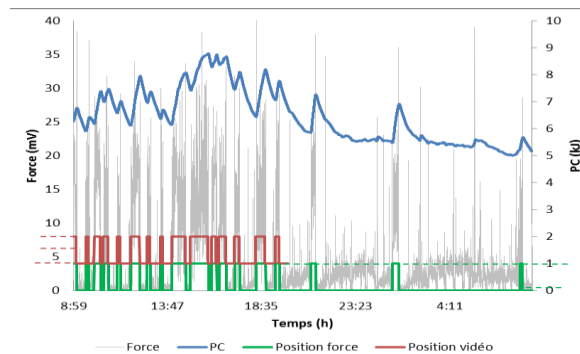


Figure 5 : Identification de la position "debout"

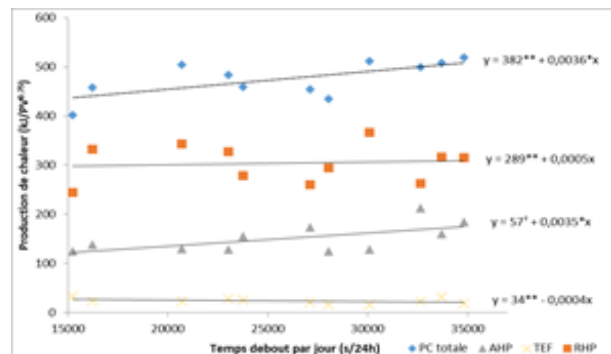


Figure 6 : Effet du temps passé debout sur la production de chaleur

Les résultats de cette première expérience confirment les travaux de 1993 puisque la dépense énergétique s'établit en moyenne, pour une truie debout immobile, à 0,23 kJ/kg de poids métabolique d'énergie supplémentaire. Ils indiquent également, que plus la truie reste debout longtemps (d'affilé) plus la dépense énergétique supplémentaire augmente (Figure 6).

Ce premier essai confirme donc qu'en fonction du temps passé debout par la truie et qu'en fonction de son poids, il y a une dépense énergétique et donc, un besoin d'énergie alimentaire supplémentaire pour le compenser. Les résultats de l'essai 2 montrent qu'une truie qui marche double la dépense d'énergie supplémentaire nécessaire à l'entretien par rapport à une truie debout immobile. De plus, lorsqu'elle court (3 km/h), cette dépense est encore une fois doublée.

2.2 Prise en compte des caractéristiques individuelles des truies et de leur activité pour calculer leur plan de rationnement

Les résultats précédents ont ensuite été utilisés pour alimenter les truies de façon individuelle en fonction du temps journalier passé couchée, debout immobile et en marche. Pour ce faire, chaque truie reçoit une quantité d'aliment dépendante de son épaisseur de lard dorsal (ELD) à l'entrée en gestation (27 jours après l'insémination), de l'objectif d'épaisseur de lard avant l'entrée en maternité, de son poids individuel journalier, de son niveau individuel d'activité et de son rang de portée. Le calcul des besoins alimentaires de chaque truie est réalisé en fonction de l'énergie nette (EN). La première étape consiste à appliquer un plan de rationnement standard adapté selon les critères présentés dans la Figure 7. Cette ration de base intègre jusqu'à présent un niveau d'activité correspondant à 6 heures de position

debout. Pour être en mesure de déterminer ses besoins individuels il faut retirer la quantité d'aliment correspondante à la quantité d'énergie dépensée par la truie pour se maintenir 6 heures debout.

$$\text{Quantité d'aliments sans activité (kg)} = Q_{st} - \left(\frac{\left(\frac{(0,27 * 360)}{1000} \right) * (PV^{0,75}) * 0,75}{9} \right)$$

Q_{st} = quantité d'aliment standard en kg ; PV = Poids vif de la truie

Ensuite, une fois la quantité d'aliment sans activité connue, il faut ajouter la quantité d'aliment correspondant au niveau d'activité individuelle de la truie. Pour ce faire, chaque jour, le logiciel de gestion des accéléromètres envoie pour chaque truie les temps en minute passés debout immobile et debout mobile. Ces temps sont alors transformés en quantité d'énergie sur la base des résultats en chambre respiratoire.

$$E_{act} = \frac{\left((Tps_{Deb} * 0,019) + (Tps_{Mob} * 0,087) \right) * PV^{1,1}}{1000}$$

E_{act} = Energie dépensée par la truie pour son activité

Tps_{Deb} = Temps passé debout immobile par la truie en minute

Tps_{Mob} = Temps passé debout en marche par la truie en minute

Malheureusement, les difficultés rencontrées pour le développement du boîtier définitif ont restreint les effectifs de truies sur lesquelles l'algorithme était testé. Il n'a donc pas été possible de conclure sur le niveau d'amélioration des performances à la mise-bas entre un groupe de truies alimentées selon un plan de rationnement standard et celles alimentées en fonction de leur niveau d'activité.

| Objectif d'ELD à la mise bas | | 21 mm | | | | |
|------------------------------|--|-------|-----|-----|-----|-----|
| Poids initial, kg | ELD initiale, mm Objectif de poids après mise bas, kg | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 120 | 190 (gain net de gestation ¹ = 70 kg) | 3,2 | 3,1 | 3,1 | 3,0 | 2,9 |
| | 170 (+50 kg) | 2,9 | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 2,6 |
| 170 | 240 (+70 kg) | 3,6 | 3,5 | 3,4 | 3,3 | 3,3 |
| | 220 (+50 kg) | 3,3 | 3,2 | 3,1 | 3,0 | 2,9 |
| | 200 (+30 kg) | 2,9 | 2,9 | 2,8 | 2,7 | 2,6 |
| 220 | 290 (+70 kg) | 3,9 | 3,9 | 3,8 | 3,7 | 3,6 |
| | 270 (+50 kg) | 3,6 | 3,5 | 3,4 | 3,4 | 3,3 |
| | 250 (+30 kg) | 3,3 | 3,2 | 3,1 | 3,0 | 2,9 |
| 270 | 300 (+30 kg) | 3,6 | 3,5 | 3,5 | 3,4 | 3,3 |
| | 290 (+20 kg) | 3,5 | 3,4 | 3,3 | 3,2 | 3,1 |

Figure 7 : Rations moyennes (kg/j) calculées sur 11 jours de gestation avec un aliment de gestation formulé à 9,0 MJ/kg

3. Construction d'un modèle de détection précoce des boiteries

3.1 Comportements des truies

3.1.1 Matériel et méthode

Cet essai s'est déroulé au sein de la station expérimentale de l'IFIP à Romillé. Le troupeau de truies est conduit en 7 bandes avec un sevrage des porcelets à 28 jours. Les truies utilisées lors de cet essai sont logées en groupe dynamique et sont alimentées avec un Distributeur Automatique de Concentré (DAC) et ont un âge variable (leur parité variant de 0 à 9). Selon la rotation des bandes, la salle peut accueillir de 48 truies (soit 2 bandes de 24 truies) à 72 truies (3 bandes de 24 truies). Les truies sont identifiées par deux boucles auriculaires : une pour le numéro de travail et l'autre pour la reconnaissance par RFID (Identification par Radio-fréquence) pour le fonctionnement des automates. Cette salle, en caillebotis total, est équipée de 2 DAC Asserva. A la sortie du DAC, un portillon de tri oriente les truies vers la zone de tri, si l'opérateur en fait la demande, ou par défaut, vers la zone de vie avec un passage

obligatoire par une bascule qui réalise une pesée dynamique (sans contention) de la truie. Cette salle est également équipée de 6 abreuvoirs munis d'un compteur d'eau connecté Asserva et d'une antenne RFID, permettant d'obtenir les consommations d'eau (quantité bue et gaspillée, nombre de passages,...) pour chaque truie et à chaque visite. Enfin, le dispositif expérimental est complété par la présence d'une antenne de détection au verrat pour signaler les retours en chaleur. Durant l'expérimentation, tous les événements dans l'élevage ainsi que toutes anomalies chez les truies ont été notés. L'objectif était de pouvoir distinguer les truies saines des truies « à problèmes » pour ainsi pouvoir travailler uniquement sur les truies saines dans un premier temps.

Parallèlement, un suivi « complet » consistait à lever, observer et faire marcher toutes les truies, une par une, et à noter tout éventuel problème. La grille d'observations était divisée en 5 catégories et a été réalisée sur la base du Welfare Quality®, Assessment protocol for pigs :

- Etat général : Truie prostrée, toux, diarrhée,
- Lésion : griffures et plaies (noté de 1-3), vulve abîmée (notée de 1-2), abcès (notée de 1-2)
- Aplombs : boiterie (notée de 1-3), bursite, ...
- Reproduction : écoulement vulvaire, retour en chaleur, ...
- Autres : Grosse oreille, diarrhée

A l'issue des essais une base de données comportant 57 jours de données exploitables avec 83 truies différentes et 3845 données truies/jour a servie à l'analyse des données.

3.1.2 Résultats

Les truies passaient en moyenne, par jour, 27 ± 9 minutes dans le DAC dont 13 ± 3 minutes consistaient à consommer la ration. Les truies effectuaient en moyenne 6 passages ± 3 au DAC dans la journée et avaient un écart moyen de consommation d'aliment à la consigne de $1,35 \% \pm 4,39 \%$.

La variabilité globale et intra-individuelle dépendait des variables de consommation d'aliment étudiés. Le temps de consommation au DAC est moyennement variable d'un jour à l'autre pour une même truie (CV intra-individuel = 19 %) contrairement aux variables temps de présence au DAC/nombre de passages au DAC/écart à la consigne qui varient assez fortement d'un jour sur l'autre pour une même truie (CV intra-individuel, Tableau 3).

Tableau 3 : Résultats au niveau global et intra-individuel pour les 4 variables de consommations d'aliment

| | Temps de présence DAC (min) | Temps de conso DAC (min) | Nombre de passage DAC | Ecart à la consigne (%) |
|-------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Niveau Global | | | | |
| Moy. \pm ET | $27,27 \pm 9,33$ | $13,54 \pm 3,26$ | $6,25 \pm 2,82$ | $1,35 \pm 4,39$ |
| CV | 34% | 24% | 45% | 325% |
| Niveau individuel | | | | |
| CV moyen | 42% | 19% | 54% | 269% |
| Ecart CV | 13% | 8% | 12% | 238% |

Les truies consommaient en moyenne, par jour, $6 \text{ L} \pm 2,8 \text{ L}$ d'eau à l'abreuvoir. En prenant en compte l'eau du DAC, les truies buvaient quotidiennement, en moyenne, $7,7 \text{ L} \pm 2,9 \text{ L}$ d'eau (abreuvoir + DAC). Les truies passaient, en moyenne, 13 ± 6 minutes à l'abreuvoir en faisant ± 2 passages à l'abreuvoir.

La consommation d'eau, uniquement à l'abreuvoir, varie fortement d'un jour sur l'autre pour une même truie (CV intra-individuel = 52 %). En prenant en compte l'eau bue au DAC dans la consommation d'eau quotidienne, la variabilité intra-individuelle aurait tendance à diminuer. La consommation d'eau ramenée au poids vif de la truie n'entraîne pas une diminution significative de cette variabilité (Tableau 4).

Une forte variabilité intra-individuelle est aussi observée pour le temps passé à l'abreuvoir ainsi que le nombre de passages journalier (CV intra-individuel, Tableau 4).

Tableau 4 : Résultats au niveau global et intra-individuel pour les 4 variables de consommations d'eau

| | Conso. abreuvoirs (ml) | Conso. abreuvoirs sans « 0 » (ml) | Conso. abreuvoirs + DAC (ml) | Conso. abreuvoirs + DAC (ml/kg PV) |
|-------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Niveau Global | | | | |
| Moy. ± ET | 5992 ± 2799 | 6271 ± 2927 | 7655 ± 2857 | 30,92 ± 11,18 |
| CV | 47% | 47% | 37% | 36% |
| Niveau individuel | | | | |
| CV moyen | 52% | 45% | 39% | 35% |
| Ecart CV | 15% | 14% | 9% | 10% |

3.2 Modèle de détection précoce de boiterie

Comme précisé précédemment, les données disponibles sur les truies sont nombreuses : comportements alimentaires, comportements hydriques, poids, niveau d'activité, données climatiques de la salle,... Au vu de la grande variabilité observée sur ces différents comportements, la création d'un modèle capable, sur la base de simples seuils, de détecter précocement lorsqu'une truie boîte est impossible. Différentes méthodes de traitement par classification non supervisée ont été testées afin de construire un modèle pertinent.

3.2.1 Préparation des données

La base de données (BDD) constituée sur les truies était composée de 54 variables. Une sélection, *a priori*, a été réalisée pour ne garder que 18 d'entre elles. Cette sélection reposait principalement sur l'expertise zootechnique et sur l'applicabilité en élevage commercial du modèle qui pourrait en résulter. Les variables conservées correspondent à celles relatives aux comportements alimentaires et hydriques, telles que le temps passé à l'auge, la quantité d'aliment consommée par passage, la période pendant laquelle la truie mangeait et le poids de l'animal.

Toutes les données ont été agrégées sur des périodes de six heures pour chaque truie et chaque jour. Afin de lisser la consommation d'aliments et d'eau et le temps passé à manger ou à boire en raison de leur forte variabilité, la valeur cumulée des neuf dernières périodes a été ajoutée ainsi que les moyennes mobiles des six dernières périodes pour chacune de ces quatre variables.

La classification non supervisée considère que les événements sont indépendants entre eux, même s'il s'agit de séries temporelles. Afin de permettre au modèle de détecter un changement de comportement alimentaire ou hydrique pour une même truie dans le temps, le choix a été fait d'intégrer une fonction « décalage » sur 4 périodes. Ainsi chaque ligne de la BDD contenait l'historique des dernières 24H.

3.2.2 Sélection du modèle

Afin de sélectionner le meilleur modèle capable de détecter précocement des maladies, nous avons testé neuf méthodes différentes : Gradient Boosting, Bagging CART, CART, baies naïves, k-nn avec k égal à 3, 5 et 8, régression logistique et forêt aléatoire.

Pour la prédiction, la méthode de référence retenue était la notation du niveau de boiteries observé par les opérateurs. La prévalence des boiteries était de 7% dans la BDD utilisée.

Pour chacune des neuf méthodes utilisées pour effectuer une détection précoce de boiteries, nous avons réalisé dix itérations. En d'autres termes, dix modèles d'apprentissage automatique ont été réalisés. Les modèles ont été construits à chaque fois sur un échantillon différent d'ensemble de données de la base de données sélectionnée. La classification non supervisée nécessitant une prévalence importante (25%) de la variable prédictive et comme il n'y avait que 7% de score boiterie positif, l'ensemble de données aléatoires a été ajusté par sous-échantillonnage des lignes « boiteries » négatives afin d'avoir une proportion d'au moins 25% de score boiterie positif.

70% de chaque jeu de données ont été utilisés pour faire apprendre le modèle et 30% ont été conservés pour tester le modèle. Les neuf modèles ont été évalués en analysant l'état prédit et celui observé. Afin d'évaluer l'intérêt d'intégrer le niveau d'activité dans les modèles, nous avons tout d'abord supprimé la variable niveau d'activité. Les résultats ci-dessous ne tiennent donc pas compte de cette valeur. Nous avons utilisé le test de classification binaire avec calcul de sensibilité et de spécificité.

Tableau 5 : Résultats des tests sur les neufs modèles utilisés

| | Sensibilité | Spécificité |
|--|-------------|-------------|
| Bagging | 0,75 | 0,94 |
| Classification and Regression Trees (CART) | 0,19 | 0,97 |
| Gradient Boosted Machine | 0,14 | 0,99 |
| k-Nearest Neighbors 3 | 0,88 | 0,81 |
| k-Nearest Neighbors 5 | 0,86 | 0,80 |
| k-Nearest Neighbors 8 | 0,83 | 0,78 |
| Logistic Regression | 0,29 | 0,85 |
| Naive Bayes | 0,61 | 0,56 |
| Random Forest | 0,69 | 0,93 |

Les résultats (Tableau 5) montrent que le modèle qui semble le mieux fonctionner est le modèle bagging CART avec une moyenne de bonnes prédictions proche de 75 %. Pour ce modèle, la sensibilité s'établit à 74,76 % et la spécificité à 94,41 %. Lorsque nous faisons le même modèle en intégrant le niveau d'activité, la sensibilité passe à 76,76 % pour une spécificité légèrement inférieure, 93,78 % contre 94,41%.

Ces bons résultats obtenus avec la méthode Bagging ne sont qu'une première étape avant de disposer d'un outil d'aide à la décision pour les fermes commerciales. En effet, avec une spécificité d'environ 75 %, l'algorithme émet toujours trop de fausses alarmes, ce qui constitue un risque pour les éleveurs de renoncer à utiliser l'outil d'aide à la décision. La construction du modèle étant basée sur des animaux élevés dans les mêmes conditions, la température de consigne, la génétique, la même salle, ... elle n'est peut-être pas très robuste. De plus, les données sont l'instrument permettant à l'apprentissage automatique de comprendre et d'apprendre. Plus un système d'apprentissage automatique reçoit de données, plus il en apprend et plus les résultats peuvent être précis. Même si la BDD utilisée est relativement conséquente pour les zootechniciens, elle reste limitante pour le Machine Learning. C'est pourquoi nous avons dû sous-échantillonner. Le risque principal consiste à surexploiter l'ensemble de données.

Conclusion

Cette étude a permis le développement d'un accéléromètre dont la précision est suffisante pour évaluer le niveau d'énergie dépensé par une truie selon son activité individuelle. En effet, les résultats montrent que la sensibilité est supérieure à 90 % en moyenne pour savoir si la truie est couchée ou debout. Toutefois, il est clairement plus difficile de déterminer si la truie marche ou pas à cause du mode de fixation à l'oreille qui génère un bruit de fond (sensibilité <80%). A l'issue de cette étude, nous disposons tout de même d'un modèle et d'un capteur associé qui permettent de prendre en compte la variabilité du niveau d'activité des truies pour construire le plan quotidien de rationnement alimentaire. Malheureusement, les difficultés rencontrées pour le développement du boîtier accélérométrique et de son mode de fixation définitif ont restreint les effectifs de truies sur lesquelles l'algorithme était testé. Il n'a donc pas été possible de conclure sur le niveau d'amélioration des performances à la mise-bas entre un groupe de truies alimentées selon un plan de rationnement standard et celles alimentées en fonction de leur niveau d'activité.

En outre, ce projet confirme que le niveau de dépense énergétique pour la maintenance de la stature debout est resté le même depuis les travaux de Noblet et al. en 1993. Les résultats n'ont pas pu être publiés dans le cadre du projet mais ces travaux ont été complétés par les niveaux de dépenses énergétiques pour la maintenance lorsque la truie marche et court. Ainsi, la truie consomme 2 fois plus d'énergie lorsqu'elle marche par rapport à la station debout et double encore cette dépense lorsqu'elle court.

Enfin, le modèle de détection précoce des boiteries développé dans le cadre de ce projet est très prometteur mais reste insuffisant pour l'intégration dans un applicatif élevage. En effet, avec une sensibilité de 75 % il reste encore de trop nombreuses fausses alertes pour rendre le modèle élevage compatible.

Références bibliographiques

- Badouard B., Boulot S., Courboulay V., 2013 Les pratiques de réforme différentielles dans les élevages conduisant les truies en groupe ? Journées de la Recherche Porcine, 45,77-78.
- Bertin C., Ramonet Y., 2015. Utilisation d'accéléromètres pour mesurer l'activité physique des truies logées en groupes. Développement de la méthode et utilisation dans six élevages. Journées de la Recherche Porcine, 47, 229-234.
- Boulot S., Courboulay V., Badouard B., Pellois H., Ramonet Y., 2011. La conduite des truies en groupe augmente-t-elle les risques de troubles de la reproduction dans les élevages français ? Journées de la Recherche Porcine 2011 (43), 171-178.
- Brouer, E., 1965. Report of Sub-Committee on constants and factors. In: Blaxter, K.L., Ed., Proceedings of the « 3rd Symposium on Energy Metabolism, Academic Press, London, 441-443.
- Cador C., 2013. Etude des troubles locomoteurs de la truie gestante logée en groupe. Rapport de stage de fin d'étude, Agrocampus Ouest, 64 pages.
- Cornou C., Lundbye-Christensen S., 2008. Classifying sows' activity types from acceleration patterns: An application of the Multi-Process Kalman Filter. Applied Animal Behaviour Science, 111, 262–273.
- Cornou C., Lundbye-Christensen S., 2010. Classification of sows' activity types from acceleration patterns using univariate and multivariate models, Computers and Electronics in Agric., 72, 53–60.
- Cornou C., Ringgaard Kristensen A., 2013. Use of information from monitoring and decision support systems in pig production: Collection, applications and expected benefits. Lives. Sci.157, 552 – 567
- Dourmad J.Y., Étienne M., Noblet J., Valancogne A., Dubois S., Van Milgen J., 2005. InraPorc : un outil d'aide à la décision pour l'alimentation des truies reproductrices. Journées Recherche Porcine, 37, 299-306.
- Heugebaert S., 2013. Nutrition des truies : ELD et ELM alimentent la réflexion. TechPorc 10, 20-22.
- Noblet J., Étienne M., 1987. Dépenses et besoins énergétiques de la truie au cours du cycle de reproduction. Journées Recherche Porcine, 19, 197-202.
- Noblet J., Dourmad J.Y., Dubois S., Le Dividich J., 1988. Influence de la température ambiante sur les dépenses énergétiques de la truie gravide. Journées Recherche Porcine, 20, 345-350
- Noblet J., Shi X.S., Dubois S., 1993. Metabolic utilization of dietary energy and nutrients for maintenance energy requirements in sows: basis for a net energy system. British J of Nutrition, 70, 407-419.
- Ramonet Y., Tertre A., 2014. Evaluation de l'activité motrice des truies en groupes en élevages de production. Journées Recherche Porcine, 46, 267-268.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL ou DOI).