



Construction d'un outil d'aide à la décision visant à optimiser les réformes des truies par les éleveurs

Vivien SAMSON (1), Bastien RIERA (1), Jean-Yves LEGAUD (2), Yohan PIEL (3), Arnaud BUCHET (4)

(1) Cooperl Data Science, ZAC du Liffré 64 Rue Mouëxigné, 22403 Lamballe-Armor, France

(2) Cooperl Groupement d'éleveurs Porcs, 21 Rue d'Armor Maroué, 22403 Lamballe-Armor France

(3) Cooperl Suite, 18 Avenue Henri Fréville Bâtiment B, 35200 Rennes, France

(4) Cooperl Innovation SAS, 1 Rue de la gare, 22640 Plestan, France

vivien.samson@cooperl.com

Construction d'un outil d'aide à la décision visant à optimiser les réformes des truies par les éleveurs

La pérennité d'un élevage de porc passe par une stratégie de réforme des truies visant à concilier performances, santé et bien-être des animaux. Certains choix de réformes sont subis car la truie n'est pas en mesure de poursuivre sa carrière de production tandis que d'autres résultent d'une décision de l'éleveur. Dans ce cas, les critères de choix de l'éleveur reposent essentiellement sur sa capacité individuelle à estimer les performances futures des truies. Ces choix multicritères semblent complexes. L'objectif de cette étude est de construire un outil d'aide à la décision visant à optimiser les choix de réforme des truies par les éleveurs. Les données issues de 199 867 mises-bas provenant de 67 élevages ont été collectées. Un modèle linéaire prédisant le nombre de porcelets nés vifs par truie au rang de portée suivant a été créé à partir de variables en lien avec le rang, la productivité de la truie et de l'élevage. Un score de réforme incluant cette prédiction a été conçu. Les variables sélectionnées pour ce score sont les suivantes : prédiction du nombre de nés vifs au rang suivant (N+1), nombre de nés vifs au rang N, prédiction du nombre de sevrés au rang N+1, nombre de sevrés au rang N-1, intervalle sevrage saillie fécondante et le rang actuel de la truie. Les résultats de simulation de l'utilisation du score de réforme comparé aux choix réalisés par l'éleveur indiquent une augmentation en termes de nombre de nés vifs par truie par an (+0,35) sans impact sur la longévité des truies (-0,2 rang moyen des truies). La mise en place de cet outil offre donc la possibilité aux éleveurs d'optimiser leur choix de réforme.

Construction of a decision support tool to optimize sow culling by farmers

The sustainability of a pig farm depends on a sow culling strategy that aims to reconcile performance, health and animal welfare. Some culling choices are made because the sow is not able to continue her production career, while others are the result of a decision by the farmer. In this case, the farmer's choice criteria are essentially based on the farmer's ability to estimate the future performance of the sows over the rest of their career. These multi-criteria choices therefore seem particularly complex. The objective of this study was to build a decision support tool to optimize the choice of sow culling by farmers. Data from 199 867 farrowings from 67 farms were collected. A linear model predicting the number of live born piglets per sow at the next parity was created from several variables related to parity, sow and farm productivity. A culling score was then designed that included this prediction, along with the prediction of the number of piglets born alive at parity N, prediction of the number of piglets weaned at parity N+1, the number of piglets weaned at parity N-1, the weaning-to-conception interval of the sow and the current parity of the sow. Simulated results of using the culling score instead of the farmer's choices clearly indicated an increase in the number of live born piglets per sow per year (+0.35), with no impact on sow longevity (+0.2 average sow parity). Implementing this decision support tool in the Cooperl Suite application thus gives farmers the ability to optimize their culling choices.

INTRODUCTION

L'aspect économique est primordial dans la pérennité et la bonne tenue d'un élevage. La longévité des truies est un des éléments à prendre en considération. Le retour sur investissement du prix d'une cochette est obtenu à partir de la 3^{ème} parité (Stalder *et al.*, 2003). Une faible longévité dans un élevage peut donc induire une perte économique et un problème éthique. En améliorant la longévité des truies, la rentabilité de l'élevage de porcs est améliorée grâce à l'augmentation des performances moyennes des truies sur la totalité de leur carrière, la réduction des dépenses de renouvellement et la réduction des coûts associés à l'élevage des cochettes. Une faible longévité peut résulter d'un fort taux annuel de réforme, une mauvaise gestion des réformes, de problèmes sanitaires ou de reproduction. Un certain nombre d'études ont déjà démontré des erreurs de choix de réformes. En effet, des réformes de truies après seulement une parité ou encore de truies avec des performances productives à fort potentiel sont parfois observées en trop grande quantité dans certains élevages (López-Serrano *et al.*, 2000; Lucia *et al.*, 2000). Dans certains cas, l'éleveur fait face à des réformes subies comme des truies ayant des problèmes de santé ou encore des truies présentant des soucis de reproduction. Dans d'autres cas, l'éleveur peut choisir les truies qu'il réforme. La prolificité est alors souvent un critère majeur dans son choix de réforme. Néanmoins, l'analyse bibliographique a fait ressortir un manque d'informations sur les critères de réformes permettant d'optimiser les choix de réforme en élevage. Si l'éleveur avait accès à un score comprenant différents critères de choix de réforme, il aurait davantage de visibilité sur ses choix et il pourrait alors maximiser plus facilement et sereinement les performances de son troupeau de truies. Le but de cette étude est donc de proposer un outil d'aide à la décision pour l'éleveur dans le choix de réforme de ses truies.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Données utilisées

Les données utilisées sont issues de « Cooperl Suite » qui regroupe plusieurs applications permettant de gérer les différentes activités de l'élevage porcin via l'analyse des données collectées. Les informations de 199 867 mises-bas, s'étendant de 2000 à 2019, provenant de 67 élevages adhérents de Cooperl ont été utilisées dans cette étude. L'unité statistique de cette base correspond à un cycle d'une truie, avec les données suivantes :

- Date de mise-bas
- Nombre de nés vifs, de sevrés, de mort-nés, de momifiés, d'adoptés, de retirés
- Date de Sevrage
- Intervalle Sevrage Saillie Fécondante
- Temps de lactation
- Date de réforme
- Epaisseur de lard dorsal (ELD) en entrée de maternité
- ELD en sortie de maternité

A partir de ces données, de nouvelles variables ont été calculées :

- Bande des truies ayant mis bas (correspondant à une semaine de mise bas)

- Moyenne antérieure des performances de la truie
- Moyenne des performances par élevage
- Rang de portée au carré
- Rang de portée au cube
- Intervalle entre deux mises bas
- Age à la mise bas
- Nombre de truies par bande
- Nombre de truies réformées par bande
- Perte d'ELD en maternité.

1.2. Traitements des valeurs aberrantes

A partir de l'analyse descriptive de la base de données compilée, il a été remarqué des données aberrantes pour le temps de lactation maximum (58 jours) ainsi que pour l'intervalle entre mise bas minimum (116 jours). En effet, en France, le temps de lactation est le plus souvent compris entre 21 jours et 28 jours. De plus, l'intervalle entre deux mises bas comprend le temps de lactation (21 ou 28 jours), l'intervalle sevrage saillie fécondante (ISSF) (4 à 5 jours) et le temps de gestation (114 jours). Des valeurs qui s'écartent de ces données proviennent donc des erreurs de saisie. Enfin, des données manquantes de valeurs d'ELD ayant été observées, ce critère n'a finalement pas été intégré dans les futures analyses.

Concernant les analyses des causes de réformes, les élevages avec un pourcentage supérieur à 30% de motif "autres" ont été retirés de l'analyse. En effet, le choix du motif de réforme étant suffisamment large dans l'application « Cooperl Suite » (Csuite), il a été estimé que les données de ces élevages n'étaient pas fiables et ne devaient pas être utilisées dans l'analyse. La sélection des données a également été faite sur les truies réformées à partir de 2015 pour des raisons de fiabilité. Sur cette nouvelle table, 50 élevages ont été conservés et 96 952 mises bas y sont renseignées.

1.3. Statistiques

Les statistiques ont été réalisées sous R studio version 1.2.5001 (2019). Des analyses exploratoires et descriptives ont tout d'abord été réalisées afin d'identifier et de caractériser les facteurs associés à la prolificité et à la longévité des truies. Les différences entre groupes ont été testées statistiquement à l'aide de multiples ANOVA (analyse de variance - covariance).

1.3.1. Construction des modèles du nombre de nés vifs et de sevrés

Différents modèles statistiques ont été utilisés afin de tester tout un panel de variables expliquant le nombre de nés vifs et le nombre de sevrés. L'exemple des différents modèles utilisés pour la prédiction du nombre de nés vifs est présenté dans le Tableau 1. Les différentes variables ont été sélectionnées dans le jeu de données initial par la méthode Stepwise disponible sur R (Package StepReg). Cette méthode consiste à ajouter ou retirer de façon itérative des prédicteurs au sein d'une équation de prédiction afin d'obtenir les variables avec les meilleures performances dans le modèle. Cette méthode permet alors de minimiser le nombre de variables utilisées et de minimiser l'erreur prédictive.

Le modèle de régression linéaire fourni par la régression stepwise a présenté les meilleures performances. Ce modèle a sélectionné initialement 18 variables permettant d'expliquer le nombre de nés vifs de façon linéaire. En effet, une équation

avec le plus faible nombre de variables possible sera plus facile à mettre en production dans une application au contraire d'une forêt aléatoire qui peut demander l'utilisation d'une interface de programmation d'application (API) plus gourmande en temps de calcul. Une fois ces variables obtenues, afin de rendre le modèle plus robuste et opérationnel dans l'application Csuite, une réduction du nombre de variables a été obtenue via une matrice de corrélation de Pearson. Cette matrice a été déterminée pour le nombre de nés vifs et sur les variables explicatives. De plus, afin de suivre d'une meilleure façon l'évolution des performances au cours du temps, la variable rang a été transformée en plusieurs nouvelles variables complémentaires.

Au final, les variables sélectionnées dans le modèle de prédiction du nombre de nés vifs sont donc en lien avec le rang, la productivité de la truie et de l'élevage ou l'année de mise-bas en accord avec la bibliographie (Tummaruk *et al*, 2000; Bidanel, 2018). Les variables ayant la plus grande contribution à l'explication de la variance dans le modèle de prédiction du nombre de nés vifs sont celles liées au rang et à la performance moyenne de la truie sur les rangs antérieurs. La même méthodologie a été appliquée pour la construction du modèle de prédiction du nombre de sevrés. Ainsi, les variables contribuant le plus à l'explication de la variance du nombre de sevrés sont celles liées aux performances moyennes de l'élevage et au rang.

Tableau 1 - Récapitulatif des tests de modèles de prédiction du nombre de nés vifs par portée sur le cycle suivant d'une truie

Modèles	Nb variables explicatives	Estimation du temps d'obtention des coefficients	Facilité d'industrialisation dans Csuite ¹
Régression linéaire - stepwise	18	18 sec	++
Régression linéaire - stepwise + réduction du nombre de variable	10	18 sec	+++
Forêt aléatoire	43	46 sec	-
Régression Polynomiale	19	15 sec	+
Régression de Poisson	17	1 min 30 sec	+
Gradient Boosting	40	37 sec	-
Régression linéaire - stepwise - Evolution du nombre de nés vifs expliquée	18	18 sec	++

¹ Qualification subjective de la facilité d'industrialisation du modèle (compromis puissance et temps analyse, nombre de variables)

1.3.2. Construction du score de réforme

Après une étude bibliographique préliminaire et plusieurs discussions avec des experts métiers, une truie performante a pu être définie comme telle : elle produit un nombre de nés vifs important, sèvre le plus possible et de façon autonome ses porcelets, n'a pas de retour en chaleur et maximise sa longévité sans perte de performances significative. A partir de cette analyse, les variables sélectionnées pour le score de réforme sont donc les suivantes :

- Prédiction du nombre de nés vifs au rang N+1
- Nombre de nés vifs au rang N
- Prédiction du nombre de sevrés au rang N+1
- Nombre de sevrés au rang N-1
- ISSF
- Rang.

Le nombre de sevrés est pris au rang N-1 car il a été identifié dans la bibliographie qu'une truie ayant un trop grand nombre de sevrés peut impliquer un plus faible nombre de nés vifs au rang suivant dû à une perte d'ELD lors de la période de lactation (Quesnel, 2005). Une fois les variables du score de réforme sélectionnées, la question de l'importance de chacune de ces variables s'est posée. L'Analyse en Composante Principale (ACP) sur les variables sélectionnées a permis de déterminer cette importance. Cette ACP est réalisée sur R à partir du package FactoMiner. Une fois l'ACP réalisée, le graphique de corrélation des variables est obtenu. Il montre les relations entre toutes les variables. Il peut être interprété

ainsi : 1) Les variables positivement corrélées sont regroupées ; 2) Les variables négativement corrélées sont positionnées sur les côtés opposés de l'origine du graphique (quadrants opposés) ; 3) La distance entre les variables et l'origine mesure la qualité de représentation des variables. Les variables qui sont loin de l'origine sont bien représentées par l'ACP.

Le graphique de corrélation représente les variables sur un axe à deux dimensions (figure non présente ici, disponible sur demande). Dans notre cas, la dimension 1 représente très probablement les performances de reproduction d'une truie. Elle permet d'expliquer 42,6 % de la variance du jeu de données. De plus, le nombre de nés vifs au rang N, la prédiction du nombre de nés vifs au rang N+1, le nombre de sevrés au rang N-1, la prédiction du nombre de sevrés au rang N+1 et le rang N+1 sont bien expliqués par cette dimension. A partir de cette dimension, il est alors possible de déterminer la position de chacune des variables sur cet axe. La position de chaque variable sur l'axe représentant sa contribution aux performances, elle permet d'établir l'importance de celles-ci dans le score de réforme. Les coordonnées de l'ensemble de ces variables sur l'axe de la dimension 1 sont alors utilisées pour les pondérer dans l'équation du score de réforme. Plus une truie aura un score élevé, plus les performances de reproductions de celle-ci seront élevées et moins elle aura une recommandation à être réformée.

1.3.3. Simulation du score de réforme

Une fois ce score de réforme calculé, les truies sont classées dans l'ordre croissant par bande. Il est alors possible de

comparer les truies réformées par l'éleveur et de comparer les truies réformées par le modèle. Des simulations de prédiction sur les truies réformées par l'éleveur et conservées par le modèle sont également réalisées afin de voir si les choix du modèle impliquent une augmentation des performances globale de la bande à N+1. Cette simulation est réalisée sur 182 148 truies. Les bandes où l'intégralité des truies sont renseignées comme réformées ont été retirées de cette analyse. La simulation a été réalisée sur toutes les bandes et sur six mises bas successives. Ensuite, les performances des truies conservées par le modèle sur les six bandes successives ont été estimées et comparées aux performances réelles. Le but recherché est de voir le gain potentiel au bout de six bandes et de voir la durabilité du modèle dans le temps.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Caractérisation des réformes des truies en élevages

Sur la base de données qui regroupe 96 952 mises bas, le rang de réforme moyen est de 4,7. Le rang moyen de portée de truies à la réforme de ces élevages est donc un peu inférieur à celui observé dans les résultats des élevages suivis en Gestion Technique des Troupeaux de Truies de Cooperl en 2016 mais reste relativement proche (4,7 contre 5,3). Le motif de réforme "Gestion Bande" est le plus représenté puisqu'il atteint 35% des motifs totaux (Figure 1). La moyenne du rang de réforme est de 5,93 pour les truies réformées pour ce motif, la plupart étant réformées pour vieillesse (Figure 2). Ces résultats confirment donc qu'il est possible d'agir sur les choix de réformes puisque dans 35% des cas, les réformes sont choisies par l'éleveur (Figure 1).

2.2. Modèles de prédiction des performances d'une truie

2.2.1. Modélisation du nombre de nés vifs

La comparaison entre les prédictions du modèle et les valeurs mesurées est présentée à la figure 3. En moyenne la prédiction suit plutôt bien la réalité puisqu'il y a un écart moyen absolu entre la courbe réelle et la courbe prédite de 0,14 nés vifs. Les prédictions du nombre de nés vifs au rang 1 ne sont pas représentées car certaines variables qui composent le modèle sont données au rang antérieur.

2.2.2. Modélisation du nombre de sevrés

Pour le nombre de sevrés, la comparaison entre les valeurs réelles et les valeurs prédites a également été réalisée. L'écart moyen absolu entre la courbe réelle et la courbe prédite est de 0,03 sevrés. L'écart de la prédiction du nombre de sevrés est plus faible que pour la prédiction du nombre de nés vifs. Ceci est probablement dû au fait que l'écart type du nombre de sevrés dans les élevages de l'étude est inférieur à l'écart type du nombre de nés vifs (respectivement 2,12 contre 3,49). Le modèle du nombre de sevrés prédit donc avec plus de précision que le modèle du nombre de nés vifs. L'écart type du nombre de sevrés est plus faible que celui du nombre de nés vifs car l'éleveur peut agir sur le nombre de sevrés en

pratiquant des adoptions et des retraits de porcelets sur les truies pour équilibrer la taille et l'homogénéité des portées.

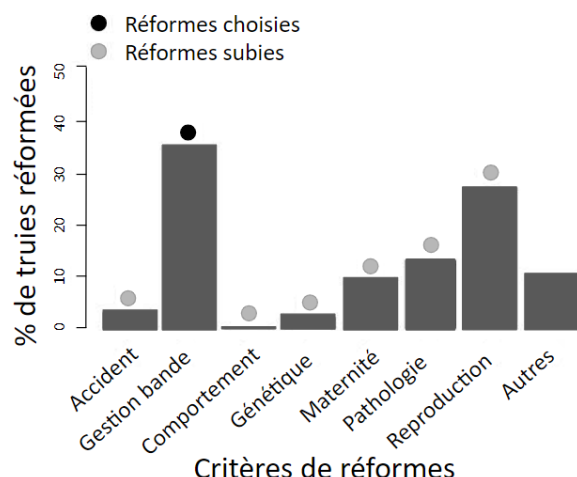


Figure 1 – Pourcentage de truies réformées en fonction des différents critères de réforme

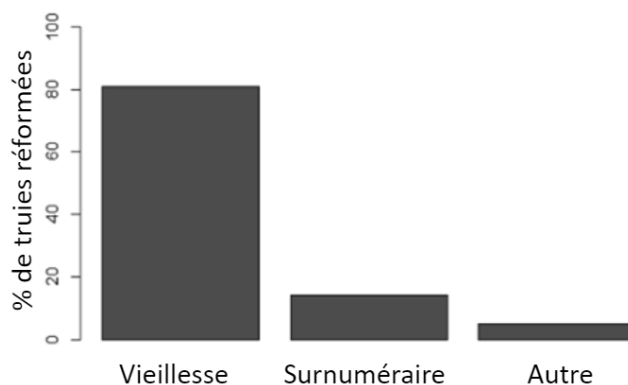


Figure 2 – Motif de réforme au sein des truies réformées pour « Gestion Bande »

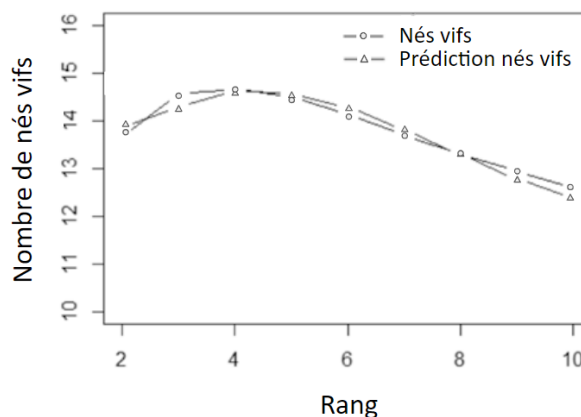


Figure 3 – Courbes moyennes du nombre de nés vifs réel et du nombre de nés vifs prédit en fonction du rang de portée (n= 199 867 mises-bas)

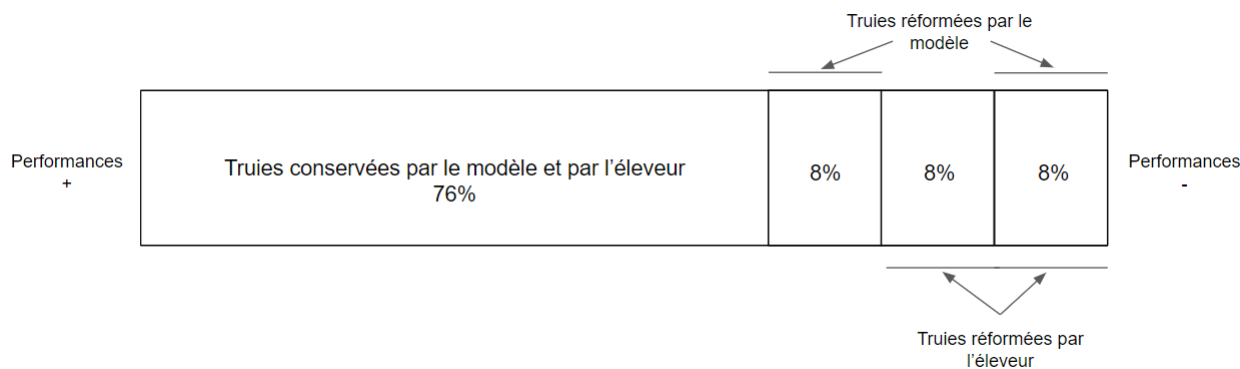


Figure 4 - Schématisation de la distribution des truies réformées (16% des effectifs) par le modèle ou par l'éleveur.

2.3. Simulation du score de réforme sur notre jeu de données

Dans notre échantillon, environ 16% des truies sont réformées par l'éleveur (Figure 4). Sur ces 16%, 8% sont à la fois réformées par le modèle et par l'éleveur. Sur les 8% restants il y a un désaccord entre le modèle et l'éleveur, ce qui correspond à environ 50% des réformes. Le gain estimé par le modèle est donc réalisé pour la moitié des réformes théoriques.

La simulation d'un respect intégral des recommandations de réforme du modèle sur six bandes successives montre qu'en adoptant les décisions du modèle la bande de truies conservée fait gagner environ 0,14 porcelets nés vifs par portée (soit 0,35 nés vifs par truie par an) par rapport aux pratiques de l'éleveur (Figure 5).

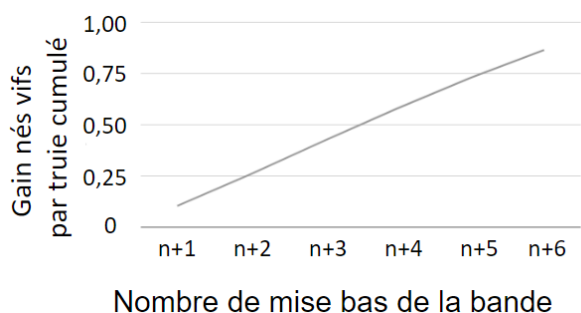


Figure 5 - Gain du modèle en terme de nombre de nés vifs cumulé par truie en fonction de la situation de la bande

Par ailleurs, le rang moyen des truies dans les pratiques du modèle est légèrement inférieur à celui obtenu avec les pratiques de l'éleveur (-0,2 rang moyen des truies, Figure 6). En effet, le modèle privilégie les jeunes truies au détriment des truies plus âgées qui sont moins performantes en moyenne. A l'inverse, l'éleveur réforme en moyenne des truies plus jeunes. De plus, le rang moyen des truies du modèle semble tout de même rester stable en fonction du nombre de mise bas de la bande avec même une légère hausse du rang moyen. A partir de ces résultats, le modèle améliore les performances du troupeau en termes de nombre de nés vifs. Ce modèle est également durable dans le temps puisque la longévité des truies n'est pas impactée et que le rang moyen des truies au sein d'une bande reste stable.

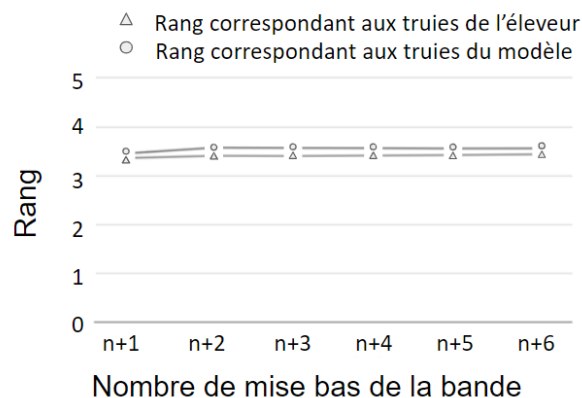


Figure 6 - Rang moyen des truies par bande en fonction de la situation de la bande et des pratiques de réforme, celles du modèle ou celles de l'éleveur

Les résultats du gain estimé sont néanmoins à nuancer car, dans la réalité, l'éleveur ne choisit pas toujours à 100% quelles truies sont à réformer. En effet, l'éleveur peut faire face à des réformes subies pour, par exemple, des problèmes d'aplombs, des truies vides à l'échographie, des problèmes comportementaux ou encore des pathologies. Ces truies ont peut-être un fort potentiel de performance au rang suivant mais ces événements imprévus obligent l'éleveur à les réformer. Aujourd'hui, le modèle ne prend pas en compte ces événements et se base sur les performances propres à chaque truie. Le choix a été fait de ne pas prendre en compte ce type de réforme subie, car ce critère n'est, actuellement, pas forcément fiable dans nos bases de données. Ce constat renforce également la position de notre outil comme une aide à la décision pour l'éleveur et non comme une délégation de la décision. A la suite de ces analyses, différentes pistes d'amélioration peuvent être proposées. Il pourrait être intéressant d'intégrer une prédiction de la capacité de sevrage propre à la truie plutôt qu'un nombre de sevrés prédit dans le score de réforme. En effet, à l'heure actuelle, le modèle prédictif du nombre de sevrés ne prend pas totalement en compte la capacité de sevrage d'une truie ni la stratégie de l'éleveur. En effet, le nombre de sevrés dépend grandement du nombre d'adoptés ou retirés par l'éleveur tandis que la capacité de sevrage (différence entre le nombre de porcelets au sevrage et le nombre de porcelets après adoption) permettrait de s'affranchir de ces adoptés/retirés et refléterait mieux les performances propres de la truie.

Il serait donc intéressant de réaliser une analyse plus poussée sur la qualité des données concernant le nombre de porcelets adoptés et de porcelets retirés. Il peut en effet exister un écart entre le nombre d'adoptés et de retirés pour une bande donnée. Par ailleurs, il apparaît que la plupart des éleveurs réforment les truies qui sont vides à l'échographie de façon automatique. Aujourd'hui, le score de réforme ne prend pas en compte cet échec de fécondation. La prédiction de cet échec pourrait être mise en œuvre et implémentée dans une mise à jour du score de réforme. Enfin, actuellement nous n'avons pas d'informations concernant la santé des truies. Un état de santé médiocre implique un surcoût en termes de temps de main d'œuvre et de médicaments. De plus, un mauvais état de santé aura un impact négatif sur les performances de prolificité au rang suivant. Il pourrait donc être intéressant d'avoir cette donnée afin de l'intégrer dans le score de réforme.

CONCLUSION

Grâce à la réalisation de ce projet, il est possible d'implémenter de nouveaux indicateurs et fonctionnalités à forte valeur ajoutée dans les outils de gestion de la reproduction. A date, les indicateurs proposés concernent la prédiction du nombre de nés vifs et la prédiction du nombre de sevrés. Il est désormais possible de prédire quelles truies le modèle préconise pour la réforme via un score de réforme. Ce score de réforme prend en compte le rang de portée, le nombre de nés vifs, le nombre de sevrés et l'intervalle sevrage saillie fécondante (ISSF). Les résultats de simulation indiquent un potentiel moyen d'amélioration des résultats en termes de nés vifs par truie de +0,35 porcelet par an et par extension en termes de gain économique sans impacter la longévité des truies (-0,2 de rang moyen des truies). Des indicateurs complémentaires pourront venir, par la suite, affiner et améliorer ce score de réforme. Enfin, les modèles ont montré que les performances antérieures et donc celles au rang 1 ont un impact essentiel sur la suite de la carrière d'une truie. Or, actuellement, la prédiction ne se fait pas sur les truies au rang 1. Un nouveau projet va s'attacher à prédire les performances d'une truie au rang 1 en fonction des variables propres au début de sa vie et des performances de sa mère.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bidanel J.-P., Silalahi P., Tribout T., Canario L., Ducos A., Garreau H., Gilbert H., Larzul C., Milan D., Riquet J., Schwob S., Mercat M.-J., Hassenfratz C., Bouquet A., Bazin C., Bidanel J., 2018. Cinquante années d'amélioration génétique du porc en France : bilan et perspectives. *INRAE Prod. Anim.*, 33(1).
- López-Serrano M., Reinsch N., Looft H., Kalm E., 2000. Genetic correlations of growth, backfat thickness and exterior with stayability in large white and landrace sows. *Livest. Prod. Sci.*, 64, 121-131.
- Lucia T., Dial G.D., Marsh W.E., 2000. Lifetime reproductive performance in female pigs having distinct reasons for removal. *Livest. Prod. Sci.*, 63, 213-222.
- Quesnel H., 2005. Etat nutritionnel et reproduction chez la truie allaitante. *INRAE Prod. Anim.*, 18 (4), 277-286.
- Stalder K.J., Lacy R.C., Cross T.L., Conatser G.E., 2003. Financial impact of average parity of culled females in a breed-to-wean swine operation using replacement gilt net present value analysis. *J. Swine Health Prod.*, 11, 6.
- Tummaruk P., Lundeheim N., Einarsson S., Dalin A.M., 2000. Reproductive Performance of Purebred Swedish Landrace and Swedish Yorkshire Sows: I. Seasonal Variation and Parity Influence. *Acta Agriculturae Scandinavicae, Section A- Animal Science*, Vol 50, Issue 3, 205-216.