Influence des perturbations sur la performance des porcs en croissance : de la détection automatique à la caractérisation de la réponse adaptative des animaux

Hieu NGUYEN BA (1), Masoomeh TAGHIPOOR (2), Jaap VAN MILGEN (1)

(1) PEGASE, INRA, Agrocampus Ouest, 35590 Saint-Gilles, France
(2) MoSAR, INRA, AgroParisTech, 75231 Paris, France

hieu.nguyen-ba@inra.fr

Influence of perturbations on the performance of growing pigs: from automatic detection of perturbations to characterisation of the adaptive response of the animals

Improving robustness of farm animals is seen as a new target of breeding strategies. However, robustness is a complex trait, which is not measurable directly. The objective of this study was to quantify and characterise elements of robustness in growing pigs. Robustness can be characterised by examining the animal's response to environmental perturbations. We developed a generic model and data analysis procedure to detect these perturbations and subsequently characterise the feed intake response of growing pigs in terms of resistance and resilience. A model based on differential equations was developed to characterise the animal's response to perturbations. In this model, adaptive response to each perturbation can be characterised by four parameters. The start and end times of the perturbation, the immediate reduction in daily feed intake at the start of the perturbation (i.e., a "resistance" trait), and another parameter describing the capacity of the animal to adapt to the perturbation through compensatory feed intake to rejoin the target trajectory of cumulative feed intake (i.e., a "resilience" trait). The model has been employed successfully to identify the target trajectory of cumulative feed intake in growing pigs and to quantify the animal's response to a perturbation by using feed intake as the response criterion.

INTRODUCTION

Les animaux d'élevage doivent de plus en plus faire face à des perturbations environnementales. Il est d'un intérêt majeur de quantifier la capacité adaptative des animaux dans les situations de stress, et d'améliorer cette capacité d'adaptation. En effet, pour certaines perturbations il est possible d'identifier à moindre coût l'origine ainsi que la période de la perturbation. Or, pour certaines autres, il est plus difficile ou même impossible de le faire. Par exemple, le stress thermique est facilement identifiable (sa période et son intensité), alors que dans le cas d'une maladie, il est plus difficile d'identifier l'origine et surtout les dates de début et de fin (Taghipoor *et al.*, 2017). Dans cette étude, nous proposons une procédure de détection automatique des perturbations, et un modèle de la réponse de l'animal qui est indépendant de l'origine de la perturbation, et qui reflète la capacité d'adaptation de l'animal face à une perturbation.

1. MATERIEL ET METHODES

Notre premier objectif est de détecter de façon automatique les perturbations, car l'origine de ces dernières ne sont pas toujours connues. Pour cela, il faut d'abord clarifier la notion de perturbation. Toute déviation par rapport à la trajectoire ciblée de la performance de l'animal peut être considérée comme une perturbation potentielle. Nous avons alors besoin (1) de choisir un indicateur de performance qui pourrait être affecté par des perturbations, et (2) d'identifier dans cet indicateur une trajectoire ciblée et la réponse à la perturbation.

Nous avons choisi l'ingestion comme indicateur de performance. Elle est facilement mesurable à haute fréquence avec les nouvelles technologies pour l'élevage de précision (comme les distributeurs automatiques de concentré), elle est non-invasive, et surtout elle a l'avantage de refléter rapidement la présence d'une perturbation, contrairement au poids vif de l'animal. L'étape suivante est d'estimer la trajectoire ciblée de la performance, c.à.d. la quantité d'aliment que l'animal mangerait en absence de toutes perturbations.

1.1. La trajectoire ciblée de la consommation cumulée d'aliment

Nous avons choisi de développer la trajectoire ciblée de la consommation cumulée d'aliment (CCA) qui, contrairement à la consommation journalière d'aliment (CJA), ne contient pas de variations rapides. De plus, la CCA nous informe sur l'historique de la consommation de l'animal. Contrairement à la CJA, la CCA (en tant que trajectoire) permet de prendre en compte l'effet de la perturbation et l'effet de la consommation compensatrice. La dérivée de la trajectoire ciblée de la CCA ($CCA_{ciblée}$) représente la consommation journalière ciblée ($CJA_{ciblée}$). Le modèle du $CCA_{ciblée}$ doit respecter les conditions suivantes (i) il ne doit pas capter les variations liées aux perturbations, (ii) la $CJA_{ciblée}$ est une fonction linéaire croissante ou constante, ce qui implique

que la $CCA_{ciblée}$ est décrite par une fonction quadratique-linéaire. Les paramètres du modèle de la $CCA_{ciblée}$ sont l'âge à laquelle CCA = 0 (X_0), la CCA à la fin de la période concernée (CCA_{fin}), la CCA au milieu de la période concernée (CCA_{milieu}), et le jour auquel la $CCA_{ciblée}$ change d'allure et passe d'un modèle quadratique à un modèle linéaire (X_s). La procédure pour déterminer les paramètres du modèle de la $CCA_{ciblée}$ consiste à réaliser plusieurs régressions linéaires successives en éliminant temporairement les données qui pourraient être issues d'une perturbation. Cette dernière consiste à une série de données avec des résidus négatifs. Cette condition est vérifiée par un test d'autocorrélation. Si le teste est positive ($P > 0.05$), les valeurs avec des résidus négatifs sont temporairement éliminées et une nouvelle régression linéaire est appliquée aux données. Cette procédure est arrêtée quand il n'y a plus d'autocorrélation, ou quand le nombre de données restant est inférieur à 20.

1.2. Détection des perturbations

Dans cette étude, nous considérons seulement les perturbations avec un effet négatif sur la consommation. Pour cela, une fonction B-Spline a été ajustée à la différence entre la CCA observée et la $CCA_{ciblée}$. Une perturbation est alors définie comme une période avec des valeurs négatives de cette différence, d'une durée plus de 5 jours et d'une amplitude (le maximum de déviation pendant la durée de la perturbation) supérieure à 5 % de la $CCA_{ciblée}$. En effet, cette condition permet de négliger des petites variations dans la consommation de l'aliment, qui font partie du comportement alimentaire normal des animaux. La flexibilité des fonctions B-Splines permet de capter un maximum de déviations et, par la suite, nous aurons la possibilité de choisir les conditions pour considérer une déviation comme perturbation.

1.3. Le modèle de la perturbation

Après que les perturbations sont identifiées, notre objectif est de caractériser la réponse des animaux en termes de résistance et résilience. Les deux forces motrices du modèle sont l'influence de la perturbation et la capacité d'adaptation de l'animal. Nous faisons l'hypothèse que ces deux phénomènes agissent au niveau de la CJA et pas au niveau de la CCA. Nous faisons aussi l'hypothèse que l'influence de la perturbation sur la CJA (la résistance) est négative pendant toute la durée de la perturbation. La résilience agit au niveau de la CJA, mais elle est pilotée par le CCA : le ratio entre la CCA observée et la $CCA_{ciblée}$ est utilisé comme la force motrice pour décrire l'adaptation de l'animal au perturbateur. L'équation 1 représente le modèle :

$$CJA(t) = CJA_{ciblée}(t) \times (1 - Pert(t) + Résilience(t)) \quad (1)$$

Où la fonction Pert(t) prend une valeur constante pendant la période de la perturbation, et est zéro ailleurs. La fonction de résilience, Résilience(t) est représentée dans l'équation 2 :

$$Résilience(t) = (1 - CCA(t) / CCA_{ciblée}(t)) \times k \quad (2)$$

Le paramètre k, représente la capacité maximale de résilience, après une perturbation.

Le modèle de la $CCA_{ciblée}$ est décrit par quatre paramètres, de même que le modèle de la perturbation. La fonction nlsLM de package minipack.lm de R version 3.5.0 (http://cran.r-project.org/) a été utilisée pour les estimer.

2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les données d'ingestion journalière d'un porc en croissance sont utilisées pour tester le fonctionnement du modèle. La figure 1 (panneau du haut) montre la CCA observée, ainsi que la $CCA_{ciblée}$ (une fonction quadratique et linéaire) et la CCA prédite par le modèle. Le panneau du bas montre ces informations pour la CJA. Au début de la perturbation (à 80 j d'âge), la perturbation provoque une réduction instantanée de la CJA de 73,1%. A la fin de la perturbation (à 119 j d'âge), l'animal consomme plus que la consommation ciblée (k = 3,74 ; c.-à-d., quand la CCA observée est 1% en-dessous de la $CCA_{ciblée}$, l'animal tente de consommer 3,74% de plus que la $CJA_{ciblée}$). A 119 j d'âge, la CCA observée est 15% en-dessous de la $CCA_{ciblée}$, ce qui provoque une consommation compensatrice de 56%.

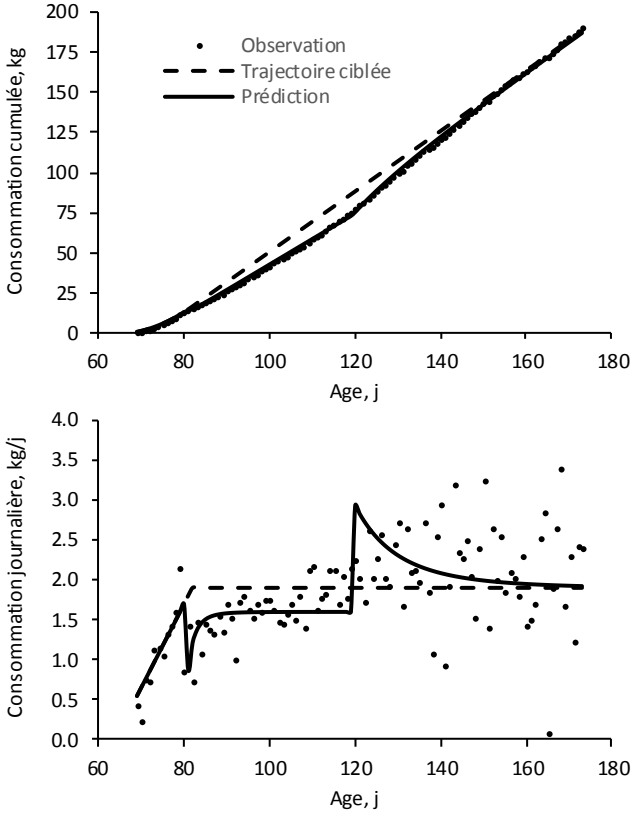


Figure 1 – Application du modèle d'analyse de perturbation à la consommation cumulée d'aliment (CCA ; panneau du haut) et la consommation journalière d'aliment (CJA ; panneau du bas) d'un animal en fonction de l'âge.

CONCLUSION

Notre démarche a permis de proposer un moyen de quantifier la notion de la robustesse via la résistance et la résilience. Ces paramètres permettront d'hiérarchiser des animaux pour leur capacité d'adaptation.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le projet européen Feed-a-Gene (programme H2020, Union Européenne, numéro d'agrément 633531) pour le soutien financier apporté à ce travail.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Taghipoor M., Brossard L., van Milgen J., 2017. Comment caractériser la performance des porcs en croissance face à des challenges liés à leur environnement d'élevage ? Journées de la Recherche Porcine, 49, 25-30.