

Analyse du comportement alimentaire des porcs en croissance et de ses relations avec l'efficacité énergétique et les interactions sociales

*Laurence Maignel (1), Patrick Gagnon (2), Luis-Andres Gonzalez-Gracia (3),
Jamie Ahloy-Dallaire (3), Éric Paquet (3)*

(1) Centre canadien pour l'amélioration des porcs inc., 2417 Holly Lane, Suite 201, Ottawa, Ontario, K1V 0M7, Canada

(2) Centre de développement du porc du Québec inc., 815 Rte Marie-Victorin, Lévis, Québec, G7A 3S6, Canada

(3) Département des sciences animales, Université Laval, Québec, G1V 0A6, Canada

laurence@ccsi.ca

Analyse du comportement alimentaire des porcs en croissance et de ses relations avec l'efficacité énergétique et les interactions sociales

Les stations d'alimentation avec identification individuelle sont couramment utilisées dans les élevages de sélection porcine, où les candidats à la sélection sont choisis en fonction de leur potentiel génétique individuel pour la vitesse de croissance et l'efficacité alimentaire. Or, les animaux sont élevés en groupe et les interactions sociales peuvent avoir un impact sur les performances du groupe. Les automates d'alimentation fournissent des données de visites individuelles pouvant être utilisées pour analyser des patrons de visites à l'automate et détecter des interactions sociales entre les porcs d'un même parc. Des indicateurs sociaux ont été développés sur la base des données d'automates d'alimentation provenant de cinq élevages de sélection, en utilisant des approches d'analyse de réseaux sociaux. Ces nouveaux indicateurs, incluant le nombre de déplacements provoqués ou subis à l'automate, la densité moyenne du réseau et la pente de son évolution journalière, en plus d'autres mesures de statut hiérarchique (score Elo), ont été analysés pour connaître leurs liens avec les critères classiques de comportement alimentaire, d'efficacité énergétique et de croissance. La plupart des critères de comportement alimentaire (ex. : nombre moyen de visites quotidiennes, temps moyen passé à l'automate, vitesse d'ingestion moyenne) étudiés ont une héritabilité moyenne à forte (20 à 59 %), tandis que les critères de comportement social ont une héritabilité modérée à moyenne (7 à 38 %), ce qui indique qu'ils pourraient être améliorés génétiquement.

Analysis of the feeding behaviour of growing pigs and its relations with energy efficiency and social interactions

Electronic feeding stations are commonly used on pig breeding farms, where breeding candidates are selected based on their individual genetic potential for growth rate and feed-use efficiency. However, animals are raised in groups, and their social interactions can influence group performance. Feeding stations provide individual visit data that can be used to analyse patterns of visits to the feeder and detect social interactions between pigs in the same pen. Social indicators were developed based on feeder data from five breeding farms using social-network-analysis approaches. These new indicators, including the number of times displacing others or being displaced at the feeder, network density and the slope of its daily change, along with other measures of hierarchical status (Elo score), were analysed to explain their relations to the traditional criteria of feeding behaviour, energy-use efficiency and growth. Most of the feeding behaviour criteria (e.g., mean number of daily visits, mean time spent at the feeder, mean feeding speed) studied had moderate-to-high heritability (20-59%), while the social behaviour criteria had moderate-to-average heritability (7-38%), which indicates that they could be improved genetically.

INTRODUCTION

L'utilisation d'automates qui mesurent la consommation alimentaire individuelle s'est répandue dans les élevages de sélection au cours des dernières années. L'appétit et l'efficacité alimentaire globale ou par phase sont ainsi disponibles ; cependant il existe une marge de progrès importante à exploiter. La sélection des porcs est généralement réalisée sur les performances et les valeurs génétiques individuelles, alors que les animaux sont élevés en groupe et que les interactions sociales ont un impact sur les performances de l'ensemble du groupe. La sélection pour des animaux à fort potentiel de croissance, en particulier dans un contexte d'animaux de plus en plus lourds, est connue pour favoriser l'émergence d'animaux dominants qui doivent leurs bonnes performances à leur statut social dans le groupe. Or, les animaux dominants sont souvent parmi les moins efficaces car ils dépensent beaucoup d'énergie à déclencher des batailles pour maintenir leur statut. La compétition entre les porcs est source de stress, de blessures et de mortalités qui impactent le bien-être des animaux et se traduisent par des pertes économiques pour le producteur (Peden *et al.*, 2018).

L'évaluation objective de comportements dommageables peut être réalisée sur la base d'analyses vidéo ou de données de capteurs ; cependant ces méthodes ne sont pas faciles à mettre en œuvre en élevage de sélection. L'exploitation des données collectées par les automates d'alimentation permet de suivre divers critères individuels de comportement alimentaire tels que la vitesse d'ingestion, le nombre de visites et leur durée. Les données de visites se prêtent également bien à des analyses de réseaux sociaux (SNA), en utilisant l'ordre des animaux à la mangeoire, ainsi que les informations temporelles des visites pour prédire l'ordre hiérarchique des animaux au sein du parc (Canario *et al.*, 2020). L'information fournie par les automates d'alimentation peut désormais être exploitée via l'analyse des données massives, pour accéder non seulement à des caractéristiques individuelles, mais aussi à des informations sur la dynamique du groupe d'animaux engraisés dans le même parc.

Le projet réalisé visait à appliquer de nouvelles approches pour développer des indicateurs de comportement social des porcs en croissance et étudier leurs relations avec le comportement alimentaire, la croissance et l'efficacité énergétique, au niveau individuel et au niveau du parc d'engraissement. Ces nouveaux phénotypes, basés sur la valorisation des données de visites des automates via l'analyse des réseaux sociaux, pourraient avoir des applications en termes de régie d'élevage, mais aussi en tant que potentiels critères de sélection en vue de réduire les comportements agressifs en engraissement.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Animaux

Les données disponibles pour cette étude étaient des données historiques de contrôle en élevage provenant de cinq élevages participant au Programme canadien d'amélioration génétique des porcs. Les animaux étaient des femelles et mâles entiers de race pure (Duroc, Landrace et Yorkshire) contrôlés en élevage entre 2015 et 2022. À l'issue d'une phase en pouponnière, à environ 30 kg de poids vif, les animaux étaient transférés dans des unités d'engraissement et distribués dans des parcs de 12 à 14 animaux de même race et de même sexe, pour une durée de 10 à 11 semaines. Chaque parc était constitué d'animaux

provenant de portées différentes, afin de maximiser la variabilité des origines et assurer une représentativité optimale des verrats pères utilisés dans chaque bande.

1.2. Données d'alimentation et pesées

Chaque parc d'engraissement était équipé d'un automate d'alimentation individuelle électronique de type FIRE® (Osborne Industries Inc.) ou IVOG® (Hokofarm group) selon les sites. Il est à noter que dans ces modèles d'automates, un seul animal peut actionner l'ouverture de la mangeoire pour s'y alimenter, cependant l'arrière de l'animal n'est pas protégé pendant son repas. Chaque animal portait une boucle munie d'une puce RFID à l'oreille, qui permettait sa détection dans les automates d'alimentation et la collecte, pour chaque visite, de l'heure exacte de début/fin et de la quantité d'aliment consommée. Les animaux étaient alimentés à volonté pendant toute la phase dans les automates, et pesés individuellement au début et à la fin de la phase dans les automates, dans le but de calculer le gain moyen quotidien (GMQ) et l'indice de conversion alimentaire (IC) pendant la période de test, et leurs versions ajustées entre 30 et 120 kg de poids vif.

La base de données initiale comportait un total de plus de 18 millions de visites, collectées sur un total de 15 430 animaux testés dans 1 034 bandes. Cependant, les données brutes issues des automates ont une qualité extrêmement variable, notamment en raison des pertes de boucles et des pannes éventuelles menant à des données manquantes ou aberrantes. Après filtration des données pour garantir une qualité suffisante pour l'analyse des réseaux sociaux, un total de 7 662 porcs testés dans 610 parcs ont été conservés pour l'analyse individuelle et par parc. Le tableau 1 présente le nombre d'animaux par race et par sexe utilisés dans l'analyse.

Tableau 1 – Nombres d'animaux par race et par sexe

Sexe	Race			Total
	Duroc	Landrace	Yorkshire	
Mâles entiers	2 912	1 573	1 604	6 089
Femelles	1 573	-	-	1 573
Total	4 485	1 573	1 604	7 662

1.3. Variables de comportement alimentaire

Plusieurs indicateurs du comportement ont été calculés à partir des données des systèmes d'alimentation (Tableau 2). La plupart de ces indicateurs ont été calculés à l'échelle individuelle, mais certains peuvent être également révélateurs du comportement social, tels que, par exemple, la proportion de visites à l'automate durant la journée par rapport à l'ensemble des visites (réalisées de jour ou de nuit).

Tableau 2 – Liste des critères de comportement alimentaire

Variable	Définition
CMQ	Consommation moyenne quotidienne (kg/j)
VMQ	Nombre moyen quotidien de visites à la station d'alimentation (visites/j)
DMQ	Temps moyen quotidien passé à l'automate (min/j)
DMV	Durée moyenne par visite (min)
CMV	Consommation moyenne par visite (kg)
VIM	Vitesse d'ingestion moyenne (kg/min)
PVMJ	Proportion des visites durant la journée ¹ (%)
PCMJ	Proportion de la consommation durant la journée ¹ (%)

¹La journée est définie de 8h à 20h

1.4. Variables de comportement social

D'autres indicateurs, dérivés des données fournies par les automates, sont basés sur les interactions entre les animaux lors des repas (Tableau 3). En effet, la séquence des visites à l'automate et leurs caractéristiques temporelles (durée des visites, écart entre les visites de deux animaux différents, etc.) permettent de prédire certaines interactions sociales entre les animaux utilisant les automates d'alimentation au même moment de la journée. Dans chaque parc, l'automate d'alimentation est l'un des points clés où les animaux interagissent pour accéder à une ressource essentielle (l'aliment) et c'est également là que s'établit la hiérarchie à l'intérieur du groupe. Plus spécifiquement, il est possible d'identifier les événements de « déplacements » à l'automate, lorsqu'un animal en déloge un autre pour pouvoir utiliser l'automate à son tour. Il est ainsi possible, à partir des données de visites individuelles, de quantifier toutes les interactions de déplacement entre les porcs d'un même parc et d'identifier pour chaque événement l'animal « déplaceur » et l'animal « déplacé ». Les interactions de ce type sont plus fréquentes en début d'engraissement, lorsque les animaux viennent d'être regroupés et que la hiérarchie n'est pas encore établie au sein du groupe. Elles sont plus ou moins intenses et peuvent mener à des comportements agressifs parfois problématiques. Une fois la hiérarchie établie, le passage des animaux à l'automate donne moins lieu à des déplacements.

Tableau 3 – Liste des variables de comportement social calculées à partir des données des automates d'alimentation

Variable	Niveau	Définition
D+MQ	Animal	Nombre moyen quotidien de déplacements provoqués à la station d'alimentation (dép/jour)
D-MQ	Animal	Nombre moyen quotidien de déplacements subis à la station d'alimentation (dép/jour)
PD+	Animal	Proportion des déplacements à la station d'alimentation qui sont provoqués (%) par rapport à l'ensemble des déplacements (provoqués ou subis) impliquant cet animal
PJD+	Animal	Proportion de jours où l'animal a provoqué plus de déplacements qu'il en a subis (%)
ELO	Animal	Classement Elo à la fin de l'essai (points)
NDM	Parc	Densité du réseau (<i>network density</i>) moyenne durant le test (varie de 0 à 1)
NDP	Parc	Pente linéaire ajustée pour l'évolution quotidienne de la densité du réseau
NDR2	Parc	Coefficient de détermination (R^2) pour le modèle linéaire ajusté sur la densité quotidienne du réseau. Indication de la stabilité des interactions sociales en cours de lot (varie de 0 à 1)

L'analyse des réseaux sociaux (*social network analysis*) permet de quantifier les interactions au sein d'un groupe au cours du temps et de calculer un certain nombre de critères individuels et pour le groupe (parc) (Figure 1). La densité du réseau (*network density*) a été calculée pour chaque jour de la période de test et est basée sur le nombre de connexions. Deux animaux

d'un parc sont dits *connectés* une journée donnée s'ils ont eu au moins une interaction de type déplacement à la station d'alimentation. La densité du réseau pour une journée est le nombre de paires d'animaux connectés divisé par le nombre total de paires d'animaux, soit $n \times (n-1)/2$ où n est le nombre d'animaux dans le parc (Gonzalez-Gracia *et al.*, 2023a,b). La pente d'évolution de la densité du réseau sur la période de test est une variable intéressante, car elle permet de quantifier la vitesse à laquelle la hiérarchie s'installe, via la diminution des interactions à l'automate (Figure 2).

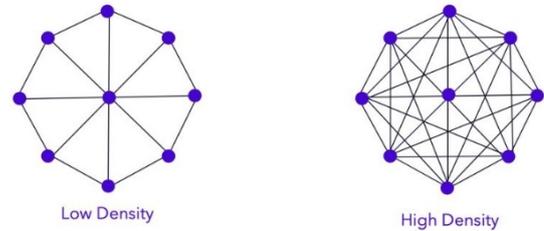


Figure 1 – Exemple d'analyse de réseaux sociaux. Chaque ligne représente deux animaux connectés. Pour le schéma de gauche, un total de 16 connexions relie les 9 animaux (densité = 16 connexions/36 connexions possibles = 0,44). Le schéma de droite représente un groupe pleinement connecté (densité = 1).

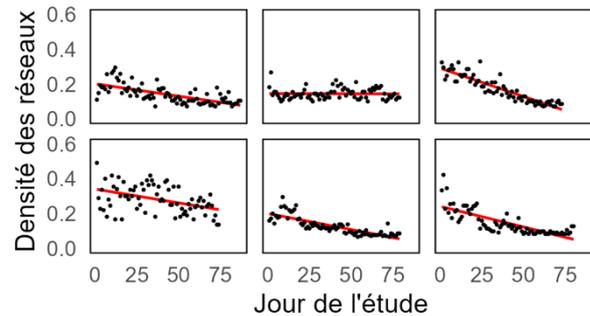


Figure 2 – Exemples d'évolution de la densité du réseau dans six parcs

Les données utilisées dans l'analyse des réseaux sociaux provenaient de 610 groupes dans des parcs équipés de stations d'alimentation automatique provenant de cinq élevages de sélection, totalisant 7 662 porcs engraisés dans des groupes constitués de porcs mâles ou femelles Duroc, ou de mâles Landrace ou Yorkshire. Les événements de déplacements agressifs ont été détectés dans l'automate (*feeder-detected aggressive displacements* - FDAD) en fonction de la proximité temporelle entre la sortie d'un animal et le suivant entrant dans l'automate, la justification étant que des intervalles de temps très courts entre les visites (< 2 secondes) reflètent des déplacements agressifs probables. En parallèle, un sous-ensemble de parcs utilisant des automates d'alimentation a été équipé de caméras de surveillance pour permettre une validation de l'algorithme de détection d'agression en comparant ces résultats à l'observation visuelle (Gonzalez-Gracia *et al.*, 2024). En plus de la densité du réseau, le classement Elo a aussi été utilisé (Elo, 1967). En bref, le classement Elo donne un score à chaque animal basé sur ses interactions gagnées et perdues selon la force relative de ses « adversaires ». Cet indicateur est utilisé, entre autres, pour le classement des joueurs d'échecs. Il s'agit d'un classement provisoire, qui évolue en fonction des performances, et qui reflète la probabilité de gagner.

1.5. Analyses statistiques

1.5.1. Analyse de l'impact du comportement alimentaire et social sur les performances individuelles

Les principaux critères de performance pour les porcs en croissance sont le gain moyen quotidien (GMQ) et l'indice de conversion alimentaire (IC), qui est la quantité d'aliment (kg) nécessaire pour obtenir 1 kg de gain de poids vif. Des analyses de la variance (ANOVA) ont été réalisées pour quantifier l'impact des variables de comportement alimentaire (Tableau 2) et social (Tableau 3) sur les performances individuelles de GMQ et d'IC ajustées entre 30 et 120 kg de poids vif.

Le modèle de base pour les données individuelles est fourni dans l'équation 1 :

$$Y_{i,j,a,b,c,k}^{30-120} = \mu + (\alpha \times \beta)_{i,j} + IPG_k + A_a + B_{b(a)} + C_c(b) + \varepsilon_{i,j,a,b,c,k} \quad (\text{Équation 1})$$

où $Y_{i,j,a,b,c,k}^{30-120}$ est l'indicateur de performance (GMQ ou IC) ajusté pour l'intervalle 30-120 kg, μ est la moyenne globale, α_i est l'effet de la race i (Duroc, Landrace ou Yorkshire), β_j est l'effet du sexe j (mâle entier pour les trois races ou femelle uniquement pour le Duroc), IPG_k est l'indice de potentiel génétique (IPG) de l'animal k lié à l'indicateur de performance (GMQ naissance-120 kg ou IC 30-120 kg), A_a est l'effet aléatoire du bâtiment a , B_b est l'effet aléatoire du lot b (emboîté dans le bâtiment), C_c est l'effet aléatoire du parc c (emboîté dans le lot) et $\varepsilon_{i,j,a,b,c,k}$ est le terme aléatoire pour la performance de l'individu k . Chaque variable de comportement alimentaire et social à l'échelle de l'animal (une variable à la fois) a été ajoutée à ce modèle.

1.5.2. Analyse de l'impact du comportement social sur les performances par parc

Les analyses à l'échelle du parc se sont concentrées sur les variables de comportement social (Tableau 3). Le modèle de base pour l'analyse des données par parc est fourni dans l'équation 2 :

$$\bar{Y}_{i,j,a,b,c}^{30-120} = \mu + (\alpha \times \beta)_{i,j} + \overline{IPG}_c + A_a + B_{b(a)} + \varepsilon_{i,j,a,b,c} \quad (\text{Équation 2})$$

où $\bar{Y}_{i,j,a,b,c}^{30-120}$ est la moyenne pour le parc c de l'indicateur de performance (GMQ ou IC) ajusté pour l'intervalle 30-120 kg, \overline{IPG}_c est la moyenne de l'IPG lié à l'indicateur de performance des animaux du parc c et $\varepsilon_{i,j,a,b,c}$ est le terme aléatoire pour la performance du parc c . Pour chaque variable analysée, la moyenne par parc ainsi que l'écart-type, l'écart interquartile (EIQ) et l'étendue par parc ont été ajoutés au modèle de base.

Les analyses ont été réalisées avec les bibliothèques lme4 version 1.1-35.1 (Bates *et al.*, 2015) et lmerTest version 3.1-3 (Kuznetsova *et al.*, 2017) du logiciel R version 4.2.2 (R Core Team, 2022). Pour l'inférence statistique, il est supposé que les termes ε sont indépendants et identiquement distribués selon une distribution normale centrée à 0. Une transformation monotone (e.g., racine carrée, logarithmique) est appliquée sur la variable Y si l'hypothèse n'est pas respectée.

1.5.3. Calcul des paramètres génétiques

Les données disponibles dans ce projet se prêtaient bien à des calculs de paramètres génétiques, car elles ont été collectées sur plusieurs générations successives d'animaux de race pure, pour lesquels les généalogies sont bien connues. L'estimation

de paramètres tels que l'héritabilité permet de savoir si un caractère pourrait être facilement sélectionné, et le cas échéant, quel serait l'impact sur les autres caractères d'intérêt (via les corrélations génétiques). L'héritabilité d'un caractère est la proportion de la variance de ce caractère qui est d'origine génétique dans une population donnée. Dans ce projet, il a été possible de calculer les paramètres génétiques pour plusieurs critères de comportement alimentaire et de les comparer avec les résultats publiés sur d'autres populations, et pour de nouveaux critères individuels de comportement social développés dans le cadre de ce projet.

Les héritabilités ont été estimées à l'aide du logiciel VCE 5.1.2 (Kovac *et al.*, 2002) en utilisant un modèle animal monocaractère incluant les effets fixes du groupe contemporain (combinaison troupeau-année-saison) et du sexe et les effets aléatoires du parc (intra-groupe contemporain), de la portée de naissance et de la valeur génétique additive de l'animal. Les effets du parc (p), de la portée de naissance (q) et de l'animal (a) et la résiduelle (e) sont supposés être indépendants et suivre une distribution normale avec les paramètres respectifs suivants: $p \sim N(0, I\sigma_p^2)$, $q \sim N(0, I\sigma_q^2)$, $a \sim N(0, A\sigma_a^2)$ et $e \sim N(0, I\sigma_e^2)$, où σ_p^2 , σ_q^2 , σ_a^2 et σ_e^2 sont les variances d'effets du parc, de la portée de naissance, de la valeur génétique additive et de l'effet résiduel, respectivement, I est la matrice identité et A est la matrice de parenté entre tous les animaux phénotypés.

2. RÉSULTATS

2.1. Relations entre variables comportementales et performances individuelles

Les performances individuelles, soit le GMQ et l'IC, dépendent du comportement alimentaire (Tableau 4). Comme le niveau d'appétit d'un animal a un impact direct sur sa croissance, l'impact majeur de la CMQ sur les variables de performance était attendu. La plupart des autres variables de comportement alimentaire ont un impact statistiquement significatif (*i.e.* valeur $P < 0,05$). Par exemple, les animaux avec une DMV, CMV ou VIM supérieure ont en moyenne un meilleur GMQ et une meilleure efficacité alimentaire (*i.e.* un plus faible IC).

Tableau 4 – Impact des variables comportementales sur les performances individuelles

Variable ¹	GMQ 30-120 kg		IC 30-120 kg ³	
	Valeur P	Δ (g/j) ²	Valeur P	Δ (-) ²
CMQ	< 0,001	0,180	< 0,001	0,075
VMQ	0,001	-0,012	< 0,001	0,070
DMQ	< 0,001	0,020	< 0,001	0,047
DMV	< 0,001	0,027	< 0,001	-0,047
CMV	< 0,001	0,077	< 0,001	-0,063
VIM	< 0,001	0,081	0,014	-0,030
PVMJ	0,035	-0,009	< 0,001	0,052
PCMJ	0,619	-0,003	0,454	0,009
D+MQ	0,008	-0,009	< 0,001	0,070
D-MQ	< 0,001	-0,020	< 0,001	0,077
PD+	< 0,001	0,018	0,276	-0,031
PJD+	0,056	0,002	0,023	0,030
ELO	0,009	0,009	0,370	-0,004

¹Variable de comportement (Tableaux 2 et 3) ajoutée au modèle de base (Équation 1). ²Différence entre la moyenne des groupes 25 % supérieur et inférieur pour la variable analysée. Les groupes ont été définis par race et par sexe. ³Une transformation logarithmique a été appliquée sur la CA pour les tests statistiques. Les différences entre groupes (Δ) ont été calculées sur la variable non transformée.

Les variables de comportement social D+MQ et D-MQ ont un impact significatif sur les deux variables de performance ($P < 0,008$), suggérant que les animaux avec beaucoup d'interactions, qu'elles soient provoquées ou subies, ont un moins bon GMQ et surtout un moins bon IC. Les autres variables de comportement social (PD+, PJD+, ELO) ont moins d'impact sur les performances individuelles (Tableau 4). Seule la variable PJD+ a à la fois un impact significatif et une différence entre les groupes numériquement importante pour l'IC. Les résultats suggèrent qu'un animal qui provoque plus de déplacements qu'il en subit sur plusieurs jours aurait en moyenne une moins bonne efficacité alimentaire.

2.2. Relations entre variables comportementales et performances au niveau du parc

À l'échelle du parc, les seules variables de comportement social ayant un impact statistiquement significatif sur le GMQ ajusté sont l'écart-type du classement Elo ($P = 0,029$), l'étendue du classement Elo ($P = 0,031$) et le coefficient de détermination de la densité du réseau ($P < 0,001$) (Tableau 5). Les différences entre les groupes, en g/j, sont cependant relativement faibles, mais les résultats suggèrent qu'une stabilité dans la hiérarchie d'un parc est favorable pour le GMQ moyen. Pour l'IC ajusté, les seuls résultats significatifs sont avec l'écart-type ($P = 0,045$) et l'étendue de la variable D-MQ ($P = 0,026$).

Tableau 5 – Relations entre les variables de comportement social intra-parc et les performances par parc

Variable ¹	GMQ 30-120 kg		IC 30-120 kg ³	
	Valeur P	Δ (g/j) ²	Valeur P	Δ (-j) ²
Moyenne (D+MQ)	0,283	-0,017	0,671	0,072
Ecart-type (D+MQ)	0,529	-0,008	0,308	0,039
EIQ (D+MQ)	0,075	-0,013	0,647	0,041
Etendue (D+MQ)	0,771	-0,007	0,263	0,048
Moyenne (D-MQ)	0,268	-0,018	0,629	0,073
Ecart-type (D-MQ)	0,263	-0,010	0,045	0,072
EIQ (D-MQ)	0,087	-0,015	0,330	0,059
Etendue (D-MQ)	0,331	-0,008	0,026	0,073
Moyenne (PD+)	0,947	0,016	0,634	-0,051
Ecart-type (PD+)	0,296	0,010	0,276	-0,042
EIQ (PD+)	0,886	0,007	0,310	-0,026
Etendue (PD+)	0,156	0,018	0,143	-0,044
Moyenne (PJD+)	0,271	-0,020	0,152	0,082
Ecart-type (PJD+)	0,253	-0,003	0,644	-0,005
EIQ (PJD+)	0,795	-0,003	0,340	-0,002
Etendue (PJD+)	0,565	0,002	0,995	-0,004
Ecart-type (ELO)	0,029	0,013	0,712	-0,052
EIQ (ELO)	0,190	0,010	0,507	-0,049
Etendue (ELO)	0,031	0,011	0,999	-0,045
NDP	0,074	0,000	0,981	-0,031
NDM	0,185	-0,018	0,871	0,064
NDR2	< 0,001	0,014	0,837	0,014

¹Variable de comportement social ajoutée au modèle de base (Équation 2).

²Différence entre la moyenne des groupes 25 % supérieur et inférieur pour la variable analysée. Les groupes ont été définis par race et par sexe.

³Une transformation racine carrée a été appliquée sur le GMQ pour les tests statistiques. Les différences entre groupes (Δ) ont été calculées sur la variable non transformée.

2.3. Paramètres génétiques des principaux critères de comportement alimentaire et social

Pour chacun des caractères individuels étudiés, les composantes de la variance phénotypique, incluant la variance génétique additive et la variance de l'effet de la portée de

naissance, ont été estimées. Les rapports de variances correspondants sont listés dans le tableau 6 pour les trois races étudiées.

Tableau 6 – Paramètres génétiques des critères individuels de comportement alimentaire et social

Race	Duroc		Landrace		Yorkshire	
	h ²	c ²	h ²	c ²	h ²	c ²
CMQ	0,52	0,04	0,44	0,08	0,21	0,10
VMQ	0,33	0,15	0,39	0,11	0,49	0,01
DMQ	0,57	0,06	0,59	0,05	0,56	0,05
DMV	0,26	0,23	0,53	0,08	0,47	0,07
CMV	0,41	0,17	0,40	0,10	0,34	0,11
VIM	0,56	0,04	0,52	0,07	0,48	0,10
PVMJ	0,20	0,09	0,21	0,06	0,31	0,09
PCMJ	0,26	0,08	0,28	0,06	0,37	0,09
D+MQ	0,23	0,12	0,16	0,12	0,26	0,02
D-MQ	0,28	0,09	0,07	0,09	0,20	0,03
PD+	0,21	0,10	0,36	0,03	0,38	0,02
PJD+	0,28	0,10	0,19	0,07	0,37	0,02
ELO	0,18	0,10	0,22	0,08	0,31	0,03

h² : hérabilité, proportion de la variance phénotypique d'origine génétique additive; c² : proportion de la variance phénotypique liée à l'environnement commun de la portée de naissance; les erreurs standards des hérabilités estimées varient de 0.02 à 0.06

L'hérabilité estimée pour les critères de comportement alimentaire est moyenne à élevée et varie d'un caractère à l'autre et d'une race à l'autre. Ceci est en accord avec différentes études réalisées sur d'autres populations (Chen *et al.*, 2000 ; Rohrer *et al.*, 2013). Pour la plupart des caractères, les races maternelles (Yorkshire et Landrace) ont des résultats proches, en comparaison de la race Duroc. Les caractères les plus hérables toutes races confondues sont la DMQ et la VIM, avec des hérabilités proches de 50 %. La plupart des caractères étudiés sont influencés par un effet significatif de la portée de naissance.

Les critères de comportement social étudiés ont des niveaux d'hérabilité plus faibles que les critères de comportement alimentaire (7 à 38 %) et sont pour la plupart affectés par des effets d'environnement commun de la portée de naissance, surtout chez les races maternelles. Ceci indique d'une part qu'il existe un déterminisme génétique transmissible pour ces nouveaux critères et qu'il est théoriquement possible de sélectionner les géniteurs pour améliorer ces critères dans les races porcines étudiées.

Une analyse des corrélations génétiques et phénotypiques montre peu de liens entre les performances de production, les critères de comportement alimentaire et les critères de comportement social. On note cependant quelques tendances intéressantes au niveau des corrélations génétiques estimées :

- Un lien faible mais positif (défavorable) entre l'indice de conversion alimentaire d'une part, et certains critères de comportement social (PD+, PJD+, ELO), suggérant qu'une partie de l'énergie dépensée par les animaux dominants pourrait l'être dans les interactions sociales aux dépens de la conversion alimentaire.
- Un lien positif significatif entre la vitesse d'ingestion et les variables PD+, PJD+, ELO, indiquant que les animaux les plus dominants sont aussi ceux qui mangent le plus vite.
- Un lien positif entre la proportion de visites et d'aliment consommé durant la période de pointe et les variables PD+, PJD+ et ELO.

- Les caractères PD+, PJD+ et ELO sont hautement corrélés au niveau génétique ($r > 0,90$). Pour une utilisation en sélection, le critère PD+ est le plus héritable des trois.

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

L'objectif général du projet était d'explorer les relations entre croissance, efficacité alimentaire, comportement alimentaire et social chez des porcs en croissance afin de proposer de nouveaux critères de sélection.

Ce projet a montré la valeur des données brutes fournies par les automates d'alimentation dans ce contexte. Les données d'automates ont permis de caractériser le comportement alimentaire et social individuel et par parc à partir de l'analyse approfondie des séquences des visites. Les données d'animaux de race pure ont été utilisées pour développer les différents modèles statistiques et calculer de nouveaux indicateurs de comportement social quantifiable lors des visites aux stations d'alimentation. Les relations mises en évidence entre ces indicateurs et les performances de GMQ et d'IC, au niveau individuel et au niveau du parc, sont de faible amplitude, mais les tendances observées sont prometteuses. Certains des nouveaux indicateurs ont montré une assez forte héritabilité pour envisager leur utilisation en sélection. D'autres études devraient être réalisées pour tester la valeur prédictive des IPGs

de comportement social des parents sur les performances de production et la fréquence de comportements agressifs chez leur descendance. Ces approches pourraient être comparées à l'utilisation de modèles d'évaluation génétique incluant des effets sociaux permettant de tenir compte de l'identité des camarades de groupe (Bergsma *et al.*, 2008 ; Canario *et al.*, 2017).

L'analyse approfondie des données d'automates pourrait aussi être utilisée pour caractériser le comportement social des truies en gestation élevées en groupe. Plus généralement, des méthodes d'apprentissage automatique pourraient être utilisées pour détecter différents événements à partir des données d'alimentation, par exemple des problèmes de boiterie et le déclenchement de la mise bas.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'Accord Canada-Québec de mise en œuvre du Partenariat canadien pour l'agriculture conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Le projet a également été réalisé grâce à la contribution financière d'Olymel et de PIC Canada.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S., 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *J. Stat. Soft.*, 67, 1-48.
- Bergsma R., Kanis E., Knol E.F., Bijma P., 2008. The contribution of social effects to heritable variation in finishing traits of domestic pigs (*Sus scrofa*). *Genetics*, 178, 1559–1570.
- Canario L., Lundeheim N., Bijma P., 2017. The early-life environment of a pig shapes the phenotypes of its social partners in adulthood. *Heredity*, 118, 534–541.
- Canario L., Bijma P., David I., Camerlink I., Martin A., Rauw W.M., Flatres-Grall L., Zande L., Turner S.P., Larzul C., Rydhmer L., 2020. Prospects for the analysis and reduction of damaging behaviour in group-housed livestock, with application to pig breeding. *Front. Genet.*, 11, 611073.
- Chen C.Y., Misztal I., Tsuruta S., Herring W.O., Holl J., Culbertson M., 2000. Influence of heritable social status on daily gain and feeding pattern in pigs. *J. Anim. Breed. Genet.*, 127, 107-112.
- Elo A.E., 1967. The Proposed USCF Rating System, Its Development, Theory, and Applications. *Chess Life*, XXII, 242-247.
- Gonzalez-Gracia L.A., Gagnon P., Maignel L., Paquet E., Dallaire J., 2023a. Understanding social dynamics with social networks of pigs based on automatic feeder data: preliminary results. Proc. Conférence « Third International Student Symposium on Animal Behaviour and Cognition (ISSABC) ». Mexico City, Mexico.
- Gonzalez-Gracia L.A., Gagnon P., Maignel L., Paquet É., Dallaire J., 2023b. First approaches to modelling social dynamics of intensively housed growing pigs based on automatic feeder data. Proc. Conférence « 14e symposium du Centre de recherche en infectiologie porcine et avicole (CRIPA) ». Drummondville, Canada.
- Gonzalez-Gracia L.A., Gagnon P., Maignel L., Paquet É., Dallaire J., 2024. Social dynamics and aggression in growing pigs inferred from automatic feeder data. Proc. Conférence « 57th Congress of the International Society of Applied Ethology. Animals and Society: Striking the right balance through Ethology ». Curitiba, Brésil.
- Kovac M., Groenvelde E., Garcia-Cortez L.A., 2002. VCE-5, a package for the estimation of dispersion parameters. Proc. Conférence « 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production », Montpellier, France.
- Kuznetsova A., Brockhoff P.B., Christensen R.H.B., 2017. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *J. Stat. Soft.*, 82(13), 1-26.
- Peden R.S.E., Turner S.P., Boyle L.A., Camerlink I., 2018. The translation of animal welfare into practice: The case of mixing aggression between pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 204, 1-9.
- R Core Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienne, Autriche. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rohrer G.A., Brown-Brandt T., Rempel L.A., Schneider J.F., Holl J., 2013. Genetic analysis of behavior traits in swine production. *Livest. Sci.*, 157, 28-37.