

Vers une sélection sur la consommation alimentaire résiduelle chez le porc en croissance pour concilier efficacité alimentaire, qualité des viandes et impact environnemental

*Justine FAURE (1, 2), Bénédicte LEBRET (1, 2), Ludovic BROSSARD (1, 2), Yvon BILLON (3),
Louis LEFAUCHEUR (1, 2), Hélène GILBERT (4, 5)*

(1) INRA, UMR1079 Systèmes d'élevage, nutrition animale et humaine, F-35590 Saint-Gilles, France

(2) Agrocampus Ouest, UMR1079 Systèmes d'élevage, nutrition animale et humaine, F-35000 Rennes, France

(3) INRA, UE967 GEPA, F-17700 Surgères, France

(4) INRA, UMR444 LGC, Chemin de Borde-Rouge, Auzeville, BP 52627, F-31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

(5) INRA, UMR1313 GABI, F-78352 Jouy-en-Josas Cedex, France

justine.faure@rennes.inra.fr

*Avec la collaboration de N. BONHOMME, P. ÉCOLAN, M. KLOAREG, K. MÉTEAU, A. PRIET,
S. MOREAU, F. GUIRAUD, T. TERRASSON*

Vers une sélection sur la consommation alimentaire résiduelle chez le porc en croissance pour concilier efficacité alimentaire, qualité des viandes et impact environnemental

Sélectionner pour une diminution de la Consommation Alimentaire Résiduelle (CMJR) est un moyen efficace pour améliorer l'efficacité alimentaire des porcs en croissance et ainsi réduire les coûts alimentaires. Néanmoins, dans un contexte de production de viande durable, les relations entre la CMJR, la qualité des viandes et l'impact environnemental méritent d'être précisées afin de répondre aux attentes des éleveurs, des consommateurs et de la société. Après 6 générations de sélection divergente sur la CMJR menée à l'INRA, ce travail vise à évaluer conjointement l'impact de cette sélection sur les performances de croissance, la composition corporelle, les caractéristiques musculaires et les qualités de la viande, ainsi que sur les rejets polluants (N, P, K).

Les données collectées pour 117 animaux permettent de réaliser une analyse de variance, une analyse multifactorielle et une simulation des profils de croissance (logiciel INRAPorc©), pour étudier respectivement l'effet lignée (inter, intra) et estimer la part des éléments polluants excrétés.

Cette étude met en évidence qu'une diminution de la CMJR engendre des adaptations du métabolisme musculaire qui sont globalement défavorables pour la qualité technologique des viandes, mais qui affectent peu la qualité sensorielle. L'analyse multidimensionnelle identifie au sein de la lignée CMJR- des animaux efficaces présentant à la fois des carcasses maigres et une bonne qualité technologique et sensorielle des viandes. Cette évaluation, couplée aux bénéfices environnementaux d'une diminution de la CMJR, suggère la possibilité d'affiner l'indice de sélection sur la CMJR afin de concilier à la fois la qualité des viandes et les dimensions économiques et environnementales de la production porcine.

A way towards selection for residual feed intake in growing pigs to find a balance between feed efficiency, meat quality and environmental impact

Selecting to decrease Residual Feed Intake (RFI) represents a relevant way to improve feed efficiency in growing pigs and thus to reduce feeding costs. Nevertheless in a sustainable meat production context, relationships between RFI, meat quality and environmental impact deserves further study to meet producer, consumer and citizen demands. After 6 generations of divergent selection conducted at INRA, this work aims at simultaneously evaluating selection impact on growth performances, body composition, muscle characteristics and meat quality, as well as polluting losses (N, P, and K).

Data collected on 117 animals made it possible to carry out a variance analysis, a multivariate analysis and a simulation of growth (INRAPorc© software), and an estimation of pollutant nutrient excretion.

This study underlines that a low RFI generates muscle metabolism adaptation which globally goes against technological meat quality but only slightly affects sensory quality. Multivariate analysis identifies efficient animals within RFI- line with lean carcasses and good technological and sensory meat quality. Associated with environmental benefits of lowering RFI, this evaluation opens a way to refine the selection index for RFI in order to find a balance between meat quality and the economic and environmental pillars of pig production.

INTRODUCTION

Une sélection divergente sur la CMJR (consommation moyenne journalière résiduelle) chez le porc Large White, a été entreprise à l'INRA depuis 2000. La CMJR correspond à la différence entre la consommation moyenne journalière (CMJ) observée et la CMJ prédite d'après l'estimation des besoins d'entretien et de production de l'animal. Lorsque cette différence est positive (CMJR+), les animaux ont une consommation supérieure à leurs besoins théoriques et peuvent être qualifiés d'« animaux dépensiers ». A l'inverse, lorsque cette différence est négative (CMJR-), les animaux sont qualifiés d'« animaux économes et efficaces ».

Plusieurs études montrent ainsi que sélectionner pour une diminution de la CMJR contribue à améliorer l'efficacité alimentaire des porcs en croissance (Gilbert *et al.*, 2007) et ainsi répondre à un double enjeu pour la production porcine : réduire les coûts alimentaires dans un contexte de fluctuation voire d'augmentation du prix des matières premières, tout en maintenant des performances de croissance et une composition corporelle satisfaisantes.

Après 4 générations de sélection divergente sur la CMJR, Lefaucheur *et al.* (2011) ont montré qu'une réduction de la CMJR influence la physiologie et les propriétés qualitatives du tissu musculaire, notamment en favorisant l'accumulation du glycogène et en réduisant la teneur en lipides intramusculaires. Ceci suggère alors une dégradation de la qualité technologique et sensorielle des viandes issues des animaux CMJR- relativement aux animaux CMJR+. Or, dans un contexte de production de viande durable, la dynamique de croissance des animaux doit être raisonnée pour concilier performances économiques, impact environnemental et qualité des produits (Olesen *et al.*, 2000), afin de répondre aux attentes des éleveurs, des transformateurs, des consommateurs et de la société.

C'est pourquoi, cette étude a pour objectifs d'une part de préciser après 6 générations l'impact de la sélection divergente sur les caractéristiques musculaires et les qualités technologique et sensorielle des viandes issues de ces deux lignées. D'autre part, nous essayerons d'identifier si l'impact négatif suggéré de la diminution de la CMJR sur certaines composantes de la qualité peut être nuancé au regard des bénéfices économiques et environnementaux induits.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Données collectées

1.1.1. Performances de croissance

L'étude porte sur 117 porcs Large White (mâles castrés et femelles), issus de la sixième génération de sélection divergente pour la CMJR, élevés en groupe sur l'unité expérimentale de Rouillé (INRA GEPA, 86).

Durant la phase d'engraissement (de 31±5 à 108±8 kg), les performances de croissance (gain de poids, consommation alimentaire journalière) de 57 animaux CMJR- et 60 animaux CMJR+ sont enregistrées individuellement. Les animaux sont nourris *ad libitum* avec un aliment standard (9,7 MJ EN/kg ; 16% de protéines brutes ; 0,47% de phosphore total ; 0,72% de potassium). La consommation moyenne journalière (CMJ), la vitesse de croissance (GMQ) et l'indice de consommation (IC) sont calculés sur l'ensemble de la période.

1.1.2. Caractéristiques des carcasses et composition corporelle

Après une mise de jeun de 24h en moyenne, les porcs ont été abattus à l'abattoir expérimental de St Gilles (INRA, 35). Les conditions de pré-abattage et d'abattage ont été standardisées entre les séries d'abattage. Le jour de l'abattage, les poids de carcasse chaude, le poids des pannes et les mesures d'épaisseurs de gras (G1, G2) et de muscle (M2) (sonde CGM) ont été enregistrés (Daumas, 2008).

Le lendemain de l'abattage, le rendement des carcasses a été déterminé à partir de la pesée des demi-carcasses. Une découpe hollandaise normalisée a été réalisée sur la demi-carcasse droite. Les pièces (jambon, longe, bardière, épaule, poitrine) ont été pesées pour la détermination de la composition corporelle (% pièces) et du Taux de Muscle des Pièces (TMP) (Daumas, 2008).

1.1.3. Métabolisme musculaire et qualité technologique

Après la saignée (T0), un échantillon de muscle *Longissimus* (LM ; longe ; au niveau de la dernière côte) a été prélevé, congelé immédiatement dans l'azote liquide et stocké à -80°C en vue de la détermination du niveau de phosphorylation du complexe enzymatique AMP-activated protein kinase (pAMPK/total AMPK T0) par immunoblotting. L'AMPK a été décrit comme un senseur énergétique dont l'activation par phosphorylation contrôle l'équilibre énergétique ante et post-mortem de la fibre musculaire (Scheffler et Gerrard, 2007). En tant qu'enzyme impliquée dans la régulation du métabolisme du glycogène musculaire et dans l'élaboration de la cinétique de chute du pH post-mortem, l'AMPK se révèle être une mesure complémentaire intéressante pour comprendre les liens entre le phénotype d'un animal, l'efficacité du métabolisme énergétique associé et la qualité des viandes (Faure *et al.*, 2011; Lefaucheur *et al.*, 2011). La méthode de Western Blot (Sibut *et al.*, 2008) a été adaptée pour l'espèce porcine (Faure *et al.*, 2011).

Trente minutes après la saignée (T30), un échantillon de LM a été prélevé, congelé et stocké à -80°C pour la détermination ultérieure du pH 30 minutes, du potentiel glycolytique (PG), des activités enzymatiques de la Lactate Deshydrogénase (LDH), de la β -Hydroxy-Acyl-CoA-Deshydrogénase (HAD), et de la Citrate Synthase (CS) comme décrit précédemment (Lefaucheur *et al.*, 2011).

Le lendemain de l'abattage (J1, 24h post-mortem), le pH ultime (pHu) du LM a été mesuré directement sur la carcasse (pH mètre Knick, électrode Ingold xerolyte). Puis, une tranche de LM (1^{ère} vertèbre) a été prélevée et placée 1h30 à 4°C sous lumière artificielle avant la détermination de la couleur dans le système de coordonnées Lab (chromamètre Minolta CR 300) avec L* la luminance (ou clareté). Les données présentées correspondent à une valeur moyenne des indices déterminée à partir de la mesure en 3 sites représentatifs de la tranche. Pour faciliter l'interprétation des indices de couleur mesurés, la saturation C* et l'angle de teinte h° sont calculés. La tranche est ensuite parée, broyée, lyophilisée puis stockée sous vide à -20°C avant la détermination de la teneur en lipides (LIM) selon la méthode de Folch (Lefaucheur *et al.*, 2011). Une autre tranche de LM (100 ±10g) consécutive à la première côté échine a été prélevée et placée à 4°C en suspension dans un sac plastique de J1 à J4 pour la détermination des pertes en eau (Lebret *et al.*, 2006). Des mesures complémentaires ont été réalisées sur les muscles Semi-membraneux (pHu) et *Gluteus superficialis* (L*, pertes en eau) afin d'établir l'Indice de Qualité de Viande (Gilbert *et al.*, 2007) pour évaluer la qualité globale du jambon.

1.1.4. Évaluation sensorielle de la viande

Après 4 jours de maturation, une pièce de longe (entre les 7^{ème} et 14^{ème} vertèbres dorsales) a été désossée, pesée (1 000 ± 200g), mise sous vide et congelée à -20°C en vue de l'évaluation sensorielle. Un sous effectif de 48 animaux a été sélectionné sur la base de critères de qualité déterminés en abattoir (pHu et pertes en eau) dans l'objectif de représenter les valeurs moyennes et la variabilité de qualité de viande de chacune des lignées sur ce sous-effectif.

Les analyses sensorielles ont été réalisées sur les 48 rôtis retenus, au laboratoire INRA EASM (Le Magneraud, 17) par deux jurys de 12 jurés entraînés selon la norme NF ISO 8586.

Quatre rôtis, un par lignée et par sexe, choisis aléatoirement, ont été testés par séance et par juré, en présentation monadique. Chaque séance comportait une évaluation de la viande crue (profil visuel) et de la viande cuite (dégustation).

Après une décongélation lente (48h à 4-5°C), une tranche a été prélevée à l'extrémité caudale sur chaque rôti pour l'évaluation visuelle. Les quatre tranches étaient présentées simultanément au juré en début de séance d'analyse pour l'évaluation de l'homogénéité et de l'intensité du persillé et de la couleur rouge.

Les rôtis ont été cuits au four en chaleur sèche (10 min à 250°C) puis en chaleur humide (10 min à 100°C) jusqu'à une température à cœur de 80°C. Les morceaux de tranche de 0,5 cm d'épaisseur ont été distribués aux jurés pour évaluation de la tendreté, la jutosité, les caractères fibreux (perception des fibres lors de la mastication) et farineux (sensation de farine dans la bouche) de la viande. Chaque critère sensoriel était noté sur une échelle de 0 (absence) à 10 (très intense).

L'ensemble des notes attribuées, par les jurés, lors d'une même séance a été considéré comme une mesure répétée pour un même animal. Une analyse de variance (proc GLM, SAS Institute, Cary, NC) incluant les effets séance, juré (séance), et animal(séance) a permis d'obtenir une note, corrigée de ces effets, par animal et par critère d'évaluation.

1.2. Simulations des performances de croissance à l'aide d'INRAPorc et estimation des rejets

Les mesures effectuées en engraissement sur les 117 porcs nous ont permis de disposer pour chaque animal d'une cinétique journalière d'ingestion (entre 31 et 108 kg), ainsi que de 6 données de poids vif, associées à l'âge de l'animal et réparties sur la période d'évaluation.

Les cinétiques individuelles d'ingestion et de croissance ont été analysées sous le logiciel INRAPorc®, selon la méthode établie par Brossard *et al.* (2009). Parmi les profils individuels ainsi paramétrés, ceux présentant des anomalies (paramètres aberrants, cassure dans les cinétiques liées à des pertes de poids,...), soit 19 porcs (9 CMJR- et 10 CMJR+), ont été exclus des analyses.

Des simulations ont ensuite été réalisées avec le logiciel INRAPorc® à partir des 98 profils de croissance retenus et des caractéristiques de l'aliment standard utilisé à Rouillé. Le logiciel estime la quantité des éléments nutritifs (N, P, K pour cette étude) retenus et excrétés par animal sur la période considérée.

Compte tenu des différences de consommation alimentaire entre les deux lignées divergentes, la part des éléments retenus et excrétés a été exprimée en pourcentage des éléments ingérés par animal sur cette même période.

1.3. Analyses statistiques

1.3.1. ANOVA

L'ensemble des données collectées a d'abord été soumis à une analyse de variance incluant les effets fixes : inter lignée, sexe, père (intra lignée), jour d'abattage et la covariable poids d'abattage (proc GLM, SAS, lsmeans). Aucune interaction significative entre la lignée et le sexe n'a été mise en évidence Seul l'effet lignée sera détaillé par la suite. Les valeurs individuelles ont ensuite été corrigées des effets autres que l'effet lignée (fonction predicted).

1.3.2. AFM

Une analyse multidimensionnelle a été réalisée sur ces nouvelles valeurs prédites issues des modèles statistiques utilisés en analyse de variance afin d'étudier la variabilité intra lignée. Une Analyse Factorielle Multiple (AFM) a été réalisée à l'aide du package FactoMineR (Le *et al.*, 2008) du logiciel R (v 2.11.1). L'AFM est basée sur une Analyse en Composantes Principales (ACP) pondérée, de l'ensemble des 39 variables actives présentées dans les tableaux 1 et 2 et réparties en 5 groupes de variables (croissance, carcasse, muscle, qualité technologique et qualité sensorielle). La lignée est ajoutée en variable illustrative. Cette analyse est suivie d'une classification ascendante hiérarchique (logiciel R, proc CATDES, seuil $P < 0,0001$).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances de croissance et composition corporelle

L'analyse des données de croissance confirment que la sélection pour une diminution de la CMJR améliore l'efficacité alimentaire des porcs (Tableau 1). Durant la période d'engraissement, d'un poids initial à un poids final identique, les deux lignées présentent des vitesses de croissance comparables. Comparés aux animaux CMJR+, les animaux CMJR- ont une CMJ diminuée (-219 g/j, $P < 0,001$), ce qui permettrait une réduction du coût alimentaire en élevage.

A poids d'abattage constant, la sélection pour une réduction de la CMJR influence les caractéristiques des carcasses (Tableau 1). Avec un poids chaud et un rendement supérieurs, la faible adiposité (épaisseurs de lard dorsal, poids des pannes) des carcasses de la lignée CMJR- permet d'augmenter la Teneur en Muscle des Pièces (TMP) ($P < 0,001$), favorisant ainsi leur valorisation commerciale. La sélection induit par ailleurs chez les CMJR- une augmentation du pourcentage de longe et une réduction des proportions de bardière, d'épaule et de poitrine, sans modification du pourcentage de jambon.

2.2. Adaptations musculaires et métaboliques

La sélection influence les caractéristiques métaboliques du LM. Chez les animaux CMJR-, les réserves énergétiques en lipides intramusculaires sont réduites (-0,22%, $P < 0,001$) et à l'inverse le potentiel glycolytique est augmenté (+ 12 $\mu\text{mol/g}$, $P < 0,01$) relativement aux CMJR+.

De plus, même si l'activité de la CS reste similaire entre les deux lignées, la réduction de la CMJR entraîne une baisse des autres activités enzymatiques mesurées (LDH, HAD) et du niveau de phosphorylation de l'AMPK.

L'ensemble de ces adaptations métaboliques confirme que la balance du métabolisme énergétique musculaire est affectée par la sélection (Lefaucheur *et al.*, 2011).

Tableau 1 - Performances de croissance et carcasse

	Lignée		Signification ¹	
	CMJR +	CMJR-	ETR	Inter lignées
Nombre d'animaux	57	60		
Croissance-finition 30-110 kg				
Poids vif initial, kg	30,3	31,7	4,1	ns
Age initial, j	69	71	4	*
Poids vif final, kg	108,0	110,0	7,1	ns
Age final, j	171	173	4	ns
CMJ, g/j	2167	1948	148	***
Vitesse de croissance, g/j	761	760	33	ns
Indice de Cons., kg/kg	2,86	2,57	0,20	***
Carcasse				
Poids chaud, kg	83,0	86,3	5,7	*
Rendement, %	78,6	80,0	1,7	***
Ep. moy lard dorsal ² , mm	19,6	17,4	2,6	***
Pannes, kg	1,28	1,18	0,24	†
Ep, Muscle ³ , mm	54,9	55,9	5,8	ns
TMP dhn ⁴ , %	57,3	59,1	2,0	***
Jambon, %	24,5	24,6	0,8	ns
Longe, %	27,2	28,0	1,0	***
Bardière, %	7,6	6,7	0,9	***
Epaule, %	24,9	25,4	0,6	***
Poitrine, %	13,1	12,7	0,8	*

¹: ETR : écart type résiduel ; *** : $P < 0,001$; ** : $P < 0,01$; * : $P < 0,05$; ns : $P > 0,1$; † : $P < 0,1$

²: moyenne G1, G2 ; ³: M2 ; ⁴: Taux de Muscles des Pièces calculé à partir de la découpe hollandaise normalisée de la carcasse

2.3. Conséquences sur les qualités des viandes

Globalement, les effets de la sélection sur les caractéristiques du muscle LM influencent la qualité de la viande et soulignent à nouveau l'existence de corrélations défavorables entre qualité de viande et efficacité de la conversion alimentaire chez le porc (Lonergan *et al.*, 2001; Smith *et al.*, 2011).

Le PG plus élevé chez les CMJR- accroît la capacité du muscle à réaliser la glycolyse *post-mortem*. En conséquence, le pH ultime est plus faible (-0,09 pt, $P < 0,001$) et les pertes en eau, la luminance (L*) et la saturation (C*) sont supérieures (respectivement +1,1%, +1,2 pt et +0,7 pt) chez les CMJR- comparés aux CMJR+, confirmant les résultats antérieurs.

De plus, la diminution de l'IQV atteste d'une dégradation de la qualité technologique des jambons des animaux CMJR-.

Ces variations de pH, de couleur et de pertes en eau représentent des inconvénients pour les transformateurs. Toutefois, pour ces critères de qualité technologique, les écarts inter lignée observés ici sont réduits par rapport aux précédentes générations de sélection (Lefaucheur *et al.*, 2011). L'analyse sensorielle met en évidence des différences de profil visuel de la longe mais pas d'effet marqué sur les caractères de dégustation de la viande cuite, malgré des différences de teneur en LIM et de pertes en eau entre lignées.

Les longues des animaux CMJR- présentent une couleur rouge et un persillé moins intenses et moins homogènes.

Ces résultats sont en cohérence avec les caractéristiques musculaires de la lignée. Pour les consommateurs, bien que cette évaluation visuelle de la viande fraîche soit un indicateur de qualité intrinsèque (santé, sécurité, goût...), les critères de qualité extrinsèque (origine, bien être, communication, ...) deviennent aussi essentiels pour justifier l'achat et la consommation de viande (Grunert, 2006).

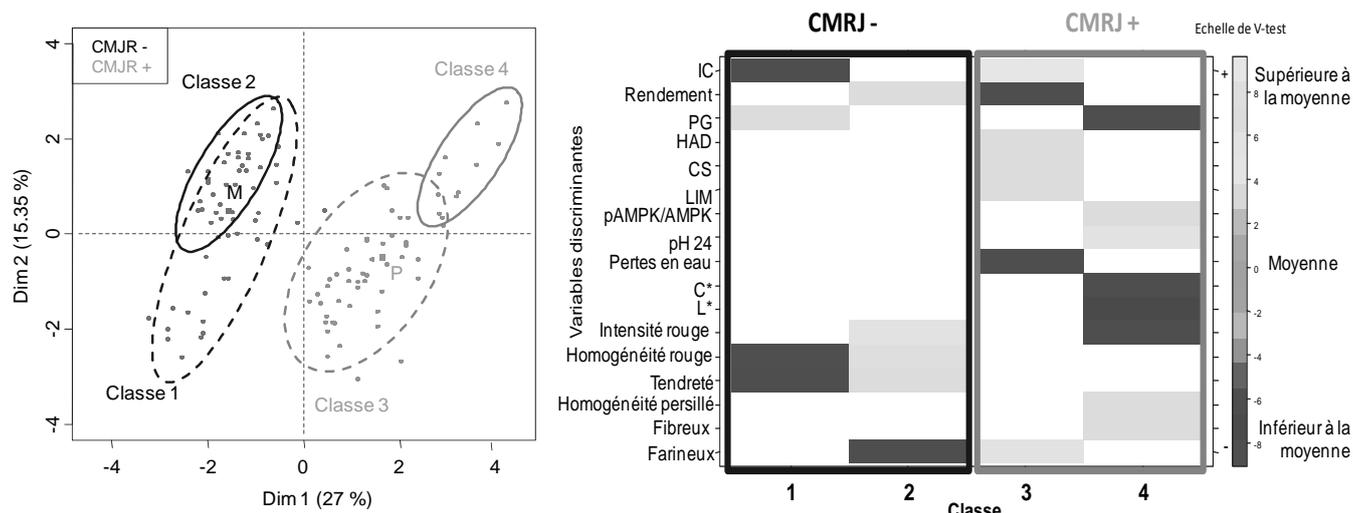
De plus, il est probable que les effets de la sélection pour une faible CMJR sur le caractère farineux (+0,2 pts, $P < 0,05$) et la jutosité (-0,2 pts, $P < 0,1$) de la viande soient trop faibles pour être perceptibles par un individu non entraîné à ce type de dégustation.

L'influence de la sélection sur la qualité des viandes peut être importante du point de vue des transformateurs, mais serait plus limitée du point de vue des consommateurs.

Tableau 2 - Caractéristiques musculaires et critères de qualité du muscle *Longissimus* (longe)

	Lignée		Signification ¹	
	CMJR+	CMJR-	ETR	Inter lignées
Caractéristiques métaboliques				
Lipides intramusculaires, %	1,39	1,17	0,34	***
Pot. glycolytique, $\mu\text{mol/g}$	132	144	18	**
LDH ²	2,35	2,20	0,24	**
HAD ²	3,92	3,69	0,39	*
CS ²	5,79	5,71	0,71	ns
pAMPK/total AMPK T0	1,08	0,65	0,65	*
Critères de qualité technologique				
pH 30 min	6,42	6,38	0,14	ns
pH 24h	5,68	5,59	0,11	***
Couleur L* (luminance)	51,5	52,7	2,7	*
C*(saturation)	9,6	10,3	1,4	*
h° (angle de teinte)	31,8	32,8	3,5	ns
Pertes en eau 1-4j, %	2,7	3,8	1,31	***
IQV, pt	12,3	10,2	2,4	***
Critères de qualité sensorielle : Profil visuel de la viande³				
Intensité du rouge	4,1	3,8	1,3	***
Homogénéité du rouge	4,9	4,4	1,1	***
Intensité du persillé	3,0	2,7	1,3	**
Homogénéité du persillé	3,7	3,1	1,3	***
Critères de qualité sensorielle : Dégustation³				
Tendreté	4,7	4,7	0,9	ns
Jutosité	3,2	3,0	0,9	†
Fibreux	4,0	4,1	1,0	ns
Farineux	3,8	4,0	1,0	*

¹cf. tableau 1, ² μmol de substrat /min/g muscle frais; ³note d'appréciation de 0 à 10 points



a) Projection des individus et représentation des classes
(Ellipses de confiance à 90%)

b) Variables discriminantes intra lignée

Figure 1 - AFM et classification en 4 classes

2.4. Analyse intra lignée

L'AFM a été réalisée sur l'ensemble des 38 variables prédites décrites ci-dessus. Les axes 1 et 2 expliquent 42 % de la variabilité totale de l'échantillon (Figure 1a). L'analyse de la projection des groupes de variables (croissance, carcasse, muscle, qualité technologique et qualité sensorielle) le long du 1^{er} axe de l'AFM (graphique et cercle des corrélations non montrés) oppose les animaux, selon leur appartenance à une lignée, pour leurs caractéristiques musculaires et les critères de qualité technologique. Le deuxième axe quant à lui n'oppose pas les animaux en fonction de leur lignée d'appartenance, mais en fonction notamment de leurs performances de croissance. Cette analyse multidimensionnelle confirme les résultats décrits plus haut et permet de faire une analyse globale des relations entre les variables présentées.

La classification ascendante hiérarchique conduit à répartir les 117 animaux en quatre classes homogènes. Les classes regroupent un ensemble d'individus décrit par plusieurs variables. La procédure CATDES (Figure 1b) identifie 17 variables discriminantes et fournit les valeurs test associées (V test). Elles sont significativement positives (en gris clair) ou négatives (en gris foncé). En gris clair, la variable discrimine la classe parce qu'elle présente pour cette variable une valeur moyenne supérieure à la moyenne des 117 individus. En gris foncé, la moyenne de la classe est inférieure à la moyenne totale.

Ainsi, la lignée CMJR- est scindée en deux classes (classes 1 et 2) et la lignée CMJR+ en deux autres classes (3 et 4). Les classes 1 et 3 sont discriminées notamment par des IC extrêmes (respectivement faibles et élevés) et caractérisent les lignées conformément aux objectifs de la sélection divergente : les animaux efficaces accumulant du glycogène et dont la qualité des viandes est dégradée (classe 1) ; et les animaux moins efficaces présentant des rendements de carcasses et des pertes en eau réduits, et par ailleurs des activités métaboliques oxydatives (HAD, CS) et une teneur en LIM supérieure (classe 3).

La classe 2 correspond quant à elle à un sous-groupe homogène d'animaux efficaces CMJR-, présentant à la fois un rendement de carcasse et des qualités sensorielles supérieures de la longe (couleur plus homogène, viande plus tendre et moins farineuse) par rapport à la classe 1. Les individus de la classe 4 se distinguent par un PG et une luminosité réduits, et un pH ultime et un niveau de phosphorylation de l'AMPK plus élevé.

Ces résultats mettent en évidence l'expression d'une variabilité de qualité au sein des lignées, et suggèrent que des porcs CMJR- peuvent présenter à la fois une bonne efficacité de production et une qualité de viande satisfaisante. Des études ultérieures détailleront les relations entre pHu, PG et AMPK afin de mieux comprendre l'implication de cette enzyme dans l'élaboration de la qualité des viandes.

2.5. Évaluation des rejets N, P, K

Une diminution de la CMJR entraîne une réduction des rejets (dans les urines et les fèces) en éléments N, P, K (respectivement de 4 pts de % ; 2,4 pts et 0,9 pts ; $P < 0,001$) et conjointement une augmentation de la part des éléments retenus ($P < 0,001$) pour satisfaire les besoins de croissance et d'entretien des animaux CMJR- (Tableau 3). Ainsi, la baisse de la consommation alimentaire et l'augmentation de la teneur en muscle des carcasses des animaux CMJR- représentent des avantages environnementaux.

Au sein de la lignée CMJR-, la part des éléments retenus et excrétés est comparable pour les classes 1 et 2 décrites précédemment. Les rejets sont comparables entre les animaux CMJR- et les animaux CMJR+ de la classe 4. Par contre, les animaux de la classe 3 présentent des pourcentages d'excrétions supérieurs et des pourcentages de rétention inférieurs pour N, P et K indiquant que la croissance des animaux CMJR+ est la plus défavorable pour les rejets dans l'environnement de ces 3 éléments. Les résultats de cette simulation confirment que, à l'échelle de l'animal et dans une conduite d'élevage conventionnelle, l'utilisation des porcs CMJR- seraient une voie intéressante pour limiter les rejets polluants en engraissement.

Tableau 3 - Simulation de la part excrétée et retenue des éléments N, P et K (exprimée en % des éléments consommés)

	Lignée		Signification ¹		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Sign. ¹
	CMJR +	CMJR -	ETR	Inter lignées					
Nombre d'animaux	48	50			30	19	42	7	
N excrété, %	66,4	62,0	3,17	***	61,4a	62,0a	66,8b	63,9ac	***
N retenu, %	33,6	38,0	3,17	***	38,6a	38,0a	33,2b	36,1ac	***
P excrété, %	63,4	61,0	2,30	***	60,6a	61,0a	63,8b	61,7a	***
P retenu, %	36,6	39,0	2,30	***	39,4a	39,0a	36,2b	38,3a	***
K excrété, %	90,3	89,4	0,73	***	89,3a	89,4a	90,4b	89,7a	***
K retenu, %	9,7	10,6	0,73	***	10,7a	10,6a	9,6 b	10,3a	***

¹cf. tableau 1

CONCLUSION

L'analyse des performances de croissance et de composition corporelle des animaux issus de la 6^{ème} génération de sélection pour la CMJR confirme les résultats des générations précédentes. Chez les animaux CMJR-, l'amélioration conjointe de l'efficacité alimentaire et de la teneur en muscle des carcasses représente un avantage économique pour l'éleveur (réduction du coût alimentaire et meilleure valorisation des carcasses), relativement aux CMJR+. La diminution de la CMJR engendre des adaptations métaboliques du tissu musculaire (réduction de la teneur LIM, augmentation du PG, réduction des activités enzymatiques) qui sont globalement défavorables pour la qualité technologique des viandes (augmentation de l'amplitude de chute du pH et des pertes en eau). La qualité sensorielle de la longe est quant à elle peu affectée par la sélection, seule l'apparence de la viande crue est modifiée (couleur rouge et persillé moins intenses et homogènes).

Cette étude permet néanmoins de nuancer l'impact négatif de la réduction de la CMJR sur les composantes de la qualité.

En effet, l'analyse multidimensionnelle identifie des animaux efficaces CMJR- présentant à la fois des carcasses maigres et une bonne qualité des viandes. De plus, la lignée CMJR- présente un intérêt pour réduire l'impact environnemental de la production à l'échelle de l'animal. Cette évaluation suggère la possibilité d'affiner l'indice de sélection sur la CMJR, en y incluant d'autres caractères (le PG par exemple), afin de concilier à la fois la qualité des viandes et les dimensions économiques, et environnementales de la production porcine.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme PIG_FEED, financé par l'Agence Nationale de la Recherche. Les auteurs remercient le personnel de l'élevage de Rouillé, les transporteurs, le personnel de l'abattoir de St-Gilles et l'ensemble des jurés pour leur aide et leur collaboration.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Brossard L., Dourmad J.-Y., Rivest J., van Milgen J., 2009. Modelling the variation in performance of a population of growing pig as affected by lysine supply and feeding strategy. *Animal*, 3, 1114-1123.
- Daumas G., 2008. Taux de muscle des pièces et appréciation de la composition corporelle des carcasses. *Journées Rech. Porcine*, 40, pp. 61-68.
- Faure J., Lebreton B., Ecolan P., Metayer-Coustard S., Lefaucheur L., Adenosine monophosphate-activated protein kinase status modulates kinetics of post-mortem pH decline and meat quality in pig Longissimus muscle. *Proc. Conference "57. International Congress of Meat Science and Technology"*. pp. 4
- Gilbert H., Bidanel J.-P., Gruand J., Caritez J.-C., Billon Y., Guillouet P., Lagant H., Noblet J., Sellier P., 2007. Genetic parameters for residual feed intake in growing pigs, with emphasis on genetic relationships with carcass and meat quality traits. *J. Anim. Sci.*, 85, 3182-3188.
- Grunert K.G., 2006. Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. *Meat Sci.*, 74, 149-160.
- Le S., Josse J., Husson F., 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25, 1-18.
- Lebreton B., Meunier-Salaun M.C., Foury A., Mormede P., Dransfield E., Dourmad J.-Y., 2006. Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. *J. Anim. Sci.*, 84, 2436-2447.
- Lefaucheur L., Lebreton B., Ecolan P., Louveau I., Damon M., Prunier A., Billon Y., Sellier P., Gilbert H., 2011. Muscle characteristics and meat quality traits are affected by divergent selection on residual feed intake in pigs. *J. Anim. Sci.*, 89, 996-1010.
- Loneragan S.M., Huff-Loneragan E., Rowe L.J., Kuhlers D.L., Jungst S.B., 2001. Selection for lean growth efficiency in Duroc pigs influences pork quality. *J. Anim. Sci.*, 79, 2075-2085.
- Olesen I., Groen A.F., Gjerde B., 2000. Definition of animal breeding goals for sustainable production systems. *J. Anim. Sci.*, 78, 570-582.
- Scheffler T.L., Gerrard D.E., 2007. Mechanisms controlling pork quality development. *Meat Sci.*, 77, 7-16.
- Sibut V., Le Bihan-Duval E., Tesseraud S., Godet E., Bordeau T., Cailleau-Audouin E., Chartrin P., Duclos M.J., Berri C., 2008. Adenosine monophosphate-activated protein kinase involved in variations of muscle glycogen and breast meat quality between lean and fat chickens. *J. Anim. Sci.*, 86, 2888-2896.
- Smith R.M., Gabler N.K., Young J.M., Cai W., Boddicker N.J., Anderson M.J., Huff-Loneragan E., Dekkers J.C.M., Loneragan S.M., 2011. Effects of selection for decreased residual feed intake on composition and quality of fresh pork. *J. Anim. Sci.*, 89, 192-200.