

Efficacité alimentaire et activité de l'axe corticotrope : comparaison des caractères de production dans des lignées divergentes soumises à un aliment fibreux

*Hélène GILBERT (1), Elena TERENINA (1), Julien RUESCHE (1), Laure GRESS (1), Yvon BILLON (2), Pierre MORMEDE (1),
Catherine LARZUL (1)*

(1) GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, ENVT, 31326 Castanet-Tolosan, France

(2) GenESI, INRA, 17700 Surgères, France

helene.gilbert@inra.fr

Avec la collaboration technique de Stéphane FERCHAUD, Laure RAVON, Franck GUIRAUD, Stéphane MOREAU, Tony TERRASSON, Jean BAILLY, Philippe EPAGNEAUD, Christophe LE BOURHIS, Valentin LE GUET, Frédéric MESLIER, Sébastien REIGNIER, Doryan GRIVAULT sur les élevages du Magneraud et de Rouillé (2) pour l'élevage des animaux et l'enregistrement des performances, et de Raphaël COMTE pour les dosages de cortisol réalisés à l'UMR PEGASE, INRA, Saint-Gilles

Efficacité alimentaire et activité de l'axe corticotrope : comparaison des caractères de production dans des lignées divergentes soumises à un aliment fibreux

Une relation défavorable entre réponse au stress et efficacité alimentaire est souvent mise en avant. Deux lignées divergentes pour l'efficacité alimentaire, et deux lignées divergentes pour la réponse en cortisol plasmatique à une injection d'ACTH, indicateur de l'activité de l'axe corticotrope, ont été testées en parallèle. A 6 semaines d'âge, 48 porcs par lignée ont reçu une injection d'ACTH. Le cortisol plasmatique a été mesuré avant injection, 1 h et 4 h après injection. La vitesse de croissance, l'ingestion, l'efficacité alimentaire, la composition de carcasse et la qualité de la viande ont été enregistrées. La moitié des animaux a reçu un aliment croissance conventionnel (9,7 MJ d'énergie nette (EN) et 160 g de protéines brutes/kg), et l'autre moitié a été soumise à un challenge alimentaire avec un aliment contenant des fibres alimentaires pour diluer l'EN et les acides aminés digestibles dans une proportion de 10%. La réponse à l'ACTH a été légèrement plus forte, et prolongée dans le temps, dans la lignée la plus efficace ($P < 0,05$). La vitesse de croissance et l'ingéré de la lignée plus efficace soumise à un régime fibreux ont été plus diminués que ceux des porcs moins efficaces ($P < 0,06$), mais l'avantage d'efficacité alimentaire a été maintenu. D'autre part, la comparaison des lignées « réponse à l'ACTH » ne montre pas de différence pour les caractères de croissance et d'ingestion pendant la période de croissance, quel que soit l'aliment, mais montre une composition corporelle plus maigre des porcs ayant une concentration de cortisol plasmatique plus élevée. Ainsi, contrairement à l'hypothèse initiale, la sélection pour une meilleure efficacité alimentaire n'affecte pas négativement la réponse à l'ACTH, et la diminution de l'activité de l'axe corticotrope n'est pas favorablement corrélée aux performances.

Feed efficiency and HPA axis activity: a comparison of divergent lines fed a fibre diet on production traits

An unfavourable relationship between responses to stress and feed efficiency has been proposed. Parallel trials were run, including divergent lines for residual feed intake and divergent lines for plasma cortisol response 1 h after ACTH injection. At 6 weeks of age, 48 pigs from each of the four lines were injected with ACTH. Plasma cortisol was measured before injection, and 1 h and 4 h later. Growth rate, feed intake, feed efficiency, body composition and meat quality were measured during the growing-finishing period on the same pigs fed either a conventional diet (9.7 MJ net energy (NE) and 160 g crude protein/kg) or a diet with an increased proportion of dietary fibres to dilute NE and digestible amino acids (AA) by 10%. Comparison of the lines selected for feed efficiency showed that the response to ACTH was slightly stronger, and lasted longer, in the more efficient line ($P < 0.05$). During the feed challenge, the growth rate of the most efficient line decreased more with the diet with lower NE and AA contents than that of the less efficient line ($P < 0.06$). However, in terms of feed efficiency, the more efficient line remained more efficient. On the other hand, comparison of the 'response to ACTH' lines showed no difference for growth and feed intake during the growth period, but a higher carcass yield and a leaner body composition of animals with higher plasma cortisol after ACTH injection. Thus, the initial hypothesis of a negative association between feed efficiency and the HPA axis activity is not supported.

INTRODUCTION

La sélection des porcs pour une meilleure efficacité de production est parfois questionnée comme diminuant la capacité des animaux à répondre à des stress et surmonter des challenges (Knap, 2009). L'axe corticotrope, à travers la libération dans le sang de cortisol par les glandes surrénales en réponse à un stimulus ayant entraîné la sécrétion d'hormone adrénocorticotrope (ACTH), est un acteur majeur de la réponse au stress (Mormede et Terenina, 2012). Une difficulté majeure dans la quantification de la capacité des animaux à répondre à des stress est liée à l'interaction entre la perception du stress appliqué (séparation des congénères, réaction à un objet nouveau dans la loge) et la réponse elle-même. Pour contourner cette difficulté, le dosage du cortisol plasmatique en réponse à une injection standardisée d'ACTH a été proposé pour évaluer la réactivité de l'axe corticotrope chez les animaux. Ce test a été mis en œuvre récemment chez le porc pour sélectionner des lignées divergentes présentant une réactivité accrue (CORTH) ou diminuée (CORTB) suite à l'injection (Mormede *et al.*, 2016). D'autre part, il existe depuis plusieurs années des lignées de porcs divergentes pour l'efficacité alimentaire (Gilbert *et al.*, 2017a). L'objectif de notre étude était d'évaluer les réponses des lignées divergentes pour l'efficacité alimentaire sur leur réponse au test ACTH, et de comparer les lignées divergentes pour leur niveau de cortisol après injection d'ACTH pour leur efficacité alimentaire. Afin d'évaluer les lignées en situation de stress classique en élevage, les animaux ont été nourris soit avec un aliment conventionnel, soit avec un aliment enrichi en fibres alimentaires, ce qui diminuait de 10% sa teneur en énergie, et proportionnellement en AA digestibles.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Lignées sélectionnées

1.1.1. Lignées CORTISOL

Deux lignées divergentes pour la concentration de cortisol plasmatique mesurée 1 h après injection d'ACTH à 6 semaines d'âge ont été sélectionnées pendant trois générations (Larzul *et al.*, 2018). Ces lignées ont une activité élevée (lignée CORTH) ou faible (lignée CORTB) de l'axe corticotrope. Les animaux G0 ont été produits à partir de 30 verrats et 30 truies de la population Large White commerciale française en 2009. Après trois générations de sélection, une différence de 5,0 écarts-types génétiques a été estimée entre les deux lignées (Larzul *et al.*, 2018).

1.1.2. Lignées CMJR

Les lignées divergentes pour la consommation résiduelle journalière (CMJR) mesurée entre 35 et 95 kg de poids vif ont été sélectionnées pendant neuf générations (Gilbert *et al.*, 2007). La lignée basse (CMJR⁻) a été sélectionnée pour une CMJR réduite, c'est-à-dire une consommation alimentaire plus faible que celle prédite d'après les performances de croissance et les besoins d'entretien des porcs. Il s'agit donc de la lignée efficace, contrairement à la lignée haute (CMJR⁺), sélectionnée pour un ingéré plus élevé que la prédiction d'après les performances et les besoins d'entretien des animaux. Les animaux G0 ont été produits à partir de 30 verrats et 30 truies de la population Large White commerciale française en 1999.

Une différence de 3,8 écarts-types génétiques a été estimée entre les animaux G9 (Gilbert *et al.*, 2017b).

1.2. Conduite et enregistrements

1.2.1. Conduite des animaux

Les truies du dispositif appartenait aux quatre lignées. Elles ont été inséminées avec la semence des verrats de leur propre lignée. Sept à huit verrats ont été utilisés dans les lignées CORTISOL, et six verrats dans chacune des lignées CMJR. Les truies des quatre lignées ont été conduites dans les mêmes bandes de naissance sur l'unité expérimentale GenESI de l'INRA. En moyenne 14 truies par lignée ont mis bas dans deux bandes de naissance séparées de 6 semaines. Au sevrage (28 jours d'âge en moyenne), les porcelets ont été allotés par protocole (CORTISOL versus CMJR) dans deux cases de post-sevrage sur chacun des deux élevages de l'unité expérimentale GenESI de l'INRA, au Magneraud et à Rouillé. Un porcelet mâle castré et un porcelet femelle ont été retenus dans six portées par bande et par lignée, permettant de constituer des loges de 24 porcelets en post-sevrage (2 porcelets x 6 portées x 2 lignées). Le test complet concernait donc 24 porcs x 2 protocoles x 2 élevages x 2 bandes, soit 192 porcs.

A 10 semaines d'âge, les porcs ont été transférés dans des loges d'engraissement équipées d'automates d'enregistrement automatique de l'aliment concentré (DAC) ACEMA64 (Rouillé) ou GenStar (Magneraud). Chaque loge de post-sevrage a été séparée en deux loges d'engraissement représentant l'intégralité des portées initialement présentes, en équilibrant les sexes. La moitié des loges ainsi constituées a été alimentée avec un aliment croissance conventionnel unique contenant 9,7 MJ d'énergie nette (EN) et 160 g protéines brutes /kg. La deuxième moitié des animaux a été alimentée avec un aliment expérimental formulé pour obtenir une réduction de 10% de la teneur en énergie nette et protéines (8,8 MJ et 144 g/kg, respectivement), en respectant les rapports AA/EN et AA/Lysine digestible de l'aliment conventionnel. Cette réduction a été obtenue par l'intégration de matières premières présentant des teneurs accrues en fibres alimentaires variées (son de blé et tourteau de tournesol en particulier, conduisant à un aliment contenant 6,6% de cellulose brute au lieu de 3,9% pour l'aliment conventionnel). Les aliments délivrés dans les deux élevages venaient des mêmes lots de fabrication. Les porcs avaient un accès *ad libitum* à l'eau et à l'aliment.

En fin de croissance, la moitié des animaux (les plus lourds de chaque combinaison lignée x aliment à 22 semaines d'âge) a été abattue dans une première série à 23 semaines d'âge, et l'autre moitié (la plus légère de chaque combinaison de facteurs à 22 semaines d'âge) a été abattue à 24 semaines d'âge. Les animaux des deux élevages ont été abattus le même jour dans le même abattoir.

1.2.2. Prélèvements et mesures

A 6 semaines d'âge, les porcelets ont reçu une injection intramusculaire d'ACTH 1-39 de porc (333 µg/animal). Le peptide a été synthétisé par Pepsican Presto B.V. (Lelystad, Pays-Bas) et dilué dans du sérum physiologique pour un volume d'injection de 1 ml par animal. Une prise de sang était réalisée au confluent jugulaire avec un dispositif Vacutainer® dans des tubes héparinés alors que les animaux étaient maintenus sur le dos, immédiatement avant, puis 1 h et 4 h après l'injection d'ACTH. Le sang a ensuite été centrifugé, le plasma aliquoté et conservé à -20°C jusqu'à analyse.

Les porcs ont été pesés au sevrage, à 10 (PV10), 15 (PV15) et 23 (PV23) semaines d'âge, et à 24 semaines d'âge pour ceux abattus dans la deuxième série. Le gain moyen quotidien entre

10 et 23 semaines (GMQ) a été calculé. Suite à un problème technique sur une bande, les consommations moyennes journalières (CMJ) ont été calculées à partir des données enregistrées par les DAC entre 13 et 23 semaines d'âge – excluant les premières semaines de croissance. L'indice de consommation (IC) pour cette période a finalement été calculé. A 23 semaines d'âge, une mesure d'épaisseur de lard dorsal (ELD) a été calculée en moyennant les mesures faites en 6 points du dos (au niveau de l'épaule, du dos et des reins de chaque côté de la colonne vertébrale).

A l'abattage, le taux de muscle des pièces (TMP) a été obtenu à partir de la combinaison linéaire des épaisseurs de gras et de muscle obtenues par ImageMeater (Blum *et al.*, 2014). Le poids de la carcasse froide 24 h après refroidissement à 4°C a été utilisé pour calculer le rendement de carcasse (Rendement).

Le lendemain de l'abattage, des caractères de qualité de la viande ont été mesurés sur la carcasse, pH ultime des muscles adducteur, demi-membraneux, fessier superficiel et long dorsal, et coordonnées L*, a* et b* des muscle fessier superficiel et fessier moyen.

Sur un total de 187 porcs allotés à 10 semaines d'âge, 181 ont des enregistrements pendant la période de croissance complète, et 171 ont des enregistrements à l'abattoir.

1.3. Dosages de cortisol

La concentration plasmatique de cortisol a été mesurée par dosage immunologique à l'aide d'un analyseur automatique AIA-2100 (Tosoh Bioscience, San Francisco, CA, USA).

1.4. Analyses statistiques

1.4.1. Analyse des données de cortisol

Pour l'analyse des profils de cortisol plasmatique, un modèle linéaire mixte a été appliqué à la mesure transformée en log afin de respecter les exigences de normalité des résidus des modèles. Le modèle a été appliqué successivement à chaque protocole (CORTISOL et CMJR) pour comparer les réponses des lignées divergentes pour chaque critère. Le modèle incluait la covariable du poids au sevrage, les effets fixes du sexe (2 niveaux), de la bande intra-élevage (4 niveaux), du moment de la mesure (3 niveaux), de la lignée (2 niveaux) et l'interaction lignée x moment de la mesure en effets fixes, et l'animal répété en effet aléatoire.

1.4.2. Analyse des caractères de production

Les caractères ont été analysés séparément pour chaque protocole (CORTISOL et CMJR). Pour les caractères de croissance, des modèles linéaires ont été appliqués, incluant le PV10 en covariable, le sexe (2 niveaux), la bande intra-élevage (4 niveaux), le régime alimentaire (2 niveaux), la lignée (2 niveaux) et l'interaction lignée x régime alimentaire en effets fixes. Pour l'ELD, le modèle linéaire incluait les mêmes effets fixes, et soit pas de covariable, soit la covariable PV23. Les modèles linéaires pour l'analyse du TMP et du rendement incluait le sexe (2 niveaux), la série d'abattage intra-élevage (4 niveaux), le régime alimentaire (2 niveaux), la lignée (2 niveaux) et l'interaction lignée x régime alimentaire en effets fixes, et la covariable du poids vif à l'abattage pour le TMP. Les effets sont rapportés comme significatifs pour $P < 0,05$ et comme une tendance pour $P < 0,10$. Pour chaque combinaison lignée x aliment, les moindres carrés moyens (Least square means, LSMEANS) sont rapportés, et les contrastes entre niveaux significativement différents de zéro sont indiqués.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Cortisol

La comparaison des concentrations plasmatiques de cortisol entre lignées CORTISOL reflète la dynamique typique de la réponse après injection d'ACTH (Figure 1) : le niveau de cortisol est multiplié par environ 2,3 1 h après l'injection (presque une unité en échelle logarithmique) ($P < 0,001$), et revient au niveau basal 4 h après l'injection ($P > 0,10$). De plus, la différence entre les deux lignées est très significative aux trois temps étudiés, conformément à celle rapportée par Mormede *et al.* (2018). La sélection pour la valeur de cortisolémie 1 h après injection a également modifié le niveau basal avant injection et la cortisolémie à 4 h, qui n'est pas significativement différente de la valeur basale, dans les deux lignées.

La comparaison des deux lignées CMJR montre tout d'abord que la lignée CMJR⁻ a un niveau de cortisol plasmatique supérieur à celui de la lignée CMJR⁺ ($P < 0,001$, Figure 1). Cette première observation ne correspond pas à l'hypothèse initiale selon laquelle la lignée plus efficace aurait un axe corticotrope moins actif que la lignée moins efficace. En s'intéressant à la dynamique de la réponse à l'injection, on s'aperçoit que les deux lignées ne diffèrent pas significativement pour leur niveau de base, mais que 1 h et 4 h après injection, la lignée CMJR⁻ a une cortisolémie plus élevée que celle de la lignée CMJR⁺ ($P < 0,0002$ et $P < 0,0001$, respectivement). De plus, la cortisolémie de la lignée CMJR⁻ ne revient pas au niveau de base 4 h après l'injection. Cette différence de réponse à l'ACTH témoigne d'une plus grande réactivité à l'ACTH des glandes surrénales dans la lignée CMJR⁻.

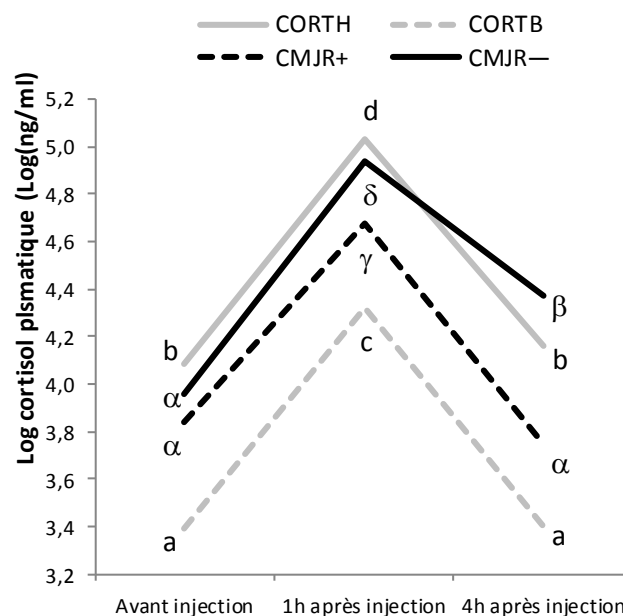


Figure 1 – Cortisol plasmatique mesuré avant injection, 1 h et 4 h après injection d'ACTH sur des porcelets de 6 semaines d'âge issus des lignées sélectionnées pour un haut (CORTH) et bas (CORTB) cortisol plasmatique 1 h après injection d'ACTH, et issus de lignées sélectionnées pour une consommation moyenne journalière résiduelle faible (CMJR⁻) ou élevée (CMJR⁺)

Les lettres latines différentes indiquent des valeurs différentes ($P < 0,05$) entre les dosages des lignées CORTISOL, les lettres grecques différentes indiquent des valeurs différentes ($P < 0,05$) entre les dosages des lignées CMJR.

Des analyses plus poussées du fonctionnement de l'axe corticotrope sont en cours pour en explorer les mécanismes, en particulier en s'appuyant sur des données de transcriptome sanguin qui donneront un aperçu plus complet de la façon dont les différentes lignées répondent biologiquement au stimulus. On pourra aussi rechercher les liens fonctionnels entre l'activité corticotrope et le caractère de sélection.

2.2. Caractères de production

2.2.1. Comparaison des lignées

La comparaison des lignées CORTISOL pour les caractères de production indique une absence d'effet de la lignée sur l'ensemble des caractères enregistrés pendant la période de croissance (poids vifs, GMQ, CMJ, IC) (Tableau 1). En revanche, les caractères liés à la composition corporelle, et ultimement à

la composition de carcasse, sont significativement différents ($P < 2.10^{-3}$), la lignée haute étant plus maigre (-1,91 mm ELD) et ayant un rendement de carcasse plus élevé (+1,8%) que la lignée basse. L'hypothèse selon laquelle les animaux ayant un axe corticotrope plus actif (CORTH) auraient des performances de production détériorées n'est donc pas validée, conformément aux résultats de Mormede *et al.* (2016).

La comparaison des lignées CMJR pour la période de croissance conduit en revanche à des résultats contrastés : les animaux CMJR⁻ ont une vitesse de croissance plus faible (-34 g/j, $P = 0,011$), une consommation réduite (-435 g/j, $P < 0,0001$), un indice de consommation diminué (-400 g d'aliment/kg de gain de poids, $P < 0,0001$), et une composition corporelle plus maigre par rapport aux porcs CMJR⁺ (Tableau 1), conformément aux résultats rapportés par Gilbert *et al.* (2017a).

Tableau 1 – Effets¹ lignée (haute *versus* basse) et aliment (conventionnel *versus* test) et LSMEANS estimés pour l'interaction lignée x aliment sur les caractères mesurés² pendant la période de croissance et sur la carcasse sur les lignées du protocole CORTISOL et sur les lignées du protocole CMJR

Caractères	Protocole	P ³			Lignée Haute		Lignée Basse	
		Lignée	Aliment	Lignée x Aliment	Conventionnel	Test	Conventionnel	Test
PV15, kg	CORTISOL		**		50,9b	48,5a	50,7b	48,7a
	CMJR	**	***		54,6c	50,9b	53,2c	48,0a
PV23, kg	CORTISOL		*		97,0b	94,3a	96,7b	93,7a
	CMJR	***	***	+	101,2c	96,0b	100,2c	90,6a
GMQ, g/j	CORTISOL		*		774b	744a	771b	738a
	CMJR	*	***	+	822c	765b	812c	707a
CMJ, kg/j	CORTISOL		*		2,21a	2,30ab	2,19a	2,36b
	CMJR	***	***	+	2,57b	2,65b	2,21a	2,10a
IC	CORTISOL		***		2,85a	3,09b	2,84a	3,15b
	CMJR	***	***		3,12c	3,49d	2,72a	2,98b
ELD, mm	CORTISOL	***			15,69a	14,86a	17,63b	17,19b
	CMJR	***	*	*	20,67b	20,51b	19,20b	16,35a
ELD-PV, mm	CORTISOL	***			15,78a	15,23a	17,43b	17,41b
	CMJR	***			19,94b	20,14b	18,82ab	17,29a
TMP, %	CORTISOL	***			59,10b	58,87b	57,63a	57,05a
	CMJR				56,57	56,75	56,00	56,63
Rendement, %	CORTISOL	***	***		76,30c	74,74ab	75,03b	74,09a
	CMJR	***	***		74,83b	73,60a	75,74c	74,56b

¹Des lettres différentes indiquent des différences intra-lignée ($P < 0,05$).

²PV15 = poids vif à 15 semaines d'âge ; PV23 = poids vif à 23 semaines d'âge ; GMQ = gain moyen quotidien entre 11 et 23 semaines d'âge ; CMJ = consommation moyenne journalière entre 13 et 23 semaines d'âge ; IC = indice de consommation entre 13 et 23 semaines d'âge ; ELD = épaisseur de lard dorsal ; ELD-PV = épaisseur de lard dorsal analysée avec le poids vif à la mesure en covariable ; TMP = taux de muscle des pièces.

³+ = $P < 0,10$; * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$.

2.2.2. Réponse à un aliment riche en fibres alimentaires

En réponse au challenge alimentaire les animaux ont un ingéré accru de la même façon pour les deux lignées CORTISOL (+135 g/j, $P = 0,01$). La différence n'est pas significative dans la lignée CMJR⁺ (+78 g/j, $P = 0,28$) (Tableau 1), alors que chez les animaux CMJR⁻, l'ingéré de l'aliment fibreux est inférieur de 5% à celui de l'aliment conventionnel dans cette lignée (-110 g/j, $P = 0,14$), conduisant à une tendance à une différence de réponse entre ces deux lignées pour l'ingéré ($P = 0,07$ pour l'interaction lignée x aliment) dans ce protocole. Finalement, l'augmentation d'ingestion est de l'ordre de 6% avec l'aliment fibreux par rapport à l'ingéré avec l'aliment conventionnel, et au maximum de 8% (lignée CORTH), ce qui indique que les animaux n'ont pas réussi à augmenter leur ingéré pour compenser la dilution énergétique de l'aliment.

Dans les deux protocoles, un effet marqué de l'aliment fibreux sur la vitesse de croissance est observé (Tableau 1), avec une réduction de l'ordre de 32 g/j dans le dispositif CORTISOL

($P = 0,03$), de 57 g/j en CMJR⁺ ($P < 0,05$), et une diminution plus marquée en CMJR⁻ (-105 g/j, $P = 0,06$ sur l'interaction lignée x aliment). Cette diminution élevée dans la lignée la plus efficace est un effet direct de la réduction de l'ingéré de ces animaux en présence de l'aliment test. Elle pourrait être accentuée par des besoins en acides aminés digestibles par kg de poids vif accrus dans cette lignée par rapport aux animaux CMJR⁺, ainsi que mis en évidence par Brossard *et al.* (2012). Des modélisations de la réponse des lignées aux deux aliments sont en cours pour tester cette dernière hypothèse.

En dépit de ces différences de réponse, l'indice de consommation a été très significativement augmenté avec l'aliment fibreux dans les deux protocoles (environ +300 g d'aliment par kg de gain de poids, $P < 0,0001$), sans interaction avec la lignée. Il est à noter que lorsque l'IC est exprimé en MJ d'énergie nette / kg de gain de poids, les différences dues à l'aliment sont gommées, ce qui confirme qu'il s'agit bien ici d'un effet direct de la dilution de l'énergie de l'aliment.

L'aliment fibreux a entraîné une diminution de l'épaisseur de lard dorsal uniquement dans la lignée CMJR⁻ (-2,87 mm, $P < 0,05$), qui n'est plus significative quand le poids vif des animaux est pris en compte dans l'analyse pour examiner les valeurs à poids constant (Tableau 1). De plus, aucun effet de l'aliment n'a été observé sur le TMP, ce qui correspond à l'attendu puisque la teneur en lipides des deux aliments testés était similaire.

En revanche une diminution du rendement de carcasse est observée avec l'aliment fibreux (-1,23% en moyenne, $P < 0,0001$), sans interaction avec l'effet lignée quel que soit le protocole. Cet effet de l'aliment fibreux sur le rendement de carcasse a été rapporté par Montagne *et al.* (2014) comme étant vraisemblablement lié à un développement plus important du tractus intestinal en réponse à la teneur en fibres alimentaires de l'aliment.

2.3. Caractères de qualité de la viande

Tableau 2 – Effets¹ lignée (haute *versus* basse) et aliment (conventionnel *versus* test) et LSMEANS estimés pour l'interaction lignée x aliment sur les caractères de qualité de la viande mesurés² sur la carcasse 24 h après abattage sur les lignées du protocole CORTISOL et sur les lignées du protocole CMJR

Caractères	Protocole	P ³			Lignée Haute		Lignée Basse	
		Lignée	Aliment	Lignée x Aliment	Conventionnel	Test	Conventionnel	Test
pH24 AD	CORTISOL				5,96	5,94	5,94	5,96
	CMJR	**			6,00ab	6,02b	5,89a	5,91a
pH24 DM	CORTISOL	+			5,84	5,83	5,88	5,87
	CMJR	*			5,90	5,91	5,84	5,84
pH24 FS	CORTISOL	+			5,82	5,82	5,86	5,89
	CMJR	***			5,92b	5,92b	5,78a	5,80a
pH24 LD	CORTISOL				5,99b	6,00b	6,05b	5,96a
	CMJR	***			6,01b	6,02b	5,91a	5,88a
L* FM	CORTISOL				49,80ab	50,53b	48,66a	49,58ab
	CMJR	***			47,17a	46,36a	52,46b	51,45b
L* FS	CORTISOL				43,11	43,24	44,49	44,18
	CMJR				42,35	42,00	42,84	44,01
a* FM	CORTISOL				8,04	6,69	6,05	5,57
	CMJR	+			6,71b	5,91ab	5,31a	5,65ab
a* FS	CORTISOL				11,87	11,85	12,40	12,01
	CMJR				11,93	12,05	12,20	11,66
b* FM	CORTISOL				8,79	9,02	8,92	8,57
	CMJR	**			8,35ab	8,26a	9,25c	9,09bc
b* FS	CORTISOL			**	8,42ab	8,80ab	9,06b	8,00a
	CMJR				8,03	8,42	8,14	8,40

¹Des lettres différentes indiquent des différences intra-lignée ($P < 0,05$).

²pH 24 = pH de la viande mesuré 24 h après abattage ; L*, a* et b* = indices de clarté, de rouge et de jaune du muscle mesurés 24 h après l'abattage ; AD = muscle adducteur ; DM = muscle demi membraneux ; FS = muscle fessier superficiel ; LD = muscle long dorsal ; FM = muscle fessier moyen.

³+ = $P < 0,10$; * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$.

CONCLUSION

La sélection pour un niveau de cortisol plasmatique élevé ou bas après injection d'ACTH n'a pas eu d'impact significatif sur les performances de croissance et d'ingestion des animaux. En revanche un impact favorable d'une teneur en cortisol élevé après ACTH est confirmé sur la composition corporelle et le rendement de carcasse. Les deux lignées ont répondu de façon similaire à un challenge nutritionnel ciblant les réponses combinées à une diminution de l'énergie et de la teneur en acides aminés de la ration, ce qui conforte l'hypothèse d'un impact limité de cette sélection sur les performances de production. En revanche, les différences de composition corporelle pourraient refléter des différences de dynamique de croissance et d'ingestion entre

Les caractères de qualité de la viande (Tableau 2) ne montrent pas de différences entre lignées CORTISOL, sauf une tendance à un pH 24 ultime plus faible dans la lignée HCORT au niveau du fessier superficiel ($P = 0,08$). En revanche, les différences significatives en réponse à la sélection pour la CMJR habituellement observées ont été retrouvées, avec un pH ultime plus faible pour les quatre muscles mesurés (par exemple, pH 24 du muscle demi membraneux : 5,84 en CMJR⁻ et 5,91 en CMJR⁺, $P = 0,02$), et des différences de couleur, ici uniquement sur le muscle fessier moyen, liées à une viande plus claire dans la lignée CMJR⁻ (Gilbert *et al.*, 2017b).

Aucun effet de l'aliment n'a pu être mis en évidence sur les caractères de qualité de la viande. L'interaction lignée x aliment significative pour le b* du fessier moyen du dispositif CORTISOL est liée à une diminution des valeurs de la lignée basse nourrie avec l'aliment Test, qui ne peut pas être expliquée.

lignées qui seront à confirmer, par exemple par l'analyse de pesées intermédiaires ou de cinétiques d'ingestion.

Le test ACTH appliqué aux lignées CMJR a révélé des différences de dynamique de réponse de l'axe corticotrope, plutôt que des différences de niveau basal. Si le niveau de cortisol plasmatique n'est pas diminué dans la lignée la plus efficace, contrairement à l'hypothèse initiale, les différences physiologiques impliquées dans les dynamiques de réponse dans les deux lignées devront être approfondies pour comprendre l'effet exact de la sélection pour une meilleure efficacité alimentaire sur le fonctionnement de l'axe corticotrope des porcs.

La comparaison des lignées CMJR face au challenge alimentaire montre des réponses différentes sur l'ingestion et la vitesse de croissance, la lignée moins efficace étant associée

à des impacts plus limités de l'aliment fibreux sur ses performances. En dépit de cette différence, les animaux de la lignée efficace gardent une meilleure efficacité alimentaire que les animaux de la lignée moins efficace jusqu'à l'abattage. Cet avantage devrait être mis en relation avec la vitesse de croissance diminuée et le coût potentiellement diminué d'un aliment de moindre qualité utilisant des coproduits de processus industriels, pour évaluer la réelle perte économique

d'un élevage en fonction du niveau génétique de son troupeau et de ses choix de conduite alimentaire.

REMERCIEMENTS

Ce projet a été financé par l'Union Européenne à travers le programme de financement de la recherche et de l'innovation Horizon 2020 sous le contrat N° 633531 (Feed-a-Gene).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blum Y., Monziols M., Causeur D., Daumas G., 2014. Recalibrage de la principale méthode de classement des carcasses de porcs en France. Journées Rech. Porcine, 46, 39-44.
- Brossard L., Gilbert H., Billon Y., van Milgen J., 2012. Effet d'une sélection divergente pour la consommation journalière résiduelle chez le porc en croissance sur la réponse à une carence en acides aminés. Journées Rech. Porcine, 44, 165-170.
- Gilbert H., Billon Y., Brossard L., Faure J., Gatellier P., Gondret F., Labussière E., Lebret B., Lefaucheur L., Le Floch N., Louveau I., Merlot E., Meunier-Salaün M.C., Montagne L., Mormede P., Renaudeau D., Riquet J., Rogel-Gaillard C., van Milgen J., Vincent A., Noblet J., 2017a. Sélection pour la consommation alimentaire moyenne journalière résiduelle chez le porc : impacts sur les caractères et défis pour la filière. INRA Prod. Anim., 30, 439-454.
- Gilbert H., Billon Y., Brossard L., Faure J., Gatellier P., Gondret F., Labussière E., Lebret B., Lefaucheur L., Le Floch N., Louveau I., Merlot E., Meunier-Salaün M.C., Montagne L., Mormede P., Renaudeau D., Riquet J., Rogel-Gaillard C., van Milgen J., Vincent A., Noblet J., 2017b. Review: divergent selection for residual feed intake in the growing pig. *Animal*, 11, 1427-1439.
- Knap P.W., 2009. Allocation of resources to maintenance. In: Resource allocation theory applied to farm animal production, W.M. Rauw (editors), CABI Publishing, Wallingford, UK, p 210-229.
- Larzul C., Terenina E., Foury A., Billon Y., Louveau I., Merlot E., Mormede P., 2015. The cortisol response to ACTH in pigs, heritability and influence of corticosteroid-binding globulin. *Animal*, 9, 1929-1934.
- Larzul C., Terenina E., Billon Y., Mormede P., 2018. Genetic determinism of cortisol levels in pigs. 11th WCGALP, Auckland, New Zealand, February 11-16, 2018.
- Montagne L., Loisel F., Le Naou T., Gondret F., Gilbert H., Le Gall M., 2014. Difference in short-term responses to a high-fiber diet in pigs divergently selected for residual feed intake. *J. Anim. Sci.*, 92, 1512-1523.
- Mormede P., Terenina E., 2012. Molecular genetics of the adrenocortical axis and breeding for robustness. *Domest. Anim. Endocrinol.* 43, 116-131.
- Mormede P., Terenina E., Gress L., Billon Y., Ferchaud S., Larzul C., 2016 Analyse génétique de la réponse à l'ACTH chez le porc, relation avec des caractères de robustesse. Journées Rech. Porcine, 48, 263-266.
- Mormede P., Terenina E., Billon Y., Ferchaud S., Gress L., Remignon H., Manse H., Larzul C., 2018. Divergent selection on adrenocortical activity in Large White pigs: Study of responses to breeding challenges. 11th WCGALP, Auckland, New Zealand, February 11-16, 2018.