

Analyse génétique de la constitution de réserves corporelles par la truie et de la mobilisation des ressources pour la production de porcelets dans la lignée Tai Zumu

Maxime BANVILLE (1, 3), Jean-Yves DOURMAD (2), Michel SOURDIOUX (1), Juliette RIQUET (3), Loïc FLATRES-GRALL (1), Laurianne CANARIO (3)

(1) AXIOM, La Garenne, 37210 Azay sur Indre, France

(2) UMR1348 PEGASE, INRA, 35590 Saint-Gilles, France

(3) UMR1388 GenPhySE, INRA / INPT ENSAT / INPT ENVT, 31326 Castanet-Tolosan, France

Laurianne.Canario@inra.fr

Avec la collaboration de Jean-Luc BOUVIER (AXIOM)

Analyse génétique de la constitution des réserves corporelles par la truie et de la mobilisation des ressources pour la production de porcelets dans la lignée Tai Zumu

Cette étude traite des relations entre les dépôts et mobilisations des réserves corporelles par la truie et les caractéristiques de la portée à partir de 1136 événements de reproduction en lignée Tai Zumu. Les équations de Dourmad *et al.* (2005) appliquées à des mesures individuelles de poids vif et d'épaisseur de lard dorsal (ELD) ont permis de définir les variations relatives des teneurs en gras, protéines et énergie des truies, et leur consommation alimentaire théorique en lactation. Les paramètres génétiques ont été estimés par la méthode du maximum de vraisemblance restreinte avec un modèle animal. L'héritabilité du dépôt de réserves corporelles était modérée ($h^2=0,23$ pour les gains énergétiques et de tissu adipeux). Aucune association génétique entre les dépôts corporels relatifs et la taille de portée n'a été mise en évidence. La croissance de la portée en lactation tendait à être corrélée au dépôt de tissu adipeux et à la constitution de réserves énergétiques ($r_g=0,23$). La variation absolue d'ELD entre les semaines 1 et 3 de gestation était héritable ($h^2=0,08$) et corrélée au nombre de morts à la mise bas ($r_g=-0,50$) mais pas à la taille de portée ou à l'homogénéité intra-portée. La relation négative entre la perte de poids en lactation et le nombre de nés totaux ($r_g=-0,54$) suggère un effet défavorable de la mobilisation sur la taille de portée suivante. Des corrélations très négatives entre mortalité des porcelets pendant la lactation et les caractères de mobilisation ont été estimées ($r_g<-0,40$). La croissance de la portée était négativement corrélée au taux de couverture des dépenses en énergie ($r_g=-0,69$) et positivement corrélée à la mobilisation des tissus adipeux par la truie ($r_g=0,77$). Au plan génétique, la mobilisation des réserves corporelles pendant la lactation est un déterminant majeur de la production de porcelets chez la truie Tai Zumu.

Genetics of deposition and mobilization of sows' body reserves for piglet production in the Tai Zumu line

This study aimed at estimating relationships between sow deposition and mobilization of body reserves and litter characteristics, using 1136 reproduction events in the Tai Zumu line. Equations developed by Dourmad *et al.* (2005) were applied to individual measurements of body weight and backfat thickness to calculate the relative variations in fat content, protein content and energy content of sows, as well as their theoretical feed consumption in lactation. Genetic parameters were estimated with the restricted maximum likelihood methodology applied to an animal model. The heritability estimates for deposition of body reserves were moderate (especially in the case of body energy and body fat gains; $h^2=0.23$). No genetic association between relative deposition and litter size was highlighted. Litter growth during lactation tended to be correlated to the deposition of fat and energy ($r_g=0.23$). The absolute variations of backfat depth between wk1 and wk3 of gestation showed genetic variation ($h^2=0.08$) and was correlated to the number of piglets dead at farrowing ($r_g=-0.50$) but not to litter size nor to within-litter homogeneity in weight. The genetic correlation between weight loss and the number of piglets born in total was negative ($r_g=-0.54$), interpreted through the unfavourable impact of mobilization on the subsequent litter size. Strong and negative genetic correlations of litter mortality in lactation with the mobilization traits were obtained ($r_g<-0.40$). Litter weight gain in lactation was negatively correlated to the percentage of metabolic energy consumed by the sow ($r_g=-0.69$) and positively correlated to the sow's fat mobilization ($r_g=0.77$). A strong genetic association between Tai Zumu sow's mobilization of body reserves and piglet production was highlighted.

INTRODUCTION

La production de porcelets est influencée par les aptitudes maternelles des truies, et notamment leur capacité laitière, qui dépend de la gestion des ressources en nutriments. Les réserves corporelles et la consommation alimentaire journalière constituent l'essentiel de ces ressources. Pour adapter sa production au nombre de porcelets à allaiter, la truie module sa prise alimentaire et l'utilisation de ses réserves corporelles (Dourmad, 1988). Les ressources de la truie sont limitées, ce qui conduit à des compromis dans différentes fonctions biologiques : l'investissement dans l'entretien, la reproduction et la croissance propres, ainsi que dans la survie et la croissance de la portée.

La majorité des travaux sur ce sujet traitent de l'utilisation des ressources pendant la lactation. En particulier, Eissen *et al.* (2003) et Dourmad *et al.* (2005) ont souligné l'importance de la consommation alimentaire journalière pour pallier le déficit nutritionnel induit par la lactation. La constitution des réserves corporelles par la truie a aussi des répercussions sur les performances de mise bas et de lactation. Toute variation excessive d'état corporel de la truie a un impact sur la production de porcelets. Martineau et Klopfenstein (1996) ont décrit différents syndromes : a/ des troubles liés à une reconstitution excessive des réserves corporelles en gestation conduisant à un état d'engraissement trop élevé à la mise bas ; b/ une mobilisation trop importante des réserves corporelles en lactation qui peut induire des troubles de la reproduction mais également une hypo-prolificité. La mauvaise gestion des ressources est donc préjudiciable à la fois aux performances et à la longévité des truies.

La sélection pour la croissance maigre et la prolificité des truies a affecté l'allocation des ressources dans les différentes fonctions biologiques. Les truies allaitantes disposent de moindres réserves adipeuses que par le passé et auraient un appétit réduit (Eissen *et al.*, 2000). L'objectif de cette étude est d'analyser les composantes du dépôt des réserves corporelles et de la mobilisation des ressources pour la lactation, et leurs relations phénotypiques et génétiques avec les caractéristiques numériques et pondérales de la portée. Cette étude a été menée dans la population Tai Zumu (TZ), une lignée sino-européenne avec une forte production de porcelets (32,4 sevrés/truie/an ; Banville, 2016).

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Données

Les données ont été collectées dans un élevage de la société AXIOM qui conduit l'ensemble de ses truies TZ en sélection, de janvier 2009 à mars 2013. A cette période, les truies étaient élevées en cases individuelles pendant la phase de gestation. Les pratiques d'adoptions concernaient 6,7% des porcelets et 67% des portées. La pratique de l'adoption entraîne un équilibrage de la taille des portées à en moyenne 13 - 14 porcelets.

Les quantités individuelles d'aliment distribuées aux truies n'avaient pas été enregistrées. Les truies primipares recevaient 2,6 kg/jour d'aliment spécifique à la gestation jusqu'au 80^{ième} jour de gestation puis 3 kg/jour jusqu'à l'entrée en maternité. Les truies multipares recevaient 2,6 kg/jour d'aliment spécifique à la gestation jusqu'au 35^{ième} jour de gestation et les truies les plus maigres recevaient un complément d'aliment

spécifique à la lactation (valeur énergétique : 10 MJ d'énergie nette/kg d'aliment) dont la quantité variait en fonction de l'épaisseur de lard dorsal mesurée le plus récemment. Cette quantité pouvait atteindre 4 kg/jour pour les cas d'extrêmes maigreurs. Jusqu'au 55^{ième} jour de gestation, 3,2 kg d'aliment gestante étaient distribués par jour et par truie multipare, puis 2,8 kg/jour/truie du 56^{ième} au 80^{ième} jour de gestation et 3,5 kg/jour/truie du 80^{ième} jour de gestation à l'entrée en maternité. Ensuite, les truies recevaient 3,5 kg d'aliment allaitante jusqu'à la mise bas, puis la quantité distribuée augmentait progressivement de 1 kg/jour jusqu'au 7^{ième} jour de lactation. L'aliment était ensuite distribué *ad libitum* jusqu'au sevrage. Les données relatives à la productivité numérique des truies ont été collectées à partir d'octobre 2007, soit une période plus longue que pour les données corporelles, de façon à inclure les performances des truies depuis leur première mise à la reproduction. Les porcelets de chaque portée étaient comptabilisés et pesés à la naissance et à 3 semaines d'âge, période qui permet d'évaluer la production laitière. Le nombre de porcelets confiés à une truie suite aux retraits et adoptions, était compté le 1^{er} jour de lactation. L'épaisseur de lard dorsal (ELD), mesurée par ultra-sons et le poids corporel (PC) des truies étaient mesurés en fin d'engraissement, puis à chaque rang de portée, à 85 j de gestation et 105 j de gestation, respectivement, puis au moment du sevrage de la portée, à 28 j de lactation. L'ELD était aussi mesurée de façon répétée pendant la gestation, aux semaines 1, 3, 6, et 9 de gestation.

1.2. Caractères analysés

Les caractères mesurés à l'échelle de la portée étaient le nombre de nés-totaux (NT), de nés-vivants (NV), de mort-nés (MN), le poids de la portée à la naissance (PPN), le poids moyen de la portée à la naissance (PMN) et à 3 semaines d'âge (PM3S), l'écart-type de poids intra-portée à la naissance (ETPN) et à 3 semaines d'âge (ETP3), le gain de poids de la portée de la naissance à 3 semaines d'âge (GPP), ainsi que le nombre de morts à la mise bas (MO-MB) et en lactation (MO-L). MO-MB est la somme des momifiés et des mort-nés.

Nous nous sommes intéressés aux variations de réserves corporelles des truies, en termes de gain pendant la gestation (G) et de pertes en lactation (P). La quantité de tissus stockés en gestation (G) était calculée comme la mesure à la fin de la gestation (f) moins la mesure en fin d'engraissement pour les truies primipares ou au sevrage précédent (d) pour les truies multipares. La quantité de tissus corporels mobilisés en lactation (P) était calculée comme la mesure au sevrage (f) soustraite à la valeur de la même mesure à la fin de la gestation précédente (d). Afin d'obtenir le poids de la truie hors contenu utérin à l'entrée en maternité (Poids_E), i.e. le poids hors contenu utérin, les équations de (Dourmad *et al.*, 1997) ont été utilisées selon Poids_E = PC - 0,3+1,329 * PPN.

Les variables utilisées pour estimer la quantité de tissus stockée (G) puis mobilisée (P) étaient, respectivement, les prises et pertes de poids corporel (PC), d'épaisseur de lard dorsal (ELD), d'énergie (NRJ), de protéines (PROT) et tissus gras (GRAS) de la truie, définis d'après les équations de Dourmad *et al.* (2005):

$$\text{NRJ (MJ)} = 13,65 * (0,912 * \text{PC}^{1.013}) + 45,94 * \text{ELD}$$

$$\text{GRAS (kg)} = 0,221 * (0,912 * \text{PC}^{1.013}) + 1,331 * \text{ELD}$$

$$\text{PROT (kg)} = 0,178 * (0,912 * \text{PC}^{1.013}) - 0,333 * \text{ELD}$$

Les différences d'ELD entre mesures successives pendant la gestation ont été calculées et nommées VarELDx-y pour les semaines x et y. La quantité d'énergie métabolisable ingérée

par la truie pendant la lactation (EM ingérée), approximation de la consommation alimentaire journalière, a été estimée à partir des équations développées par Dourmad *et al.* (2008) en prenant en compte les besoins pour l'entretien, la production de lait, et la contribution des réserves corporelles.

1.3. Analyses statistiques

Les statistiques descriptives des variables étudiées sont données dans le tableau 1. Les modèles utilisés pour les analyses génétiques ont été sélectionnés avec la procédure MIXED du logiciel SAS version 9.4 (SAS Inc., Cary, NC, USA, 2008). Les effets des modèles appliqués sont décrits dans le tableau 1. Ils comprenaient l'effet fixe du rang de mise bas (5 classes avec les rangs de mise bas ≥ 5 regroupés) et l'effet fixe de la bande de mise bas de la truie. Compte-tenu du faible effectif par bande, les bandes successives ont été regroupées

2 à 2. La durée de lactation, l'âge de la portée et l'âge de la truie à la 1^{ère} mise bas (niché dans le rang de portée) ainsi que la taille de portée ont été inclus en tant que covariables dans certains modèles. Les caractères de mortalité ont été analysés comme suivant une distribution de Poisson, avec un modèle linéaire généralisé et le log népérien de la taille de portée comme covariable d'ajustement. Nous avons analysé les variations relatives d'état corporel, la valeur de la variable analysée au départ de l'intervalle sur lequel était mesuré le gain ou la perte étant utilisée comme covariable. Les effets aléatoires de la truie et de son environnement permanent ont été inclus dans tous les modèles. Les estimations des composantes de variance et de covariance ont été obtenues par la méthode du maximum de vraisemblance restreinte appliquée à un modèle animal avec le logiciel AsREML (Gilmour *et al.*, 2009). Des analyses bi-variées ont été réalisées pour l'estimation des corrélations phénotypiques et génétiques.

Tableau 1 – Statistiques descriptives des variables¹ de la base de données, et effets fixes des modèles d'analyse²

		N	Moyenne	Dévi- standard	Minimum	Maximum	Effets fixes du modèle d'analyse
GESTATION	VarELD1-3	1085	1,268	1,089	-3	5	Bande + Rang + AgeMB1
	VarELD3-12	1085	3,706	1,728	-2	10	Bande + Rang + AgeMB1
	PC-G (kg)	1071	56,18	36,79	-8,0	143,7	Bande + Rang + AgeMB1
	ELD-G (mm)	1084	7,10	2,77	-0,50	18,7	Bande + Rang + AgeMB1
	NRJ-G (MJ)	1065	1086	568,6	9,7	2538	Bande + Rang + AgeMB1
	GRAS-G (kg)	1065	21,77	10,34	1,66	52,02	Bande + Rang + AgeMB1
	PROT-G (kg)	1065	7,53	6,07	-3,31	21,70	Bande + Rang + AgeMB1
LACTATION	NT	1136	14,59	3,287	5	26	Bande + Rang
	NV	1136	13,71	3,068	5	25	Bande + Rang
	PMN (kg)	1136	1,34	0,217	0,840	2,214	Bande + Rang
	ETPN (kg)	1136	0,273	0,079	0,084	0,589	Bande + Rang + NT
	ETP3 (kg)	943	1,027	0,365	0,319	3,153	Bande + Rang + AgeP + NCONF
	GPP (kg)	943	58,33	11,21	24,60	94,80	Bande + Rang + AgeP + NCONF
	MN	1136	0,88	1,07	0	7	Rang + ln(NT)
	MO-MB	1136	1,19	1,26	0	7	Rang + ln(NG)
	MO-L	1136	1,50	1,64	0	11	Rang + ln(NG)
	SEV	1136	12,20	1,45	6	16	Bande + Rang + Dlact + ln(NCONF)
	PC-P (kg)	1104	17,50	14,86	-30	80	Bande + Rang + Dlact + NCONF
	ELD-P (mm)	937	6,11	2,64	-3,16	16,26	Bande + Rang + Dlact + NCONF
	NRJ-P (MJ)	916	522,5	265,3	-267,9	1437,0	Bande + Rang + Dlact + NCONF
	GRAS-P (kg)	916	12,10	5,50	-2,56	31,82	Bande + Rang + Dlact + NCONF
	PROT-P (kg)	916	1,043	2,294	-6,315	2,294	Bande + Rang + Dlact + NCONF
	EM ingérée (MJ/j)	615	78,52	10,91	45,21	110,5	Bande + Rang
	%EM ingérée	479	76,4	12,12	29,16	112,5	Bande + Rang

¹ VarEL1-3, VarELD3-12 = variations d'ELD entre, respectivement, les semaines 1 à 3 et 3 à 12 de gestation ; PC = poids corporel ; ELD = épaisseur de lard dorsal ; NRJ = teneur en énergie de la truie ; GRAS = teneur en tissu adipeux de la truie ; PROT = teneur en protéines de la truie ; l'annotation -G rapporte la mesure au gain en gestation et -P à la perte en lactation ; NT = nés totaux ; NV = nés vivants ; PMN = poids moyen à la naissance ; ETPN, ETP3 = écart-type de poids intra-portée à la naissance et à 3 semaines d'âge, respectivement ; GPP = gain de poids de la portée de la naissance à 3 semaines ; MN = nombre de mort-nés ; MO-MB = nombre de morts à la mise bas = MN + momifiés ; MO-L = nombre de morts en lactation ; SEV = nombre de sevrés ; EM ingérée = quantité d'énergie métabolisable ingérée ; %EM ingérée : par rapport aux besoins totaux pour la lactation.

² Bande = bande de mise bas ; Rang = rang de portée ; AgeMB1 = âge à la 1^{ère} mise bas ; Dlact = durée de lactation ; AgeP = âge (en jours) lors de la mesure 3 semaines après la mise bas ; NCONF = nombre de confiés à la truie, mesuré à J1 de lactation ; NG = nombre de nés globaux = NT + momifiés ; ln = log népérien, les co-variables exprimées en log népérien permettent de tarer le modèle linéaire généralisé.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

En accord avec Whittemore et Morgan (1990), qui suggéraient que les génotypes « maigres » de truies mobiliseraient moins de réserves en gras que des génotypes plus gras, nous testons l'hypothèse que les truies TZ, plus grasses que des truies européennes, présentent une gestion spécifique de leurs ressources corporelles pour assurer la lactation, avec une mobilisation préférentielle de tissus adipeux pour produire le lait. Composée à 50% de génétique Meishan, ses origines en

font un modèle original pour l'étude du déterminisme génétique de nouveaux caractères. En 18 ans de sélection, l'épaisseur de lard dorsal des truies TZ a diminué de 9 mm soit 35%. La truie TZ perd en moyenne 17,5 kg et 6 mm de lard dorsal pendant la lactation. Les truies TZ actuelles sont plus prolifiques et doivent allaiter une plus grande portée en disposant de plus faibles réserves adipeuses que par le passé.

Les corrélations génétiques entre les différentes caractéristiques de la portée sont présentées dans Banville *et al.* (2015). Ces auteurs montrent que la capacité génétique des

truies TZ à produire de grandes portées est indépendante de l'hétérogénéité des poids des porcelets et que, si une sélection forte est appliquée sur la prolificité, il en résulterait une diminution des performances de croissance de la portée en lactation. Les héritabilités de ces caractères sont plutôt élevées par rapport à ce qui est décrit dans la littérature pour des lignées d'origine européenne. Seul le nombre de sevrés apparaît très peu héritable tandis que l'héritabilité du nombre de morts à la mise bas est élevée.

2.1. Constitution des réserves corporelles en gestation

Les estimations d'héritabilité sont élevées, avec des valeurs maximales obtenues pour les mesures de gain d'énergie et de gras (Tableau 2). Pour la gestation, seules les variations d'ELD pour les intervalles entre les semaines 1-3 et 3-12, soit donc plutôt en début de gestation, sont hérissables. Les corrélations entre la prise d'état corporel en gestation et les caractéristiques numériques et pondérales de la portée sont données dans le tableau 3. Aucune relation génétique significative entre le dépôt de réserves corporelles et la taille de portée à la mise bas n'a été mise en évidence. La précision des estimations était faible. Néanmoins, des tendances sont observées pour le PPN qui serait corrélé positivement au gain de poids de la truie et négativement avec le dépôt de protéines maternelles. La mortalité à la mise-bas serait associée à de moindres gains en ELD, notamment en tout début de gestation. VarELD1-3 n'était corrélé ni à la taille de portée ni à l'homogénéité des poids intra-portée. Cependant, les résultats phénotypiques montrent que les truies avec un gain d'ELD précoce plus élevé produisent des portées plus lourdes et qui ont un gain de poids supérieur en lactation. Les tendances génétiques vont dans le sens d'une association différente des dépôts de gras dorsal tardif et précoce avec la performance de la portée.

De plus, le gain d'ELD total de gestation est associé à une mortalité supérieure en lactation et des portées plus petites au sevrage. Au plan génétique, le GPP serait potentiellement corrélé à l'ELD global, donc l'adiposité serait favorable à la production laitière en lien avec des niveaux énergétiques et adipeux supérieurs. Bunter *et al.* (2010) ont montré que les truies avec une capacité génétique supérieure pour l'accumulation de lard dorsal en engraissement avaient plus de difficultés à reconstituer leurs réserves adipeuses pendant la gestation. Il serait opportun de réévaluer ces relations génétiques sur des truies TZ en distinguant le 1^{er} rang de portée des rangs suivants.

2.2. Mobilisation des réserves corporelles en lactation

La perte de poids en cours de lactation est un critère d'appréciation de l'ensemble des tissus mobilisés. L'héritabilité en lignée TZ est légèrement supérieure aux valeurs rapportées dans la littérature, comprises entre 0,14 et 0,20 (ex. Grandinson *et al.*, 2005 ; Bergsma *et al.*, 2008). Les héritabilités des caractères d'utilisation d'énergie et de protéines pour la lactation, ainsi que le pourcentage d'énergie métabolisable ingéré relativement aux besoins de la lactation sont modérées à fortes, et supérieures à celle de l'ELD. L'héritabilité obtenue pour les pertes de tissu adipeux est élevée par rapport à Bergsma *et al.* (2008) dont la valeur estimée ($h^2=0,05$) se rapproche de l'héritabilité obtenue pour les pertes absolues de lard dorsal dans notre étude ($h^2=0,07$ se=0,05). Cette différence dans les estimations suivant la prise en compte ou pas de l'ELD comme covariable souligne comment les variations d'état sont conditionnées par la conduite des animaux par l'éleveur, qui

adaptent l'alimentation des truies en fonction de leur épaisseur de gras dorsal.

Les corrélations entre la perte de réserves corporelles, la consommation alimentaire et les caractéristiques numériques et pondérales de la portée sont données dans le tableau 4. Des relations marquées et significatives sont obtenues entre la mobilisation des réserves et la survie et la croissance de la portée au sevrage, en accord avec Grandinson *et al.* (2005). Les truies avec une capacité génétique plus forte à mobiliser leurs réserves pendant la lactation produisent des porcelets qui ont une croissance plus rapide et un risque plus faible de mortalité. De plus, de façon attendue, les truies qui produisent des porcelets plus lourds à la naissance ont une mobilisation des tissus corporels supérieure pendant la lactation pour subvenir aux besoins nutritionnels de leur portée.

Tableau 2 – Estimation de l'héritabilité¹ des caractères² de variation des réserves corporelles, de l'énergie métabolisable ingérée en lactation et des caractéristiques de la portée

	σ_g^2	h^2 (es)	σ_p^2 (es)
GESTATION			
VarELD_1-3	0,07	0,08 (0,04)	0,95 (0,05)
VarELD_3-12	0,30	0,12 (0,05)	2,59 (0,13)
PC-G	32,82	0,17 (0,08)	192,9 (12,3)
ELD-G	0,829	0,15 (0,08)	5,38 (0,32)
NRJ-G	13356	0,23 (0,08)	57932 (3724)
GRAS-G	2,31	0,22 (0,08)	10,28 (0,54)
PROT-G	0,968	0,18 (0,09)	5,428 (0,363)
LACTATION			
NT	2,24	0,22 (0,06)	10,27 (0,54)
NV	2,31	0,25 (0,07)	9,35 (0,50)
PMN	0,023	0,49 (0,09)	0,046 (0,004)
ETPN	0,001	0,17 (0,06)	0,006 (0,0003)
GMQ	0,0004	0,41 (0,11)	0,0009(0,0001)
ETP3	0,024	0,20 (0,08)	0,12 (0,008)
GPP	15,74	0,25 (0,13)	62,9 (5,6)
MN	0,13	0,12 (0,06)	1,07 (0,05)
MO-MB	0,276	0,25 (0,07)	1,10 (0,06)
MO-L	0,15	0,12 (0,04)	1,21 (0,05)
SEV	0,12	0,08 (0,05)	1,51 (0,07)
PC-P	65,0	0,33 (0,10)	194,2 (13,7)
ELD-P	2,26	0,22 (0,06)	10,27 (0,54)
NRJ-P	30182	0,41 (0,11)	73520 (6152)
GRAS-P	10,80	0,35 (0,11)	30,96 (2,49)
PROT-P	2,16	0,45 (0,11)	4,81 (0,42)
EM ingérée	23,33	0,24 (0,12)	98,78 (7,85)
%EM ingérée	0,006	0,41 (0,11)	0,013 (0,0011)

¹ σ_g^2 = variance génétique ; h^2 = héritabilité ; σ_p^2 = variance phénotypique ; es = erreur standard.

² La signification des abréviations est fournie dans le tableau 1.

Nous avons obtenu une relation génétique négative entre taille de portée et mobilisation des réserves. L'hypothèse formulée serait que cette relation décrit le lien entre la mobilisation au rang t et la prolificité au rang t+1; elle suggère un effet défavorable de la mobilisation corporelle sur la taille de portée suivante. Dans la littérature, la relation génétique entre ces deux caractères est décrite comme faible ou nulle (Bergsma *et al.*, 2008). Cette différence peut être en partie attribuée à la prolificité supérieure des truies TZ par rapport à celle des truies de races d'origine européenne (ex. 12,6 NT dans l'étude de Bergsma *et al.* 2008). Un état catabolique excessif n'est pas favorable au développement folliculaire et ovarien après le sevrage. Clowes *et al.* (2003) ont montré que cette perte de fonction ovarienne touche surtout les truies qui mobilisent leurs protéines corporelles au-delà de 12%.

Enfin la capacité génétique des truies TZ à mobiliser des réserves corporelles en cours de lactation semble indispensable à la croissance de leurs portées mais conduirait, d'après la tendance observée, à des portées plus hétérogènes en termes de poids au sevrage, surtout en lien avec la perte relative de gras dorsal. Ce résultat témoigne du conflit croissant entre les besoins nutritionnels des porcelets et la capacité laitière limitée de la truie en fin de lactation. La capacité à mobiliser des réserves est modulée par la taille de portée confiée, la stimulation de la production de lait par les porcelets, la motivation maternelle à allaiter et le niveau d'ingestion individuel des truies.

2.3. Relations avec la consommation alimentaire en lactation

Les corrélations génétiques entre les caractères de la portée et l'EM ingérée par la truie ne sont pas différentes de zéro du fait d'une faible précision des estimations. On suspecte un effet favorable de la taille de portée sur la consommation alimentaire. Il existe un antagonisme, tant au plan génétique que phénotypique, entre le GPP et le pourcentage d'EM ingéré par rapport aux besoins énergétiques globaux de la truie, pour l'entretien et la production laitière. Ainsi les truies qui ont une moindre capacité génétique à couvrir ces besoins par la consommation journalière d'aliment ont un GPP supérieur.

L'explication tient dans l'opposition modérée entre les 2 stratégies de gestion de la lactation, qui consistent, soit à mobiliser des réserves corporelles, soit à accroître la prise alimentaire. On retrouve un consensus clair dans la littérature concernant la disponibilité en réserves corporelles à la mise bas et leur mobilisation en cours de lactation. Les truies dont les réserves sont importantes en entrée de maternité mobilisent davantage leurs réserves corporelles au détriment de leur consommation alimentaire (Eissen *et al.*, 2000). De plus, la capacité d'ingestion des truies TZ pourrait être inférieure à celle de races européennes (Bidanel *et al.*, 1989). L'utilisation des réserves corporelles serait la voie privilégiée pour assurer la croissance de la portée en lignée TZ. Le lait ainsi produit serait plus riche en lipides que celui synthétisé à partir des nutriments dans l'aliment. La truie TZ, de par ses origines 50% Meishan, exprime potentiellement des aptitudes à mobiliser les réserves, alors que la sélection tend à la rapprocher de plus en plus des lignées « blanches » plus maigres, qui s'appuient davantage sur la consommation journalière pour assurer leur lactation. Bergsma *et al.* (2008) ont proposé l'efficacité de lactation comme mesure de la capacité d'investissement maternel se basant sur un bilan énergétique lié à la production laitière. Selon leurs résultats, les truies plus efficaces auraient une moindre consommation alimentaire

Tableau 3 – Corrélations génétiques et phénotypiques entre le dépôt de réserves corporelles et les caractères de la portée¹

	Type	PC-G	ELD-G	VarELD1-3	VarELD3-12	NRJ-G	GRAS-G	PROT-G
NT	r_g	-0,08 (0,27)	-0,04 (0,32)	0,07 (0,37)	-0,15 (0,29)	-0,08 (0,26)	-0,07 (0,26)	-0,05 (0,29)
	r_p	-0,15 (0,04)	-0,03 (0,04)	-0,01 (0,04)	-0,02 (0,04)	-0,14 (0,04)	-0,12 (0,04)	-0,15 (0,04)
NV	r_g	-0,10 (0,26)	0,08 (0,30)	0,10 (0,37)	0,02 (0,27)	-0,04 (0,25)	-0,01 (0,25)	-0,13 (0,28)
	r_p	-0,17 (0,04)	-0,02 (0,04)	-0,02 (0,04)	-0,00 (0,04)	-0,14 (0,04)	-0,11 (0,04)	-0,17 (0,04)
PMN	r_g	0,14 (0,23)	-0,11 (0,25)	0,03 (0,32)	0,22 (0,24)	0,07 (0,22)	0,04 (0,22)	0,19 (0,24)
	r_p	0,09 (0,05)	-0,00 (0,05)	0,07 (0,04)	0,05 (0,04)	0,08 (0,05)	0,07 (0,05)	0,09 (0,05)
PPN	r_g	0,36 (0,39)	-0,07 (0,42)	0,20 (0,47)	0,05 (0,36)	0,22 (0,35)	0,18 (0,34)	-0,48 (0,43)
	r_p	-0,10 (0,05)	-0,03 (0,04)	0,05 (0,04)	-0,01 (0,04)	-0,09 (0,04)	-0,07 (0,04)	-0,10 (0,04)
ETPN	r_g	-0,07 (0,28)	-0,15 (0,31)	0,09 (0,35)	nc	-0,12 (0,27)	-0,13 (0,27)	-0,13 (0,27)
	r_p	0,05 (0,04)	-0,01 (0,04)	0,03 (0,04)		0,03 (0,04)	0,02 (0,04)	0,02 (0,04)
MN	r_g	0,14 (0,36)	-0,43 (0,37)	-0,47 (0,54)	-0,41 (0,32)	-0,10 (0,34)	-0,19 (0,33)	0,38 (0,35)
	r_p	0,04 (0,04)	-0,04 (0,04)	0,02 (0,04)	-0,05 (0,04)	0,01 (0,04)	-0,01 (0,04)	0,07 (0,04)
MO-MB	r_g	0,14 (0,28)	-0,25 (0,28)	-0,50 (0,42)	-0,04 (0,27)	-0,05 (0,26)	-0,11 (0,26)	0,30 (0,28)
	r_p	0,09 (0,04)	-0,05 (0,04)	-0,01 (0,04)	-0,05 (0,04)	0,03 (0,04)	0,01 (0,04)	0,12 (0,04)
GPP	r_g	0,03 (0,27)	0,28 (0,30)	-0,02 (0,37)	0,28 (0,25)	0,18 (0,25)	0,23 (0,25)	-0,06 (0,28)
	r_p	0,03 (0,05)	-0,01 (0,05)	0,08 (0,04)	0,05 (0,04)	0,04 (0,05)	0,04 (0,05)	0,01 (0,05)
SEV	r_g	0,12 (0,38)	-0,32 (0,44)	0,14 (0,51)	-0,26 (0,37)	0,04 (0,35)	-0,02 (0,36)	0,12 (0,40)
	r_p	-0,02 (0,04)	-0,01 (0,04)	0,03 (0,04)	-0,01 (0,04)	-0,01 (0,04)	-0,01 (0,04)	-0,03 (0,04)
MO-L	r_g	0,10 (0,32)	0,27 (0,33)	-0,13 (0,40)	0,22 (0,29)	0,11 (0,29)	0,14 (0,29)	0,11 (0,34)
	r_p	-0,01 (0,04)	0,03 (0,04)	-0,03 (0,04)	0,05 (0,04)	-0,01 (0,04)	0,00 (0,04)	-0,01 (0,04)

¹ la signification des abréviations est fournie dans le tableau 1. Les résultats significatifs au seuil de 5% sont indiqués en gras. r_p = corrélation phénotypique ; r_g = corrélation génétique ; nc = non convergence du modèle

Tableau 4 – Corrélations génétiques et phénotypiques entre l'utilisation des ressources par la truie et les caractères de la portée¹

	Type	PC-P	ELD-P	NRJ-P	GRAS-P	PROT-P	EM ingérée	%EM ingérée
NT	r_g	-0,54 (0,21)	-0,01 (0,29)	-0,19 (0,22)	-0,15 (0,33)	-0,38 (0,22)	0,27 (0,29)	0,35 (0,23)
	r_p	-0,15 (0,05)	0,09 (0,05)	0,02 (0,05)	0,04 (0,05)	-0,07 (0,05)	-0,03 (0,06)	0,07 (0,06)
NV	r_g	-0,52 (0,21)	-0,14 (0,29)	-0,18 (0,22)	-0,16 (0,23)	-0,30 (0,22)	0,32 (0,29)	0,36 (0,22)
	r_p	-0,14 (0,05)	0,06 (0,05)	0,01 (0,05)	0,03 (0,05)	-0,05 (0,05)	0,01 (0,06)	0,08 (0,06)
PMN	r_g	0,35 (0,17)	0,49 (0,23)	0,47 (0,16)	0,49 (0,17)	0,40 (0,17)	-0,38 (0,26)	nc
	r_p	0,25 (0,05)	0,20 (0,05)	0,29 (0,05)	0,29 (0,05)	0,25 (0,06)	-0,02 (0,06)	
ETPN	r_g	-0,07 (0,24)	0,06 (0,30)	-0,01 (0,24)	-0,01 (0,25)	-0,13 (0,24)	nc	nc
	r_p	-0,03 (0,04)	0,03 (0,05)	-0,03 (0,05)	-0,03 (0,05)	-0,06 (0,05)		
MN	r_g	0,05 (0,31)	0,49 (0,34)	0,03 (0,28)	0,10 (0,30)	-0,22 (0,27)	-0,37 (0,42)	-0,03 (0,32)
	r_p	-0,06 (0,05)	0,07 (0,05)	-0,00 (0,05)	0,01 (0,05)	-0,06 (0,05)	-0,10 (0,05)	-0,02 (0,05)
MO-L	r_g	-0,48 (0,21)	-0,46 (0,33)	-0,57 (0,21)	-0,57 (0,22)	-0,60 (0,20)	0,18 (0,33)	0,39 (0,25)
	r_p	-0,29 (0,04)	-0,23 (0,04)	-0,39 (0,04)	-0,37 (0,04)	-0,37 (0,04)	-0,18 (0,05)	0,18 (0,05)
GPP	r_g	0,63 (0,14)	0,77 (0,22)	nc	0,77 (0,13)	nc	0,18 (0,26)	-0,69 (0,18)
	r_p	0,47 (0,04)	0,30 (0,05)		0,44 (0,05)		0,44 (0,05)	-0,25 (0,06)
SEV	r_g	0,22 (0,30)	0,26 (0,41)	0,48 (0,29)	0,46 (0,31)	0,58 (0,28)	0,14 (0,59)	nc
	r_p	0,23 (0,04)	0,16 (0,04)	0,29 (0,04)	0,28 (0,04)	0,28 (0,04)	0,23 (0,05)	
ETP3	r_g	0,29 (0,25)	0,55 (0,28)	0,32 (0,24)	0,35 (0,24)	0,09 (0,26)	0,01 (0,36)	nc
	r_p	-0,03 (0,05)	0,00 (0,05)	-0,03 (0,06)	-0,03 (0,05)	-0,05 (0,06)	-0,02 (0,05)	
EM ingérée	r_g	-0,54 (0,22)	-0,55 (0,30)	-0,51 (0,21)	-0,49 (0,22)	-0,62 (0,22)		
	r_p	-0,48 (0,05)	-0,50 (0,04)	-0,55 (0,04)	-0,56 (0,04)	-0,36 (0,05)		

¹ la signification des abréviations est fournie dans le tableau 1. Les résultats significatifs au seuil de 5% sont indiqués en gras. r_p = corrélation phénotypique ; r_g = corrélation génétique ; nc = non convergence du modèle

CONCLUSION

Les truies TZ, avec un potentiel génétique supérieur pour la mobilisation des réserves corporelles pendant la lactation, produisent de plus grandes portées, plus lourdes au sevrage. Mais un investissement trop marqué dans cette production a des effets génétiques négatifs sur la prolificité au rang suivant. Le nombre de données était trop réduit pour estimer de façon suffisamment précise les corrélations génétiques avec les variations de réserves corporelles en gestation, mais les tendances observées semblent indiquer une association

favorable entre la reprise précoce d'état corporel en début de gestation et la survie de la portée à la mise bas.

La mobilisation des réserves corporelles apparaît comme un très fort déterminant de la croissance des porcelets et de la production laitière chez les truies TZ. Les caractères d'état corporel mesurés sur les jeunes truies représentent 49% de l'objectif de sélection dans cette lignée. La prise en compte de la variation de gras des truies en début de gestation et de leur poids en lactation sont des possibilités d'amélioration de la production de porcelets. La sélection pour le nombre de nés-vivants favorise les truies qui mobilisent une moindre proportion de leur masse corporelle en lactation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Banville M., 2016. Approches quantitatives et moléculaires pour l'amélioration génétique des aptitudes maternelles des truies sino-européennes Tai Zumu. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse, 213p.
- Banville M., Riquet J., Bahon D., Sourdioux M., Canario L., 2015. Genetic parameters for litter size, piglet growth and sow's early growth and body composition in the Chinese-European line Tai Zumu. J. Anim. Breed. Genet., 132, 328-337.
- Bergsma R., Kanis E., Verstegen M. W. A., Knol E. F., 2008. Genetic parameters and predicted selection results for maternal traits related to lactation efficiency in sows. J. Anim. Sci., 86, 1067-1080.
- Bidanel J. P., Caritez J. C., Legault C., 1989. Estimation of crossbreeding parameters between Large White and Meishan porcine breeds. 1. Reproductive-performance. Genet. Sel. Evol., 21, 507-526.
- Bunter K.L., Lewis C.R.G., Hermes S., Smits R., Luxford B.G., 2010. Maternal capacity, feed intake and body development in sows. Proc. 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 1-6. Leipzig, Germany.
- Clowes EJ, Aherne FX, Schaefer AL, Foxcroft GR, Baracos VE. 2003. Parturition body size and body protein loss during lactation influence performance during lactation and ovarian function at weaning in first-parity sows. J. Anim. Sci., 81, 1517-1528.
- Dourmad, J. -Y., 1988. Ingestion spontanée chez la truie en lactation : de nombreux facteurs de variation. INRA Prod. Anim., 1, 141-146.
- Dourmad J.-Y., Etienne M., Noblet J., Causeur D., 1997. Prédiction de la composition chimique des truies reproductrices à partir du poids vifs et de l'épaisseur de lard dorsal. Journées Rech. Porcine, 29, 255-262.
- Dourmad, J. Y., Etienne M., Valancogne A., Dubois S., van Milgen J., Noblet J., 2005. InraPorc: un outil d'aide à la décision pour l'alimentation des truies reproductrices Journées Rech. Porcine, 37, 299-306.
- Dourmad J. Y., Etienne M., Valancogne A., Dubois S., van Milgen J., Noblet J., 2008. InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of sows. Anim. Feed Sci. Technol., 143, 372-386.
- Eissen J.J., Kanis E., Kemp B., 2000. Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. Livest. Prod. Sci., 64, 147-165.
- Eissen J.J., Apeldoorn E.J., Kanis E., Verstegen M.W.A., de Greef K.H., 2003. The importance of a high feed intake during lactation of primiparous sows nursing large litters. J. Anim. Sci., 81, 594-603.
- Grandinson K., Rydhmer L., Strandberg E., Solanes F. X., 2005. Genetic analysis of body condition in the sow during lactation, and its relation to piglet survival and growth. Anim. Sci., 80, 33-40.
- Gilmour A. R., Gogel B. J., Cullis B. R., Thompson R., 2009. ASReml User Guide Release 3.0. VSN International Ltd, UK.
- Martineau G.-P., Klopfenstein C., 1996. Les syndromes corporelles chez la truie Journées Rech. Porcine, 28, 331-338.
- Whittemore, C. T., Morgan C. A., 1990. Model components for the determination of energy and protein requirements for breeding sows: a review. Livest. Prod. Sci., 26, 1-37.