

Influences génétiques - Large White et Meishan - sur la fin du développement de fœtus purs et croisés de la même portée

Laurianne CANARIO (1), Marie-Christine PERE (2), Hélène QUESNEL (2), Yvon BILLON (3), William HEBRARD (3), Juliette RIQUET (1), Pierre MORMEDE (1), Laurence LIAUBET (1)

(1) INRA, UMR0444 LGC, F-31326 Castanet-Tolosan, France

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

(3) INRA, UE1372 Génétique, Expérimentation et Systèmes Innovants, F-17700 Surgères, France

Laurianne.Canario@toulouse.inra.fr

Avec la participation de (1) A. ANTOINE, F. BENNE, A. BONNET, M. BONNET, K. FEVE, N.IANNUCELLI, S. LEROUX, C. NAYLIES, J. SARRY, E. TEREININA, F. VIGNOLES; (2) A. CHAUVIN, F. LE GOUEVEC, P. ECOLAN, F. GONDRET, L. LEFAUCHEUR, I. LOUVEAU, I. LURON ; (3) J. BAILLY, E. BAYLE, P. EPAGNEAUD, P. GERBE, J-L. GIRARD, C. LE BOURHIS, F.MESLIER, C. PAQUET.

Avec le soutien financier de l'ANR (programme GENOMIQUE PORCINET 2009-2013)

Influences génétiques – Large White et Meishan - sur la fin du développement de fœtus purs et croisés de la même portée

Un dispositif de croisements génétiques fondé sur l'utilisation de semence mélangée des races Large White (LW) et Meishan (MS) a été mis en place pour étudier les différences de fin de développement entre des fœtus purs et des fœtus croisés, qui se développent dans un utérus LW ou MS. Des césariennes ont été réalisées en fin de seconde gestation des truies pour étudier les caractéristiques des fœtus à 90j et 110j de développement intra-utérin. Au total, 312 fœtus produits par 9 truies LW et 10 truies MS ont été disséqués. Chez les truies MS uniquement, les fœtus purs et croisés différaient en poids et longueur du corps à 90j et 100j ($P < 0,05$). Les fœtus LW purs étaient plus lourds et plus longs que les fœtus MS purs à 110j uniquement ($P < 0,05$). Le développement des 4 types génétiques de fœtus a été comparé selon des mesures corporelles, de développement osseux et de développement des organes. L'indice de masse corporelle et l'indice pondéral des fœtus LW purs étaient inférieurs à ceux des fœtus LW croisés à 90j et 110j, et à ceux des fœtus MS purs et croisés à 90j. Ces indices étaient plus faibles chez les fœtus MS croisés que chez les MS purs à 90j. L'os du fémur était, proportionnellement à la longueur du corps, le plus court chez les fœtus LW purs (à 90 et 110j), de longueur intermédiaire chez les croisés des 2 races et plus long chez les MS purs (à 90j). Le poids du foie était, proportionnellement au poids du corps, plus faible chez les fœtus LW purs, intermédiaire chez les croisés des 2 races et le plus élevé chez les MS purs ($P < 0,05$). Les ratios du poids du cerveau sur le poids de différents organes étaient les plus élevés chez les fœtus LW purs, intermédiaires chez les croisés des 2 races et les plus faibles chez les MS purs. L'ensemble de ces résultats indique qu'en fin de gestation des truies, l'état de développement est moins abouti chez les fœtus LW purs et beaucoup plus avancé chez les MS purs, même s'ils sont en compétition avec des fœtus croisés, au potentiel de croissance globale supérieur.

Genetic influences - Large White and Meishan - on the late development of purebred and crossbred fetuses from the same litter

A crossbreeding design based on the use of mixed semen from Large White (LW) and Meishan (MS) boars was set up to study differences in late development of purebred and crossbred fetuses developing in a LW or a MS sow. Caesareans were performed at the end of the second gestation of sows to study the fetuses' characteristics at 90d and 110d of intra-uterine development. A total of 312 fetuses from 9 LW sows and 10 MS sows were dissected. In MS sows only, purebred and crossbred fetuses differed for body weight and body length at 90d and 110d of development ($P < 0.05$). LW purebred fetuses were heavier and longer than MS purebred fetuses at 110d only ($P < 0.05$). The four genetic types of piglets were compared according to measurements of their body, bones and organs. Body mass index and ponderal index of LW purebred fetuses were lower than those from LW crossbred fetuses at 90d and 110d, and from MS purebred and crossbred fetuses at 90d. These indexes were lower in MS crossbred fetuses than MS purebred fetuses at 90d. Proportionally to body length, the femur was the shortest in LW purebred fetuses, intermediate in the 2 reciprocal crossbred types, and the longest in MS purebreds (at 90d). Liver weight was; proportionally to body weight, lower in LW purebreds, intermediate in the 2 reciprocal crossbred types, and the highest in MS purebreds ($P < 0,05$). Ratios of brain weight above the weight of several organs were highest in LW purebreds, intermediate in the 2 reciprocal crossbred types, and the lowest in MS purebreds. These results indicate that in late gestation, fetal development is lowest in LW purebreds and much greater in MS purebreds, when they are in competition with crossbred fetuses with a higher potential for growth.

INTRODUCTION

Le progrès génétique réalisé au cours des dernières décennies a permis une amélioration de la prolificité. Cependant, il s'est aussi accompagné d'une augmentation de la mortalité néonatale qui s'explique en partie par un retard de maturité des porcelets à la naissance (Canario *et al.*, 2007).

Les porcelets de race Large White (LW), pourtant plus gros que par le passé, sont moins vifs à la naissance et plus fortement sujets à la mortalité. Mais ceux qui survivent les premiers jours expriment un fort potentiel de croissance (Canario, 2006). A l'opposé, les porcelets de la race Meishan présentent une forte vitalité à la naissance et sont très peu affectés par la mortalité périnatale (Le Dividich *et al.*, 1991 ; Herpin *et al.*, 1996 ; Canario *et al.*, 2006).

Le niveau de développement à la naissance est fortement tributaire des évolutions physiologiques qui se produisent entre 90 jours et le terme de la gestation.

Un retard de croissance peut être indiqué par une morphologie disproportionnée à la naissance. Les mécanismes de fin de développement intra-utérin sont complexes, du fait de la compétition intra-portée.

Des facteurs génétiques entrent également en jeu : le développement dépend à la fois de l'expression des gènes de la truie et de l'expression des gènes du fœtus (Wilson *et al.*, 1998).

Le projet ANR PORCINET a pour objectif d'améliorer les connaissances sur les processus de développement du fœtus de porc, dans le cadre d'un dispositif de croisements génétiques appliqué à des truies Meishan et Large White qui sont inséminées avec de la semence mélangée des 2 races. Ces truies ont donc produit des porcelets purs et croisés au sein d'une même portée. Des césariennes ont été réalisées à la fin de leur seconde portée pour étudier les caractéristiques des fœtus à 90 jours et 110 jours de développement intra-utérin.

La dissection des fœtus a permis une caractérisation phénotypique fine de leur état de développement.

L'objectif de cette étude est d'analyser les différences de développement entre les fœtus purs et croisés issus d'un environnement maternel Large White ou Meishan.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Dispositif expérimental

Le dispositif initial de croisement des animaux a été défini de manière à maximiser la variabilité des origines parentales. Ce dispositif était fondé sur l'insémination de 24 truies MS et 24 truies LW avec de la semence mélangée des 2 races. Pour ce faire, 3 verrats MS et 3 verrats LW ont servi à produire 3 duos de semence, utilisés chacun sur 8 femelles MS et 8 femelles LW. Suite aux césariennes des truies sous anesthésie générale, les fœtus étaient euthanasiés par injection intracardiaque de KCl. Après la sortie du dernier fœtus de la portée, la truie était euthanasiée avec une injection létale de chlorure de potassium administrée dans le cathéter disposé dans la veine marginale. Le type génétique de tous les fœtus a été vérifié ultérieurement par génotypage à partir d'un prélèvement de queue.

L'utilisation de semence mélangée devait permettre d'obtenir des portées composées, dans l'idéal, pour moitié de fœtus

purs et pour l'autre moitié de fœtus croisés. Mais de la dominance spermatique et la dégradation partielle de certaines semences a compromis pour partie cet objectif. Pour satisfaire au mieux à l'objectif, nous avons limité le nombre de truies considérées dans la présente étude en ne conservant que les portées où un minimum de 2 porcelets purs ou croisés avaient été produits.

De plus, nous avons retiré les petites portées pour une comparaison optimale des types génétiques. La composition des portées selon la race de la truie et le stade de gestation (90 ou 110j) est décrite dans le tableau 1.

Le dispositif impliquait 9 truies LW et 10 truies MS produisant leur seconde portée ; ce qui a donné lieu à la dissection d'un total de 312 fœtus.

Les césariennes ont été réalisées en 4 séries espacées de 3 semaines, de février à mai 2011.

Tableau 1 - Composition des portées de truies Large White et Meishan, obtenues par utilisation de semence mélangée

Race de la truie	LW	LW	MS	MS
Stade de gestation (j)	90	110	90	110
Effectif	6	3	7	3
Taille de portée moyenne	16,5	19,2	15,1	13,6
Porcelets purs	78	49	31	16
Porcelets croisés	23	10	77	28

LW : Large White, MS : Meishan

1.2. Mesures phénotypiques

1.2.1. mesures extra corporelles

Avant dissection, les fœtus ont été pesés individuellement avec une balance (précision au dixième de gramme). Ensuite, ils étaient positionnés sur une planche de dissection et photographiés pour l'analyse de leur croissance squelettique. Les mesures ont été obtenues par analyse d'image avec le logiciel Image J (Abramoff *et al.*, 2004) au centième de cm près, par un unique intervenant.

La longueur cranio-caudale est la distance entre la base du crâne (nuque) et la base de la queue.

La largeur du corps est mesurée par le tracé d'une droite tangente au haut du dos jusqu'à l'arrière de la patte avant. Les mesures des longueurs de l'humérus, du fémur et du pied ont été possibles car les os étaient clairement visibles sur les photos, en apparence à travers la peau.

Nous avons ensuite mesuré les ratios de distances rapportées à la longueur du corps (LC) ainsi que l'indice de masse corporelle (IMC) et l'indice pondéral (IP) :

$$\text{IMC} = \text{poids corporel} / (\text{longueur cranio-caudale})^2$$

$$\text{IP} = \text{poids corporel} / (\text{longueur cranio-caudale})^3$$

1.2.2. mesures intra corporelles

La croissance relative des organes est une manière d'appréhender le retard de développement.

Nous avons donc pesé les différents organes avec une balance de précision au milligramme près et nous avons calculé les ratios des poids des organes rapportés au poids du corps.

Enfin, les ratios du poids du cerveau par rapport aux poids de différents organes vitaux permettent de détecter un retard de croissance intra-utérin qui conduit le fœtus à réaliser une économie de développement sur certains organes (Bauer *et al.*, 1998; Vallet et Freking, 2006).

Tableau 2 – Moyennes des moindres carrés (MMC) et écarts-type résiduels (ETR) des mesures réalisées sur des fœtus issus de truies Large White (LW) et Meishan (MS), produisant à la fois des fœtus purs et croisés dans leur portée.

		Type génétique du porcelet ¹				
		LWxLW	MSxLW	LWxMS	MSxMS	
	Stade	MMC	MMC	MMC	MMC	ETR
Mesure corporelle (cm)						
Largeur	90	3,52	3,96	4,04	3,92	0,49
	110	4,88	5,01	4,67	4,53	
Longueurs osseuses (cm)						
Humérus	90	3,98	4,20	4,29	4,01	0,44
	110	5,41	5,38	5,21	4,80	
Fémur	90	6,22	6,69	6,43	6,21	0,63
	110	7,99	8,29	7,77	7,48	
Pied	90	4,10	4,30	4,45	4,14	0,45
		5,61	5,57	5,52	5,13	
Poids des organes (g)						
Cerveau	90	14,44	14,70	14,49	13,24	1,34
	110	24,57	24,52	23,25	20,38	
Cœur	90	3,10	3,89	3,62	3,21	1,38
	110	8,41	8,68	7,38	6,94	
Poumon	90	18,83	19,53	18,70	13,64	7,00
	110	45,09	40,31	37,84	25,89	
Estomac	90	2,62	2,69	2,66	2,19	0,75
	110	5,83	5,82	5,49	4,82	
Foie	90	11,84	16,22	15,37	14,98	5,60
	110	32,49	40,58	33,77	29,26	
Rate	90	0,74	0,98	1,09	1 ;19	0,23
	110	1,05	1,23	1,12	1,19	
Petit	90	13,29	14,40	8,33	6,26	4,72
	110	32,97	36,94	23,63	22,72	
Gros	90	6,13	7,00	6,92	6,12	2,22
	110	13,84	13,77	10,22	8,60	
Rein droit	90	1,98	2,93	3,57	3,50	0,81
	110	4,68	5,33	4,85	5,17	
Rein gauche	90	1,97	2,88	3,43	3,36	0,81
	110	4,64	5,28	4,68	5,02	

¹types génétiques: race du verrat x race de la truie

1.3. Analyses statistiques

1.3.1. Mesures phénotypiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SAS (SAS Institute, 2006). Les mesures phénotypiques ont été analysées de façon brute pour une description générale (Tableau 2) puis sous la forme de ratios (partie Résultats). Le modèle utilisé pour l'analyse de chaque phénotype Y était :

$$Y = \text{sexe} + \text{TG} \times \text{stade} + \% \text{purs} + \text{TP} + \text{portée}$$

où sexe est l'effet fixe du sexe du porcelet, TG l'effet fixe de son type génétique (4 niveaux), stade l'effet fixe de son stade de développement (2 niveaux), %purs et TP sont des covariables associées au pourcentage de porcelets de race

pure dans la portée et à la taille de portée. Enfin 'portée' correspond à l'effet aléatoire de la portée au sein de laquelle s'est développé le fœtus.

2. RESULTATS

2.1. Effets génétiques sur le développement squelettique et la croissance corporelle

L'interaction entre le type génétique du fœtus et le stade de développement était fortement significative pour toutes les mesures ($P < 0,001$).

Le poids et la longueur du corps des fœtus sont supérieurs chez les fœtus mesurés à 110j de développement à ceux des fœtus mesurés à 90j de développement ($P < 0,0001$ pour chaque type génétique). Pour ces 2 mesures, des différences significatives sont observées entre les fœtus croisés et les fœtus purs issus de truies MS aux 2 stades et entre les fœtus LW purs et les fœtus MS purs à 110j (Figure 1). En revanche, les fœtus purs et croisés de truies LW ne diffèrent pas en poids ou longueur du corps.

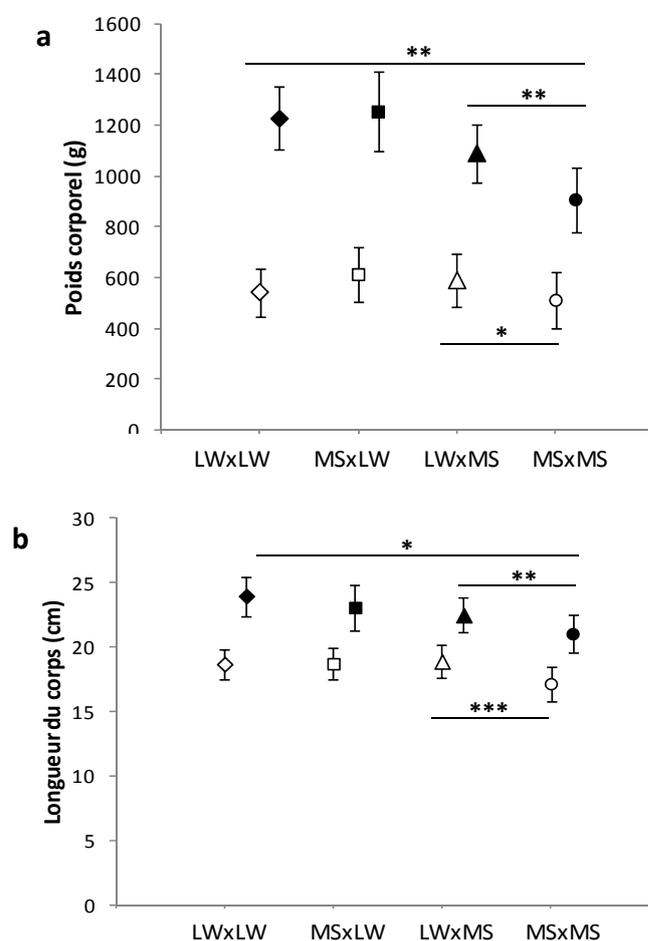


Figure 1 – Poids corporel (a) et longueur du corps (b) selon le stade de développement (symbole blanc: 90j de développement; symbole noir : 110j de développement) et le type génétique du fœtus (race du verrat x race de la truie).

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

2.2. Effets génétiques sur la morphologie externe et le développement osseux

2.2.1. Comparaison intra truies Large White

L'indice de masse corporelle et l'indice pondéral sont plus faibles chez les fœtus LW purs que chez les fœtus croisés (de

16 et 24% pour l'IMC et 0,8 et 1,4% pour l'IP). Proportionnellement à la longueur de leur corps, les fœtus LW purs ont un corps moins large et un fémur plus court que les fœtus croisés (Tableau 3). Ces 4 différences en faveur des fœtus croisés sont observées à la fois à 90j et 110j de développement. De plus, à 90j, les fœtus LW purs ont l'humérus et le pied proportionnellement plus courts ; ces différences ne sont pas retrouvées à 110j. Enfin à 110j, le ratio pied/fémur tend à être plus élevé chez les LW purs.

2.2.2. Comparaison intra truies Meishan

A 90j, l'indice de masse corporelle et l'indice pondéral sont plus élevés chez les fœtus MS purs que chez les fœtus croisés, de 9,5% et 1,6%, respectivement. Proportionnellement à la longueur du corps, leur humérus est plus long que celui des fœtus croisés et le ratio

pied/fémur est plus faible. La différence sur l'indice pondéral tend à se retrouver sur les fœtus mesurés à 110j. A 90j et 110j, les fœtus MS purs ont un fémur plus long que les croisés proportionnellement à la longueur de leur corps.

2.2.3. Comparaison des fœtus LW purs aux issus de truies MS

Les fœtus LW purs se distinguent également des fœtus issus de MS (purs et croisés) par un corps moins large proportionnellement à la longueur du corps et des indices de masse corporelle et pondéraux plus faibles. Ces différences sont observées presque exclusivement à 90j.

De plus, à 90j, toujours proportionnellement à la longueur du corps, les LW purs ont des os (humérus, fémur et pied) plus courts que les fœtus MS purs mais ce contraste de développement osseux n'est pas retrouvé sur les fœtus mesurés à 110j.

Tableau 3 – Moyennes des moindres carrés (MMC) et écarts-types résiduels (ETR) des ratios de mesures corporelles et longueurs osseuses de fœtus issus de truies Large White et Meishan, produisant à la fois des fœtus purs et croisés dans leur portée.

Caractère (%)	Type génétique du porcelet				ETR	Différences (D)				
	Stade	LWxLW	MSxLW	LWxMS		MSxMS	Intra truie LW	Intra truie MS	LWxLW vs LWxMS	LWxLW vs MSxMS
		MMC	MMC	MMC		MMC	Prob(D=0)	Prob(D=0)	Prob(D=0)	Prob(D=0)
IMC	90	153,4	169,8	169,6	179,1	7,6	<0,001	0,03	0,01	<0,0001
	110	204,0	228,5	205,3	200,4		<0,001	0,43	0,85	0,64
IP	90	8,3	9,1	9,1	10,7	0,2	<0,001	<0,0001	0,03	<0,0001
	110	8,5	9,9	8,9	9,5		<0,0001	0,07	0,37	0,05
Larg_Corps / LC	90	18,9	21,2	21,4	22,8	1,7	<0,0001	<0,001	0,01	<0,0001
	110	20,3	21,6	20,8	21,6		0,02	<0,01	0,66	0,15
Humérus / LC	90	21,4	22,5	22,7	23,3	1,4	0,00	0,05	0,19	0,05
	110	22,6	23,4	23,1	22,8		0,14	0,50	0,67	0,88
Fémur / LC	90	33,2	35,7	34,1	36,2	1,5	<0,0001	<0,0001	0,51	0,03
	110	33,4	35,9	34,6	35,6		<0,0001	0,05	0,42	0,14
Pied / LC	90	22,0	23,0	23,6	24,1	1,7	0,01	0,17	0,13	0,05
	110	23,5	24,2	24,5	24,4		0,20	0,75	0,36	0,45
Pied / Fémur	90	66,3	64,5	69,3	66,7	4,6	0,13	0,01	0,40	0,91
	110	70,4	67,7	71,2	68,7		0,10	0,10	0,85	0,67

LW : Large White, MS : Meishan ; les types génétiques des foetus sont exprimés sous la forme : race du verrat x race de la truie

IMC : indice de masse corporelle, IP : Indice pondéral, Larg_corps : largeur du corps ; LC : longueur du corps

2.3. Effets génétiques sur le développement des organes

2.3.1. Comparaison intra truies Large White

A 90j, les fœtus LW purs ont le cœur, la rate et les reins plus légers que les fœtus croisés, proportionnellement au poids de leur corps ; ces différences ne sont pas confirmées sur les fœtus disséqués à 110j (Tableau 4). En revanche, à 90j comme à 110j, les fœtus LW purs ont un foie proportionnellement plus léger ainsi qu'un estomac et des poumons plus lourds. Les ratios du poids du cerveau par rapport aux poids du cœur, des intestins et des reins, du foie et de la rate sont plus élevés chez les fœtus LW purs à 90j que chez les croisés; seules les différences relatives au foie et à la rate sont retrouvées à 110j.

2.3.2. Comparaison intra truies Meishan

Dans le cas des fœtus MS purs, les différences observées mettent en évidence un poids des organes plus élevé que chez les fœtus croisés, proportionnellement au poids du corps: à 90j

et 110j, poumons, estomac, rate ; uniquement à 90j, le foie et la panne ; à 110j le cœur.

Les ratios du poids du cerveau par rapport aux poids de l'estomac et des poumons sont plus élevés à 90j ; il en est de même pour les ratios aux poids des poumons du cœur à 110j. On obtient un ratio plus faible que chez les croisés pour la rate à 90-110j et pour les reins à 110j.

2.3.3. Comparaison des fœtus LW purs aux issus de truies MS

Les fœtus LW purs se distinguent également des fœtus issus de MS par un foie plus léger (P<0,01 pour les MS purs et P<0,10 pour les croisés de truies MS) à 90 comme 110j ; et des reins et une rate plus légers à 90j. Les LW purs ont aussi des poumons et des reins plus lourds que les MS purs à 90j et 110j.

Les ratios du poids du cerveau par rapport aux poids de la rate et des reins sont plus élevés chez les LW purs que chez les MS purs à 90 et 110j ; de même pour les ratios par rapport au poids du foie et du cœur à 90j.

Tableau 4 – Moyennes des moindres carrés (MMC) et écarts-types résiduels (ETR) des ratios de longueurs des organes sur le poids corporel et du ratio du poids du cerveau sur le poids de différents organes vitaux chez des fœtus issus de truies Large White et Meishan, inséminées avec de la semence mélangée des 2 races

Caractères (%)	Stade	Type génétique du porcelet				ETR	Différences (D)			
		LWxLW	MSxLW	LWxMS	MSxMS		Intra truie LW	Intra truie MS	LWxLW vs LWxMS	LWxLW vs MSxMS
		MMC	MMC	MMC	MMC		Prob(D=0)	Prob(D=0)	Prob(D=0)	Prob(D=0)
Cœur / PC	90	0,56	0,63	0,63	0,63	0,07	<0,001	0,73	0,46	0,42
	110	0,69	0,69	0,69	0,77		0,99	<0,001	0,98	0,40
Poumons / PC	90	3,44	3,18	3,20	2,66	0,40	0,01	<0,0001	0,46	0,02
	110	3,68	3,09	3,49	2,89		<0,001	<0,0001	0,61	0,03
Estomac / PC	90	0,47	0,44	0,47	0,44	0,04	<0,001	0,02	0,88	0,51
	110	0,49	0,46	0,51	0,53		0,09	0,04	0,78	0,44
Foie / PC	90	2,21	2,65	2,57	2,82	0,29	<0,0001	<0,001	0,09	<0,001
	110	2,67	3,24	3,11	3,24		<0,0001	0,18	0,07	0,02
Petit Intestin / PC	90	2,12	2,16	1,66	1,55	0,23	0,50	0,04	0,34	0,23
	110	2,73	2,93	2,16	2,51		0,03	<0,0001	0,28	0,68
Gros Intestin / PC	90	1,03	1,10	1,24	1,27	0,13	0,05	0,23	0,28	0,20
	110	1,13	1,09	0,96	0,96		0,44	0,98	0,41	0,42
Rate / PC	90	0,14	0,16	0,18	0,23	0,02	<0,0001	<0,0001	0,02	<0,0001
	110	0,09	0,10	0,10	0,13		0,26	<0,001	0,55	0,07
Reins ¹ / PC	90	0,39	0,48	0,58	0,65	0,07	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,0001
	110	0,38	0,42	0,45	0,55		0,19	<0,0001	0,34	0,01
Cerveau / Foie	90	129	97	97	89	28	<0,0001	0,23	0,10	0,04
	110	88	68	73	68		0,08	0,58	0,37	0,36
Cerveau / Cœur	90	513	404	392	392	96	<0,0001	0,98	0,03	0,04
	110	354	322	313	280		0,41	0,29	0,52	0,26
Cerveau / Rate	90	2090	1608	1296	1021	466	<0,0001	0,02	<0,001	<0,001
	110	2463	2080	2215	1741		0,04	<0,001	0,42	0,02
Cerveau / Poumons	90	86	80	77	97	23	0,31	<0,001	0,56	0,53
	110	64	74	64	78		0,30	0,08	0,99	0,47
Cerveau / Reins ¹	90	721	536	404	361	118	<0,0001	0,14	<0,0001	<0,0001
	110	594	520	495	382		0,12	<0,001	0,22	0,01
Cerveau/ Estomac	90	608	580	522	571	100	0,28	0,05	0,24	0,61
	110	465	465	431	411		0,99	0,53	0,68	0,52

PC : poids corporel ; ¹ valeur moyenne du poids des 2 reins

3. DISCUSSION

Un retard de développement intra-utérin réduit les chances de survie postnatale. Des fœtus avec un retard de développement intra-utérin n'exploitent pas totalement leur potentiel génétique pour la croissance. La compétition intra-utérine, plus marquée dans les grandes portées, peut également être source d'immaturité.

Le dispositif génétique mis en place dans cette étude procure des informations originales sur l'influence de l'environnement utérin dans l'expression des effets d'hétérosis et des effets maternels. Les truies MS sont connues pour leur capacité à homogénéiser le développement intra-utérin de leurs fœtus (Bidanel *et al.*, 1990), même lorsqu'elles produisent des porcelets croisés avec du Large White plutôt que des MS purs (Canario *et al.*,

2007) ou bien à la fois des porcelets MS purs et LW purs au sein d'une même portée suite à un transfert d'embryons (Wilson *et al.*, 1998). Mais dans notre étude, nous constatons une influence du type génétique du fœtus : la croissance des fœtus croisés est plus marquée que celle des fœtus purs lorsque l'environnement utérin est Meishan. Chez les truies Large White, les effets génétiques paternels sont faibles, ce qui conduit à un développement pondéral équivalent des fœtus purs et croisés. Les tailles de portée importantes ont pu limiter l'expression du potentiel de croissance supérieur des fœtus croisés.

La comparaison sur la base de plusieurs indicateurs externes et osseux du retard de développement utilisés chez l'humain confirme le retard de maturité des fœtus LW purs : leurs IMC, IP, largeur du corps (approximation de la moitié de la circonférence abdominale : les organes se développant

lentement, l'abdomen présente une taille limitée) et longueur du fémur sont plus faibles que chez les 3 autres types génétiques. Notre étude montre également qu'il s'agirait de meilleurs indicateurs de la capacité de survie que le poids corporel des fœtus, en accord avec Foxcroft *et al.* (2006) et les travaux de Baxter *et al.* (2008). Les porcelets LW purs de notre dispositif ont une survie néonatale inférieure à celle des autres types génétiques de porcelets (données non publiées).

C'est vers 90 jours de gestation que le développement fœtal se finalise avec la maturation de la plupart des organes. Dans notre étude, les différences observées à 90j et confirmées à 110j soulignent des caractères déterminants pour la fin du développement : le cerveau, le foie, la rate et le cœur sont des organes primordiaux pour le développement prénatal (en accord avec Vallet et Freking, 2006) ; notamment les réserves en glycogène du foie et du muscle qui se mettent en place à cette période sont essentielles à la survie du nouveau-né (Le Dividich *et al.*, 1991 ; Leenhouwers *et al.*, 2002 ; Foxcroft *et al.*, 2006). Le rapport foie/PC augmente de 90 à 110j chez les 4 types génétiques mais le foie est relativement plus léger chez les fœtus LW purs, ce qui laisse pressentir un retard de mise en place des mécanismes de la glycogénèse, comme cela avait été mis en évidence par Canario *et al.* (2007a) sur des nouveau-nés LW purs développés dans un environnement utérin LW.

Mais le foie est un organe moins déterminant pour la survie postnatale que le petit intestin, qui augmente de taille relative de 90 à 110j et qui est proportionnellement plus développé chez les LW croisés et les MS purs à 110j que chez l'autre type génétique présent dans leurs portées respectives. Chez les fœtus LW purs en particulier, on observe que le cerveau se développe au détriment de la croissance d'autres organes (Gluckman et Hanson, 2005).

CONCLUSION

Des pistes de sélection pour limiter la production de trop petits porcelets dans les grandes portées sont envisagées mais ne permettront pas nécessairement d'enrayer le retard de développement des porcelets LW à la naissance.

Cette expérimentation fondée sur l'utilisation de duos de semence pour produire des fœtus purs et croisés au sein d'une même portée de truies MS ou LW est appropriée pour dissocier les influences génétiques maternelles et fœtales sur le développement. Même au sein d'un environnement commun, qui favorise l'homogénéité de développement (truies MS), des fœtus de types génétiques différents ont une capacité de développement différente. L'étude de portées génétiquement mixtes souligne le rôle important de la génétique du porcelet dans son développement intra-utérin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abramoff, M.D., Magalhaes, P.J., Ram, S.J., 2004. "Image Processing with ImageJ". Biophotonics International, volume 11, issue 7, 36-42.
- Bauer R., Walter B., Hoppe A., Gaser E., Lampe V., Kauf E., Zwiener U., 1998. Body weight distribution and organ size in newborn swine (*sus scrofa domestica*) – A study describing an animal model for asymmetrical intrauterine growth retardation. *Exp. Toxic. Pathol.*, 50, 56-65.
- Baxter E.M., Jarvis S., D'Eath R.B., Ross D.W., Robson S.K., Farish M., Nevison I.M., Lawrence A.B., Edwards S.A., 2008. Investigating the behavioural and physiological indicators of neonatal survival in pigs. *Theriogenology*, 69, 773-783.
- Bidanel J.P., Caritez J.C., Legault C., 1990. Estimation of crossbreeding parameters between Large White and Meishan porcine breeds. II. Growth before weaning and growth of females during the growing and reproductive periods. *Gen. Sel. Evol.*, 22, 431-445.
- Canario L., 2006. Aspects génétiques de la mortalité des porcelets à la naissance et en allaitement précoce: relations avec les aptitudes maternelles des truies et la vitalité des porcelets. Thèse de doctorat. Institut National Agronomique Paris-Grignon, France, 343p.
- Canario L., Père M.C., Tribout T., Thomas F., David C., Gogué J., Herpin P., Bidanel J.P., Le Dividich J., 2007a. Estimation of genetic trends from 1977 to 1998 of body composition and physiological state of Large White pigs at birth. *Animal*, 1, 1409-1413.
- Canario L., Rydhmer L., Gogué J., Tribout, T., Bidanel J.P., 2007b. Estimation of genetic trends from 1977 to 1998 for farrowing characteristics in the French Large White breed using frozen semen. *Animal*, 1, 929-938.
- Foxcroft G.R., Dixon W.T., Novak, S., Putman, C.T., Town, S.C., Vinsky, M.D., 2006. The biological basis for prenatal programming of postnatal performance in pigs. *J. Anim. Sci.*, 84 Suppl, E105-E112.
- Gluckman P.D., Hanson M.A., The fetal matrix: evolution development and disease, 1st edition, Cambridge University Press, 2005.
- Herpin P., Le Dividich J., Hulin J.C., Fillaut M., de Marco F., Berlin R., 1996. Effects of the level of asphyxia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. *J. Anim. Sci.*, 74, 2067-2075.
- Le Dividich J., Mormède P., Catheline M., Caritez J.C., 1991. Body composition and cold resistance of the neonatal pig from European (Large White) and Chinese (Meishan) breeds. *Biology of the Neonate*, 51, 268-277.
- Leenhouwers, J. I., Knol, E. F., de Groot, P. N., Vos, H., and van der Lende, T. (2002). Fetal development in the pig in relation to genetic merit for piglet survival. *J. Anim. Sci.*, 80, 1759-70.
- SAS Statistical Analysis Systems Institute 2006. Version 9.1.3. SAS Institute Inc, Cary, NC, USA.
- Vallet J.L., Freking BA, 2006. Changes in fetal organ weights during gestation after selection for ovulation rate and uterine capacity in swine. *J. Anim. Sci.*, 84, 2338-2345.
- Wilson M.E., Biensen N.J., Youngs C.R., Ford S.P., 1998. Development of Meishan and Yorkshire Littermate Conceptuses in Either a Meishan or Yorkshire Uterine Environment to Day 90 of Gestation and to Term. *Biol. Reprod.*, 58, 905-910.