

Influence du rationnement alimentaire pendant la lactation sur les paramètres métaboliques et de reproduction de truies primipares

Hélène QUESNEL, Anne PASQUIER, Anne-MARIE MOUNIER, J.C. HULIN, Isabelle LOUVEAU, Armelle PRUNIER

*Institut National de la Recherche Agronomique
Station de Recherches Porcines - 35590 Saint-Gilles*

avec la collaboration technique de Y. Lebreton, H. Renoult, D. Boutin et Karine Blot

Influence du rationnement alimentaire pendant la lactation sur les paramètres métaboliques et de reproduction de truies primipares

Vingt quatre truies primipares croisées Pietrain x Large White ont été réparties en deux lots expérimentaux. Pendant la lactation, les truies du lot Haut sont nourries selon un plan d'alimentation proche du niveau ad libitum et celles du lot Bas reçoivent environ 50 % de cette ration. Des prélèvements de sang sériés sont effectués la veille du sevrage, dans les heures qui suivent le sevrage et le lendemain. Les truies sont abattues le jour du sevrage ou 48 heures après et leurs ovaires sont prélevés.

Les truies du lot Bas ont perdu plus de poids et de lard pendant la lactation que les truies du lot Haut. La croissance journalière de leur portée est un peu altérée (1,88 versus 2,06 kg/jour). Pendant la lactation, elles ont des niveaux de GH légèrement plus élevés et des niveaux d'insuline et d'IGF-1 plus faibles que ceux des truies du lot Haut ($P < 0,05$). Les concentrations moyennes et basales de LH sont similaires dans les deux groupes de truies, mais la fréquence des pulses est réduite chez les truies rationnées. Après le sevrage, les concentrations moyennes et basales de LH augmentent, mais pas la fréquence des pulses. Parallèlement à l'accroissement de LH, le nombre de gros follicules ovariens augmente significativement chez les truies du lot Haut et non significativement chez celles du lot Bas. En conclusion, cette expérience a confirmé les effets inhibiteurs de la lactation sur la sécrétion de LH et le développement ovarien qui sont levés immédiatement après le sevrage des porcelets lorsque les truies n'ont pas subi de déficit nutritionnel trop intense en lactation. Chez les truies sous-alimentées en lactation, la reprise de l'activité ovarienne deux jours après le sevrage est beaucoup plus variable, certaines femelles ne présentant pas de signe net de cette reprise.

Influence of feed intake during lactation on metabolic and reproductive hormones and on follicular development in first parity sows

Twenty four Pietrain x Large White primiparous sows were allocated to a control group (H) or a restricted group (L). H females were fed on a plane of nutrition close to ad libitum while L females were offered about 50 % of the H diet. Serial blood samples were collected on the day before weaning, in the hours following weaning and the day after. Females were slaughtered on the day of weaning or 2 days later, and their ovaries were removed.

L sows lost more weight and backfat during lactation than did H sows. Daily growth of their litters was slightly lower (1.88 vs 2.06 kg/day). During lactation, L sows had slightly higher GH concentrations and lower insulin and IGF-1 concentrations than H sows ($P < 0.05$). Mean and basal LH concentrations were similar in both groups of females, but pulse frequency was lowered in L sows. After weaning, mean and basal LH concentrations increased significantly, but not pulse frequency. Concomitantly with the increase in LH secretion, the number of large ovarian follicles increased, significantly in H females and not significantly in L females. In conclusion, this experiment confirms the inhibitory effects of lactation on LH secretion and ovarian development, which are removed immediately after weaning in sows without intense energy deficiency during lactation. In restricted-fed sows, the activation of follicular development within two days after weaning is very variable, with some sows presenting no sign of activation.

INTRODUCTION

La lactation est associée, d'une part, à de nombreux ajustements métaboliques sous contrôle hormonal, et d'autre part, à l'inhibition de l'axe hypothalamus-hypophyse-ovaires. Ainsi, les truies en lactation ont à faire face à des besoins nutritionnels élevés pour produire le lait. Elles sont généralement en anoestrus pendant la lactation. Elles présentent un comportement d'oestrus dans les 4 à 10 jours suivant le sevrage des porcelets après une lactation de 3 à 4 semaines. Cependant, des retards de retour en oestrus sont observés chez environ 12 % des truies après le premier sevrage et 8 % après le deuxième sevrage. Parmi les facteurs susceptibles d'être responsables de ces retards, la nutrition jouerait un rôle important, du fait du déficit énergétique observé chez la plupart des truies en lactation (QUESNEL et PRUNIER, 1995a). De nombreux travaux ont d'ailleurs montré que des apports nutritionnels insuffisants prolongeaient l'intervalle sevrage-oestrus, diminuaient le taux de gestation et la survie embryonnaire (AHERNE et KIRKWOOD, 1985; KING, 1987; DOURMAD et al, 1994). Les mécanismes physiologiques responsables de ce retard d'oestrus restent mal compris. Les modifications de la sécrétion des hormones dépendantes du métabolisme des nutriments et des métabolites pourraient moduler le développement ovarien soit par une action sur la sécrétion des hormones gonadotropes (KING et MARTIN, 1989), soit par une action directe au niveau des ovaires (MATAMOROS et al, 1991).

Les relations entre les paramètres métaboliques et les sécrétions gonadotropes et/ou le retour en oestrus ont fait l'objet de nombreux travaux. A notre connaissance, peu d'études ont porté simultanément sur les paramètres métaboliques et gonadotropes et sur les populations folliculaires des ovaires.

Aussi avons-nous réalisé cette expérience de sous-alimentation de truies primipares en lactation, afin d'en observer les effets sur les paramètres zootechniques, les paramètres métaboliques, la sécrétion de LH et les populations folliculaires, en fin de lactation et après le sevrage des porcelets.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux et schéma expérimental

Vingt quatre truies croisées Pietrain x Large White, issues du troupeau de la Station de Recherches Porcines (INRA, 35 Saint-Gilles), sont inséminées à 233 ± 3 jours d'âge et 125 ± 5 kg de poids vif pour la première répétition ($n = 12$) et 249 ± 24 jours et 142 ± 9 kg pour la seconde répétition ($n = 12$). Pendant toute l'expérience, les truies sont maintenues en lumière artificielle provenant de lampes incandescentes. La durée d'éclairage diminue de 12 à 8 h/jour entre les jours 21 à 107 de gestation puis reste constante (8 h/jour). A partir de 107 jours de gestation, les truies sont transférées en maternité dans des loges individuelles de mise bas. Dans les deux jours suivant la mise bas, la taille des portées est égalisée à 9-10 porcelets par des adoptions. De la naissance jusqu'à 21 jours, les porcelets peuvent boire

de l'eau. Après 21 jours, ils reçoivent aussi de l'aliment en granulés. Le sevrage est réalisé de 8h30 à 10h00 à environ 28 jours d'âge.

Pendant la gestation les truies reçoivent 2,7 kg/jour d'un aliment contenant 3,02 Mcal d'ED/kg, 13,2 % de protéines et 0,6 % de lysine. A partir de la mise bas, elles sont réparties selon leur poids en deux lots recevant des niveaux d'alimentation différents. Les truies du lot H sont nourries de manière libérale et celles du lot B reçoivent la moitié de la ration à volonté (tableau 1). Pendant toute la lactation, les truies reçoivent en 2 repas (8h30 et 15h00) un aliment contenant 3,13 Mcal d'ED/kg, 17,1 % de protéines et 0,9 % de lysine. La moitié des truies est abattue le matin du sevrage des porcelets. Après le sevrage, les truies restantes reçoivent 3 kg/jour de l'aliment de gestation. L'oestrus est observé par passage du verrat deux fois par jour. Elles sont abattues 48 heures après le sevrage.

Tableau 1 - Ration alimentaire journalière (kg) pendant la lactation et après le sevrage

Stade	Lot Haut	Lot Bas
À la mise bas	1,0	1,0
À J1 postpartum	2,5	2,5
À J2 postpartum	4,0	2,5
De J3 à J12 postpartum	5,0	2,5
De J13 à J15 postpartum	5,5	2,5
De J15 à J28 postpartum	6,0	3,0
À partir du sevrage	3,0	3,0

1.2. Mesures et prélèvements

Les truies sont pesées et leurs épaisseurs de lard mesurées en trois sites (épaule, dos, rein) le lendemain de la mise bas et au sevrage. Les porcelets sont pesés à la naissance, à 21 jours et au sevrage.

La pose des cathéters dans la veine jugulaire de chaque truie est réalisée sous anesthésie générale vers le 8ème jour de lactation. Les cathéters sont rincés tous les deux jours par du serum physiologique contenant de l'héparine et un antibiotique. Les échantillons de sang sont prélevés toutes les 10 minutes pendant 6 heures (de 10h00 à 16h00) pendant 3 jours consécutifs (la veille S-1, le jour S et le lendemain du sevrage S+1). Le sang est recueilli dans des tubes contenant de l'héparine et immédiatement centrifugé pour récupérer le plasma.

Les ovaires des truies sont prélevés à l'abattoir avant échaudage. Ils sont pesés et le diamètre des gros follicules est mesuré. L'ovaire gauche est immédiatement congelé en deux moitiés dans l'azote liquide en présence d'un cryoprotecteur (Tissu-Tek O.C.T., Miles Inc., USA) puis conservé à -80°C.

1.3. Dosages hormonaux

Les concentrations plasmatiques de l'hormone lutéinisante

(LH), de l'hormone de croissance (GH), de l'insuline et de l'IGF-I (Insulin-like Growth Factor-I) sont déterminées par des dosages radioimmunologiques préalablement validés (CAMOUS et al, 1985; LOUVEAU et al, 1991; PRUNIER et al, 1993a; LOUVEAU et BONNEAU, 1996; respectivement). Les concentrations plasmatiques du glucose et des acides gras libres (AGL) sont mesurées par des méthodes enzymatiques au moyen d'un automate Cobas Mira (Hoffman Laroche, Basel, Suisse).

1.4. Analyse histologique des ovaires

Les demi-ovaires congelés sont débités en coupes sériées de 10 μ d'épaisseur au moyen d'un ultramicrotome maintenu à -23°C. Une section sur 10 est montée sur lame, fixée, colorée selon la méthode de Feulgen et observée au microscope. Tous les follicules à antrum sont comptés, mesurés et classés comme sains ou atrétiques. Un follicule est classé atrétique quand au moins 5 grains de pycnose sont apparents parmi les cellules de granulosa d'une section. Les follicules sont classés selon leur diamètre : classe 1 : < 1 mm ; classe 2 : de 1 à 2,99 mm ; classe 3 : de 3 à 4,99 mm ; classe 4 : 5 mm et plus.

1.5. Analyses statistiques

Toutes les données sont étudiées par analyse de variance grâce au programme d'analyses statistiques SAS (SAS, 1989). Pour tous les paramètres, un modèle en « split-plot » est utilisé, incluant l'effet du niveau alimentaire, de la répétition, de l'animal, du jour de prélèvement et de l'interaction niveau alimentaire x répétition et niveau alimentaire x jour de prélèvement. Quand une interaction tend à être significative ($P < 0,1$), les effets sont étudiés séparément. Quand un effet du jour de prélèvement existe ($P < 0,05$), les comparaisons des moyennes sont faites en utilisant le test de Bonferroni. La comparaison des répartitions entre classe est réalisée avec le test de Chi2.

2. RÉSULTATS

2.1. Données zootechniques

À la mise bas, les poids vifs et les épaisseurs de lard sont semblables chez les truies des deux lots. Pendant la lactation, les pertes de poids vif et de lard sont beaucoup plus élevées chez les truies du lot Bas que chez celles du lot Haut (tableau 2, $P < 0,001$ et $P < 0,01$). Aussi, au sevrage, les truies du lot Bas sont plus légères et plus maigres que celles du lot Haut ($P < 0,001$ et $P < 0,01$).

La taille des portées au sevrage et les poids vifs des portées 48 h après la naissance, à 22 jours de lactation et au sevrage ne diffèrent pas pour les truies des deux lots (tableau 3). Le gain de poids journalier des portées est similaire pendant les 3 premières semaines de lactation, quand les porcelets ne reçoivent que le lait maternel. Si le nombre de porcelets par portée est introduit comme covariable dans l'analyse statistique, le gain de poids journalier est plus faible pour les portées des truies du lot Bas pendant la 4e semaine de lactation ($P < 0,1$) et pendant toute la lactation ($P < 0,05$).

2.2. Paramètres métaboliques

Les concentrations plasmatiques des AGL, du glucose et de l'insuline étant très dépendantes des repas, elles sont présentées sous forme de profil (figure 1) et de concentrations moyennes (tableau 4).

Dans les deux groupes de truies, les concentrations d'AGL et de glucose sont respectivement plus faibles et plus élevées après les repas qu'avant (figure 1). Pendant la lactation, l'augmentation des concentrations d'AGL entre les deux repas est beaucoup plus élevée chez les truies rationnées que chez les autres ($P < 0,001$). Les concentrations de glucose sont similaires dans les deux groupes de truies. Le jour du sevrage, les concentrations d'AGL sont similaires chez les

Tableau 2 - Effets du niveau alimentaire des truies pendant la lactation sur leur état corporel (moyenne \pm écart type)

	Lot		Signification statistique		
	Haut	Bas	Lot	Rep	LotxRep
Poids vif (kg)					
À la mise bas	184 \pm 11	179 \pm 12	NS	**	NS
Au sevrage	169 \pm 11	141 \pm 16	***	**	NS
Perte en lactation	-15,2 \pm 6,0	-38,0 \pm 9,1	***	**	NS
Épaisseur de lard (mm)					
À la mise bas	14,9 \pm 2,3	15,9 \pm 2,3	NS	*	NS
Au sevrage	12,5 \pm 2,1	10,4 \pm 2,0	**	*	NS
Perte en lactation	-2,3 \pm 1,4	-5,3 \pm 2,4	**	NS	NS
Effectif	12	12			

NS : $P > 0,1$; * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$.

Tableau 3 - Effets du niveau alimentaire des truies pendant la lactation sur les performances des portées (moyennes \pm écart type)

	Lot		Signification statistique	
	Haut	Bas		
Taille des portées au sevrage	8,3 \pm 0,2	8,5 \pm 1,2	a NS	b NS
Poids vif des portées (kg)				
48 h postpartum	11,0 \pm 0,5	11,5 \pm 0,5	NS	NS
À J 22 postpartum	52,0 \pm 2,2	50,9 \pm 2,4	NS	NS
Au sevrage	65,1 \pm 2,9	61,2 \pm 2,7	NS	†
Gain de poids journalier des portées (g)				
Jusqu'à J 22 postpartum	1860 \pm 85	1790 \pm 96	NS	NS
Jusqu'au sevrage	2060 \pm 96	1880 \pm 99	NS	*
Entre J 22 et le sevrage	2730 \pm 307	2150 \pm 270	NS	†

^{ab} Influence du niveau alimentaire : NS : $P > 0,1$; † : $P < 0,1$; * : $P < 0,05$.

^b Influence du niveau alimentaire avec le nombre de porcelets en covariable.

Tableau 4 - Effets du niveau alimentaire sur les concentrations moyennes (sur 6 heures) des acides gras libres (AGL), du glucose et de l'insuline la veille (S-1), le jour (S) et le lendemain (S+1) du sevrage (moyennes \pm sem)

	Lot		Signification statistique		
	Haut	Bas	Lot	Rep	LotxRep
Concentrations d'AGL (μmol/l)					
S-1	109,5 \pm 6,3 ^x	229,1 \pm 18,2 ^x	***	NS	NS
S	425,0 \pm 46,6 ^y	434,3 \pm 47,7 ^y	NS	*	NS
S+1	115,3 \pm 13,8 ^x	123,6 \pm 12,1 ^z	NS	**	NS
Concentrations de glucose (mg/l)					
S-1	933,2 \pm 19,2 ^x	906,1 \pm 13,7 ^x	NS	NS	NS
S	870 \pm 28,7 ^y	972,3 \pm 24,4 ^y	*	NS	NS
S+1	916,6 \pm 17,8 ^x	887,1 \pm 13,3 ^x	NS	NS	NS
Concentrations d'insuline (μUI/ml)					
S-1	48,3 \pm 4,1 ^x	22,9 \pm 2,0 ^x	**	NS	NS
S	29,7 \pm 5,9 ^y	28,5 \pm 3,4 ^x	NS	NS	NS
S+1	43,9 \pm 5,6 ^x	35,2 \pm 2,4 ^y	NS	NS	NS

^a NS : $P > 0,1$; * : $P < 0,05$; *** : $P < 0,001$.

^{x,y,z} Influence du stade : dans chaque colonne, les valeurs avec des lettres différentes sont statistiquement différentes ($P < 0,05$).

truies des deux groupes et plus élevées que la veille et le lendemain du sevrage. Les concentrations de glucose sont plus faibles chez les truies du lot Haut ($P < 0,05$). Le lendemain du sevrage, les concentrations d'AGL et de glucose ne diffèrent pas dans les deux lots de truies.

Les concentrations plasmatiques d'insuline augmentent après le repas et reviennent à un niveau de base dans les 3 heures suivant le repas (figure 1). La veille du sevrage, les concentrations postprandiales et les concentrations moyennes d'insuline sont nettement plus faibles chez les truies du lot Bas que chez les truies du lot Haut ($P < 0,01$, tableau 4). Le jour et le lendemain du sevrage, les profils d'insuline sont iden-

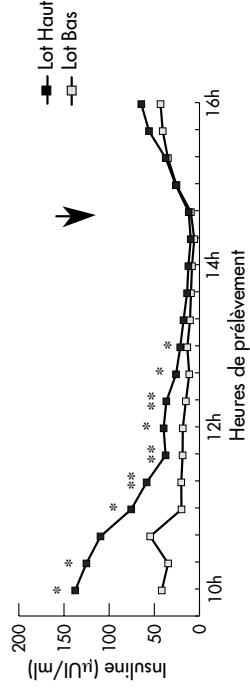
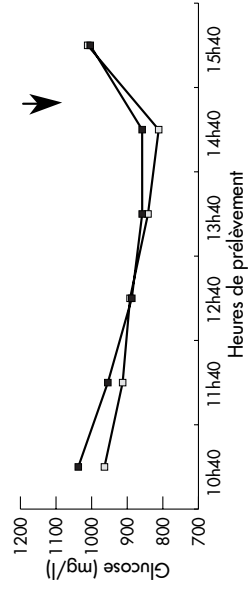
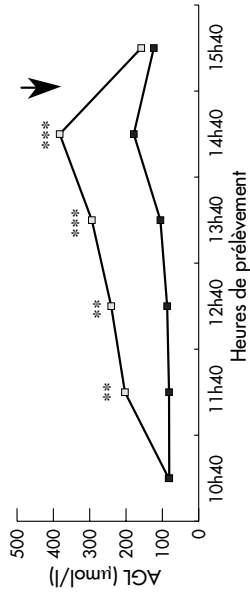
tiques chez les truies des deux lots. Chez les truies du lot Haut, les concentrations moyennes d'insuline diminuent le jour du sevrage et augmentent à nouveau le lendemain. Chez les truies du lot Bas, elles augmentent à partir du sevrage.

Les concentrations plasmatiques de GH sont élevées la veille du sevrage chez toutes les femelles et légèrement plus élevées chez les truies du lot Bas ($P < 0,1$; figure 2). Le jour du sevrage, les niveaux de GH diminuent significativement ($P < 0,05$) et sont similaires chez les truies des deux lots.

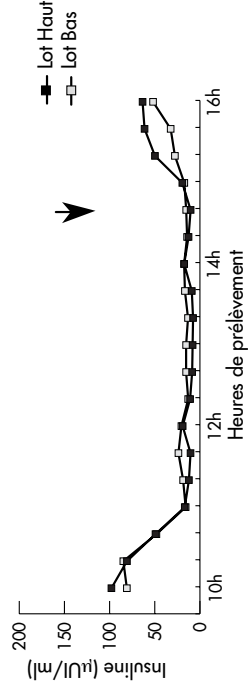
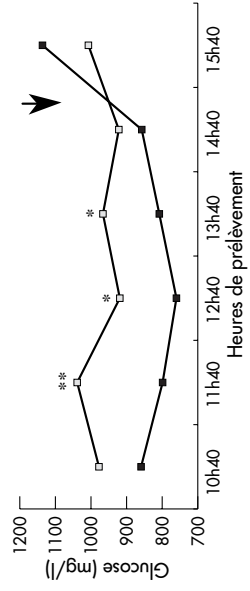
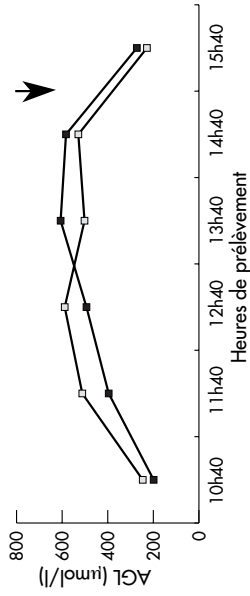
Les concentrations plasmatiques d'IGF-1 sont plus élevées

Figure 1 - Profil des concentrations plasmatiques des acides gras libres (AGL), du glucose et de l'insuline chez des truies rationnées en lactation (lot Bas) et des truies non rationnées (lot Haut), la veille (S-1), le jour (S) et le lendemain (S+1) du sevrage.
 (La flèche indique le repas de 15 heures. Le jour du sevrage, le sevrage a lieu entre 8 et 9 heures du matin)

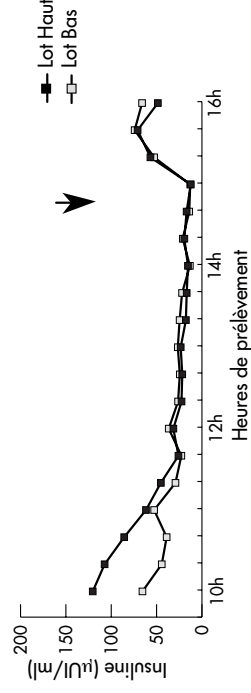
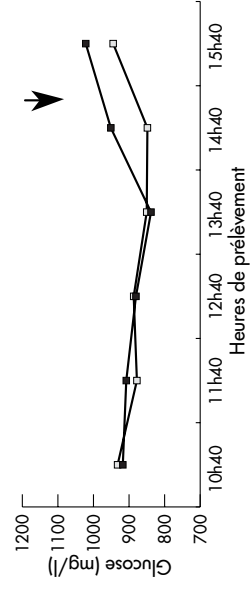
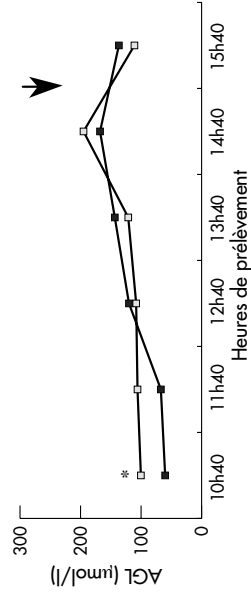
Veille du sevrage



Jour du sevrage



Lendemain du sevrage



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

chez les truies du lot Haut que chez celles du lot Bas, quel que soit le jour de prélèvement ($P < 0,05$; figure 3). Il n'y a pas d'effet significatif du jour de prélèvement.

Figure 2 - Concentrations plasmatiques moyennes de GH chez des truies rationnées en lactation (lot Bas) et des truies non rationnées (lot Haut), la veille (S-1) et le jour (S) du sevrage

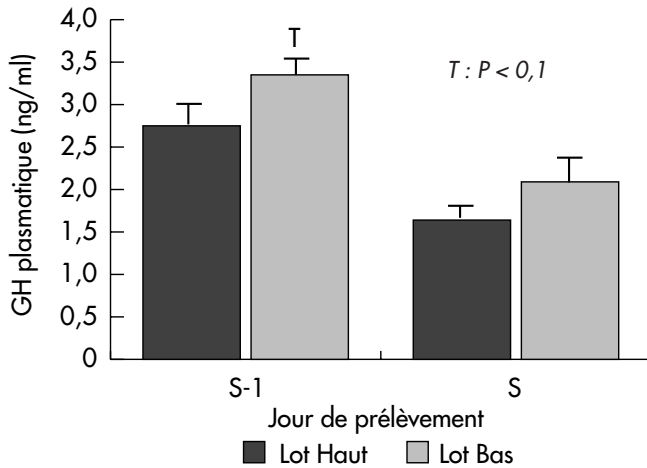
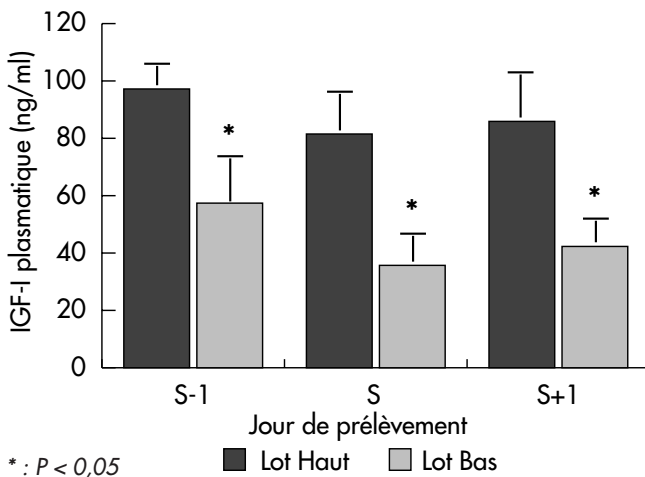


Figure 3 - Concentrations plasmatiques d'IGF-I chez des truies rationnées en lactation (lot Bas) et des truies non rationnées (lot Haut), la veille (S-1), le jour (S) et le lendemain (S+1) du sevrage



* : $P < 0,05$

2.3. Sécrétions de LH

Les concentrations moyennes et basales de LH ne sont pas influencées par le niveau alimentaire des truies (tableau 5). La fréquence de pulses est plus faible chez les truies rationnées que chez les truies du lot Haut ($P < 0,05$). Indépendamment du niveau alimentaire, les concentrations moyennes et basales de LH, mais pas la fréquence de pulses sont influencées par le jour de prélèvement ($P < 0,05$). Elles sont significativement plus faibles la veille que le jour et le

lendemain du sevrage.

2.4. Populations folliculaires

L'étude macroscopique des ovaires montre une interaction significative entre le niveau alimentaire et le stade de prélèvement. Tous les paramètres étudiés sont similaires dans les 2 groupes de truies le jour du sevrage des porcelets (tableau 6). Deux jours après le sevrage, le poids des ovaires et le diamètre maximum des follicules tendent à être plus faibles chez les truies du lot Bas ($P < 0,1$). Le volume des 10 plus gros follicules est significativement réduit ($P < 0,05$).

Les caractéristiques macroscopiques des ovaires sont influencées par le jour de prélèvement. Chez les truies non rationnées, le poids des ovaires, le diamètre maximum et le volume des 10 plus gros follicules augmentent significativement pendant les 2 jours qui suivent le sevrage des porcelets ($P < 0,05$), indiquant un développement actif des ovaires. Chez les truies rationnées, les valeurs de ces paramètres augmentent aussi, mais de façon non significative.

L'analyse de l'étude histologique des ovaires ne montre pas d'effet du niveau alimentaire ni sur le nombre de follicules ni sur les pourcentages de follicules sains et atrophiques, que les follicules soient classés par taille ou regroupés (données non présentées). Au cours des observations, nous avons constaté que les ovaires pouvaient être classés selon 3 types de morphologie, précédemment décrits par DUFOUR et al, 1985. Les populations folliculaires de ces ovaires sont présentées dans le tableau 7. Les ovaires en nid d'abeille contiennent plus de petits follicules et de follicules totaux que les ovaires en grappe ou intermédiaires ($P < 0,05$). Proportionnellement, ils contiennent moins de follicules de plus de 3 mm (2,5 %) que les ovaires intermédiaires (6,6 %) ou en grappe (15,8 %). Les pourcentages de follicules sains et de follicules atrophiques au sein de ces ovaires ne diffèrent pas selon la morphologie (données non présentées). Comme pour les caractéristiques macroscopiques, il existe une interaction significative entre le niveau alimentaire et le stade. La morphologie des ovaires n'est pas influencée par le niveau alimentaire (tableau 8). Elle est influencée par le stade chez les truies non rationnées ($P < 0,01$) : le jour du sevrage, 4 truies sur 5 présentent des ovaires intermédiaires et une sur 5 des ovaires en nid d'abeille. Deux jours après le sevrage, 4 truies sur 5 ont des ovaires en grappe et une des ovaires intermédiaires.

3. DISCUSSION

3.1. Niveau alimentaire, réserves corporelles et croissance des portées

Les femelles des deux groupes ont perdu du poids et du lard au cours de la lactation, ce qui indique qu'elles ont mobilisé leurs réserves corporelles. Les truies rationnées ont subi des pertes de poids et de lard 2,5 fois plus élevées que les truies non rationnées, vraisemblablement pour assurer la production du lait. En effet, la croissance journalière de leurs por-

Tableau 5 - Influence du niveau alimentaire sur la sécrétion spontanée de LH la veille (S-1), le jour (S) et le lendemain (S+1) du sevrage (moyennes \pm sem)

	Lot		Signification statistique	
	Haut	Bas		
Concentration moyenne de LH (ng/ml)				
S-1	0,69 \pm 0,08	0,74 \pm 0,09	Niv. Alim.	NS
S	0,94 \pm 0,09	0,82 \pm 0,12	Jour	*
S+1	0,86 \pm 0,11	0,87 \pm 0,16	Niv x Jour	NS
Concentration de base de LH (ng/ml)				
S-1	0,66 \pm 0,08	0,73 \pm 0,09	Niv. Alim.	NS
S	0,93 \pm 0,09	0,81 \pm 0,11	Jour	*
S+1	0,85 \pm 0,11	0,86 \pm 0,16	Niv x Jour	NS
Nombre de pulses de LH (par 6 heures)				
S-1	0,92 \pm 0,26	0,36 \pm 0,2	Niv. Alim.	*
S	1,17 \pm 0,48	0,5 \pm 0,22	Jour	NS
S+1	0,83 \pm 0,3	0,5 \pm 0,34	Niv x Jour	NS

NS : $P > 0,1$; * : $P < 0,05$.

Tableau 6 - Effets du niveau alimentaire des truies pendant la lactation sur les caractéristiques de leurs ovaires au sevrage ou 48 heures après le sevrage (moyenne \pm sem)

	Lot		Signification statistique ^a		
	Haut	Bas	Lot	Rep	LotxRep
Poids des ovaires (g)					
Au sevrage	3,6 \pm 0,36 ^x	3,1 \pm 0,66 ^x	NS	NS	NS
48 h après le sevrage	4,6 \pm 0,7 ^y	3,6 \pm 0,8 ^x	†	NS	NS
Diamètre folliculaire maximum (mm)					
Au sevrage	4,1 \pm 0,5 ^x	3,6 \pm 0,9 ^x	NS	NS	NS
48 h après le sevrage	5,7 \pm 1,1 ^y	4,4 \pm 1,3 ^x	†	NS	NS
Diamètre moyen des 10 plus gros follicules (mm)					
Au sevrage	3,3 \pm 0,4 ^x	2,8 \pm 1,0 ^x	NS	NS	NS
48 h après le sevrage	4,8 \pm 0,8 ^y	3,7 \pm 1,2 ^x	NS	NS	NS
Volume moyen de liquide folliculaire des 10 plus gros follicules (mg)					
Au sevrage	19 \pm 8 ^x	15 \pm 10 ^x	NS	NS	NS
48 h après le sevrage	70 \pm 31 ^y	24 \pm 18 ^x	*	NS	NS
Nombre de truies					
Au sevrage	6	6			
48 h après le sevrage	6	6			

^a NS : $P > 0,1$; † : $P < 0,1$; * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$.

^{x,y} Influence du stade : dans chaque colonne, les valeurs suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 7 - Nombre et distribution des follicules à antrum dans des demi-ovaires présentant des morphologies différentes (moyenne \pm sem)

Diamètre des follicules	Morphologie des ovaires		
	En nid d'abeille	Intermédiaire	En grappe
< 1 mm	51,2 \pm 10 ^b	25,9 \pm 4,6 ^a	20,7 \pm 4,1 ^a
1 - 2,99 mm	78,8 \pm 15 ^b	30,8 \pm 5 ^a	19,4 \pm 1,4 ^a
3 - 4,99 mm	3,4 \pm 3,9	3,6 \pm 0,6	5,4 \pm 0,9
> 5 mm	0	0,4 \pm 0,3	1,1 \pm 0,6
Nombre total	136,0 \pm 24,4 ^b	60,7 \pm 7,8 ^a	46,7 \pm 4,0 ^a

^{a, b} Influence de la morphologie : dans chaque ligne, les valeurs avec des lettres différentes sont statistiquement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 8 - Répartition des truies par morphologie ovarienne selon leur niveau alimentaire et leur stade

	Morphologie des ovaires			Effet stade ^a
	En nid d'abeille	Intermédiaire	En grappe	
Lot Haut				
Au sevrage	1	4	0	**
48 h après	0	1	5	
Lot Bas				
Au sevrage	2	4	0	NS
48 h après	2	2	2	

^a Influence du stade : NS : $P > 0,1$; ** : $P < 0,01$.

tées est assez bonne (1,8 kg/jour). Elle est cependant légèrement plus faible, surtout en 4e semaine de lactation, que celle des portées des truies non rationnées (2,15 versus 2,73 kg/jour). Selon les travaux publiés, la réduction des apports énergétiques et/ou protéiques à la truie induit une diminution de la croissance des portées (BRENDEMUHL et al, 1987; KOKETSU et al, 1996) ou l'influence peu (REESE et al, 1984; NOBLET et ETIENNE, 1986). La différence de croissance des portées observée dans notre expérience ne peut pas être expliquée par la différence de quantité de granulés consommée par les porcelets en 4e semaine de lactation (1,32 kg/portée du lot Haut et 1,17 kg/portée du lot Bas). Il semblerait donc que pendant la 4e semaine de lactation, l'apport énergétique aux porcelets par le lait soit réduit chez les truies rationnées. Ceci pourrait être la conséquence de la restriction en énergie mais aussi en lysine (TOKACH et al, 1992).

3.2. Niveau alimentaire et paramètres métaboliques

Chez la truie en lactation, les concentrations élevées d'AGL sont considérées comme reflétant une augmentation du catabolisme du tissu adipeux. Les concentrations d'AGL plus élevées chez les truies du lot Bas confirment donc que ces truies mobilisent plus leurs réserves lipidiques pendant la lactation que les truies du lot Haut. Cette mobilisation cesse après le sevrage des porcelets puisque les concentrations d'AGL diminuent 24 heures après le sevrage. Chez les truies du lot Haut, les concentrations d'AGL sont similaires en fin de lactation et le lendemain du sevrage. L'état de catabolisme indiqué par les pertes de poids et de lard semble donc être assez modéré chez les truies non rationnées. Le jour même du sevrage, les concentrations d'AGL sont particulièrement élevées, indépendamment du niveau d'alimentation des truies. L'augmentation des concentrations d'AGL dans les heures suivant le retrait des porcelets pourrait s'expliquer par l'arrêt de leur captation par la glande mammaire. Ces AGL pourraient aussi provenir d'un relarguage dans le sang par la glande mammaire dès que la production du lait cesse. HARTMANN et al (1984) ont montré un tel relarguage du lactose, mais qui intervient plus tardivement, seulement 36 h après le sevrage des porcelets. Enfin, ces concentrations élevées d'AGL pourraient également être liées au stress causé par le retrait des porcelets. Ce stress induit une

augmentation de cortisol (DE PASSILLE et al, 1990), qui, par son action lipolytique, stimulerait la mobilisation du tissu adipeux immédiatement après le sevrage.

Dans cette expérience, la glycémie semble être un paramètre très stable chez la truie en lactation, puisqu'elle est identique d'une part chez les truies rationnées et les truies non rationnées et d'autre part en fin de lactation et après le sevrage. Cependant, nous ne disposons pas des valeurs de glycémie à jeun. Celles-ci seraient plus faibles en lactation qu'après le sevrage (ARMSTRONG et al, 1986; PRUNIER et al, 1993), du fait de la captation du glucose par les mamelles (SPINCER et al, 1969). L'augmentation de la glycémie chez les truies rationnées le jour du sevrage s'explique vraisemblablement par l'arrêt de la captation du glucose par les mamelles. En revanche, chez les truies du niveau Haut, la réduction de la ration alimentaire de 50 % le jour du sevrage masque probablement cet effet et entraîne même une diminution de la glycémie.

Les truies en lactation présentent des niveaux moyens de GH élevés. Ces niveaux seraient en partie dus aux réflexes neuroendocriniens liés à la tétée (RUSHEN et al, 1993), qui induisent la libération de nombreuses hormones. La GH, aux côtés de la prolactine, joue un rôle important dans la synthèse du lait en favorisant l'orientation des nutriments vers la mamelle. A cet effet des tétées s'ajouterait l'influence du déficit énergétique, surtout chez les truies rationnées. Les concentrations plus élevées de GH chez ces truies rationnées permettraient une mobilisation accrue des réserves adipeuses. Chez les truies non rationnées, les niveaux d'IGF-I restent constants aux alentours du sevrage malgré une variation importante des niveaux de GH. D'après des résultats obtenus précédemment dans notre laboratoire, les niveaux d'IGF-I des truies ne varient pas aux alentours du sevrage mais augmentent 12 jours après. Les niveaux d'IGF-I mesurés pendant la lactation seraient donc légèrement réduits chez les truies non rationnées et fortement réduits chez les truies rationnées, comparativement aux niveaux de truies taries. Il existerait donc un découplage entre la sécrétion de la GH et celle d'IGF-I pendant la lactation chez la truie, comme chez la vache, et ce découplage serait beaucoup plus marqué chez les truies rationnées. Ces résultats sont en désaccord avec ceux de SCHAMS et al (1994), qui

montrent des niveaux d'IGF-I très élevés chez des truies en lactation, simultanément à des niveaux de GH et d'insuline très élevés. Ces résultats différents des nôtres pourraient s'expliquer par l'absence de déficit nutritionnel chez les truies étudiées par SCHAMS et al.

Les niveaux circulants d'insuline sont régulés en grande partie par la quantité de glucides ingérés. Ceci explique la diminution de l'insulinémie chez les truies non rationnées entre la veille et le jour du sevrage, quand la ration journalière passe de 6 à 3 kg. Ceci explique aussi que l'insulinémie soit plus basse en lactation chez les truies rationnées que chez les truies du lot Haut. Comme l'insuline inhibe la lipolyse, les faibles concentrations d'insuline observées chez les truies rationnées en lactation favoriseraient la mobilisation des réserves lipidiques. L'augmentation de l'insulinémie le lendemain du sevrage est due essentiellement à l'accroissement des concentrations préprandiales. Ceci laisse supposer l'existence d'ajustements métaboliques après le sevrage, dont on ne connaît pas les mécanismes.

3.3. Niveau alimentaire et fonction de reproduction

Les concentrations plasmatiques moyennes et basales de LH sont similaires dans les deux groupes de truies, quel que soit le stade de prélèvement. Cependant la fréquence des pulses en lactation et après le sevrage est réduite chez les truies rationnées par rapport aux témoins. Une telle inhibition de la pulsativité de LH en conséquence de la sous-nutrition a déjà été montrée chez des cochettes prépubères ou cycliques (ARMSTRONG et BRITT, 1987; PRUNIER et al, 1993a; BOOTH et al, 1996) et chez des truies allaitantes (KOKETSU et al, 1996) ou tarées (MULLAN et al, 1991). Elle laisse supposer une inhibition au niveau du système hypothalamique générateur de pulses de LH.

Nos résultats montrent une augmentation significative des concentrations plasmatiques moyennes et basales de LH après le sevrage en accord avec les résultats de SHAW et FOXCROFT, 1985, mais, contrairement à ces auteurs, nous ne détectons pas d'accélération du rythme des pulses de LH. Parallèlement à l'accroissement de la sécrétion de LH après le sevrage, nous observons des signes d'activation de la croissance folliculaire très marqués chez les truies témoins mais peu visibles chez les truies rationnées. Ainsi, la morphologie des ovaires est modifiée. Les ovaires « en nid d'abeille », très riches en petits follicules (< 3 mm) et proportionnellement pauvres en follicules moyens et grands, ou intermédiaires, disparaissent au profit des ovaires « en

grappe » dans le groupe témoin. Cette évolution est moins nette chez les truies rationnées puisque les 3 types d'ovaires sont également représentés après le sevrage. De même, le diamètre et le volume des gros follicules augmentent beaucoup plus après le sevrage chez les truies recevant le niveau alimentaire le plus élevé. Nous retrouvons donc globalement, chez les truies témoins, dès le sevrage des porcelets, la levée de l'inhibition de l'axe hypophyse-ovaires induite par les têtées et donc la reprise du fonctionnement de l'axe de reproduction (QUESNEL et PRUNIER, 1995b). Chez les truies rationnées, cette levée de l'inhibition est beaucoup moins nette.

Le rationnement alimentaire n'a pas eu d'effet sur les pourcentages de follicules sains et de follicules atrétiques au sein des ovaires. Ce résultat diffère de ceux de DUFOUR et al (1985), montrant que le pourcentage de follicules sains de 0,63 à 2,0 mm de diamètre diminuait significativement chez des cochettes prépubères soumises à un rationnement énergétique de 30 %, sans rationnement protéique.

D'après les travaux sur l'animal entier et in vitro, la GH, l'insuline et l'IGF-I seraient des médiateurs possibles des effets de la nutrition sur la sécrétion de LH (PETTIGREW et TOKACH, 1993; COSGROVE et FOXCROFT, 1996). En effet, d'une part ces hormones ont des récepteurs spécifiques au niveau hypothalamo-hypophysaire, et d'autre part des relations entre ces hormones et la sécrétion de LH ont été mises en évidence in vivo et in vitro. En parallèle, une action propre de ces hormones sur les populations folliculaires ne peut pas être exclue. En effet, il a été montré la présence de récepteurs spécifiques à ces hormones au niveau des ovaires et des effets in vitro et in vivo de ces hormones sur les populations folliculaires.

CONCLUSION

Cette expérience a confirmé les effets inhibiteurs de la lactation sur la sécrétion de LH et le développement ovarien qui sont levés immédiatement après le sevrage des porcelets, lorsque les truies n'ont pas subi de déficit nutritionnel trop intense en lactation. Chez les truies sous-alimentées en lactation, la reprise de l'activité ovarienne deux jours après le sevrage est beaucoup plus variable, certaines femelles ne présentant pas de signes nets de cette reprise. Les rôles respectifs de la GH, l'insuline et l'IGF-I dans l'effet du rationnement alimentaire restent à déterminer.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AHERNE F.X., KIRKWOOD R.N., 1985. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 33, 169-183.
- ARMSTRONG J.D., BRITT J.H., KRAELING R.R., 1986. *J. Anim. Sci.* 63, 1915-1925.
- ARMSTRONG J.D., BRITT J.H., 1987. *J. Anim. Sci.* 65, 508-
- BRENDEMUHL J.H., LEWIS A.J., PEO E.R., 1987. *J. Anim. Sci.* 64, 1060-1069.
- BOOTH P.J., COSGROVE J.R., FOXCROFT G.R., 1996. *J. Anim. Sci.* 74, 840-848.

- CAMOUS S., PRUNIER A., PELLETIER J., 1985. *J. Anim. Sci.* 60, 1308-1317.
- COSGROVE J.R., FOXCROFT G.R., 1996. *Anim. Reprod. Sci.* 42, 131-141.
- DE PASSILLE A.M., ROBERT S., DUBREUIL P., PELLETIER G., BRAZEAU P., 1990. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 27, 231-242.
- DOURMAD J.Y., ÉTIENNE M., PRUNIER A., NOBLET J., 1994. *Livest. Prod. Sci.* 40, 87-97.
- DUFOUR J., FAHMY M.H., FLIPOT P.M., 1985. *J. Anim. Sci.* 61, 1201-1210.
- HARTMANN P.E., WHITELY J.L., WILLCOX D.L., 1984. *J. Physiol.* 347, 453-463.
- KING R.H., 1987. *Pig News and Information* 8, 15-22.
- KING R.H., MARTIN G.B., 1989. *Anim. Reprod. Sci.* 19, 283-292.
- KOKETSU Y., DIAL G.D., PETTIGREW J.E., MARSH W.E., KING V.L., 1996. *J. Anim. Sci.* 74, 1036-1046.
- LOUVEAU I., BONNEAU M., SALTER D.N., 1991. *Reprod. Nutr. Dev.* 31, 205-216.
- LOUVEAU I., BONNEAU M., 1996. *Reprod. Nutr. Dev.* 36, 301-310.
- MATAMOROS I.A., COX N.M., MOORE A.B., 1991. *J. Anim. Sci.* 69, 2081-2091.
- MULLAN B.P., CLOSE W.H., FOXCROFT G.R., 1991. In « *Manipulating Pig Production III* », p 31.
- NOBLET J., ÉTIENNE M., 1986. *J. Anim. Sci.* 63, 1888-1896.
- PETTIGREW J.E., TOKACH M.D., 1993. *Pig News and Information* 14, 69N-72N.
- PRUNIER A., MARTIN C., BONNEAU M., 1992. *J. Anim. Sci.*
- PRUNIER A., DOURMAD J.Y., ÉTIENNE M., 1993. *Livest. Prod. Sci.* 37, 185-196.
- QUESNEL H., PRUNIER A., 1995. *INRA Prod. Anim.* 8, 165-176.
- QUESNEL H., PRUNIER A., 1995. *Reprod. Nutr. Dev.* 35, 395-414.
- REESE D.E., PEO E.R., LEWIS A.J., 1984. *J. Anim. Sci.* 58, 1236-1244.
- RUSHEN J., FOXCROFT G.R., DE PASSILLE A.M., 1993. *Physiol. Behav.* 53, 265-270.
- SAS, 1990. *User's guide: Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC.*
- SCHAMS D., KRAETZL W.D., BREM G., GRAF F., 1994. *Exp. Clin. Endocrinol.* 102, 439-447.
- SHAW H.J., FOXCROFT G.R., 1985. *J. Reprod. Fert.* 75, 17-28.
- SPINCER J., ROOK J.A.F., TOWERS K.G., 1969. *Biochem. J.* 111, 727-732.
- TOKACH M.D., PETTIGREW J.E., CROOKER B.A., DIAL G.D., SOWER A.F., 1992. *J. Anim. Sci.* 70, 1864-1872.