

Les conséquences métaboliques et reproductives d'un rationnement protéique pendant la lactation varient-elles selon le poids vif des truies à la mise bas ?

César A. MEJIA-GUADARRAMA, Anne PASQUIER, Jean-Yves DOORMAD, Armelle PRUNIER, Hélène QUESNEL

I.N.R.A., Unité Mixte de Recherches sur le Veau et le Porc 35590 Saint-Gilles

Avec la collaboration technique de B. DUTEIL, M. MASSARD, H. DEMAY, Y. LEBRETON et du personnel de l'élevage expérimental de l'U.M.R. Veau et Porc

Les conséquences métaboliques et reproductives d'un rationnement protéique pendant la lactation varient-elles selon le poids vif des truies à la mise bas ?

L'objectif de cette expérience est d'étudier les conséquences d'un rationnement protéique pendant la lactation chez des truies primipares croisées « légères » (180 kg) ou « lourdes » (240 kg) au premier jour de la lactation. A la mise bas, les truies sont réparties en trois lots : « légères » non rationnées en protéines (BCP, $n = 12$), « légères » rationnées en protéines (BBP, $n = 12$) et « lourdes » rationnées en protéines (HBP, $n = 14$). Vingt-quatre truies sont cathétérisées (8/lot) et des prélèvements sériés de sang sont effectués la veille et le lendemain du sevrage des porcelets, qui a lieu à 28 jours de lactation.

Le rationnement protéique ralentit la vitesse de croissance des portées ($P < 0,02$). Il diminue la proportion de truies en œstrus dans les 9 jours après le sevrage dans le lot BBP ($P < 0,03$), mais pas dans le lot HBP ($P > 0,10$). Il induit une baisse du taux d'ovulation au premier œstrus post-sevrage chez les truies BBP ($P < 0,05$) et, dans une moindre mesure, chez les truies HBP ($P = 0,12$). En fin de lactation, les concentrations plasmatiques de glucose et d'insuline indiquent une résistance à l'insuline chez les truies lourdes (HBP). Aux alentours du sevrage, les concentrations plasmatiques d'IGF-I sont plus faibles chez les truies BBP ($P < 0,004$). Un poids vif élevé à la mise bas a donc un effet protecteur partiel contre les effets négatifs du déficit protéique sur les performances de reproduction. Cet effet pourrait être lié à une moindre altération des concentrations plasmatiques d'IGF-I aux alentours du sevrage.

Do metabolic and reproductive consequences of protein restriction during lactation vary according to sow body weight at farrowing ?

Consequences of protein restriction during lactation were compared in crossbred primiparous sows varying in body weight after farrowing: "light" or "heavy" (180 or 240 kg, respectively). At farrowing, sows were allocated to one of three groups : "light" not restricted in dietary protein (BCP, $n = 12$), "light" restricted in protein (BBP, $n = 12$) and "heavy" restricted in protein (HBP, $n = 14$). Catheters were fitted in the jugular vein of 24 sows (8/group) and serial blood samples were collected one day before and one day after weaning. Weaning occurred on day 28 of lactation.

Protein restriction reduced litter growth rate ($P < 0.02$). It reduced the proportion of sows that returned to oestrus within 9 days after weaning in BBP sows ($P < 0.03$), but not in HBP sows ($P > 0.10$). It also induced a reduction in ovulation rate in BBP sows ($P < 0.05$) and, to a lesser extent, in HBP sows ($P = 0.12$). At the end of lactation, plasma concentrations of glucose and insulin indicate an insulin resistance in HBP sows compared to BBP sows. Around weaning, plasma concentrations of IGF-I were lower in BBP than in BCP and HBP sows ($P < 0.004$). High body weight at farrowing therefore appears to have a protective effect against the detrimental impact of protein restriction during lactation on reproductive performance. This effect could be related to a smaller alteration in IGF-I concentrations around weaning.

INTRODUCTION

Chez les truies à forte production laitière (≥ 8 kg/jour), l'ingestion spontanée d'aliment ne compense pas les dépenses nutritionnelles liées à la production du lait (DOURMAD et al., 1988). Les truies mobilisent alors leurs réserves corporelles. La fonte des réserves corporelles dépend de l'ampleur et de la nature du déficit nutritionnel. En particulier, la réduction de l'apport protéique au cours de la lactation accentue la mobilisation du tissu protéique (KING et WILLIAMS, 1984 ; JONES et STAHLY, 1999a). Chez les truies primipares, le déficit protéique pendant la lactation peut altérer la vitesse de croissance des portées (JONES et STAHLY, 1999a) et les performances de reproduction des truies, notamment en induisant un allongement de l'intervalle sevrage-œstrus (KING et WILLIAMS, 1984 ; BRENDENMUHL et al., 1987 ; JONES et STAHLY, 1999b). Dans une expérience précédente également réalisée sur des truies primipares relativement lourdes à la mise bas (210 vs 150-180 kg dans les expériences citées plus haut), nous n'avons observé d'influence d'un rationnement protéique ni sur l'intervalle sevrage-œstrus des truies ni sur la croissance de leur portée (MEJIA-GUADARRAMA et al., 2002). Nous avons suggéré que les réserves corporelles de ces truies avaient joué un rôle protecteur contre les effets du déficit protéique. L'objectif de l'expérience présentée ici est de tester cette hypothèse. Il est généralement admis que les changements du statut nutritionnel et métabolique des animaux sont transmis à l'axe de reproduction via les modifications des concentrations circulantes des métabolites et des hormones métaboliques (SCHAMS et al., 1999 ; PRUNIER et QUESNEL, 2000). L'insuline (et le glucose) et l'IGF-I (et l'hormone de croissance) font partie des médiateurs potentiels. Nous étudierons donc l'impact du déficit protéique sur les performances zootechniques et de reproduction des truies, d'une part, et sur les concentrations plasmatiques de métabolites (glucose, acides gras libres) et d'hormones (LH, IGF-I, insuline), d'autre part.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux et schéma expérimental

L'expérience est réalisée à l'U.M.R. Veau et Porc sur des cochettes issues d'un croisement Piétrain x (Large White x Landrace) logées individuellement. Cinquante-six femelles prépubères âgées de 151 ± 4 jours (moyenne $\pm$ écart-type) et pesant 99 ± 8 kg de poids vif sont réparties dans 2 groupes, légères (B) et lourdes (H). Elles reçoivent, de la mise en groupe jusqu'à l'insémination, un aliment standard « croissance » contenant 3,2 Mcal d'énergie digestible, 174 g de protéines et 10 g de lysine par kg. La quantité distribuée est d'environ 1,9 kg/jour pour le groupe B et 3,4 kg/jour pour le groupe H de façon à couvrir environ 1,6 et 2,4 fois le besoin énergétique d'entretien (BEE : NRC, 1988), respectivement. La venue en puberté est détectée par passage d'un verrat mature deux fois par jour. Les cycles sont synchronisés par traitement au Régumate® pendant 18 jours (20 mg/jour, Janssen-Cilag, Issy-les-Moulineaux, France). Dès l'arrêt du traitement, l'œstrus est à nouveau recherché par passage du verrat deux fois par

jour. Cinquante-deux cochettes sont inséminées à 265 ± 1 jours et 136 ± 11 (B, $n = 31$) ou 189 ± 14 kg (H, $n = 21$) avec de la semence fraîche de verrat standard Piétrain. Pendant la gestation, elles reçoivent un aliment standard « gestation » contenant 3,1 Mcal d'énergie digestible, 130 g de protéines et 6 g de lysine par kg. La quantité distribuée par jour est ajustée toutes les 3 semaines de façon à couvrir les besoins énergétiques de gestation (NRC, 1988). A la mise bas, 38 femelles sont réparties en trois lots expérimentaux (BBP, BCP et HBP, tableau 1). Pendant la lactation, l'alimentation augmente progressivement (1 kg à J0, 2,5 kg à J1, 3,5 kg à J2), puis elle est plafonnée à 4,3 kg/jour pour les lots BBP et BCP et à 4,5 kg/jour pour le lot HBP de façon à obtenir le même rapport énergie consommée/besoins énergétiques ($\sim 70\%$) pour toutes les truies. L'aliment est distribué en 2 repas à 8h30 et 14h30. Les portées sont égalisées à 11 puis à 10 porcelets dans les 5 jours suivant la mise bas. Les porcelets ne reçoivent pas d'aliment complémentaire au cours de la lactation. Ils sont sevrés à 28 ± 1 jours. A partir du deuxième jour après le sevrage (S), le retour en œstrus des truies est détecté par passage du verrat deux fois par jour jusqu'à S+9, puis une fois par jour jusqu'à S+30. Les femelles qui reviennent en œstrus dans les 9 jours après le sevrage sont inséminées avec de la semence fraîche de verrat standard Piétrain. Toutes les truies sont abattues 36 ± 1 jours après le sevrage et leur tractus génital est récupéré. Les corps jaunes et les embryons sont comptés.

1.2. Mesures, prélèvements et dosages

Les cochettes sont pesées toutes les 2 semaines jusqu'à la première insémination, puis toutes les 3 semaines pendant la gestation. L'épaisseur de lard dorsal est mesurée par échographie au niveau du dos (dernière côte) à 150 jours d'âge et à la première insémination. Au cours de la lactation, le poids et l'épaisseur de lard des truies sont mesurés 1, 7, 14, 21 et 28 jours après la mise bas. Les porcelets sont pesés à la naissance, puis aux mêmes moments que les truies. Au cours de l'expérience, les refus éventuels d'aliment sont pesés.

A 22 ± 1 jours de lactation, un sous-groupe de 24 truies (8/lot) est opéré pour l'implantation d'un cathéter dans la veine jugulaire. Sur ces truies, des échantillons de sang sont prélevés sur héparine toutes les 15 minutes pendant 8 heures (de 8h15 à 16h15) la veille (S-1) et le lendemain (S+1) du sevrage.

Les concentrations plasmatiques de LH, d'insuline et d'IGF-I sont déterminées par des dosages radioimmunologiques préalablement validés (CAMOUS et al., 1985 ; PRUNIER et al., 1993 ; LOUVEAU et BONNEAU 1996, respectivement). La teneur plasmatique en glucose et en acides gras libres (AGL) est mesurée par une méthode enzymatique au moyen d'un automate Cobas Mira (Hoffman Laroche, Basel, Suisse). Les concentrations plasmatiques sont mesurées toutes les 15 minutes pendant 8 heures pour LH, avant (à 8h15) et dans les deux heures qui suivent le repas du matin pour l'insuline et le glucose, à 8h15 et 12h15 pour les AGL et à 14h00 pour l'IGF-I.

Tableau 1 - Caractéristiques des lots et des aliments expérimentaux.

	Lot		
	BCP	BBP	HBP
Nombre de femelles ¹	12	12	14
Poids vif à la mise bas	bas (B)	bas (B)	élevé (H)
Apport protéique pendant la lactation	contrôle	faible	faible
Aliment²	1	2	3
énergie métabolisable, Mcal/kg	3,1	3,1	3,1
protéines brutes, %	18,3	9,7	9,0
lysine, %	1,02	0,57	0,52

¹ Sur 44 femelles confirmées en gestation, 38 sont gardées en expérience. Les autres sont éliminées pour des raisons indépendantes des traitements expérimentaux (problème d'aplomb, agalactie, agressivité, etc).

² Les aliments 2 et 3 sont enrichis en maïs et amidon de maïs pour obtenir la même concentration en énergie métabolisable dans les trois aliments.

1.3. Calculs et analyses statistiques

La composition chimique des truies est estimée à partir du poids vif et de l'épaisseur de lard en utilisant les équations de prédiction proposées par DOURMAD et al. (1997). Les besoins énergétiques des truies au cours de la lactation, pour l'entretien et la production du lait, sont estimés à partir du poids des truies au début de la lactation, du gain moyen quotidien (GMQ) et de la taille de la portée en utilisant l'équation proposée par NOBLET et al. (1990).

L'analyse des données zootechniques porte sur les 38 truies expérimentales et l'analyse des paramètres sanguins sur les 24 truies ayant un cathéter. Les nombres de truies qui reviennent en œstrus dans les 9 jours après le sevrage et les nombres de truies gestantes sont comparés grâce au test de Cochran. Les autres données sont étudiées par analyse de variance par blocs complets à l'aide de la procédure MIXED du logiciel SAS (LITTELL et al., 1996). Les données de survie embryonnaire sont préalablement transformées en arcsinus racine carrée. L'analyse de tous les paramètres inclut l'effet du lot expérimental (effet fixe) et l'effet de la répétition (effet aléatoire). La vitesse de croissance des portées et les concentrations en hormones et métabolites sont analysées en utilisant un modèle en mesures répétées incluant l'effet du lot expérimental, de la répétition, de l'animal, du temps de prélèvement (jour ou heure) et l'interaction lot x temps.

2. RÉSULTATS

2.1. Performances zootechniques des truies et des portées pendant la lactation

Au début de la lactation, le poids vif et le lard dorsal ne diffèrent pas pour les truies des lots BCP et BBP et sont plus élevés chez les truies du lot HBP (tableau 2). Sur l'ensemble de la lactation, la consommation journalière d'aliment est très proche de celle prévue dans le protocole expérimental pour les truies des lots BCP et BBP (tableau 3), mais elle est plus faible pour celles du lot HBP, notamment en 1^{ère} et 2^{ème} semaines de lactation. La quantité d'énergie métabolisable ingérée pendant la lactation est donc plus faible chez les

truies du lot HBP. Pour la même raison, la quantité de lysine ingérée diffère légèrement entre les deux lots de truies rationnées en protéines et est plus faible dans le lot HBP que dans le lot BBP (tableau 2).

A la mise bas, le poids des portées ne diffère pas ($P > 0,20$) pour les truies des trois lots (moyenne : $15,2 \pm 2,0$ kg). La taille des portées est similaire ($P > 0,20$) dans les trois lots de truies tout au long de la lactation ($9,3 \pm 1,0$ porcelets). Au cours de la lactation, le GMQ des portées est plus faible ($P < 0,02$) chez les truies des lots BBP et HBP (moyenne : $1,7 \pm 0,9$ kg/jour) que chez celles du lot BCP ($2,0 \pm 1,0$ kg/jour ; tableau 3).

Le déficit énergétique ne diffère pas pour les truies des lots BCP et HBP mais il est plus faible pour les truies du lot BBP (tableau 3). Le déficit en lysine, faible chez les truies BCP, est sévère chez les truies rationnées (BBP et HBP). Au sein de ces dernières, il est plus élevé pour le lot HBP que pour le lot BBP. Pendant la lactation, les pertes de poids vif sont plus élevées chez les truies du lot HBP que chez celles des lots BCP et BBP (tableau 2). Les pertes de lard dorsal sont différentes dans les trois lots : elles sont élevées chez les truies du lot HBP, faibles chez celles du lot BBP et intermédiaires chez les truies du lot BCP (tableau 2). Les pertes de lipides et protéines sont similaires pour les truies des lots BCP et BBP et plus élevées chez les truies du lot HBP (tableau 2). Malgré cela, le poids vif et l'épaisseur de lard restent plus élevés chez les truies du lot HBP que chez celles des lots BCP et BBP à la fin de la lactation.

2.2. Performances de reproduction après le sevrage

La proportion de truies en œstrus dans les 9 jours après le sevrage est plus faible dans le lot BBP que dans les lots BCP et HBP (tableau 4). Pour ces truies (à intervalle sevrage-œstrus ≤ 9 jours), l'intervalle sevrage-œstrus ne diffère pas entre les lots mais le taux d'ovulation est plus faible dans le lot BBP que dans le lot BCP, et intermédiaire dans le lot HBP. Dans le sous-groupe des truies gestantes, les données sur le taux d'ovulation suivent la même tendance mais la différence

Tableau 2 - Variation du poids vif, de l'épaisseur de lard dorsal (dos) et de la composition corporelle des truies au cours de la lactation (LSMEANS $\pm$ SEM).

	Lot			Prob.
	BCP	BBP	HBP	
Effectif	12	12	14	
Poids vif, kg				
jour 1	182,6 $\pm$ 6,6 ^a	181,1 $\pm$ 6,6 ^a	238,2 $\pm$ 6,4 ^b	0,001
jour 28	163,2 $\pm$ 5,5 ^a	159,0 $\pm$ 5,5 ^a	200,5 $\pm$ 5,3 ^b	0,001
variation	-19,4 $\pm$ 3,6 ^a	-22,1 $\pm$ 3,6 ^a	-37,6 $\pm$ 3,4 ^b	0,001
Epaisseur de lard, mm				
jour 1	12,3 $\pm$ 0,9 ^a	12,0 $\pm$ 0,9 ^a	21,6 $\pm$ 0,8 ^b	0,001
jour 28	9,0 $\pm$ 0,6 ^a	10,2 $\pm$ 0,6 ^a	16,3 $\pm$ 0,5 ^b	0,001
variation	-3,2 $\pm$ 0,5 ^a	-1,9 $\pm$ 0,5 ^b	-5,3 $\pm$ 0,5 ^c	0,001
Lipides¹, kg				
jour 1	29,1 $\pm$ 1,8 ^a	28,5 $\pm$ 1,8 ^a	53,6 $\pm$ 1,8 ^b	0,001
jour 28	20,7 $\pm$ 1,5 ^a	21,1 $\pm$ 1,5 ^a	38,2 $\pm$ 1,4 ^b	0,001
variation	-8,5 $\pm$ 1,3 ^a	-7,4 $\pm$ 1,3 ^a	-15,3 $\pm$ 1,2 ^b	0,001
Protéines¹, kg				
jour 1	29,6 $\pm$ 1,2 ^a	29,6 $\pm$ 1,2 ^a	36,4 $\pm$ 1,2 ^b	0,001
jour 28	27,3 $\pm$ 1,0 ^a	26,2 $\pm$ 1,0 ^a	31,5 $\pm$ 1,0 ^b	0,001
variation	-2,4 $\pm$ 0,6 ^a	-3,3 $\pm$ 0,6 ^a	-4,9 $\pm$ 0,6 ^b	0,002

¹ La composition chimique des truies est estimée à partir du poids vif vide (PVV = 0,905 $\times$ PVV^{1,013}, kg) et de l'épaisseur de lard dorsal (P₂, mm) en utilisant les équations de prédiction proposées par DOURMAD et al. (1997) :

Lipides (kg) = -26,4 + 0,221 $\times$ PVV + 1,331 $\times$ P₂, Protéines (kg) = 2,28 + 0,178 $\times$ PVV - 0,333 $\times$ P₂.

^{a,b,c} Intra-ligne, les moyennes suivies d'une lettre différente sont statistiquement distinctes (P < 0,05).

entre les lots n'est pas significative. Le taux de gestation, le nombre d'embryons vivants et totaux et le pourcentage de survie embryonnaire ne diffèrent pas entre les lots. Dans le sous-groupe des truies avec cathéter, la proportion de truies en œstrus dans les 9 jours post-sevrage est plus faible dans le lot BBP que dans les lots BCP et HBP (tableau 4).

2.3. Paramètres physiologiques

Quel que soit le jour du prélèvement, la glycémie augmente après le repas. Il existe une interaction lot $\times$ heure de prélèvement la veille du sevrage (figure 1). Avant le repas, la glycémie est similaire dans les trois lots de truies. Une heure

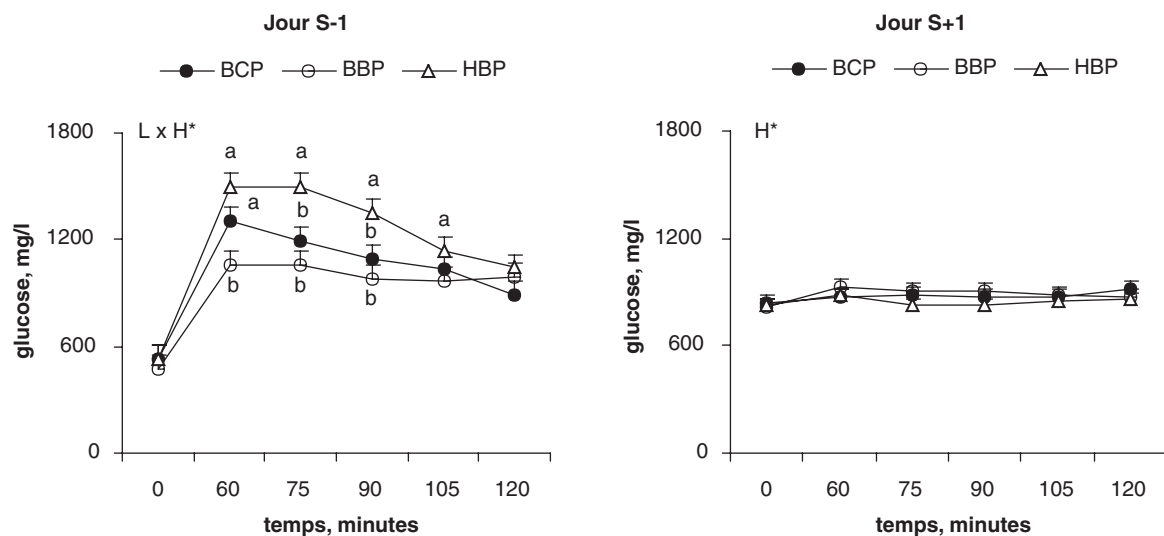


Figure 1 - Concentrations plasmatiques du glucose la veille (S-1) et le lendemain du sevrage (S+1). Le repas est distribué au temps 0. L x H indique une interaction lot $\times$ heure de prélèvement (P < 0,03) ; H un effet heure de prélèvement (P < 0,05). ^{a,b} Pour chaque temps de prélèvement, les moyennes portant des lettres différentes sont statistiquement distinctes (P < 0,05).

Tableau 3 - Evaluation de la consommation journalière d'aliment, d'énergie métabolique et de lysine, des bilans estimés d'énergie et de lysine des truies ainsi que de la croissance des portées au cours de la lactation (LSMEANS $\pm$ SEM).

	Lot			Probabilité ¹	
	BCP	BBP	HBP		
Effectif	12	12	14		
Consommation d'aliment, kg/j					
semaine 1	3,6 $\pm$ 0,2 ^{a,x}	3,9 $\pm$ 0,2 ^a	2,5 $\pm$ 0,2 ^{b,x}	L	0,03
semaine 2	4,2 $\pm$ 0,2 ^{a,y}	4,2 $\pm$ 0,2 ^a	3,5 $\pm$ 0,2 ^{b,y}	S	0,001
semaine 3	4,3 $\pm$ 0,2 ^y	4,3 $\pm$ 0,2	3,9 $\pm$ 0,2 ^z	L x S	0,03
semaine 4	4,3 $\pm$ 0,2 ^y	4,3 $\pm$ 0,2	4,1 $\pm$ 0,2 ^z		
GMQ des portées, g/j					
semaine 1	1393 $\pm$ 96	1262 $\pm$ 96	1197 $\pm$ 89	L	0,02
semaine 2	2176 $\pm$ 96	1856 $\pm$ 96	1839 $\pm$ 89	S	0,001
semaine 3	2218 $\pm$ 96	1875 $\pm$ 96	1917 $\pm$ 89	L x S	0,48
semaine 4	2106 $\pm$ 96	1731 $\pm$ 96	1863 $\pm$ 89		
Ingestion d'EM ² , Mcal/j	12,7 $\pm$ 0,6 ^a	13,1 $\pm$ 0,6 ^a	10,9 $\pm$ 0,5 ^b	L	0,02
Besoin d'EM ^{2,3} , Mcal/j	17,5 $\pm$ 0,8	15,6 $\pm$ 0,7	17,0 $\pm$ 0,7	L	0,11
Bilan d'EM ² , Mcal/j	-4,8 $\pm$ 0,8 ^a	-2,5 $\pm$ 0,8 ^b	-6,1 $\pm$ 0,8 ^a	L	0,001
Ingestion de lysine, g/j	42,3 $\pm$ 1,1 ^a	23,8 $\pm$ 1,1 ^b	18,2 $\pm$ 1,0 ^c	L	0,001
Bilan de lysine ⁴ , g/j	-3,7 $\pm$ 1,1 ^a	-19,6 $\pm$ 1,1 ^b	-25,2 $\pm$ 1,0 ^c	L	0,001

¹ L : effet du lot ; S : effet de la semaine ; L x S : interaction lot x semaine.

² EM = énergie métabolisable

³ Les besoins énergétiques des truies au cours de la lactation (TER) sont estimés en utilisant la formule proposée par NOBLET et al. (1990) : TER (Mcal EM/jour) = 110 x poids vif^{0,75} + (6,83 x GMQ de la portée) – (125 x nombre de porcelets).

⁴ Les besoins en lysine sont estimés pour éviter la mobilisation du tissu musculaire, selon l'équation de DOURMAD et al. (1998) : perte musculaire = -525 + (29,8 x lysine) – (0,392 x GMQ de la portée). Ils sont de 46,0 g/jour pour les truies du lot BCP et de 43,4 g/jour pour les truies des lots BBP et HBP.

^{a,b,c} Intra-ligne, les moyennes suivies d'une lettre différente sont statistiquement distinctes (effet du lot : P < 0,05).

^{x,y,z} Intra-colonne, les moyennes suivies d'une lettre différente sont statistiquement distinctes (effet de la semaine : P < 0,05).

après le repas, elle est plus élevée chez les truies HBP et BCP que chez les truies BBP. Soixante-quinze et 90 minutes après le repas, elle est plus élevée chez les truies HBP que chez les truies BCP et BBP. Au delà, elle ne diffère plus entre les trois lots. Le lendemain du sevrage, la glycémie est similaire pour les trois lots.

Quel que soit le jour du prélèvement, les concentrations plasmatiques des AGL sont plus élevées avant qu'après le repas (P < 0,03). Elles ne sont pas influencées par les traitements expérimentaux ni la veille (961 $\pm$ 157 et 153 $\pm$ 159 μ mol/l à 8h15 et 12h15, respectivement), ni le lendemain du sevrage (298 $\pm$ 35 et 116 $\pm$ 35 μ mol/l à 8h15 et 12h15, respectivement).

La veille du sevrage, il n'y a pas d'interaction lot x heure de prélèvement pour les concentrations d'insuline mais il existe un effet lot et un effet heure de prélèvement (figure 2). L'insulinémie ne diffère pas entre les lots avant le repas. Elle augmente après le repas dans les trois lots. L'insulinémie moyenne est plus faible chez les truies BBP, plus élevée chez les truies HBP et intermédiaire chez les truies BCP. Le lendemain du sevrage, les concentrations moyennes d'insuline ne

diffèrent pas entre les lots. Elles sont plus faibles qu'en fin de lactation (P < 0,001). Les concentrations d'IGF-I sont plus faibles chez les truies BBP que chez les truies des lots BCP et HBP, la veille et le lendemain du sevrage (tableau 5). Elles diminuent après le sevrage indépendamment du lot expérimental.

Les concentrations moyennes et basales de LH ainsi que le nombre de pulses de LH ne sont pas influencés par les traitements expérimentaux, ni la veille ni le lendemain du sevrage (tableau 5). Indépendamment du lot, ces paramètres augmentent après le sevrage.

3. DISCUSSION

L'ingestion spontanée d'aliment pendant la lactation est influencée par de nombreux facteurs, dont le poids et l'état d'engraissement des truies d'une part, et la teneur en protéines de la ration d'autre part. En effet, divers auteurs ont montré l'existence d'une relation négative entre l'épaisseur de lard dorsal à la mise bas et la consommation d'aliment en début de lactation (DOURMAD et al., 1991 ; PRUNIER et al., 2001). De même, un taux protéique inférieur à 12 % dans le régime de lactation

Tableau 4 - Performances de reproduction des truies après le sevrage (LSMEANS $\pm$ SEM).

	Lot			Prob.
	BCP	BBP	HBP	
Toutes les truies (n = 38)	12	12	14	
femelles en œstrus dans les 9 jours suivant le sevrage :				
nombre (%) ¹	11(92) ^a	7(58) ^b	12(86) ^a	0,03
intervalle sevrage-œstrus, jours	5,3 $\pm$ 0,3	5,7 $\pm$ 0,3	5,7 $\pm$ 0,3	0,46
nombre de corps jaunes	17,1 $\pm$ 0,6 ^a	14,0 $\pm$ 1,1 ^b	15,6 $\pm$ 0,7 ^{ab}	0,05
Truies gestantes (n = 24)	10	5	9	
taux de gestation ^{1,2} , %	91	71	75	0,72
nombre de corps jaunes	17,0 $\pm$ 0,7	14,0 $\pm$ 1,1	15,4 $\pm$ 0,7	0,10
embryons totaux	13,0 $\pm$ 0,8	11,8 $\pm$ 1,2	12,4 $\pm$ 0,8	0,70
embryons vivants	12,8 $\pm$ 0,9	11,8 $\pm$ 1,3	12,1 $\pm$ 0,9	0,72
survie embryonnaire ³ , %	75	84	79	0,54
Truies avec cathéter (n = 24)	8	8	8	
femelles en œstrus ^{1,4} , n (%)	7(88) ^a	4(50) ^b	8(100) ^a	0,02
femelles gestantes ¹ , n	6	2	5	0,51
nombre de corps jaunes	17,0 $\pm$ 1,0	16,0 $\pm$ 2,0	16,0 $\pm$ 1,0	0,80
embryons totaux	13,3 $\pm$ 1,0	13,5 $\pm$ 1,8	12,0 $\pm$ 1,1	0,66
embryons vivants	13,2 $\pm$ 1,1	13,5 $\pm$ 1,9	11,6 $\pm$ 1,2	0,59
survie embryonnaire ³ , %	78	84	75	0,92

¹ Les données sont analysées en utilisant le test de Cochran.

² Nombre de truies gestantes/truies inséminées.

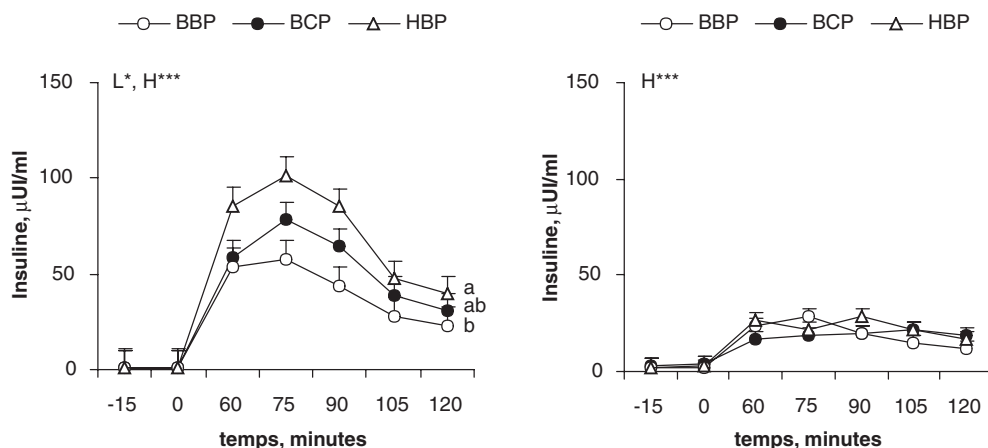
³ Nombre d'embryons vivants/nombre de corps jaunes. Les données sont transformées avant l'analyse.

⁴ Dans l'analyse, seules les truies détectées en œstrus dans les 9 jours après le sevrage sont prises en considération.

^{a,b} Intra-ligne, les moyennes suivies d'une lettre différente sont statistiquement distinctes ($P < 0,05$).

diminue significativement la consommation d'aliment (revue DOURMAD, 1988). Aussi, pour limiter les différences de consommation d'aliment et donc d'énergie dans l'expérience présente, la quantité d'aliment distribuée est plafonnée au cours de la lactation. Malgré cela, les truies lourdes à la mise

bas (lot HBP) consomment moins que les truies des deux autres lots, notamment pendant les deux premières semaines de lactation. Il est possible que la faible teneur protéique de leur ration ait amplifié l'effet négatif des réserves adipeuses des truies à la mise bas sur leur appétit.

**Figure 2** - Concentrations plasmatiques d'insuline la veille (S-1) et le lendemain du sevrage (S+1).

Le repas est distribué au temps 0. L et H indiquent les effets du lot et de l'heure de prélèvement, respectivement ; * $P < 0,05$;

*** $P < 0,001$. ^{a,b} Au sein d'un graphique, les profils suivis d'une lettre différente sont statistiquement distincts (effet du lot).

Tableau 5 - Influence du traitement expérimental sur les concentrations plasmatiques d'IGF-I et de LH mesurées un jour avant (S-1) et un jour après (S+1) le sevrage (LSMEANS $\pm$ SEM).

	Lot			Probabilité ¹		
	BCP (n=8)	BBP (n=8)	HBP (n=8)	L	J	L x J
IGF-I à 14h00, ng/mL						
S-1	129,5 $\pm$ 9,7	91,1 $\pm$ 9,7	139,1 $\pm$ 9,7	0,004	0,001	0,72
S+1	113,6 $\pm$ 4,7	75,2 $\pm$ 9,7	115,0 $\pm$ 9,7			
Concentration moyenne de LH, ng/mL						
S-1	1,40 $\pm$ 0,13	1,38 $\pm$ 0,13	1,37 $\pm$ 0,13	0,84	0,001	0,30
S+1	1,60 $\pm$ 0,13	1,48 $\pm$ 0,13	1,68 $\pm$ 0,13			
Concentration de base de LH, ng/mL						
S-1	1,31 $\pm$ 0,13	1,24 $\pm$ 0,13	1,25 $\pm$ 0,13	0,87	0,003	0,51
S+1	1,46 $\pm$ 0,13	1,39 $\pm$ 0,13	1,55 $\pm$ 0,13			
Nombre de pulses de LH (par 8 heures)						
S-1	1,95 $\pm$ 0,77	1,38 $\pm$ 0,77	1,96 $\pm$ 0,77	0,95	0,05	0,80
S+1	2,75 $\pm$ 0,74	2,76 $\pm$ 0,77	2,63 $\pm$ 0,74			

¹ L : effet du lot ; J : effet du jour ; L x J : interaction lot x jour.

3.1. Rationnement protéique, réserves corporelles et croissance des portées

En conséquence de cette moindre consommation d'aliment, les bilans en énergie et en lysine des truies rationnées en protéines sont plus déficitaires pour le lot HBP que BBP. Les truies HBP puisent donc davantage dans leurs réserves corporelles.

Le rationnement protéique ralentit la vitesse de croissance des portées des truies rationnées en protéines pendant la lactation, en accord avec la majorité des travaux publiés. Seules deux études n'avaient pas montré d'influence significative d'un rationnement protéique sévère (~400 vs. 800-900 g protéines/jour) sur la production de lait et la croissance des portées (REVELL et al., 1998 ; MEJIA-GUADARRAMA et al., 2002).

3.2. Rationnement protéique et paramètres métaboliques en fin de lactation

En fin de lactation, les profils d'insuline et de glucose plasmatiques diffèrent entre les trois lots de truies. Ils sont significativement différents entre les deux lots de truies rationnées BBP et HBP, malgré un repas similaire (en énergie, en protéines et en amidon). Chez les truies HBP, l'insulinémie post-prandiale élevée associée à une glycémie élevée suggère l'existence d'un état de résistance à l'insuline. Cette résistance à l'insuline chez des truies lourdes a été précédemment observée en début ou milieu de lactation chez des truies suralimentées pendant la gestation (WELDON et al., 1994 a,b) ou la croissance (LE COZLER et al., 1998 a,b). Selon ces auteurs, la résistance à l'insuline serait en partie à l'origine de la baisse d'appétit des truies pendant la lactation. Chez les truies BBP, le rationnement protéique réduit l'insulinémie post-prandiale, vraisemblablement en raison de la faible ingestion d'acides aminés, en accord avec les résultats de MEJIA-GUADARRAMA et al. (2002). La différence d'insuli-

némie entre les lots BBP et BCP n'est cependant pas statistiquement significative.

Le rationnement protéique induit une baisse des concentrations plasmatiques d'IGF-I en fin de lactation chez les femelles légères. Des résultats semblables ont été obtenus précédemment sur des truies primipares plus lourdes (MEJIA-GUADARRAMA et al., 2002). Par contre, les concentrations circulantes d'IGF-I sont similaires chez les truies HBP et BCP, malgré la faible ingestion de protéines (et d'énergie) des truies HBP et leur plus forte mobilisation corporelle. Ces résultats montrent l'effet protecteur des réserves corporelles contre l'effet inhibiteur du déficit protéique (et énergétique) sur IGF-I. Ils sont en accord avec les résultats de VAN DEN BRAND et al. (2001) montrant que le poids vif des truies à la mise bas interagit avec la perte de poids en lactation pour moduler les concentrations d'IGF-I.

3.3. Rationnement protéique et fonction de reproduction

La proportion de femelles en œstrus dans les 9 jours post-sevrage est plus faible dans le lot BBP par rapport aux lots BCP et HBP. L'influence négative du rationnement protéique au cours de la lactation sur le retour en œstrus a déjà été montrée chez la truie primipare (KING et WILLIAMS, 1984 ; BRENDemuHL et al., 1987). Elle a été attribuée à l'effet inhibiteur du déficit protéique sur la sécrétion pulsatile de LH pendant la lactation ou aux alentours du sevrage (KING et MARTIN, 1989 ; JONES et STAHL, 1999b). Ici, les concentrations plasmatiques de LH et la fréquence des pulses ne diffèrent pas entre les trois lots de truies. Une deuxième analyse a été effectuée en comparant les truies qui reviennent en œstrus dans les 9 jours après le sevrage (ISO $\leq$ 9 jours) à celles qui ne reviennent pas en œstrus dans cette période (ISO > 9 jours, données non présentées). Les résultats de cette

analyse montrent que, le lendemain du sevrage, les concentrations plasmatiques moyennes et basales de LH sont plus faibles chez les truies ayant un intervalle sevrage-œstrus prolongé (concentration moyenne : 1,7 vs. 1,3 ng/ml ; basale 1,5 vs. 1,2 ng/ml, $P < 0,05$, pour ISO ≤ 9 jours vs. ISO > 9 jours), en accord avec les résultats de KING et MARTIN (1989). L'inhibition de la sécrétion de LH le lendemain du sevrage semble donc impliquée dans le retard d'œstrus des truies BBP même si la différence de concentration entre ces truies (LH moyen : 1,48 ng/ml) et les autres (LH moyen : 1,64 ng/ml) n'atteint pas le seuil de signification statistique probablement à cause d'un nombre insuffisant de truies.

Le rationnement protéique au cours de la lactation induit aussi une diminution du taux d'ovulation au premier œstrus post-sevrage chez les truies BBP et, à un moindre degré, chez les truies HBP. Une telle diminution chez des truies rationnées en protéines a été observée par MEJIA-GUADARRAMA et al. (2002) mais pas par d'autres auteurs (KING et WILLIAMS, 1984 ; KING et DUNKIN, 1986). Chez les truies BBP, cette baisse du taux d'ovulation pourrait être due aux faibles concentrations plasmatiques d'IGF-I et à une moindre disponibilité en glucose et insuline observées en fin de lactation. Chez les truies HBP, la résistance à l'insuline pourrait avoir joué un rôle. En effet, de nombreuses études conduites in vitro ou in vivo chez la cochette prépubère ou cyclique ont mis en évidence l'effet positif de l'énergie, l'insuline et/ou l'IGF-I sur le taux d'ovulation, via la baisse de l'atréxie folliculaire (revues COX 1997 ; MONGET et MARTIN, 1997). Le fait que le taux d'ovulation des truies rationnées en protéines mais lourdes à la mise bas (lot HBP) soit intermédiaire par rapport à celui des truies BCP et BBP suggère de nouveau l'effet protecteur des réserves corporelles face au déficit pro-

téique. Cet effet pourrait passer par l'effet protecteur des réserves sur les concentrations plasmatiques d'IGF-I.

Il est intéressant de noter la similitude des caractéristiques corporelles des truies BCP et BBP (poids, épaisseur de lard, masses lipidique et protéique à la mise bas et au sevrage) bien que leurs performances de lactation et de reproduction diffèrent fortement. Au cours de la lactation, ces truies mobilisent respectivement 29 et 26 % de leur masse lipidique à la mise bas et 8 et 11 % de leur masse protéique. Parmi les médiateurs physiologiques potentiels analysés ici, seul l'IGF-I diffère significativement entre les deux lots. Ces observations suggèrent que l'IGF-I serait un meilleur prédicteur des effets du régime alimentaire sur la fonction de reproduction que l'état des réserves énergétiques et protéiques, au moins chez les truies qui pèsent environ 180 kg de poids vif au début de la lactation.

CONCLUSION

En accord avec l'hypothèse de départ, les conséquences métaboliques et de reproduction d'un déficit protéique pendant la première lactation diffèrent selon le poids vif des truies à la mise bas. Notamment, le rationnement protéique induit un retard d'œstrus après le sevrage chez les truies qui pèsent entre 170 et 190 kg à la mise bas, mais pas chez celles qui approchent 240 kg. Il induit aussi une baisse du taux d'ovulation, atténuée chez les truies lourdes. Un poids vif élevé a donc un rôle protecteur partiel contre les effets négatifs du déficit protéique sur les performances de reproduction. Cet effet protecteur pourrait passer par une moindre altération des concentrations plasmatiques d'IGF-I aux alentours du sevrage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRENDemuHL J.H., LEWIS A.J., PEO JR. E.R. 1987. *J. Anim. Sci.*, 64, 1060-1069.
- CAMOUS S., PRUNIER A., PELLETIER J. 1985. *J. Anim. Sci.*, 60, 1308-1317.
- COX N.M. 1997. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 52, 31-46.
- DOURMAD J.Y. 1988. *INRA Prod. Anim.*, 1(2), 141-146.
- DOURMAD J.Y. 1991. *Livest. Prod. Sci.*, 27, 309-319.
- DOURMAD J.Y., ETIENNE M., NOBLET J., CAUSEUR D. 1997. *Journées Rech. Porcine en France*, 29, 255-262.
- JONES D.B., STAHL T.S. 1999a. *J. Anim. Sci.*, 77, 1513-1522.
- JONES D.B., STAHL T.S. 1999b. *J. Anim. Sci.*, 77, 1523-1531.
- KING R.H., DUNKIN A.C. 1986. *Anim. Prod.*, 43, 319-325.
- KING R.H., MARTIN G.B. 1989. *Anim. Reprod. Sci.*, 19, 283-292.
- KING R.H., WILLIAMS I. H. 1984. *Anim. Prod.*, 38, 249-256.
- LITTELL R.C., MILLIKEN G.A., STROUP W.W., WOLFINGER R.D. 1996. *SAS system for mixed models*. SAS Institute Inc., Cary, NC:
- LE COZLER Y., DAVID C., BEAUMAL V., HULIN J.C., NEIL M., DOURMAD J.Y. 1998a. *Reprod. Nutr. Dev.*, 38, 363-375.
- LE COZLER Y., DAVID C., BEAUMAL V., SIGURD J., DOURMAD J.Y. 1998b. *Reprod. Nutr. Dev.*, 38, 377-390.
- LOUVEAU I., BONNEAU M. 1996. *Reprod. Nutr. Dev.*, 36, 301-310.
- MEJIA-GUADARRAMA C.A., PASQUIER A., DOURMAD J.Y., PRUNIER A., QUESNEL H. 2002. *J. Anim. Sci.* (sous presse).
- MONGET P., MARTIN G.B. 1997. *Hum. Reprod.*, 12(1), 33-52.
- NOBLET J., DOURMAD J.Y., ETIENNE M. 1990. *J. Anim. Sci.*, 68, 562-572.
- NRC. 1988. 9th ed. National Academy Press, Washington, DC., 49-53
- PRUNIER A., MARTIN C., MOUNIER A.M., BONNEAU M. 1993. *J. Anim. Sci.*, 71, 1887-1894.
- PRUNIER A., MEJIA-GUADARRAMA C.A., MOUROT J., QUESNEL H. 2001. *Reprod. Nutr. Dev.*, 41, 333-347.
- PRUNIER A., QUESNEL H. 2000. *Livest. Prod. Sci.*, 63, 1-19.
- REVELL D. K., WILLIAMS I.H., MULLAN B.P., RANFORD J.L., SMITS R.J. 1998. *J. Anim. Sci.*, 76, 1738-1743.
- SCHAMS D., BERISHA B., KOSMANN M., EINSPIANIER R., AMSELGRUBER W.M. 1999. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 17, 279-285.
- VAN DEN BRAND H., PRUNIER A., SOEDE N.M., KEMP B. 2001. *Reprod. Nutr. Dev.*, 41, 27-39.
- WELDON W.C., LEWIS A.J., LOUIS G.F., KOVAR J.L., GIESEMANN M.A., MILLER F.S. 1994a. *J. Anim. Sci.*, 72, 387-394.
- WELDON W.C., LEWIS A.J., LOUIS G.F., KOVAR J.L., MILLER F.S. 1994b. *J. Anim. Sci.*, 72, 395-403.