

A9701

DEPENSES ET BESOINS ENERGETIQUES DE LA TRUIE AU COURS DU CYCLE DE REPRODUCTION

J. NOBLET, M. ETIENNE

I.N.R.A. Station de Recherches Porcines
Saint-Gilles - 35590 L'HERMITAGE

Avec la collaboration technique de S. DUBOIS, J. LEBOST, M. MASSARD et A. ROGER pour les mesures sur animaux, Annick BLANCHARD, Martine FILLAUT, Nadine MEZIERE et Christiane VACHOT pour les analyses de laboratoire et la participation de P.A. GERAERT et P. LECHAUX.

INTRODUCTION

Les recommandations d'apports énergétiques aux truies reproductrices résultent encore essentiellement d'expériences de type zootechnique mettant en relation des variations d'apports nutritionnels avec le niveau des performances de reproduction (HENRY et ETIENNE, 1978). Les conclusions résultant de ces études globales ne sont cependant valables que dans les conditions dans lesquelles elles ont été obtenues. Afin d'estimer les besoins énergétiques, il est donc nécessaire de connaître avec précision l'importance des dépenses énergétiques des femelles (entretien, développement des produits de la conception, production laitière) et les rendements d'utilisation de l'énergie pour leur couverture. Les études analytiques entreprises dans ce domaine au cours des dix années écoulées concernent surtout la truie gravide au cours de sa première gestation (DE WILDE, 1980 ; CLOSE *et al.*, 1985), les informations se rapportant à la truie en lactation restant peu nombreuses (BURLACU *et al.*, 1983 ; NOBLET *et al.*, 1983 ; VERSTEGEN *et al.*, 1985).

Cet article rapporte les principaux résultats d'expériences sur le métabolisme énergétique de la truie au cours de son premier cycle de reproduction. Dans un souci de simplification, nous nous sommes limités à une présentation synthétique des méthodes utilisées et des résultats, des informations plus détaillées étant disponibles par ailleurs (NOBLET et ETIENNE, 1986 ; NOBLET et ETIENNE, 1987 a,b). Nous insisterons donc plus particulièrement sur l'application de ces résultats à la détermination des besoins énergétiques des truies par la méthode factorielle.

MATERIEL ET METHODES

L'ensemble des résultats présentés porte sur 3 expériences, 2 d'entre elles concernant la gestation et la troisième, la lactation.

1. GESTATION

Deux expériences portant sur un total de 32 truies de race Large White ont été conduites afin de mesurer leur bilan énergétique et azoté au cours de la gestation. Dans la première expérience, 24 femelles pesant en moyenne 133 kg à la saillie reçoivent quotidiennement 2,2 kg d'aliment (3,00 Mcal d'énergie métabolisable (EM)/kg, 13 % de protéines et 0,60 % de lysine). Elles sont placées

individuellement durant 7 à 10 jours dans des chambres respiratoires en milieu (une période de mesure) et en fin de gestation (deux périodes de mesure successives). Dans la deuxième expérience, des mesures similaires sont effectuées en début, milieu et fin de gestation sur 8 truies pesant en moyenne 156 kg à la saillie et recevant 2,7 kg d'aliment par jour (3,00 Mcal EM/kg, 12,1 % de protéines et 0,59 % de lysine). La température ambiante dans les chambres respiratoires est de 18°C. Pour l'ensemble des 2 expériences, 90 bilans énergétiques et azotés ont été réalisés.

Cinq et deux animaux ont été éliminés respectivement dans les expériences 1 et 2 (non gravides ou défauts d'aplombs) et remplacés par des soeurs de portée. Les résultats de bilan énergétique, exprimés par unité de poids métabolique ($\text{kg PV}^{0,75}$) ont été utilisés dans un modèle de régression linéaire du type : $\text{Energie fixée} = a \times \text{EM} + b$ où a représente le rendement d'utilisation de l'EM pour la fixation d'énergie et $-b/a$ le besoin énergétique d'entretien. Des modèles plus complexes (NOBLET et ETIENNE, 1987 b) ont permis d'estimer les rendements d'utilisation de l'EM pour le dépôt d'énergie dans les tissus utérins et maternels et pour le dépôt d'énergie sous forme de protéines (k_p) ou de lipides (k_l).

2. LACTATION

L'expérience a porté sur 10 blocs de 2 soeurs de portée élevées dans des conditions identiques du sevrage à la première mise bas et alimentées de telle sorte que les vitesses de croissance soient comparables. Au sein de chaque bloc, les 2 femelles reçoivent pendant 22 jours, à partir de la mise-bas, 5 kg (Lot HAUT) et 3,5 kg (Lot BAS) d'aliment par jour. Ces niveaux sont atteints progressivement au troisième jour post-partum. La composition des régimes est telle que les apports quotidiens de protéines, d'acides aminés, de minéraux et de vitamines sont identiques dans les 2 groupes. La différence entre les deux lots porte donc uniquement sur le niveau de l'apport énergétique. L'aliment distribué aux truies du lot HAUT renferme 3,22 Mcal EM/kg, 14,6 % de protéines et 0,64 % de lysine contre respectivement 3,20 - 21,1 et 0,93 pour le lot BAS. Les portées sont égalisées à 9 ou 10 porcelets le lendemain de la mise bas (J1).

La truie et sa portée sont maintenues en chambre respiratoire pendant toute la lactation afin de mesurer la consommation d'oxygène et la production de gaz carbonique totales de la truie avec sa portée. A 1, 5, 9, 13, 17 et 21 jours de lactation, la production laitière de la truie est estimée par pesée des porcelets avant et après chaque tétée. La composition du lait est également déterminée (NOBLET et ETIENNE, 1986). Parallèlement aux mesures de production laitière, quelques porcelets de chaque portée sont placés entre les tétées dans une chambre respiratoire à confinement afin d'apprécier leurs échanges respiratoires propres. Les résultats obtenus sont ensuite utilisés pour estimer les échanges respiratoires quotidiens de la totalité de la portée. Les échanges respiratoires de la truie (et par suite sa production de chaleur) sont alors obtenus par différence entre les valeurs mesurées sur l'ensemble truie + porcelets et les valeurs calculées pour la portée. Les urines sont collectées à compter du premier jour de lactation et les fèces à compter du cinquième jour de lactation.

Les analyses effectuées sur l'aliment, les fèces, l'urine et le lait et la mesure des échanges gazeux permettent d'établir les bilans énergétiques et azotés (NOBLET et ETIENNE, 1987a). Les résultats de 44 bilans énergétiques, exprimés par $\text{kg PV}^{0,75}$, ont été utilisés dans un modèle de régression linéaire du type : $\text{Energie du lait} = a \times \text{EM} + b \times \text{Energie maternelle mobilisée} + c$ où a représente le rendement d'utilisation de l'EM en énergie du lait (k_l), b le rendement d'utilisation de l'énergie des réserves corporelles en énergie du lait (k_r) et $-c/a$ le besoin énergétique d'entretien (en EM).

RESULTATS

1. GESTATION (tableau 1)

A apport énergétique constant, l'avancement de la gestation entraîne une augmentation de la production de chaleur (en moyenne 16 Kcal par jour de gestation) ainsi qu'une élévation de

l'accrétion de protéines. En conséquence, la quantité d'énergie fixée est fortement réduite. De la même façon, l'augmentation de la quantité d'énergie fixée au niveau de l'utérus, qui se produit surtout en fin de gestation, entraîne une diminution importante de la quantité d'énergie fixée dans les tissus maternels.

TABEAU 1
INFLUENCE DU STADE DE GESTATION SUR LES BILANS ÉNERGÉTIQUES
ET AZOTÉS DE TRUIES PRIMIPARES (1)

Stade de gestation, j	Expérience 1 (2) (n = 19)		Expérience 2 (2) (n = 19)		
	65	108	36	72	105
Poids vif, kg	164	189	169	194	219
Bilan énergétique, kcal/j					
Energie métabolisable	6 607	6 615	8 015	7 700	7 635
Production de chaleur	5 086	5 550	5 205	5 587	6 294
Energie fixée					
Totale	1 521	1 064	2 809	2 113	1 340
Utérus (3)	125	333	59	187	456
Lipides	1 163	485	2 365	1 693	704
Bilan azoté, g/j					
Azote ingéré	45,4	46,1	51,4	49,6	50,1
Azote fixé					
Total	10,0	16,2	12,5	11,8	17,9
Utérus (3)	2,7	7,0	1,3	4,0	9,7

(1) L'effet du stade de gestation au sein de chaque expérience est significatif ($P < 0,01$) (sauf pour l'énergie métabolisable et l'azote ingéré).

(2) 9,5 et 12,4 fœtus par truie, respectivement, dans les expériences 1 et 2.

(3) Calculé à partir des résultats de NOBLET *et al.* (1985).

Dans nos conditions expérimentales, le besoin d'entretien est de l'ordre de **100 kcal d'EM par kg PV^{0,75}** et le rendement d'utilisation de l'EM pour la fixation d'énergie (k) de **76,6 %**. Le calcul de la répartition des dépôts énergétiques totaux entre les tissus maternels et les tissus utérins a permis d'estimer les rendements d'utilisation de l'EM correspondants : k_u pour l'utérus et k_r pour les tissus maternels. Les valeurs obtenues sont de **48 % pour k_u et 85 % pour k_r** . Toutefois, les besoins d'entretien considérés dans le calcul de k_u correspondent à l'ensemble truie + tissus utérins. En attribuant aux tissus maternels le besoin d'entretien qui leur est propre, on peut en déduire le rendement global (entretien + production) d'utilisation de l'EM pour la fixation d'énergie dans l'utérus. Ce rendement global est de **32 %**. Enfin, les rendements d'utilisation de l'EM pour les dépôts d'énergie sous forme de protéines et de lipides sont respectivement de **60 et 85 %**.

2. LACTATION (tableau 2)

La réduction de l'apport énergétique en lactation provoque une accentuation de la perte de poids des truies (1112 contre 648 g/jour). La quantité de lait produit est sensiblement plus faible chez les truies du lot restreint en énergie. Cependant, en relation avec une teneur en matière sèche du lait plus élevée chez les truies rationnées (19,1 contre 17,8 %), l'exportation journalière d'énergie et de nutriments dans le lait est comparable dans les 2 lots. Ceci est en accord avec la similitude des performances de croissance des portées dans les 2 lots. La restriction énergétique s'accompagne d'une diminution significative de la production de chaleur et d'une accentuation de la mobilisation des réserves corporelles (mobilisation de 5,35 Mcal/jour dans le lot Bas contre 2,04 Mcal/jour dans le lot Haut). L'accroissement de la mobilisation dans le lot Bas porte exclusivement sur les lipides corporels. Enfin, le bilan azoté est faiblement négatif dans les 2 lots.

TABLEAU 2
INFLUENCE DU NIVEAU ÉNERGÉTIQUE SUR LE BILAN ÉNERGÉTIQUE
ET AZOTÉ DES TRUIES ENTRE LA PARTURITION ET LE SEVRAGE (1)

Signification	HAUT	BAS	Sx	Signification statistique (2)
Nombre d'animaux	10	10		
Poids vif après mise-bas, kg	174,5	175,7	1,6	
Gain de poids en lactation, g/j	- 648	- 1 112	52	**
Taille de portée	9,5	9,5	0,2	
Gain de portée, g/j	1 879	1 843	65	
Production de lait, kg/j	7,11	6,60	0,25	
Bilan énergétique, Mcal/j				
Energie métabolisable	14,24	10,39	0,03	**
Production de chaleur	8,14	7,32	0,13	**
Energie du lait	8,14	8,41	0,31	
Energie maternelle	- 2,04	- 5,35	0,24	**
Bilan azoté, g/j				
Azote ingéré	103,4	109,7	0,3	
Azote du lait	52,4	51,1	1,6	
Azote maternel	- 3,7	- 3,1	1,9	

(1) Les bilans portent sur la période J1 (matin) - J22 (matin), JO étant le jour de la parturition.

(2) ** : $P < 0,01$.

Les résultats de bilans énergétiques permettent d'estimer les besoins d'entretien des truies en lactation à environ **109 kcal EM par kg PV^{0,75}**. Les rendements d'utilisation de l'EM (k_l) et des réserves corporelles (k_r) pour la synthèse du lait sont respectivement de 71,5 à 71,8 % et 85,8 à 88,6 %, soit en moyenne **72 % pour k_l et 88 % pour k_r** .

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

1. GESTATION

Les principaux résultats de nos expériences s'accordent avec ceux de Close *et al.* (1985). Leur intérêt principal est de permettre la prédiction des besoins énergétiques des truies. Ceux-ci peuvent être répartis entre les besoins d'entretien et ceux correspondant aux dépôts énergétiques dans les tissus utérins et maternels. Dans nos conditions expérimentales (animaux avec une activité physique réduite et dans des conditions proches de la thermoneutralité) les besoins d'entretien sont de l'ordre de 100 kcal d'EM par kg PV^{0,75}. Toutefois, d'après GEUYEN *et al.* (1984), les besoins sont accrus de 2 (animaux en groupe) ou 4 (animaux isolés) kcal EM par kg^{0,75} par °C de réduction de la température ambiante au-dessous de la température critique (environ 20°C chez les truies gravides d'après VERHAGEN *et al.*, 1986 et NOBLET *et al.*, non publié). Par ailleurs, une activité physique importante peut occasionner une augmentation de 10 à 15 % du besoin d'entretien (GEUYEN *et al.*, 1984). Il résulte de ces diverses observations que, sur un plan pratique, le besoin d'entretien des truies gravides est de l'ordre de **110 à 115 kcal EM par kg PV^{0,75}**, pour l'ensemble de la gestation.

Les besoins pour le dépôt d'énergie dans l'utérus dépendent essentiellement de la taille de la portée. On peut calculer que 1 kg de porcelets à la naissance correspond à environ 1,3 Mcal d'énergie déposée dans l'ensemble des tissus utérins (foetus + utérus + placenta + liquides) (DE WILDE, 1980 ; NOBLET *et al.*, 1985). Le dépôt énergétique dans l'utérus (en Mcal) pendant la gestation peut donc être estimé à 1,3 x Poids de la portée à la mise-bas. Sur la base d'une valeur de k_u de 48 %, on peut alors déterminer le besoin en EM pour le dépôt d'énergie dans l'utérus.

Les besoins pour le dépôt d'énergie dans les tissus maternels pendant la gestation sont fonction de l'importance et de la composition chimique du gain de poids envisagé. Les informations

concernant sa composition et ses variations sont limitées et ne concernent que la truie primipare (HOVELL *et al.*, 1977 LODGE *et al.*, 1979 ; DE WILDE, 1980). Pour un gain net de gestation de l'ordre de 30 kg, on peut retenir une teneur en énergie moyenne de 4 à 4,5 Mcal par kg de gain maternel. Faute d'informations suffisantes, cette valeur peut également être utilisée chez la truie multipare. Sur la base d'une valeur de k_r comprise entre 75 et 80 %, la quantité d'EM par kg de gain de poids serait de 5,0 (4/0,80) à 6,0 (4,5/0,75) Mcal, soit en moyenne 5,5 Mcal EM par kg. Par ailleurs, on peut penser qu'au-delà de ce gain net de 30 kg, l'essentiel de l'énergie est déposée sous forme de lipides avec une teneur en énergie du gain additionnel de l'ordre de 7,5 Mcal/kg (JUST, 1973, chez le porc en croissance) et un besoin en EM de l'ordre de 10 Mcal par kg de gain. Cette valeur est à rapprocher de celle calculée par HENRY et ETIENNE (1978) (13 Mcal) à partir de la relation existant entre le gain maternel et l'énergie alimentaire ingérée.

A titre d'exemple, les besoins énergétiques d'une truie pesant en moyenne 180 kg pendant la gestation, produisant 15 kg de porcelets à la mise-bas et réalisant un gain de gestation de 30 kg seraient respectivement de 610, 39 et 165 Mcal d'EM pour l'entretien, la croissance utérine et les tissus maternels. Ceci correspond à environ 7,2 Mcal d'EM ou 7,5 Mcal d'ED par jour de gestation, soit une valeur comparable aux recommandations proposées par HENRY et ETIENNE (1978) à partir d'une approche globale. Ce type de calcul peut être étendu à d'autres conditions (DOURMAD, 1987). Toutefois, des informations complémentaires sont nécessaires de façon à mieux préciser les besoins énergétiques de la truie gravide par la méthode factorielle. En particulier, il est indispensable de mieux connaître la nature du gain net de gestation (notamment chez la truie multipare en phase de reconstitution de réserves) et les variations du besoin d'entretien associées au mode de logement (plein air, par exemple), à l'activité physique ou au type génétique. Enfin, ces recommandations resteront des valeurs moyennes qu'il conviendra de moduler pour répondre aux variations individuelles inévitables.

2. LACTATION

Nos résultats et les données bibliographiques (qui se rapportent essentiellement aux dépenses d'entretien : BURLACU *et al.*, 1983 ; VERSTEGEN *et al.*, 1985) permettent de prédire les dépenses énergétiques de la truie allaitante en fonction de son poids vif et de son niveau de production. Dans nos conditions expérimentales, les besoins d'entretien de la truie allaitante sont supérieurs

TABLEAU 3
INFLUENCE DU POIDS VIF ET DU NIVEAU DE PRODUCTION LAITIÈRE
SUR LES BESOINS ÉNERGÉTIQUES (Mcal EM/jour) (1) DE LA TRUIE ALLAITANTE (2)

Niveau de production	Faible	Moyen	Élevé
Gain de portée, g/j (3)	1 500	2 000	2 500
Energie du lait, Mcal/j (4) (5)	6,47	8,93	11,39
Poids vif après la mise-bas, kg	BESOINS ÉNERGÉTIQUES, Mcal EM/j (5) (6)		
150	13,70	17,12	20,53
180	14,39	17,81	21,23
210	15,05	18,47	21,89
240	16,39	19,11	22,53

(1) Les besoins en ED peuvent être calculés sur la base d'un rapport EM/ED de 0,96 (NOBLET et ETIENNE, 1987a).

(2) Besoins moyens se rapportant à la totalité de la lactation (mise bas au sevrage).

(3) Pour 10 porcelets par portée ayant des vitesses de croissance de respectivement 150, 200 et 250 g/j/porcelet, dans les 3 groupes.

(4) D'après ETIENNE et NOBLET (non publié)

(5) Sur la base d'une croissance assurée exclusivement par le lait. Par Mcal d'EM d'aliment complémentaire consommé par la portée, on peut estimer à 1/0,72, soit 1,4 Mcal d'EM la réduction de l'apport énergétique à la truie (valeur obtenue sur la base d'une équivalence entre 1 Mcal de lait et 1 Mcal d'EM d'aliment complémentaire, pour le porcelet).

(6) Calculés sur la base d'un besoin d'entretien de 110 kcal d'EM par kg PV^{0,75} et d'un rendement d'utilisation de l'EM pour l'exportation d'énergie dans le lait de 72 %.

à ceux de la truie gravide (110 kcal/kg PV^{0,75} au lieu de 100) et probablement peu affectés par les conditions d'élevage (animaux ayant une activité physique réduite et généralement maintenus à une température supérieure à leur température critique). **Le besoin énergétique pour la production de lait** est fonction du niveau de production. Il est donc indispensable de connaître la quantité d'énergie exportée dans le lait. Celle-ci peut être estimée avec une précision satisfaisante à partir de la croissance et de la composition du gain de la portée (ETIENNE et NOBLET, non publié). Les besoins en EM correspondants peuvent alors être estimés à : Energie du lait/0,72. A partir de cette approche, nous avons déterminé les besoins énergétiques des truies allaitantes en fonction de leur poids vif et de leur niveau de production (tableau 3). Les valeurs obtenues mettent en évidence l'importance de ces besoins, généralement supérieurs aux normes d'apports actuellement en vigueur : 12,8 à 17,6 Mcal EM/j selon le NRC (1979).

Compte tenu d'un niveau moyen de consommation spontanée souvent inférieur aux valeurs rapportées dans le tableau 3, la truie allaitante se trouve généralement en situation de déficit énergétique et fait donc appel à ses réserves corporelles. L'importance des réserves corporelles mobilisées peut être estimée à : (besoins énergétiques - EM ingérée) x 0,81, la valeur 0,81 correspondant au rapport k_p/k_m . La reconstitution après le sevrage des réserves corporelles mobilisées en lactation nécessite un apport supplémentaire d'EM équivalent à : Réserves mobilisées/ k_p . En attendant l'obtention de la valeur de k_p , non encore disponible, chez la truie multipare, il est possible d'utiliser le rendement établi chez la femelle primipare (75 à 80 %). Quoiqu'il en soit, **la synthèse du lait à partir des réserves corporelles accumulées pendant la gestation est réalisée avec un rendement global ($k_p \times k_m$) de 67 à 71 %, proche de celui mesuré lorsque le lait est synthétisé directement à partir de l'EM apportée en lactation (72 %)**. La similitude de l'efficacité énergétique de la synthèse du lait par ces 2 voies a également été observée chez la vache par MOE *et al.* (1971).

BIBLIOGRAPHIE

- BURLACU C., ILIESCU M., CARAMIDA P., 1983. Arch. Tierernähr. **33**, 23-45.
- CLOSE W.H., NOBLET J., HEAVENS R.P., 1985. Br. J. Nutr. **53**, 267-279.
- DE WILDE R.O., 1980. Livest. Prod. Sci. **7**, 505-510.
- DOURMAD J.Y., 1987. Journées Rech. Porcine en France (sous presse).
- GEUYEN T.P.A., VERHAGEN J.M.F., VERSTEGEN M.W.A., 1984. Anim. Prod. **38**, 477-485.
- HENRY Y., ETIENNE M., 1978. Journées Rech. Porcine en France, **10**, 119-166.
- HOVELL F.D. de B., Mac PHERSON R.M., CROFTS R.M.J., SMART R.I., 1977. Anim. Prod. **25**, 281-290.
- JUST A., 1973. J. Anim. Sci., **36**, 476-483.
- LODGE G.A., FRIEND D.W., WOLYNETZ M.S., 1979. Can. J. Anim. Sci., **59**, 51-61.
- MOE P.W., TYRRELL H.F., FLATT W.P., 1971. J. Dairy Sci., **54**, 548-553.
- NOBLET J., ETIENNE M., LECHAUX P., 1983. Journées Rech. Porcine en France, **15**, 285-292.
- NOBLET J., CLOSE W.H., HEAVENS R.P., BROWN D., 1985. Br. J. Nutr., **53**, 251-265.
- NOBLET J., ETIENNE M., 1986. J. Anim. Sci., **63**, 1888-1896.
- NOBLET J., ETIENNE M., 1987a. J. Anim. Sci., **64**,
- NOBLET J., ETIENNE M., 1987b. Livest. Prod. Sci. (in press).
- N.R.C., 1979. Nutrient Requirements of Domestic Animals, n°2.
- VERHAGEN J.M.F., VERSTEGEN M.W.A., GEUYEN T.P.A., KEMP B., 1986. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., **55**, 246-256.
- VERSTEGEN M.W.A., MESU J., VAN KEMPEN G.J.M., GEERSE C., 1985. J. Anim. Sci., **60**, 731-740.