

## Variation du débit sanguin utérin au cours de la gestation chez la truie (1)

Marie-Christine PÈRE, J.Y. DOURMAD, M. ÉTIENNE

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

avec la collaboration technique de J.C. HULIN, Y. LEBRETON, M. MASSARD, Chrystèle DAVID, Valérie BEAUMAL.

### Variation du débit sanguin utérin au cours de la gestation chez la truie

Une expérience a été réalisée sur 34 truies Large White afin d'étudier l'évolution du débit sanguin utérin au cours de la gestation, d'en préciser certains facteurs de variation et de voir dans quelle mesure il contribue au phénomène de capacité utérine. Entre 40 et 50 kg, les femelles sont réparties en 3 lots : lot TEM (témoin), sans intervention ; lot LIG, l'oviducte gauche est ligaturé; lot HHO, les femelles subissent l'ablation de la corne utérine et de l'ovaire droits. Elles sont inséminées à 307 jours d'âge, au poids de 161 kg. Une laparotomie est effectuée 35 jours plus tard, les corps jaunes et les foetus sont dénombrés, et une sonde débitométrique, de type ultrasonique, est implantée sur l'artère principale irriguant l'une des deux cornes utérines. Sur 29 truies, le débit sanguin est déterminé pendant des périodes de 24 heures à intervalles réguliers entre 44 et 111 jours de gestation. Les truies sont abattues à 112 jours de gestation, et leurs tractus génitaux sont disséqués.

Les traitements expérimentaux ont bien provoqué les effets escomptés sur le nombre potentiel d'embryons (4,8, 8,3 et 16,9/corne utérine dans les lots LIG, TEM et HHO). Néanmoins, on n'observe plus de différence entre les lots TEM et HHO en fin de gestation (respectivement 2,9, 5,6 et 4,9 foetus). Le débit sanguin utérin augmente dans les trois lots au cours de la gestation. Il est moins élevé dans le lot à plus faible effectif de foetus. Entre 44 et 111 jours de gestation, il passe de 0,82 à 1,74 l/min dans le lot LIG, et ne diffère pas significativement entre les truies des lots TEM et HHO (respectivement de 1,22 à 2,84 et de 1,09 à 2,63 l/min). La régularisation de la taille de la portée dans le lot HHO s'est vraisemblablement produite avant la première mesure de débit. L'accroissement régulier du débit sanguin utérin au cours de la gestation constitue une adaptation de la truie gravide lui permettant de couvrir les besoins croissants de sa portée. Le débit/foetus est d'autant moins important que la taille de la portée est grande: il passe de 0,27 à 0,72, de 0,24 à 0,60 et de 0,18 à 0,43 l.min<sup>-1</sup>.foetus<sup>-1</sup> entre 44 et 111 jours de gestation respectivement lorsqu'il y a 2-3, 4-5 et 6-8 foetus dans la corne utérine. Ceci explique que le poids moyen des porcelets à la naissance soit plus faible dans les portées de grande taille.

### Variation of uterine blood flow in the sow during gestation

An experiment involving 34 Large White gilts was undertaken to study the evolution of uterine blood flow during pregnancy, the effects of some variation factors, and to know in what extent it is involved in uterine capacity. Between 40 and 50 kg live weight, the gilts were assigned to three experimental groups : TEM (control) ; LIG, the left oviduct was tied; HHO, an unilateral hysterio-ovariectomy was performed on the right side. Gilts were 307 days old and 161 kg live weight when inseminated. A laparotomy was done 35 days later. Corpora lutea and foetuses were counted, and an ultrasonic flow probe was chronically implanted on the main artery of an uterine horn. Blood flow was measured on 29 gilts at regular intervals between 44 and 111 days of gestation during 24 h periods. The gilts were slaughtered at 112 days of pregnancy, and genital tracts were dissected.

The treatments induced the expected effects on ovulation rate (4.8, 8.3 and 16.9 /uterine horn in the LIG, TEM and HHO groups, respectively). Nevertheless, litter size in the uterine horn was similar at slaughter in the TEM and HHO gilts (2.9, 5.6 and 4.9 foetuses, respectively). The uterine blood flow increased in the three groups during pregnancy. It was lower in the LIG gilts (0.82 to 1.74 l/min between 44 and 111 days of pregnancy) than in the others, according to the smaller litter size. It was not significantly different between the TEM and the HHO groups (1.22 to 2.84 and 1.09 to 2.63 l/min, respectively). It is then assumed that the litter size control by uterine capacity was almost achieved before the first blood flow measurement. The increase of uterine blood flow during pregnancy is an adaptation of the sow to the rising requirements of its progeny. The blood flow per foetus was lower when litter size increased: it rose from 0.27 to 0.72, from 0.24 to 0.60 and from 0.18 to 0.43 l.min<sup>-1</sup>.foetus<sup>-1</sup> between 44 and 111 days when litter size in the uterine horn was 2-3, 4-5 and 6-8, respectively. This explains why piglets from large litter sizes are lighter at birth.

(1) Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'Action Incitative Programmée «Variabilité génétique de la survie embryonnaire» mise en place par l'INRA de 1991 à 1993.

## INTRODUCTION

La truie ne semble capable de conduire à terme qu'un nombre limité de foetus, les autres étant éliminés au cours de la gestation. Cette limitation de la taille de la portée, appelée capacité utérine (BAZER et al., 1969a), est caractéristique du type génétique ou de l'individu. Ainsi, l'efficacité de l'utérus est en moyenne plus élevée chez les truies croisées Large White hyperproliférique x Meishan que chez les Large White (LEGAULT et al. 1995), ou chez les multipares que chez les nullipares. L'augmentation de l'effectif d'embryons au-delà de la capacité utérine provoque donc un accroissement de leur mortalité. Nous avons mis en évidence le phénomène de capacité utérine, et montré qu'elle intervenait principalement au cours du premier mois de gestation (PÈRE et al., 1995). L'espace disponible dans l'utérus (RATHNASABAPATHY et al., 1956) ou la compétition entre les embryons vis à vis d'une substance biochimique critique produite par l'utérus (BAZER et al., 1969b) ont été proposés comme mécanismes en cause dans la capacité utérine.

Tous les éléments indispensables au développement des foetus sont véhiculés par le sang maternel et captés par l'utérus gravide. L'importance de la captation dépend à la fois de la concentration du sang en ces éléments et du flux sanguin irriguant l'utérus. En complément à l'étude précédemment réalisée (PÈRE et al., 1995), nous avons recherché dans quelle mesure le débit du sang dans l'utérus pouvait constituer l'un des facteurs déterminants de la capacité utérine. Très peu de travaux ont été consacrés à l'étude du flux sanguin utérin chez la truie (FORD et CHRISTENSON, 1979; FORD et al., 1984; REYNOLDS et al., 1985), et des différences semblent exister par rapport aux autres espèces. Aussi avons-nous également recherché les effets de certains facteurs de variation, tels le stade de gestation et la taille de la portée.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette étude est réalisée sur certaines truies d'une expérience plus vaste portant sur la mise en évidence de la capacité utérine. En plus des traitements communs à tous les animaux, le débit sanguin utérin est mesuré sur ces femelles. Dans cette partie, nous rappellerons les principaux traitements expérimentaux appliqués à l'ensemble des truies, détaillés par ailleurs (PÈRE et al., 1995), et présenterons les interventions et mesures particulières à cette étude.

### 1.1. Conduite d'élevage

L'expérience est réalisée en 3 répétitions successives sur des truies nullipares Large White mises en expérience à la sortie du post-sevrage. Elles sont inséminées avec de la semence de verrat Large White au plus tôt au 2<sup>me</sup> oestrus, après un traitement au Régumate, ce qui facilite la planification des interventions ultérieures. En moyenne, l'insémination est effectuée à l'âge de  $307 \pm 39$  jours et au poids de  $161 \pm 18$  kg. Elles reçoivent en un repas de 2,5 kg/jour un aliment qui apporte 3,00 Mcal ED/kg, 13,1 % de protéines et 0,65 % de lysine.

### 1.2. Traitement des animaux et mesures effectuées

À la mise en lots, les jeunes femelles sont réparties en trois groupes sur la base de l'origine de portée et du poids vif. Les traitements expérimentaux sont les suivants:

- lot TEM (témoin). Les animaux ne subissent aucune intervention chirurgicale.
- lot LIG. L'oviducte gauche des truies est ligaturé et sectionné. Ainsi, seuls les ovules pondus par l'ovaire droit peuvent être fécondés. Compte tenu du fait que les oeufs se répartissent entre les deux cornes utérines avant la nidation, l'effectif théorique d'embryons par corne utérine est deux fois plus faible que dans le lot TEM.
- lot HHO. Les truies subissent une hémihystéro-ovariectomie du côté droit. L'ovaire restant compense l'absence de l'autre par une ovulation double de la normale. Il en résulte un nombre théorique d'embryons équivalent à celui du lot TEM, mais qui se répartissent dans la seule corne utérine restante.

Ces interventions sont réalisées sous anesthésie générale par laparotomie et extériorisation du tractus génital. Leur durée est de l'ordre d'une demi-heure.

À  $35,0 \pm 1,0$  jours de gestation, les foetus présents dans chaque corne utérine sont dénombrés par palpation de l'utérus, et le taux d'ovulation est déterminé. Sur 34 truies, des sondes débitométriques sont implantées sur l'artère principale irriguant l'une des deux cornes utérines. Ces truies sont sélectionnées sur la base du nombre de foetus présents dans les cornes: 2 à 4 dans la corne pour le lot LIG, 8 à 15 pour le lot HHO, et les effectifs intermédiaires pour le lot TEM. L'artère de la corne utérine choisie est disséquée au niveau du col sur une longueur d'environ 2 cm. La sonde est implantée autour de l'artère, puis fixée au ligament large. Le câble de la sonde, d'une longueur de 2 m, est glissé sous la peau à l'aide d'un trocart, extériorisé au niveau lombaire, et logé dans une pochette cousue sur le dos de la truie. Cette intervention, d'une durée d'une heure, est effectuée sous anesthésie générale par laparotomie avec extériorisation de l'utérus.

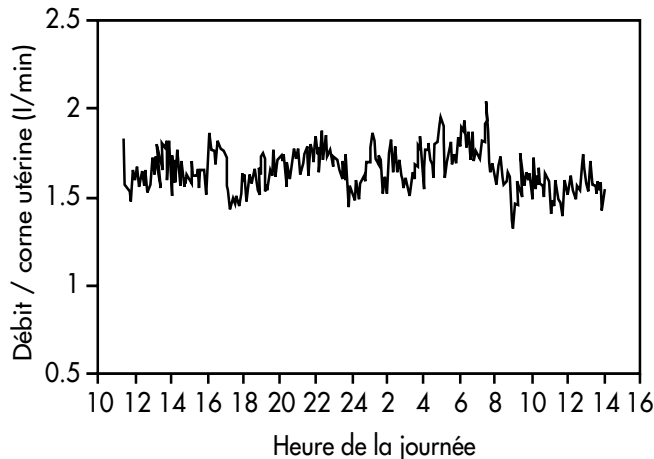
Les sondes utilisées sont de type ultrasonique (Transonic Systems Inc.(2)). Le principe de la mesure est basé sur le calcul de la différence du temps de propagation entre les ultrasons émis dans le sens du flux sanguin et ceux émis à contre-sens. Le débit sanguin est ainsi obtenu, puisque la source d'émission des ultra-sons est suffisamment large pour permettre d'intégrer dans les mesures une notion de volume. La précision de la mesure est de 8 %.

Il est nécessaire d'attendre environ une semaine après l'implantation de la sonde pour pouvoir déterminer le débit sanguin. Une mesure/semaine est effectuée sur chacune des truies jusqu'à 98 jours de gestation, puis deux fois/semaine. En raison des variations de débit qui interviennent au cours de la journée (coefficient de variation intra-truies de l'ordre de 10 %: figure 1), il est mesuré sur une période d'environ 24 heures. La sonde est reliée à un débitmètre qui effectue 170 déterminations de débit par seconde. Ce débitmètre est

(2) Transonic System Inc., France - 10 rue A. Bocquel, 49000 Angers.

lui-même couplé à un micro-ordinateur. Un logiciel permet d'intégrer les mesures sur des périodes de 5 minutes et de les stocker dans un fichier.

**Figure 1** - Exemple d'enregistrement du débit sanguin dans une corne utérine



Les truies sont abattues à  $111 \pm 1$  jours de gestation. Le tractus génital est récupéré et disséqué. Le taux d'ovulation, le poids et la position de chaque foetus dans les cornes utérines, ainsi que le poids de leur placenta, sont enregistrés. La position des foetus momifiés et l'estimation de leur âge à la mort sont également notés. Le réseau sanguin du ligament large est mis en évidence afin de s'assurer que la sonde était bien positionnée sur l'artère principale et mesurait la totalité du flux sanguin irriguant la corne utérine. Les tissus inclus dans la sonde sont également disséqués pour vérifier qu'il n'y a pas eu de réaction du vaisseau, et que le développement de ce dernier au cours de la gestation n'a pas été affecté. Après dissection du ligament large, la longueur et le poids des cornes utérines sont déterminés.

### 1.3. Calculs et analyses statistiques

Le nombre de foetus dans la corne utérine, les rapports entre le poids ou la longueur de la corne utérine et le nombre de foetus à terme sont déterminés. Le poids moyen de l'unité foeto-placentaire (UFP), égal à [(poids des foetus + poids des placentas + poids de la corne utérine)/nombre de foetus dans la corne] est calculé.

Le débit moyen est déterminé sur chaque truie à chacun des stades de mesure. Le débit à différents stades de référence (44, 50, 57, 64, 71, 78, 84, 91, 98, 101, 105, 108, 111 j. de gestation) est calculé par interpolation linéaire entre les stades de mesure effectifs. Les stades de référence correspondent aux stades de mesure les plus fréquents. Deux types de classification sont retenus, d'une part le traitement expérimental, et d'autre part l'effectif de foetus présents dans la corne utérine à l'abattage. Trois classes d'effectifs sont établies de façon à comporter un nombre similaire de truies : 2-3 foetus ( $2,7 \pm 0,5$  foetus ;  $n = 11$ ), 4-5 foetus ( $4,4 \pm 0,5$  foetus ;  $n = 8$ ), 6-8 foetus ( $6,3 \pm 0,7$  foetus ;  $n = 10$ ). Le débit et le

débit/foetus présent le jour de la mesure (calculé à partir du nombre de foetus à l'abattage corrigé du nombre de foetus momifiés) sont déterminés. L'analyse statistique porte sur l'effet du traitement expérimental ou de la classe de taille de portée sur ces paramètres à chaque stade de gestation, et sur leur évolution au cours de la gestation. L'effet du traitement ou de la taille de portée sur le débit à 111 jours rapporté au nombre de foetus, au kg de foetus ou au kg d'UFP est également testé.

L'analyse de tous ces paramètres est réalisée à l'aide du modèle linéaire généralisé (SAS, 1990) en tenant compte des effets du traitement ou de la classe de taille de la portée et de la répétition. Les moyennes des différents traitements expérimentaux, des classes de taille de portée ou des stades de gestation sont ensuite comparées deux à deux par le test de DUNCAN. L'évolution du débit sanguin total ou par foetus au cours de la gestation est analysée par une analyse de covariance incluant l'effet truie.

## 2. RÉSULTATS

Les sondes débitométriques ont été posées sur un effectif total de 34 truies. Dans les jours suivant l'intervention, deux d'entre elles ont arraché le câble de la sonde, et trois autres ont avorté. Les débits ont donc été mesurés sur 29 truies (8 en lot TEM, 10 en lot LIG, 11 en lot HHO). Les sondes sont restées fonctionnelles jusqu'à l'abattage sur 27 d'entre elles. Dans quelques cas, des enregistrements ou certaines plages d'enregistrement ont été éliminés lors de l'analyse (signal trop faible de la sonde ou problèmes intermittents de connexion entre la sonde et le débitmètre). A l'abattage, on a constaté que les sondes étaient correctement positionnées sur l'artère principale d'une corne utérine, sauf dans le cas d'une truie dont l'un des foetus n'était pas pris en compte. Le débit a alors été rapporté au nombre de foetus intervenant dans la mesure. Pour toutes les truies, un tissu cicatriciel s'est développé dans l'espace séparant l'artère du corps de la sonde, mais l'aspect du lit vasculaire était tout à fait normal, le vaisseau n'avait pas subi de constriction et s'était développé normalement au cours de la gestation.

### 2.1. Taille de portée et environnement utérin

Le nombre de foetus présents dans la corne utérine à 35 jours de gestation diffère significativement entre les 3 lots. Il est plus élevé dans le lot HHO et plus faible dans le lot LIG (tableau 1). Entre 35 et 112 jours, cet effectif n'évolue pas dans le lot LIG, alors qu'il diminue dans le lot TEM, et surtout dans le lot HHO. Ainsi, à 112 jours de gestation, le nombre de foetus ne diffère plus entre les lots TEM et HHO, et l'écart avec le lot LIG se trouve réduit. Le poids moyen des foetus et de l'UFP à 112 jours de gestation est plus élevé dans le lot LIG (+ 7 % par rapport au lot TEM), et significativement plus faible dans le lot HHO (-19 %). Bien que l'écart ne soit pas significatif, le poids moyen du placenta est également moins élevé dans le lot HHO (- 29 % par rapport aux autres lots). Compte tenu des écarts d'effectif, le poids total de la portée et celui de

ses annexes dans la corne utérine ne diffèrent pas significativement entre les lots LIG et HHO, et sont plus élevées dans le lot TEM. Le poids et la longueur des cornes utérines

sont plus faibles dans le lot LIG, mais si on les rapporte au nombre de foetus, ces paramètres deviennent les plus forts dans ce même lot.

**Tableau 1** - Taille de portée et environnement utérin (résultats obtenus sur les cornes utérines munies d'une sonde débitmétrique)

Lot	LIG	TEM	HHO	S $\bar{x}$	Sign. stat. (1)
Potentiel de foetus (2)	4,75 a	8,31 b	16,91 c	1,56	***
Nombre de foetus à 35 j	2,90 a	6,63 b	10,90 c	1,58	***
Nombre de foetus à 112 j	2,90 a	5,63 b	4,91 b	1,15	***
Poids du foetus à 112 j, kg	1,56 a	1,45 a	1,17 b	0,25	*
Poids de portée à 112 j, kg	4,49 a	8,04 b	5,63 a	1,22	***
Poids moyen du placenta, kg	0,33	0,33	0,23	0,08	NS
Poids total du placenta, kg	0,92 a	1,85 b	1,14 a	0,39	***
Poids moyen de l'UFP, kg	2,65 a	2,31 ab	1,96 b	0,45	*
Poids de la corne utérine, kg	2,14 a	2,94 b	2,49 ab	0,49	*
Longueur de la corne utérine, m	1,61 a	1,92 ab	2,08 b	0,39	*
Poids utérus/foetus, kg	0,77 a	0,53 b	0,56 b	0,20	*
Longueur utérus/foetus, m	0,58	0,36	0,47	0,20	NS

(1) S $\bar{x}$  : écart-type résiduel ; Sign. stat. : signification statistique.

\*\*\* : P < 0,001 ; \*\* : P < 0,01 ; \* : P < 0,05 ; +, P < 0,10 ; NS : non significatif.

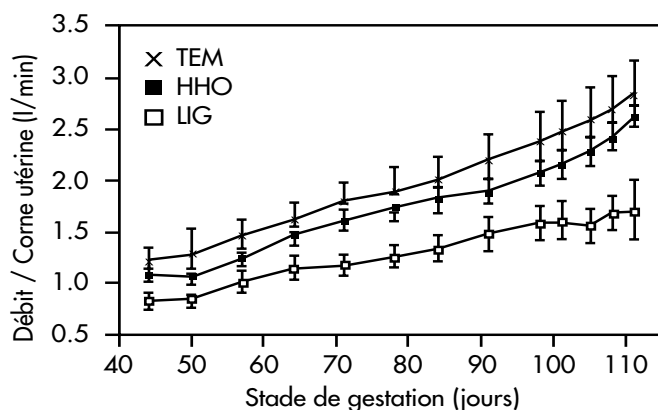
Les valeurs d'une même ligne indexées d'une même lettre ne diffèrent pas significativement entre elles.

(2) Le potentiel de foetus dans la corne utérine est égal à la moitié du taux d'ovulation total dans les lots LIG et TEM, et au taux d'ovulation sur l'ovaire restant dans le lot HHO.

## 2.2. Variations du débit sanguin dans la corne utérine

Le débit sanguin dans la corne utérine s'accroît régulièrement dans les trois lots au cours de la gestation (figure 2 et tableau 2). Par rapport à sa valeur à 44 jours de gestation, il est multiplié par 2,1 - 2,4 et 2,3 à 111 jours respectivement dans les lots LIG, HHO et TEM. L'augmentation du débit est de  $12,4 \pm 0,7$  ( $R^2 = 0,93$ ),  $20,9 \pm 1,1$  ( $R^2 = 0,83$ ) et  $23,7 \pm 1,1$   $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$  ( $R^2 = 0,83$ ) respectivement dans ces 3 lots. Ces trois valeurs diffèrent significativement ( $P < 0,001$ ).

**Figure 2** - Effet du traitement expérimental sur l'évolution du débit sanguin dans une corne utérine au cours de la gestation



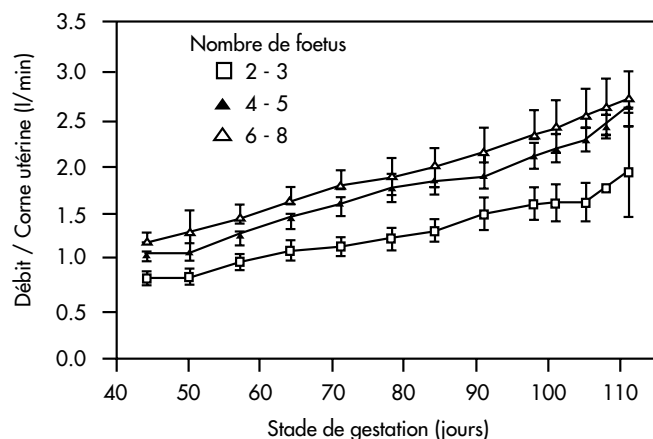
L'analyse globale du débit sanguin utérin au cours de la gestation ne révèle pas de différence significative entre les lots TEM et HHO, alors qu'il est significativement plus faible ( $P < 0,0001$ ) dans le lot LIG. Il est cependant toujours un peu plus faible dans le lot HHO que dans le lot TEM. Un résultat similaire est obtenu à chacun des stades de la gestation: le débit sanguin dans le lot TEM est toujours supérieur à celui qui est mesuré dans le lot LIG, et ne diffère jamais statistiquement du lot HHO. Ce dernier ne diffère pas non plus du lot LIG jusqu'à 64 jours de gestation.

Les conclusions sont similaires lorsque les résultats des mesures de débit sont comparés entre les 3 classes d'effectif de foetus dans la corne utérine à 112 jours de gestation. Le débit augmente progressivement dans chacune des trois classes avec l'avancement de la gestation ( $P < 0,0001$ ; figure 3 et tableau 3). L'accroissement relatif du débit entre 44 et 111 jours de gestation est similaire dans les trois classes ( $\times 2,2$  à  $\times 2,4$ ). La pente d'augmentation du débit est de  $14,1 \pm 1,0$  ( $R^2 = 0,86$ ),  $20,9 \pm 1,2$  ( $R^2 = 0,82$ ) et  $21,7 \pm 1,0$   $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$  ( $R^2 = 0,93$ ) dans les cornes utérines portant respectivement 2-3, 4-5 ou 6 à 8 foetus. Elle est significativement plus faible ( $P < 0,001$ ) dans la classe 2-3 que dans les classes d'effectifs plus élevés.

La comparaison entre les classes de taille de portée aboutit à des conclusions similaires, que les données soient analysées de façon globale ou pour chaque stade de gestation. Quel que soit le stade de mesure, le débit sanguin dans la corne utérine est significativement plus faible lorsqu'elle

porte 2 ou 3 foetus que lorsque la taille de portée est plus grande ( $P < 0,0001$ ).

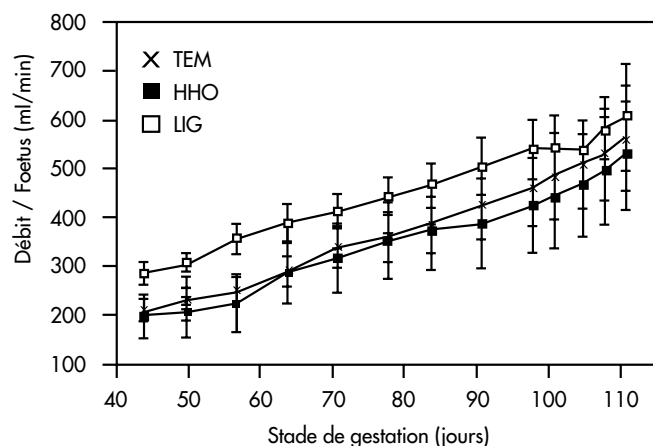
**Figure 3** - Effet du nombre de foetus sur l'évolution du débit sanguin dans une corne utérine au cours de la gestation



### 2.3. Variations du débit sanguin par foetus présent dans la corne utérine

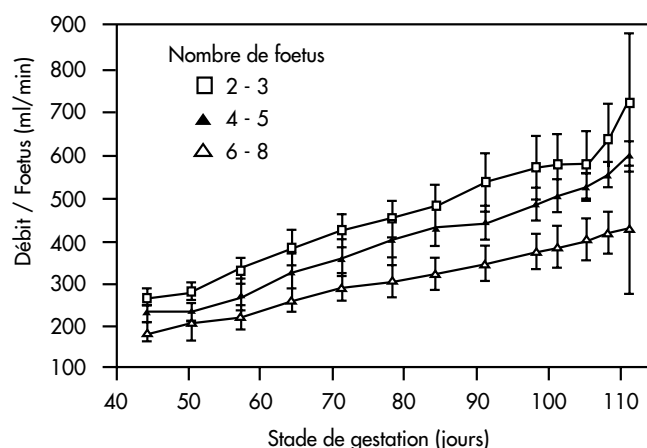
Lorsqu'on l'exprime par foetus présent dans la corne utérine, le débit sanguin augmente de façon continue au cours de la gestation indépendamment du traitement expérimental (figure 4). Entre 44 et 111 jours de gestation, il passe de 286 à 604 ml/min dans le lot LIG (x 2,1), de 197 à 526 ml/min dans le lot HHO (x 2,7) et de 207 à 561 ml/min (x 2,7) dans le lot TEM. L'accroissement du débit, calculé par covariance, est de  $4,3 \pm 0,3$ , ( $R^2 = 0,89$ ),  $4,7 \pm 0,3$  ( $R^2 = 0,86$ ) et  $5,2 \pm 0,4$  ml.min<sup>-1</sup>.jour<sup>-1</sup>.foetus<sup>-1</sup> ( $R^2 = 0,85$ ) respectivement dans les lots LIG, HHO et TEM. Ces pentes ne diffèrent pas significativement entre elles. Le débit/foetus est plus élevé dans le lot LIG que dans les lots HHO et TEM jusqu'à 57 jours de gestation ( $P < 0,05$  à  $P < 0,01$ ). Il ne diffère plus significativement par la suite entre les lots, bien que la hiérarchie reste la même. Quel que soit le stade de gestation, il est très proche dans les lots TEM et HHO.

**Figure 4** - Effet du traitement expérimental sur l'évolution du débit sanguin utérin par foetus au cours de la gestation



L'augmentation du débit sanguin par foetus présent est similaire dans les trois classes de taille de portée (x 2,4 à x 2,7; figure 5). Les valeurs mesurées diffèrent notablement entre les trois classes: le débit s'accroît de 269 à 723 ml.min<sup>-1</sup>.foetus<sup>-1</sup> entre 44 et 111 jours de gestation pour les effectifs de 2-3 foetus dans la corne, de 235 à 601 ml.min<sup>-1</sup>.foetus<sup>-1</sup> pour les effectifs de 4-5 foetus, et de 184 à 432 ml.min<sup>-1</sup>.foetus<sup>-1</sup> pour les effectifs supérieurs. Les pentes d'accroissement du débit au cours de la période de mesure sont de  $5,4 \pm 0,4$  ( $R^2 = 0,83$ ),  $5,2 \pm 0,3$  ( $R^2 = 0,85$ ) et  $3,7 \pm 0,2$  ( $R^2 = 0,94$ ) ml.min<sup>-1</sup>.jour<sup>-1</sup>.foetus<sup>-1</sup> respectivement dans les classes de 2-3, 4-5 et 6-8 foetus, la valeur calculée dans cette dernière classe différant significativement des deux autres ( $P < 0,001$ ). A tous les stades de mesure, le débit/foetus est d'autant plus élevé que le nombre de foetus est faible ( $P < 0,05$  à  $P < 0,01$ ). Il est significativement plus important dans la classe de 2-3 foetus que dans la classe de 6-8 foetus, et ne diffère généralement pas statistiquement des deux autres dans la classe de 4-5 foetus.

**Figure 5** - Effet du nombre de foetus sur l'évolution du débit sanguin utérin par foetus au cours de la gestation



### 2.4. Relations entre le débit sanguin utérin, les caractéristiques de la portée et l'environnement utérin en fin de gestation

Le débit sanguin à 111 jours de gestation rapporté au foetus, au kg de foetus ou au kg d'UFP à 112 jours de gestation, ne diffère pas significativement entre les traitements expérimentaux, et les valeurs calculées sont très proches dans les trois lots (tableau 2). Il en va de même entre les classes d'effectif (tableau 3). Il faut cependant remarquer que les débits par kg de foetus ou par kg d'UFP sont beaucoup plus proches que les débits/foetus dans les trois classes d'effectif (écarts relatifs respectifs de 23, 16 et 54 % entre les classes extrêmes).

Le débit sanguin utérin à 111 jours de gestation est corrélé avec le poids total ( $r = 0,79$ ;  $P < 0,001$ ) et le nombre ( $r = 0,56$ ;  $P < 0,05$ ) des porcelets dans la corne, le poids des placentas ( $r = 0,76$ ;  $P < 0,001$ ), la longueur ( $r = 0,52$ ;

$P < 0,05$ ) et le poids de l'utérus ( $r = 0,48$  ;  $P < 0,05$ ). Le débit sanguin/foetus est corrélé avec le poids moyen du foetus ( $r = 0,78$  ;  $P < 0,001$ ), et du placenta ( $r = 0,56$  ;  $P < 0,05$ ), le nombre de foetus ( $r = -0,60$  ;  $P < 0,01$ ), la longueur moyenne ( $r = 0,67$  ;  $P < 0,01$ ) et le poids moyen ( $r = 0,64$  ;  $P < 0,01$ ) de l'utérus.

Le poids total des porcelets dans la corne utérine (PPortée, en g) et sa longueur (LUtérus, en cm) expliquent une part importante des variations du débit utérin à 111 jours de gestation (Débit, en ml/min):

$$\text{Débit} = 187 + 4,7 \text{ LUtérus} + 0,24 \text{ PPortée} \quad (R^2 = 0,70).$$

**Tableau 2** - Effet du traitement expérimental sur le débit sanguin utérin chez la truie en gestation (l/min)

Lot	LIG	TEM	HHO	S $\bar{x}$	Sign stat (1)
<b>Débit sanguin:</b>					
44 jours	0,82 a	1,22 b	1,09 b	0,27	*
78 jours	1,27 a	1,91 b	1,76 b	0,43	*
111 jours	1,74 a	2,84 b	2,63 b	0,63	*
<b>Débit à 111 jours (2):</b>					
par foetus	0,60	0,56	0,53	0,21	NS
par kg de foetus	0,41	0,38	0,44	0,08	NS
par kg UFP	0,25	0,24	0,27	0,06	NS

(1) Voir Tableau 1

(2) Nombre de foetus, kg de foetus et kg d'UFP (unité foeto placentaire) à 112 jours de gestation

**Tableau 3** - Effet du nombre de foetus dans la corne sur le débit sanguin utérin chez la truie en gestation (l/min)

Nombre de foetus	2-3	4-5	6-8	S $\bar{x}$	Sign stat (1)
<b>Débit sanguin:</b>					
44 jours	0,83 a	1,09 b	1,21 b	0,28	*
78 jours	1,25 a	1,78 b	1,90 b	0,45	*
111 jours	1,95 a	2,63 ab	2,71 b	0,72	+
<b>Débit à 111 jours (2):</b>					
par foetus	0,72	0,60	0,43	0,19	NS
par kg de foetus	0,47	0,45	0,35	0,09	NS
par kg UFP	0,28	0,29	0,22	0,06	NS

(1) Voir Tableau 1

(2) Nombre de foetus, kg de foetus et kg d'UFP (unité foeto placentaire) à 112 jours de gestation

### 3. DISCUSSION

Les résultats de reproduction obtenus sur les truies de cette étude confirment l'existence du phénomène de capacité utérine, puisque partant d'un effectif de foetus potentiels beaucoup plus important chez les truies du lot HHO, la taille de portée à terme ne diffère pas de celle des truies du lot TEM. Un tel phénomène avait été mis en évidence par superovulation (DAY et al., 1967 ; LONGENECKER et DAY, 1968 ; POPE et al., 1968 ; BAZER et al., 1969c) ou superinduction (BAZER et al., 1969a,b ; FENTON et al., 1970 ; RAMPACEK et al., 1975). La plupart des travaux dans ce domaine

montrent que la régularisation de la taille de la portée intervient précocement au cours de la gestation. Nos résultats antérieurs (PÈRE et al., 1995), comme ceux de LEGAULT et al. (1995), indiquent également que la mort des foetus surnuméraires se produit essentiellement pendant le premier mois de gestation (50 % avant 35 jours, contre 22 % par la suite dans le lot HHO). Les résultats diffèrent ici puisque la mortalité avant 35 jours est, dans le lot HHO, de 36 % , et reste élevée par la suite (35 %). Dans la présente étude, les truies du lot HHO ont au moins 8 foetus dans la corne utérine à 35 jours de gestation, et la limite imposée par la capacité utérine n'est pas encore atteinte. Ceci suggère que la

régularisation de la taille de la portée se produit donc plus tardivement lorsque davantage de foetus ont survécu à un mois de gestation, comme l'avaient déjà constaté ÉTIENNE et al. (1983).

Le débit sanguin utérin augmente graduellement au cours de la gestation, et cette adaptation maternelle permet d'accroître les apports de substrats au foetus. Ceci a été observé dans de nombreuses espèces : la truie (FORD et CHRISTENSON, 1979), la brebis (CHRISTENSON et PRIOR, 1978), la vache (FERREL et FORD, 1980), la chèvre (HUCKABEE et al., 1961), le cobaye (PEETERS et al., 1980). Cette augmentation du débit sanguin utérin correspond à une phase intense d'organogénèse et de croissance chez le foetus. Elle s'explique en partie par un accroissement du débit cardiaque (chez la brebis : ROSENFELD, 1977, et CLAPP, 1978), et par la modification de sa distribution en faveur de l'utérus gravide, au détriment d'autres tissus ou organes (peau, carcasse), (vache: FERRELL et FORD, 1980 ; brebis : ROSENFELD, 1977; cobaye: PEETERS et al., 1980).

Quelle que soit la taille de la portée, le débit utérin augmente jusqu'au terme, tout comme la vitesse de croissance des foetus. Nos résultats sont en accord avec les observations faites dans d'autres espèces. Chez la lapine, le débit sanguin utérin augmente proportionnellement au poids de l'utérus gravide pendant le dernier quart de la gestation (GILBERT et al., 1984). D'autres données (chèvre : HUCKABEE et al., 1961 ; cobaye : PEETERS et al., 1982; brebis : CHRISTENSEN et PRIOR, 1978 ; CATON et al., 1983.) suggèrent également que le débit sanguin utérin augmente en fin de gestation. Ceci n'avait cependant pas été trouvé chez la truie: d'après certains auteurs, il restait constant pendant le dernier cinquième (FORD et al., 1984), voire même dès la seconde moitié de la gestation (REYNOLDS et al., 1985). Ces divergences avec nos résultats s'expliquent sans doute par des différences méthodologiques. REYNOLDS et al. (1985) effectuaient leurs mesures sur truies anesthésiées, et FORD et al. (1984) utilisaient des sondes électromagnétiques qui risquent de comprimer l'artère utérine dont le diamètre augmente au cours de la gestation.

L'accroissement des besoins des foetus, nutritionnels en particulier, est donc en grande partie couvert grâce à l'augmentation du flux sanguin à l'utérus. Cependant, l'évolution de ce flux entre 44 et 111 jours de gestation est linéaire, alors que la croissance foetale est exponentielle. En se basant sur les débits sanguins mesurés dans le lot TEM et sur l'évolution du poids des foetus au cours de la gestation, déterminée par SALMON-LEGAGNEUR (1965), le rapport débit/poids du foetus passe de 1,77 à 0,91 et 0,39 ml/g respectivement à 44, 78 et 112 jours de gestation. Ceci laisse supposer que le débit sanguin ne peut augmenter au-delà de certaines limites. Comme dans d'autres espèces, des adaptations maternelles et foetales complémentaires (résistance à l'insuline, modification des teneurs du sang maternel en nutriments ou hormones, captation accrue de substrats par les foetus), se mettent vraisemblablement en place en fin de gestation chez la truie pour assurer le développement harmonieux de la portée jusqu'au terme.

Plusieurs données de cette expérience montrent que le débit sanguin dans l'utérus s'adapte au nombre de foetus qu'il porte, conformément aux résultats obtenus chez la truie (REYNOLDS et al., 1985) ou la brebis (CHRISTENSON et PRIOR, 1978). En effet, l'augmentation relative du débit sanguin utérin total ou par foetus entre 44 et 111 jours de gestation est similaire dans les trois classes de taille de portée, et le débit utérin total, tout comme la pente de son accroissement au cours de la gestation, sont d'autant plus élevés qu'il y a davantage de foetus dans la corne utérine. Cette conclusion doit cependant être nuancée en fonction de la taille de la portée: le débit/foetus est d'autant plus élevé qu'il y a moins d'individus dans la corne utérine, et la pente d'augmentation du débit sanguin par foetus présent est significativement plus faible lorsqu'il y a plus de 5 foetus dans la corne (ce qui correspond à une portée totale de plus de 10 foetus). Ce résultat, en accord avec REYNOLDS et al. (1985), démontre que l'adaptation du débit sanguin aux besoins de l'utérus gravide n'est que partielle, puisqu'il augmente moins rapidement que la taille de la portée. Ceci explique que l'on constate généralement un poids moyen plus faible des porcelets à la naissance dans les portées de grande taille. Ainsi, dans notre étude, à 112 jours de gestation, le poids des foetus passe de 1,52 kg à 1,24 kg à 112 jours entre les portées de 2-3 et de 6-8 foetus dans la corne utérine. L'effet plus marqué observé au-delà d'une portée de 10 porcelets est à rapprocher des résultats cités par ALNO (1993). Ils indiquent que le nombre de porcelets pesant plus de 1,30 kg à la naissance est constant et égal en moyenne à 7, les porcelets supplémentaires étant plus légers et leur nombre augmentant régulièrement avec la taille de la portée.

La croissance des foetus semble dépendre étroitement du débit du sang irriguant l'utérus. Ainsi, le débit varie moins entre les lots expérimentaux ou entre les classes de taille de portée quand on l'exprime par kg de foetus que lorsqu'on le rapporte au nombre de foetus, et les corrélations entre le débit/foetus et le poids moyen du foetus ou entre le débit sanguin dans la corne et le poids de la portée sont élevées. Chez la brebis, CHRISTENSON et PRIOR (1978) ne constataient pas non plus de différence de débit sanguin par kg de foetus lorsque la taille de la portée augmentait.

L'accroissement relatif du débit sanguin utérin par rapport à la mesure effectuée à 44 jours de gestation est similaire dans les trois lots expérimentaux. Cependant, le débit sanguin utérin et son augmentation au cours de la gestation sont significativement plus faibles dans le lot LIG, et le débit sanguin exprimé par foetus est plus élevé. Ceci s'explique par la taille et par le poids de portée plus faibles chez ces truies. Quel que soit le mode d'expression du débit, il n'y a aucune différence significative entre les lots TEM et HHO dès le stade de 44 jours de gestation. Ceci peut paraître surprenant, puisque le nombre de foetus à 35 jours est plus important chez les truies HHO. La réduction de la taille de portée entre 35 jours de gestation et l'abattage, due à la capacité utérine, est donc vraisemblablement intervenue avant 44 jours. Chez la lapine et chez la brebis, la mort d'un foetus provoque une diminution du débit sanguin utérin

(RANKIN et al., 1975). Le très faible nombre de foetus momifiés retrouvés à l'abattage révèle d'ailleurs que la plupart des foetus ont été perdus peu de temps après la laparotomie. L'implantation de la sonde n'est vraisemblablement pas à l'origine de ces pertes, puisque les effectifs de foetus trouvés à l'abattage, ainsi que leur poids, tout au moins dans les lots LIG et TEM, sont tout à fait similaires à ceux qui ont été trouvés chez les animaux non porteurs de sonde (PERE et al., 1995). De plus, la sonde n'a pas affecté le développement de l'artère utérine principale pendant la gestation. La laparotomie elle-même peut avoir provoqué la perte de quelques foetus. Mais dans un travail antérieur (ETIENNE et DOURMAD, 1987), nous avons constaté que ces effets étaient minimes. Cette étude ne permet donc pas de savoir dans quelle mesure le débit sanguin, par son rôle dans la modulation des apports au foetus, nutritionnels en particulier, est un élément déterminant de la capacité utérine.

La réduction du poids des foetus dans le lot HHO, signalée par LEGAULT et al. (1995) et PÈRE et al. (1995), est retrouvée ici, mais de façon beaucoup plus marquée. La taille de la portée encore élevée dans la corne utérine à 35 jours dans ce lot a donc certainement accru la compétition entre les foetus. Le poids plus faible du placenta, conformément aux résultats de KNIGHT et al. (1977), va bien dans ce sens et suggère que les échanges materno-foetaux de nutriments et d'hormones étaient réduits dans ce lot. Si l'on admet que la limitation de la taille de portée par la capacité utérine est intervenue avant 44 jours de gestation, cela signifie que la compétition due à la surpopulation de l'utérus a déterminé très précocement un

retard de croissance des foetus, sans doute en limitant le développement du placenta après l'implantation.

## CONCLUSION

Le débit sanguin dans l'artère utérine principale de la truie peut être mesuré pendant une période relativement longue (environ 3 mois). La croissance des foetus de porc est étroitement liée au débit sanguin utérin, qui augmente régulièrement au cours de la gestation, et ce d'autant plus que la taille de la portée est importante. Ce débit constitue donc une adaptation majeure de la mère à la gestation qui lui permet de répondre à la demande croissante en nutriments, microéléments ou hormones de ses foetus. Cette adaptation présente cependant des limites puisque au-delà d'un effectif de 5 foetus dans une corne utérine, le débit sanguin utérin augmente moins rapidement que le nombre de foetus, dont la croissance est alors ralentie. La limitation de la taille de la portée par la capacité utérine intervient pendant le premier tiers de la gestation. Aussi, la mesure du débit n'ayant pu débuter avant 44 jours dans notre expérience, on ne peut savoir s'il constitue un mécanisme d'action de la capacité utérine. Pour le savoir, il faudrait évaluer ce débit dès le début de la gestation, peut-être en plaçant les sondes débitométriques avant la saillie. Cependant, l'évolution du débit au cours de la gestation et les variations importantes constatées entre animaux laissent penser qu'il est un facteur déterminant dans la survie et la croissance des foetus.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALNO J.P., 1993. Programme P.O.R.C. Premiers entretiens vétérinaires du SPACE, 13-22.
- BAZER F.W., CLAWSON A.J., ROBISON O.W., ULBERG L.C., 1969a. *J. Reprod. Fert.*, 18, 121-124.
- BAZER F.W., ROBISON O.W., CLAWSON A.J., ULBERG L.C., 1969b. *J. Anim. Sci.*, 29, 30-34.
- BAZER F.W., ROBISON O.W., ULBERG L.C., 1969c. *J. Anim. Sci.*, 28, 145 (Abstr.).
- CATON D., PENDERGAST J.F., BAZER F.W., 1983. *Am. J. Physiol.*, 245, R850-R852.
- CHRISTENSON R.K., PRIOR R.L., 1978. *J. Anim. Sci.*, 46, 189-200.
- CLAPP J.F., 1978. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 130, 419-423.
- DAY B.N., LONGENECKER D.E., JAFFE S.C., GIBSON E.W., LASLEY J.F., 1967. *J. Anim. Sci.*, 26, 777-780.
- ÉTIENNE M., CAMOUS S., CUVILLIER A., 1983. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 23, 309-319.
- ÉTIENNE M., DOURMAD J.Y., 1987. *Journées Rech. Porcine en France*, 19, 231-238.
- FENTON F.R., BAZER F.W., ROBISON O.W., ULBERG L.C., 1970. *J. Anim. Sci.*, 31, 104-106.
- FERRELL C.L., FORD S.P., 1980. *J. Anim. Sci.*, 50, 1113-1121.
- FORD S.P., CHRISTENSON R.K., 1979. *Biol. Reprod.*, 21, 617-624.
- FORD S.P., REYNOLDS L.P., FERRELL C.L., 1984. *J. Anim. Sci.*, 59, 1085-1091.
- GILBERT M., HAUGHEL S., BOUISSET M., 1984. *Am. J. Physiol.*, 247, E574-E580.
- HUCKABEE W.E., CRENSHAW C., CURET L.B., MANN L., BARRON D.H., 1970. *Quart. J. Exp. Physiol.*, 55, 16-24.
- HUCKABEE W.E., METCALF J., PRYSTOWSKY H., BARRON D.H., 1961. *Am. J. Physiol.*, 200, 274-278. •
- KNIGHT J.W., BAZER F.W., THATCHER W.W., FRANKE D.E., WALLACE H.D., 1977. *J. Anim. Sci.*, 44, 620-637.
- LEGAULT C., CARITEZ J.C., LAGANT H., POPESCU C., 1995. *Journées Rech. Porcine en France*, 27, 25-30.
- LONGENECKER D.E., DAY B.N., 1968. *J. Anim. Sci.*, 27, 709-711.
- PEETERS L.L.H., GRUTTERS G., MARTIN C.B., 1980. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 138, 1177-1184.
- PEETERS L.L.H., SPARKS J.W., GRUTTERS G., GIRARD J.R., BATTAGLIA F.C., 1982. *Pediatr. Res.*, 16, 716-720.
- PÈRE M.C., DOURMAD J.Y., ÉTIENNE M., 1995. *Journées Rech. Porcine en France*, 27, 19-24.
- POPE C.E., VINCENT C.K., THRASHER D.M., 1968. *J. Anim. Sci.*, 27, 303 (Abstr.).
- RAMPACEK G.R., ROBISON O.W., ULBERG L.C., 1975. *J. Anim. Sci.*, 41, 564-567.
- RANKIN J.H.G., GOODMAN A., PHERNETTON T., 1975. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 150, 690-694.
- RATHNASABAPATHY V., LASLEY J.F., MAYER D.T., 1956. *Univ. of Missouri. Res. Bull.* 615., 44p.
- REYNOLDS L.P., FORD S.P., FERRELL C.L., 1985. *J. Anim. Sci.*, 61, 968-974.
- ROSENFELD C.R., 1977. *Am. J. Physiol.*, 232, H231-H235.
- SALMON-LEGAGNEUR E., 1965. *Ann. Zootech.*, 14, N° H.S. 1, 137p.
- SAS, 1990. *SAS User's Guide: Statistics*. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.