

Analyse des facteurs de variation de la mortinatalité des porcelets

Laurianne CANARIO (1), Jean-Louis FOULLEY (1), Eva CANTONI (2), Etienne Le BIHAN (3), Jean-Claude CARITEZ (4), Yvon BILLON (4), Jean-Pierre BIDANEL (1)

(1) INRA, UR337 Station de Génétique Quantitative et Appliquée, F-78352 Jouy-en-Josas

(2) Université de Genève, Département d'Econométrie, 1211 Genève, Suisse

(3) Université du Luxembourg, FLP HASE, 7201 Walferdange, Luxembourg

(4) INRA, UE967 Génétique Animale, Le Magneraud, Saint-Pierre d'Amilly, F-17700 Surgères

laurianne.canario@jouy.inra.fr

avec la collaboration technique de J. Bailly (4), J-L. Girard (4) et E. Bayle (4)

Analyse des facteurs de variation de la mortinatalité des porcelets

Les facteurs de variation de la mortinatalité des porcelets ont été analysés sur des données collectées dans 4 types génétiques de truies (TG) : 83 portées F1 Duroc x Large White, 651 Large White, 63 Meishan, et 173 Laconie. Les modèles statistiques incluaient les effets aléatoires de la truie et/ou de la portée, les effets fixes du TG, du rang de portée, de l'aide à la mise bas et du sexe du porcelet, ainsi que les durées de gestation et de mise bas, le poids de naissance des porcelets et la taille de portée comme co-variables. Des modèles linéaires généralisés et des modèles hiérarchiques ont été utilisés pour, respectivement, sélectionner les effets fixes et la distribution la plus appropriée pour décrire la mortinatalité. Les équations d'estimation généralisées ont permis de quantifier l'influence de chaque facteur sur la probabilité de mortinatalité. Les facteurs les plus importants sont la différence de poids par rapport à la moyenne de la portée (contribution de 2,36 % à la réduction de variance), le poids de naissance (2,25 %), le sexe (1,01 %), la durée de mise bas (0,99 %) et le TG (0,94 %). La probabilité de mortinatalité est plus forte chez les porcelets légers, de sexe mâle et issus de petites ou très grandes portées. Elle augmente avec le rang de portée et la durée de mise bas. Par rapport aux autres TG, les porcelets nés de truies Meishan ont un risque de mortinatalité réduit et sont peu affectés par les facteurs de variation étudiés.

Analysis of factors of variation of piglet stillbirth.

Factors of variation of stillbirth have been analysed on data collected in 4 genetic types of sows: 83 F1 Duroc x Large White, 651 Large White, 63 Meishan, and 173 Laconie litters. Statistical models included the random effects of the sow and/or the litter, the fixed effects of sow genetic type, parity, birth assistance, and piglet sex, as well as gestation length, farrowing duration, piglet birth weight and litter size as covariates. Generalized linear models and hierarchical models were used to select the fixed effects and the most appropriate distribution for stillbirth. Generalized estimating equations then allowed the influence of each factor of variation on piglet stillbirth probability to be quantified. The most important factors are the difference between piglet birth weight and its litter mean (with a contribution of 2.36% to variance reduction), individual birth weight (2.25%), piglet sex (1.01%), farrowing duration (0.99%), and sow genetic type (0.94%). Stillbirth probability is higher for lighter piglets, for male piglets, and for piglets from small or very large litters. It increases with sow parity and farrowing duration. Piglets born from Meishan sows have a lower risk of stillbirth and are lowly affected by the above-mentioned factors of variation as compared to the other sow genetic types.

INTRODUCTION

La mortinatalité, qui affecte 8 à 10 % des porcelets, est actuellement une préoccupation majeure de la filière porcine. La proportion de morts nés a en effet beaucoup augmenté depuis quelques années avec l'accroissement de la prolificité des truies (Tribout et al., 2003 ; Canario et al., 2006). Ces pertes précoces posent problème pour des raisons aussi bien économiques, que sociétales et éthiques, de sorte que leur limitation ou leur réduction constitue un objectif prioritaire. Ceci nécessite de bien connaître les principaux facteurs de variation de la mortalité et leur mode d'action. Cette connaissance repose notamment sur une modélisation adéquate du phénomène, prenant en particulier en compte le caractère discret de la variable analysée. Les équations d'estimation généralisées (GEE) sont des méthodes statistiques de plus en plus utilisées pour l'analyse des données discrètes. Elles permettent en effet une modélisation soit à l'échelle du porcelet en considérant la mortalité comme un caractère binaire (0= mort ; 1= vivant), soit à l'échelle de la portée en la traitant comme une variable de comptage (0,1,2...), ainsi que la prise en compte d'une structure de corrélations entre effets aléatoires, liée par exemple à des effets génétiques (mêmes parents) ou de milieu commun (même portée de naissance). L'objectif de la présente étude était d'analyser la probabilité de mortinatalité des porcelets à l'aide des méthodes GEE pour estimer l'influence de différents facteurs de variation potentiels (type génétique, taille et rang de portée, durées de gestation et de mise bas, poids et sexe des porcelets ...).

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Animaux et données

Plusieurs caractéristiques de la mise bas (durée de gestation et de mise bas, interventions humaines,...) et de la portée à la naissance (sexe, nombre et poids des porcelets nés vivants et morts nés) ont été enregistrées sur 969 portées nées de 511 truies de 4 types génétiques différents : Large White (LW – 651 portées), Meishan (MS – 63 portées), Laconie (LA – 173 portées – lignée mâle synthétique) et F1 Duroc x Large White (DUxLW – 82 portées). L'effet de la durée de mise bas a été estimé sur un sous échantillon incluant 445 portées LW, 28 portées MS, 99 portées LA et 42 portées DUxLW. Les données ont été collectées dans l'unité expérimentale INRA du Magneraud entre 1999 et 2003.

Les truies étaient bloquées dans des loges individuelles avec un sol en caillebotis pour la mise bas et pendant la lactation. Un traitement d'induction de la mise bas était administré au 113^{ème} jour de gestation, mais de façon non systématique et sans enregistrement. Une aide était apportée à la truie en cas de difficulté à mettre bas, détectée par exemple par un intervalle trop long entre deux naissances successives et/ou un manque de contractions. Elle consistait en une injection d'ocytocine et/ou une fouille ; ces interventions ont été pratiquées dans 6,4 % et 3,0 % des mises bas, respectivement.

Les naissances de porcelets étaient enregistrées toutes les 15 minutes. La durée de mise bas était définie comme l'intervalle entre les naissances du premier et du dernier porcelet

de la portée. Les porcelets étaient individuellement pesés dans les 24 heures suivant la mise bas.

1.2. Analyses statistiques

1.2.1. Facteurs de variation étudiés

Plusieurs facteurs de variation potentiels de la mortinatalité ont été examinés: le type génétique de la truie (TG) et des porcelets, le rang de portée ($P = 1, 2, 3, 4, \geq 5$), l'aide à la mise bas (AIDE : 0= pas d'assistance / 1= une ou plusieurs assistances) et le sexe du porcelet (SEXE) en effets fixes ; la durée de gestation (GEST), la durée de mise bas (DMB) et le nombre de nés totaux (NT) en covariables ; la mère et/ou la portée en effets aléatoires. L'effet du poids de naissance a été étudié globalement (PN) ou en écart (DIFFPM) au poids moyen (PM) de la portée.

1.2.2. Analyses préliminaires

Des analyses ont d'abord été menées en utilisant un modèle linéaire généralisé avec correction pour la surdispersion, à l'aide de la procédure GENMOD de SAS (SAS Institute, 2001). Une sélection des effets a été réalisée en partant d'un modèle considérant tous les effets fixes et leurs interactions de premier ordre, duquel ont été retirées successivement les interactions, puis les effets principaux les moins significatifs selon un test de Fisher.

Les données ont ensuite été analysées (étape 2) en utilisant une régression logistique aléatoire dans un cadre bayésien à l'aide du logiciel Winbugs (Spiegelhalter et al., 2003). Le modèle utilisé était celui sélectionné dans la première étape, auquel étaient ajoutés les effets aléatoires de la truie et/ou de la portée. Ces analyses ont montré, à l'aide du critère DIC (Deviance Information Criterion - Spiegelhalter et al., 2003) que : 1) les modèles supposant une distribution binomiale permettent de mieux décrire les données que ceux supposant une distribution de Poisson, 2) un modèle incluant la portée comme unique effet aléatoire est satisfaisant pour tenir compte des corrélations entre performances des porcelets.

1.2.3. Analyses GEE des facteurs de variation de la mortinatalité

La probabilité de mortinatalité (PMORTI) a ensuite été analysée en utilisant la méthode des équations d'estimation généralisées (Liang et Zeger, 1986 ; Zeger et Liang, 1986). Ces analyses, réalisées à l'aide de la procédure GENMOD de SAS, ont permis de quantifier la contribution de chaque effet fixe et covariable à la réduction de variance, en utilisant une procédure d'ajout des facteurs un à un ; ces contributions ont été testées en utilisant le coefficient de détermination de Hosmer et Lemeshow (1989). Le modèle utilisé était celui défini dans l'étape 2, auquel ont été rajoutées les interactions entre TG et les différentes covariables (GEST, NT, DMB, PN, DIFFPN et PM) pour tester l'homogénéité des effets des covariables entre TG.

2. RESULTATS

Les moyennes par TG des différentes caractéristiques de la mise bas sont présentées dans le tableau 1. Les performan-

Tableau 1 - Estimations¹ des effets du type génétique (TG) de la truie

Caractère	Test ²	TG de la truie			
		Meishan	Large White	Duroc x Large White	Laconie
Nés totaux	b	13,3 ^{3a}	12,2	12,8	11,3 ^b
Nés vifs	d	12,0 ^c	10,6	11,6 ^a	9,6 ^b
Morts nés	b	0,3 ^c	0,7	0,6	0,7
% morts nés	b	3,0 ^c	6,5	4,8	6,8
Durée de gestation (j)	b	113,3 ^c	113,7	113,6	113,6
Durée de mise bas (h)	NS	2,7	2,9	2,9	2,7
Poids de portée (kg)	b	17,3	17,4	18,9	15,3 ^c
Poids moyen (kg)	c	1,32 ^d	1,51	1,54	1,53
Aide à la mise bas ⁴ , %	-	4,8	9,7	25,6	9,8

NS non significatif ; ^a $P < 0,10$; ^b $P < 0,05$; ^c $P < 0,01$; ^d $P < 0,001$.

¹ Estimations à partir d'un modèle incluant les effets fixes de TG, du rang de portée, de la bande de mise bas, et un effet aléatoire de la truie et obtenues par la méthode REML (procédure MIXED de SAS - SAS Institute, 2001).

² niveau de signification du test de l'effet TG (statistique de score de Wald).

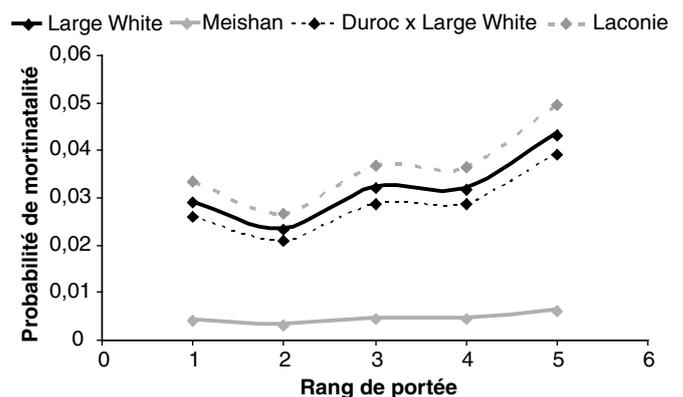
³ niveau de signification du test de contraste par rapport à la race Large White.

⁴ Pas de comparaison statistique réalisée pour AIDE.

ces des truies LW, DUXLW et LA ne diffèrent globalement pas entre elles. En revanche, les truies MS ont une taille de portée supérieure, un nombre et une proportion de morts nés plus faibles et un PM inférieur ; leur durée de gestation est légèrement plus courte mais cette différence peut-être sous-estimée du fait que l'induction de mise bas n'ait pas pu être prise en compte dans l'analyse. Le remplacement du TG de la truie par celui du porcelet conduit à des résultats similaires. De même, aucune différence n'est observée en utilisant un modèle regroupant les porcelets en deux classes (purs ou issus d'un croisement). Le type génétique des porcelets n'a donc pas été considéré dans la suite des analyses.

La réduction de somme des carrés résiduels associée à l'addition successive de chaque facteur montre que DIFFPN est le principal déterminant de la survie des porcelets (+2,25 %), suivi du SEXE, du TG, de P (1,01 %, 0,94 % et 0,50 %, respectivement), et de la composante quadratique de DIFFPN (0,23 %). Les autres effets présentent des contributions inférieures (<0,21 %).

Les résultats des analyses GEE montrent également les influences fortes du TG, du sexe et de DIFFPN sur PMORTI ($p < 0,0001$). Les interactions TG x covariable ne sont pas significatives, sauf celles impliquant le poids de naissance (PN et DIFFPN). Les porcelets de truies MS ont une valeur de PMORTI de 86 % inférieure à celle de porcelets de truies LW ($p < 0,0001$). Les valeurs de PMORTI pour les deux autres TG sont similaires à celles du LW. Les effets du rang de portée sur PMORTI sont présentés sur la figure 1. PMORTI diminue légèrement de la 1^{ère} à la 2^{ème} portée, puis augmente progressivement jusqu'à la 5^{ème} portée, sauf pour les truies MS, où elle demeure très faible. Globalement, PMORTI est 1,6 fois supérieure pour les portées de rang ≥ 5 qu'en première portée ($p < 0,001$). Les porcelets mâles ont une PMORTI 1,8 fois supérieure à celle des porcelets femelles ($p < 0,0006$). De même, les porcelets de portée recevant de l'aide ont



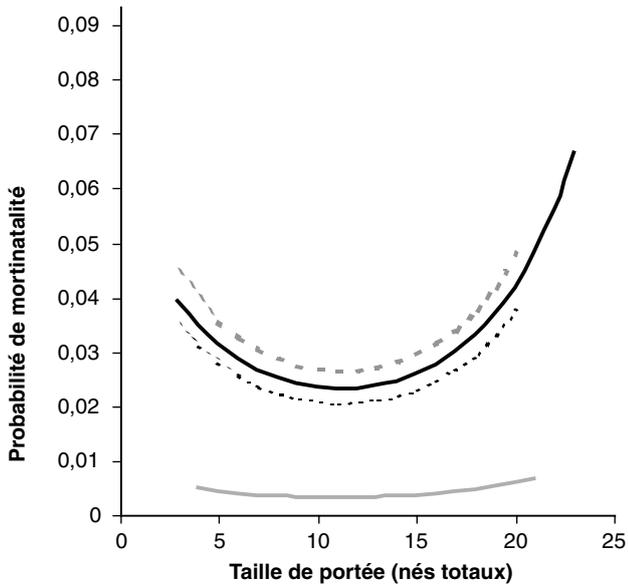
La probabilité a été estimée pour une durée de gestation de 114 jours, une portée de 12 nés totaux, un porcelet de sexe femelle, en absence d'aide à la mise bas.

Figure 1 - Effet du rang de portée sur la probabilité de mortinatalité des porcelets selon le type génétique de la truie

une PMORTI 1,4 fois supérieure à celle des autres porcelets ($p = 0,03$).

La taille de portée a un effet non linéaire sur PMORTI, excepté pour les portées de truies MS, pour lesquelles la probabilité reste presque constante (Figure 2). Dans les trois autres TG, les porcelets appartenant à des petites ou grandes portées risquent plus de mourir, avec une probabilité minimum pour les portées de taille intermédiaire (NT=12). Notons que lorsqu'un ajustement global pour PN est réalisé, PMORTI augmente dans les portées de taille extrême (en particulier les petites portées, où la probabilité atteint 7 %).

PN affecte PMORTI de façon exponentielle inverse (Figure 3), mais avec un effet différent selon le TG, d'où une interaction TGxPN significative. L'augmentation de PMORTI avec des PN décroissants est la plus élevée dans les portées LW et la plus faible dans les portées MS. Les différences de PMORTI sont

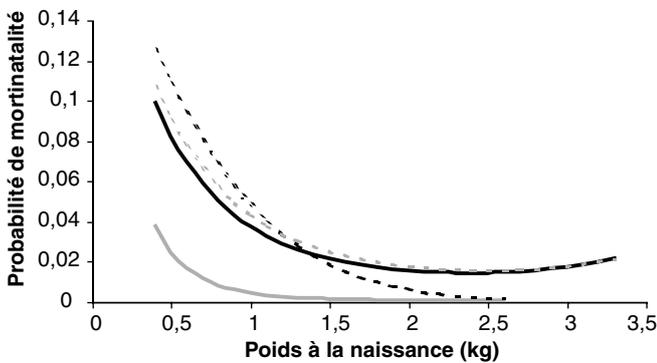


— Large White — Meishan - - - - - Duroc x Large White - - - - - Laconie

La probabilité a été estimée pour une durée de gestation de 114 jours, en 2^{ème} portée, pour un porcelet de sexe femelle, en absence d'aide à la mise bas.

Figure 2 - Effet de la taille de portée sur la probabilité de mortinatalité des porcelets selon le type génétique de la truie

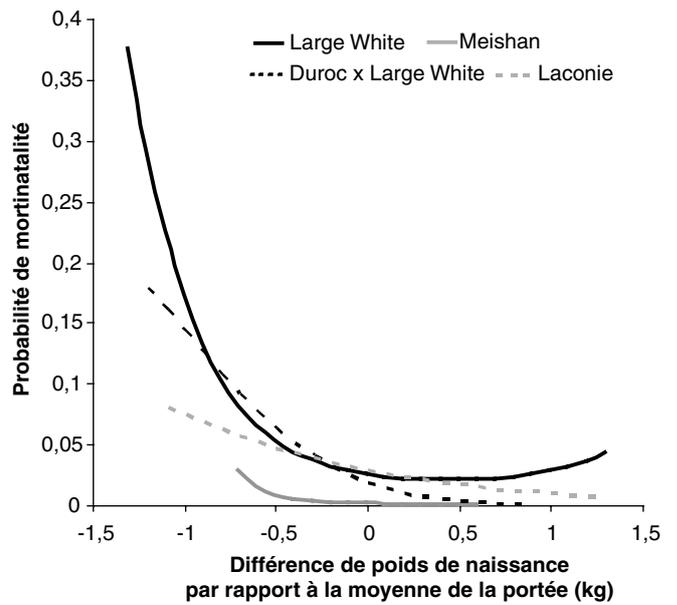
plus grandes lorsque les données sont expliquées par DIFFPN plutôt que par PN (Figure 4 vs Figure 3). PMORTI augmente rapidement lorsque le poids des porcelets passe en dessous du poids moyen de la portée ; les porcelets de truies LW pesant 500g de moins que la moyenne de la portée ont une PMORTI 7,8 fois supérieure à celle des porcelets de truies MS. Des ajustements supplémentaires pour le poids moyen et la taille de portée (NT) n'ont que des effets très limités sur DIFFPN. La DMB influence positivement PMORTI (Tableau 1, modèle 2), avec un risque supérieur de 23 % pour chaque heure supplémentaire écoulée (Figure 5), à l'exception des truies MS pour lesquelles la DMB a un effet très limité. Les interactions entre le TG et les covariables autres que PN sont toutes non significatives.



— Large White — Meishan - - - - - Duroc x Large White - - - - - Laconie

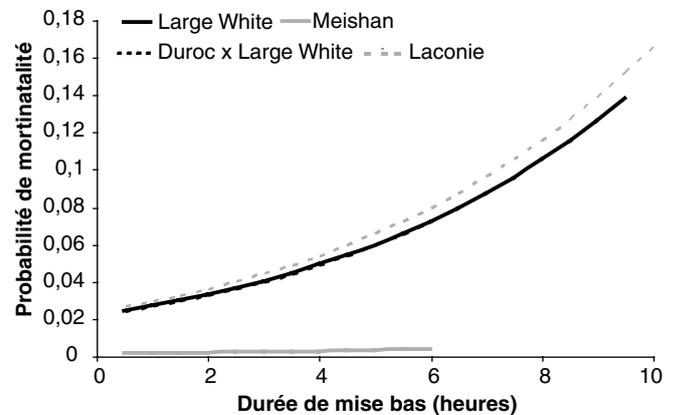
La probabilité a été estimée pour une durée de gestation de 114 jours, en 2^{ème} portée, pour un porcelet de sexe femelle, en absence d'aide à la mise bas, et un nombre de nés totaux égal à la moyenne par type génétique de truie.

Figure 3 - Effet du poids individuel à la naissance sur la probabilité de mortinatalité selon le type génétique de la truie



La probabilité a été estimée pour une durée de gestation de 114 jours, en 2^{ème} portée, pour un porcelet de sexe féminin, en absence d'aide à la mise bas, 12 nés totaux dans la portée, et un poids moyen à la naissance de 1,2 kg.

Figure 4 - Effet de la différence de poids individuel à la naissance par rapport à la moyenne de la portée sur la probabilité de mortinatalité des porcelets selon le type génétique de la truie



La probabilité a été estimée pour une durée de gestation de 114 jours, en 2^{ème} portée, pour un porcelet de sexe féminin, en absence d'aide à la mise bas.

Figure 5 - Effet de la durée de mise bas sur la probabilité de mortinatalité des porcelets selon le type génétique de la truie

3. DISCUSSION

3.1 Caractéristiques de la truie influençant la mortinatalité

Les valeurs moyennes de NT et MN sont légèrement supérieures aux valeurs indiquées par Leenhouwers et al. (1999). Elles sont semblables pour les truies MS mais un peu plus élevées pour les truies LW que les valeurs rapportées par Bidanel (1993).

3.1.1. Type génétique

Les différences de mortinatalité entre TG sont en général de faible ampleur. Leenhouwers et al. (1999) n'ont ainsi trouvé aucune différence entre plusieurs types génétiques européens purs et croisés. L'absence de différence entre LA, LW et DUxLW dans notre étude tend à confirmer ces résultats. La race MS constitue une exception notable, avec une mortinatalité largement inférieure aux types génétiques standards, en accord avec Bidanel et al. (1989), Bidanel (1993) et Haley et al. (1995). La vascularisation du placenta et l'homogénéité intra portée du poids des placentas, qui correspondraient à une aptitude particulière de la MS à limiter la compétition intra-utérine, ont été proposées comme des explications possibles à ce phénomène.

3.1.2. Rang de portée

L'augmentation de la mortinatalité dans les rangs de portée élevés est en accord avec la littérature (Leenhouwers et al., 1999 ; Knol et al., 2002). Elle pourrait être le résultat du vieillissement de l'utérus, qui, du fait d'une diminution du tonus musculaire, devient moins efficace à la mise bas (Pejsak, 1984). La tendance à une mortinatalité supérieure en 1^{ère} portée est en accord avec Leenhouwers et al. (1999) et pourrait résulter d'une taille insuffisante du canal vaginal chez les cochettes (Pejsak, 1984).

3.1.3. Durée de gestation

L'absence d'effet de GEST sur PMORTI est en désaccord avec les résultats de Zaleski et Hacker (1993) et Leenhouwers et al. (1999) qui ont trouvé un effet négatif de GEST sur MN et l'ont attribué à une moindre maturité des porcelets nés après une gestation plus courte. Cette absence n'est pas associée à une variabilité moindre de GEST, qui variait de 107 à 116 jours contre 108 à 119 jours dans l'étude de Leenhouwers et al. (1999). Inclure PN comme critère de maturité dans le modèle n'a pas modifié les résultats.

3.1.4. Aide à la mise bas

L'association positive entre AIDE et PMORTI est attendue puisque l'aide est procurée lorsque des difficultés de naissance se produisent. Une relation positive entre mortinatalité et fouilles a été rapportée par Lucia et al. (2002). Certains auteurs, dont Mota-Rojas et al. (2005), ont récemment suggéré que l'injection d'ocytocine pourrait être associée à un risque accru de mortinatalité, en relation avec une augmentation de l'activité du myomètre de la truie, qui induirait une détérioration des échanges sanguins et gazeux avec le fœtus. Les traitements n'étant pas réalisés de façon aléatoire dans notre étude, celle-ci ne permet pas de conclure quant aux effets des traitements sur PMORTI.

3.1.5. Taille de portée

L'influence positive et curvilinéaire de la taille de portée sur la mortinatalité a été précédemment montrée par Knol et al. (2002). Une raison majeure à cette relation tient au fait que, dans la plupart des cas, les grandes portées sont associées

à des mises bas plus longues et un risque accru d'hypoxie (Herpin et al., 2001). Une mortinatalité supérieure est aussi observée dans les petites portées, en accord avec les résultats de Knol et al. (2002) ; elle résulterait d'incapacités physiologiques ou de difficultés des truies à avoir une gestation normale. La valeur optimale trouvée de 12 NT est supérieure à celle de 9 NT rapportée par Zaleski et Hacker (1993) ; cette différence peut aussi bien être due à des différences de conduite d'élevage qu'à des différences génétiques.

3.1.6. Poids moyen de la portée

Les résultats de la littérature concernant la relation entre PM et mortinatalité sont assez variables ; des effets aussi bien positifs (Leenhouwers et al., 2003) que négatifs (Zaleski et Hacker, 1993 ; Leenhouwers et al., 1999) sont rapportés. Les différences de survie entre races étaient attribuées à une différence de PM (Leenhouwers et al., 1999). Une fois de plus, les truies MS, qui ont des porcelets de PM bien inférieur à celui des autres TG, apparaissent comme une exception. Leur plus faible mortinatalité pourrait être la conséquence d'une plus grande maturité des porcelets à la naissance (Herpin et al., 1996) et/ou de meilleures aptitudes des truies à les expulser.

3.1.7. Durée de mise bas

La relation positive défavorable entre DMB et PMORTI mise en évidence dans cette étude est en accord avec les résultats de la littérature : Borges et al. (2005) ont montré que les truies dont la mise bas dure plus de 3 heures avaient une probabilité de mortinatalité double de celles présentant des DMB plus courtes. La mortinatalité serait particulièrement accrue chez les porcelets nés tardivement (Zaleski et Hacker, 1993), en relation avec un risque accru d'asphyxie, de détachement du placenta, d'occlusion ou de rupture du cordon ombilical (Herpin et al., 1996).

3.2. Caractéristiques du porcelet influençant la mortinatalité

3.2.1. Sexe

Les porcelets femelles ont une plus forte probabilité de survie naissance-sevrage que les mâles (Lay et al., 2002). L'étude de Knol et al. (2002) a montré une probabilité de survie de 2 à 4 % inférieure chez les mâles que chez les femelles. Les mécanismes responsables de ces différences n'ont pas été élucidés. Lay et al. (2002) ont émis l'hypothèse d'une plus grande susceptibilité des mâles au stress due à un plus haut niveau de cortisol basal.

3.2.2. Poids individuel à la naissance

Le poids à la naissance est considéré comme le facteur de variation le plus important de la survie du porcelet en allaitement (par ex., Leenhouwers et al., 2003 ; Knol et al., 2002). Nos résultats confirment que PN joue également un rôle dans la survie à la mise bas, comme le suggère le poids inférieur des porcelets MN par rapport aux NV. Les porcelets légers ont des niveaux d'hémoglobine inférieurs (Zaleski et Hacker,

1993) et des concentrations en cortisol plasmatique plus élevées que les gros porcelets. Une fonction surrénalienne altérée serait responsable d'une différenciation et d'une croissance tissulaire inférieures à la normale (Klemcke et al., 1993). Roehe et Kalm (2000) ont suggéré qu'une augmentation du PN pourrait être un moyen de diminuer la mortinatalité. Nos résultats montrent une tendance à un risque accru de mortinatalité chez les très gros porcelets, ce qui suggère qu'un accroissement de PN n'est pas une bonne solution. En effet, les porcelets plus lourds, malgré une meilleure vitalité, ont des difficultés accrues pour s'engager dans le canal vaginal et un plus grand risque de se retrouver bloqués, d'où un risque d'hypoxie et de mortalité supérieurs (Fahmy et al., 1978). Plusieurs auteurs ont récemment suggéré que le PN relatif (DIFFPN) pourrait être un facteur explicatif de la mortalité plus approprié que PN (Quiniou et al., 2002; Roehe, 2003). Nos résultats confortent cette hypothèse et suggèrent que des portées plus homogènes seraient associées à un risque moindre de mortinatalité et de mortalité naissance-sevrage, comme l'ont également montré Huby et al. (2003).

CONCLUSION

Cette étude montre l'intérêt d'une utilisation de plusieurs méthodes statistiques pour l'analyse de caractères présentant des distributions particulières (caractère discret dans le cas présent). Les modèles linéaires généralisés, simples à utiliser, mais ne permettant pas de considérer des effets aléatoires, sont un outil approprié pour des analyses préliminaires. Les

méthodes GEE sont plus flexibles, dans la mesure où elles permettent de modéliser de façon adéquate la mortinatalité (prise en compte de la nature discrète du caractère dans le cadre d'un modèle mixte), mais sont moins simples à utiliser.

Nos résultats mettent en évidence que les différents facteurs de variation étudiés n'expliquent globalement qu'une part limitée de la variation de mortinatalité. Ils soulignent malgré tout l'influence importante du poids à la naissance et de l'homogénéité de poids intra portée sur la mortinatalité. L'homogénéité de la portée à la naissance étant aussi associée à une meilleure survie naissance-sevrage, sélectionner pour une variabilité réduite du poids des porcelets peut être un moyen de réduire la mortalité pré-sevrage des porcelets. Nous avons également confirmé la plus faible mortinatalité dans les portées de truies Meishan, qui peut être doublement intéressante: cette race peut permettre de mieux comprendre les causes génétiques et physiologiques des variations de mortinatalité et être utilisée en vue d'améliorer les aptitudes maternelles des truies.

REMERCIEMENTS

Pour réaliser cette étude, L. Canario a été cofinancée par le département de Génétique Animale de l'INRA et l'IFIP. Le personnel de maternité est remercié pour son travail, la collecte de ces données ayant requis un suivi des mises bas très rapproché, bien au-delà des horaires de travail conventionnels.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bidanel J.P., 1993. Estimation of crossbreeding parameters between Large White and Meishan porcine breeds. III. Dominance and epistatic components of heterosis on reproductive traits. *Genet. Sel. Evol.*, 25, 263-281.
- Bidanel J.P., Caritez J.C., Legault C., 1989. Estimation of crossbreeding parameters between Large White and Meishan porcine breeds. I. Reproductive performance. *Genet. Sel. Evol.*, 21, 507-526.
- Borges V.F., Bernardi M.L., Bortolozzo F. P., Wentz I., 2005. Risk factors for stillbirth and foetal mummification in four Brazilian swine herds. *Prev. Vet. Med.*, 70, 165-176.
- Canario L., Cantoni E., Le Bihan E., Caritez J.C., Billon Y., Bidanel J.P., Foulley, J.L., 2006. Between-breed variability of stillbirth and its relationship with sow and piglet characteristics. *J. Anim. Sci.* 84, 3185-3196.
- Fahmy M.H., Holtmann W.B., MacIntyre T.M., Moxley J.E., 1978. Evaluation of piglet mortality in 28 two-breed crosses among eight breeds of pig. *Anim. Prod.*, 26, 277-285.
- Haley C.S., Lee G.L., Ritchie M., 1995. Comparative farrowing to weaning performance in Meishan and Large White pigs and crosses. *Anim. Sci.*, 60, 259-267.
- Herpin P., Le Dividich J., Hulin J.C., Fillaut M., de Marco F., Berlin R., 1996. Effects of the level of asphyxia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. *J. Anim. Sci.*, 74, 2067-2075.
- Herpin P., Hulin J.C., Le Dividich J., Fillaut M., 2001. Effect of oxygen inhalation at birth on the reduction of early postnatal mortality in pigs. *J. Anim. Sci.*, 79, 5-10.
- Hosmer D.W., Lemeshow S., 1989. *Applied Logistic Regression*. J. Wiley and Sons, New York, NY.
- Huby M., Canario L., Tribout T., Caritez J.C., Billon Y., Gogué J., Bidanel J.P., 2003. Genetic correlations between litter size and weights, piglet weight variability and piglet survival from birth to weaning in Large White pigs. 362 in *Proc. 54th Annu. Mtg. Eur. Assoc. Anim. Prod.*, Roma, Italy. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- Klemcke H.G., Lunstra D.D., Brown-Borg H.M., Borg K.E., Christenson R.K., 1993. Association between low birth weight and increased adrenocortical function in neonatal pigs. *J. Anim. Sci.*, 71, 1010-1018.
- Knol E.F., Ducro B.J., van Arendonk J.A.M., van der Lende T., 2002. Direct, maternal and nurse sow genetic effects on farrowing-, pre-weaning- and total piglet survival. *Livest. Prod. Sci.*, 73, 153-164.
- Lay D.C., Matteri R.L., Carroll J.A., Fangman T.J., Safranski T.J., 2002. Prewaning survival in swine. *J. Anim. Sci.*, 80(E. Suppl. 1), E74-E86.
- Leenhouwers J.I., van der Lende T., Knol E.F., 1999. Analysis of stillbirth in different lines of pig. *Livest. Prod. Sci.*, 57, 243-253.
- Leenhouwers J.I., Wissink P., van der Lende T., Paridaans H., Knol E.F., 2003. Stillbirth in the pig in relation to genetic merit for farrowing survival. *J. Anim. Sci.*, 81, 2419-2424.
- Liang K.Y., Zeger S.L., 1986. Longitudinal data analysis using generalized linear models. *Biometrika*, 73, 13-22.
- Lucia Jr.T., Corrêa M.N., Deschamps J.C., Bianchi I., Donin M.A., Machado A.C., Meincke W., Matheus J.E.M., 2002. Risk factors for stillbirths in two swine farms in the south of Brazil. *Prev. Vet. Med.*, 53, 285-292.

- Mota-Rojas D., Martínez-Burnes J., Trujillo O.M.E., López M.A., Rosales T.A.M., Ramírez N.R., Orozco G.H., Merino P.A., Alonso-Spilsbury M., 2005. Uterine and fetal asphyxia monitoring in parturient sows treated with oxytocin. *Anim. Reprod. Sci.*, 86, 131-141.
- Pejsak Z., 1984. Some pharmacological methods to reduce intrapartum death of piglets. *Pig News Inf.*, 5, 35-37.
- Quiniou N., Dagorn J., Gaudré D., 2002. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livest. Prod. Sci.*, 78, 63-70.
- Roehe R., 2003. Improvement of piglet survival by optimisation of piglet individual birth weight and reduction of its variation. Page 358 in *Proc. 54th Annu. Mtg. Eur. Assoc. Anim. Prod.*, Roma, Italy. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- Roehe R., Kalm E., 2000. Estimation of genetic and environmental risk factors associated with pre-weaning mortality in piglets using generalized linear mixed models. *Anim. Sci.*, 70, 227-240.
- SAS Institute., 2001. Version 5.2. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Spiegelhalter D., Thomas A., Best A.N., Lunn D., 2003. Winbugs user manual. Available: <http://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/bugs/>. Consulté le 27 octobre 2006.
- Tribout T., Caritez J.C., Gogué J., Gruand J., Billon Y., Bouffaud M., Lagant H., Le Dividich J., Thomas F., Quesnel H., Guéblez R., Bidanel J.P. 2003. Estimation, par utilisation de semence congelée, du progrès génétique réalisé en France entre 1977 et 1998 dans la race porcine Large White : résultats pour quelques caractères de reproduction femelle. *Journées Rech. Porcine*, 35, 285-292.
- Zaleski H.M., Hacker R.R., 1993. Effect of oxygen and neostigmine on stillbirth and pig viability. *J. Anim. Sci.*, 71, 298-305.
- Zeger S.L., Liang K.Y., 1986. Longitudinal data analysis for discrete and continuous outcomes. *Biometrika*, 42, 121-130.

