

Mortalité des veaux : analyse phénotypique et étude de la composante génétique

LECLERC H (1,2), LEFEBVRE R. (1,3), DOUGUET M. (4), PHOCAS F. (1,3), MATTALIA S. (1,2)

(1) UMT 3G, Domaine de Vilvert, 78 352 Jouy-en-Josas Cedex, France

(2) Institut de L'Elevage, Département Génétique, 78 352 Jouy-en-Josas Cedex

(3) UMR1313 GABI, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78 352 Jouy-en-Josas Cedex, France

(4) Institut de L'Elevage, Département Génétique, 9, Rue André Brouard - CS 70510 - 49105 Angers cedex 02

RESUME - La baisse de la mortalité des veaux est un enjeu majeur pour les filières bovines. Le projet FGE MORPHE, visait à quantifier l'impact génétique sur la mortalité des veaux et des génisses entre leur naissance et leur mise en reproduction et à définir des phénotypes pertinents pour de nouvelles évaluations génétiques.

L'analyse phénotypique de la mortalité a été réalisée sur 9 races laitières et 10 races allaitantes à partir des déclarations de naissance et de mortalité des veaux entre 2005 et 2011. Entre 0 et 6 mois, le taux moyen de mortalité est variable selon les races (entre 10,5 et 19,2% en races laitières et entre 5,1 et 13,7% en races allaitantes). Il dépend également du sexe du veau (+3% de mortalité chez les mâles), du rang de vêlage de la mère (moindre mortalité chez les multipares), de la taille des élevages (moindre mortalité dans les petits troupeaux en races laitières), et de la période de naissance (mortalité plus importante des veaux laitiers naissant entre décembre et mars). Sur la période 3-180 jours, le taux de mortalité des veaux présente une variabilité phénotypique importante entre pères, allant de moins de 5% pour les meilleurs à 10 voire 15% pour les moins bons.

En races allaitantes, l'étude génétique de la mortalité (0-2 jours) a été prioritaire. Ce caractère est décomposé en un effet direct et un effet maternel. 4 modèles ont été testés sur 3 races (Charolaise, Limousine et Parthenaise), afin de mesurer l'impact de la déconnexion entre troupeaux et du caractère discontinu du phénotype. Les héritabilités sont faibles et cohérentes entre modèles, de l'ordre de 1 à 2%. Les écarts de moyennes phénotypiques des taureaux évalués dans les classes extrêmes sont importants. La comparaison des valeurs génétiques estimées avec les 4 modèles montre l'importance de la prise en compte de la déconnexion entre troupeaux. Le modèle pourrait probablement être amélioré en intégrant des variances hétérogènes intra troupeau.

Dans les races laitières, l'héritabilité de la mortalité entre 3 et 180 jours a été estimée avec un modèle à seuil à différents stades de vie pour les races Holstein, Montbéliarde, Normande, Simmental et Brune. Elle est généralement comprise entre 0,1 et 0,9% pour les stades de vie définis au cours du 1^{er} mois et entre 0,3 et 2,1% entre 1 et 6 mois. Ce niveau faible reste cependant compatible avec la mise en œuvre d'une évaluation génétique, dans la perspective d'une prise en compte de ces caractères en sélection génomique.

Calf mortality : phenotypic and genetic analysis

LECLERC H (1,2), LEFEBVRE R. (1,3), DOUGUET M. (4), PHOCAS F. (1,3), MATTALIA S. (1,2)

(1) UMT 3G, Domaine de Vilvert, 78 352 Jouy-en-Josas Cedex, France

SUMMARY – The decrease in calf mortality is a major issue for the cattle sector. The MORPHE project, funded by France Genetique Elevage was aimed at quantifying the genetic impact on calves and heifer mortality from birth to reproduction period and to define relevant phenotypes for new genetic evaluations. The phenotypic analysis of mortality was carried out on nine dairy breeds and 10 beef breeds from birth and death events reported in the national information system between 2005 and 2011. Between zero and six months, the average mortality rate depended on the breeds (from 10.5 to 19.2% in dairy breeds and from 5.1 to 13.7% in beef breeds). It also depended on the sex of the calf (+ 3% mortality for males), calving rank of dam (lower mortality in multiparous), farm size (lower mortality in small herds for dairy breeds) and birth period (higher calf mortality for birth between December and March for dairy breeds). The calf mortality rate between three and 180 days had a high phenotypic variability between sires, ranging from less than 5% for the best bulls to 10 or even 15% for the worse ones.

In beef breeds, the genetic study of stillbirth (0-2 days) was a priority. This trait was split into a direct and a maternal effects. Four models were tested on three breeds (Charolaise, Limousine, and Parthenaise) to measure the impact of disconnection between herds and the discrete nature of the phenotype. Heritabilities were low (from 1 to 2%) but consistent between models. The differences of stillbirth for bulls evaluated in extreme classes were important. The comparison of breeding values estimated with the four models showed the importance of connectedness between herds. The model could probably be improved by integrating within herd heterogeneous variances.

In dairy breeds, heritability of mortality was estimated with a threshold model at different life stages for Holstein, Montbeliarde, Normandy, Simmental and Brown Swiss breeds. It ranged between 0.1 and 0.9% for the first month of life and between 0.3 and 2.1% between 1 and 6 months of age. Despite these low heritability estimates, the implementation of a genetic evaluation is required, especially to take into account these traits in genomic selection.

INTRODUCTION

La mortalité des veaux est une problématique majeure des filières bovines. En races allaitantes, selon une étude menée par l'UMT Santé des Bovins, le taux de mortalité à 6 mois est de 8,36% (Mounaix et al, 2011). Selon Perrin et al (2011), de 2003 à 2009, plus de 1,2 millions de bovins morts ont été

notifiés chaque année en France, soit en moyenne six notifications par an et par exploitation, les veaux de moins de un mois représentant 52% des morts.

La mortalité des veaux est une des causes du déficit structurel en viande bovine en France. Elle impacte le revenu des éleveurs, puisque les produits ne sont évidemment pas valorisés financièrement, alors que les animaux ont élevés

jusqu'à leur mort. Elle a des conséquences sur le renouvellement du troupeau reproducteur, mais aussi sur le plan environnemental (émission de GES par des animaux non productifs au final).

En France cet aspect n'est intégré actuellement que très partiellement dans la sélection des bovins. En bovins laitiers, les indicateurs disponibles sont les index relatifs à la mortalité des veaux et aux facilités de naissance (les naissances difficiles engendrant une augmentation du risque de mortalité précoce des veaux). En bovins allaitants, la mortalité n'est appréhendée qu'au travers du poids du veau et des conditions de naissance.

Pour autant, certaines études (Hansen et al, 2003, Van Pelt et al, 2012) ont montré l'intérêt d'une évaluation génétique sur la survie des veaux et des génisses, et des évaluations génétiques officielles sont maintenant réalisées aux Pays Bas et dans les pays nordiques.

Le projet MORPHE, soutenu par France Génétique Elevage, a étudié l'intérêt de la mise en place de nouvelles évaluations génétiques relatives à la mortalité des veaux et des jeunes bovins en races allaitantes et laitières. Des phénotypes ont été définis et les principaux facteurs de variation ont été étudiés. La seconde partie a visé à estimer les paramètres génétiques pour chacun des caractères ainsi définis.

1. ANALYSE PHÉNOTYPIQUE DE LA MORTALITÉ

Une analyse phénotypique de la mortalité a été réalisée en races laitières et en races allaitantes pour les animaux de race pure à partir des données issues du Système d'Information Génétique ou SIG (déclarations par les éleveurs des naissances des veaux et des morts) entre 2005 et 2011. Des périodes de vie ont été définies en tenant compte des stades physiologiques, de sorte que les caractères soient suffisamment homogènes pour présenter un déterminisme commun. Des analyses de type régression logistique (SAS® Genmod) ont permis d'étudier les effets de différentes variables descriptives du troupeau ou de l'animal (considérés comme des effets fixes) sur la variable binaire (1 : mort ; 0 : vivant) aux différents stade de vie. Seuls les effets ayant un impact significatif sont inclus dans les modèles d'évaluation génétique et sont présentés dans cet article.

Le taux de mortalité des veaux et des jeunes (génisses et jeunes bovins) est important. Il existe une forte variabilité entre races (tableau 1). La mortalité cumulée à 150 jours est en moyenne respectivement de 11,5% et 6,9% pour les femelles de races laitières et allaitantes, et 15,1% et 9,6% pour les mâles des deux types de races (figure 1 exprimée en taux de survie). L'effet du sexe du veau est important, même au-delà des 3 premiers jours de vie où la mortalité peut être induite par un vêlage difficile, plus fréquent avec les veaux mâles. Au-delà de 150 jours, la mortalité baisse fortement et devient vraisemblablement plus accidentelle.

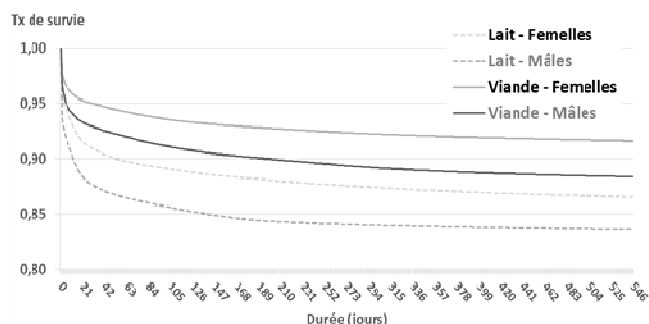


Figure 1 : Courbe de survie moyenne des races laitières et allaitantes en fonction du sexe du veau.

La survie des veaux issus de primipares est significativement plus faible en races laitières et allaitantes. A un degré moindre, c'est aussi le cas pour les veaux issus d'un 2nd

vêlage en races allaitantes. En race laitière, la taille du troupeau est un facteur défavorable à la survie des animaux, surtout au cours du 1^{er} mois de vie. Les naissances hivernales (décembre et janvier) se traduisent en race laitière par une mortalité accrue d'environ 5%, comparativement à celles d'août et septembre, mois les plus favorables. En race allaitante, cette différence existe également, mais l'amplitude reste inférieure à 3%.

Tableau 1 : Mortalité observée à partir des données SIG chez les veaux de 9 races laitières et 11 races allaitantes sur 6 périodes de vie.

Races	0-1 jours	2-7 jours	8-14 jours	15-28 jours	1-6 mois	7-18 mois	cumul
Races laitières							
Abondance	4,0	1,7	2,6	1,5	3,2	1,0	14,0
Brune	6,2	2,0	2,7	2,6	5,3	1,9	20,7
Holstein	7,4	2,2	1,9	1,4	3,4	1,0	17,3
Montbéliarde	6,3	1,3	2,3	2,1	3,8	1,4	17,2
Normande	7,0	2,7	2,6	1,9	5,0	2,9	22,1
Pie Rouge	5,4	2,4	1,4	0,9	3,0	0,8	13,9
Simmental	5,3	1,3	1,9	1,8	3,8	1,4	15,5
Tarentaise	4,5	1,1	2,3	1,9	3,6	0,9	14,3
Vosgienne	4,6	1,4	0,9	0,9	2,7	0,9	11,4
Moyenne	5,6	1,8	2,1	1,7	3,8	1,4	16,4
Minimum	4,0	1,1	0,9	0,9	2,7	0,8	11,4
Maximum	7,4	2,7	2,7	2,6	5,3	2,9	22,1
Races allaitantes							
Aubrac	2,0	0,8	0,7	0,4	1,5	0,8	6,2
Bazadaise	5,1	1,8	0,6	0,2	2,3	0,6	10,5
Blanc Bleu	4,2	2,1	1,0	1,1	3,9	1,7	14,0
Blonde Aquit	3,9	1,4	0,7	0,6	2,4	1,1	10,1
Charolaise	4,0	1,5	0,8	0,8	2,7	1,5	11,3
Gasconne	1,8	0,8	0,4	0,4	1,7	1,1	6,2
Inra 95	2,3	1,3	0,8	0,6	2,3	0,4	7,7
Limousine	2,4	1,0	0,7	0,5	1,9	1,0	7,5
Parthenaise	4,5	1,3	1,1	1,0	3,6	1,6	13,1
Rouge Prés	5,7	2,5	1,1	0,9	3,5	2,3	16,0
Salers	1,8	0,9	0,7	0,5	1,6	1,2	6,7
Moyenne	3,4	1,4	0,8	0,6	2,5	1,2	9,9
Minimum	1,8	0,8	0,4	0,2	1,5	0,4	6,2
Maximum	5,7	2,5	1,1	1,1	3,9	2,3	16,0

Enfin, le taux de mortalité de la descendance est très variable entre taureaux d'une même race (figure 2), ce qui laisse présager de l'intérêt de la prise en compte de la survie des jeunes dans la sélection.

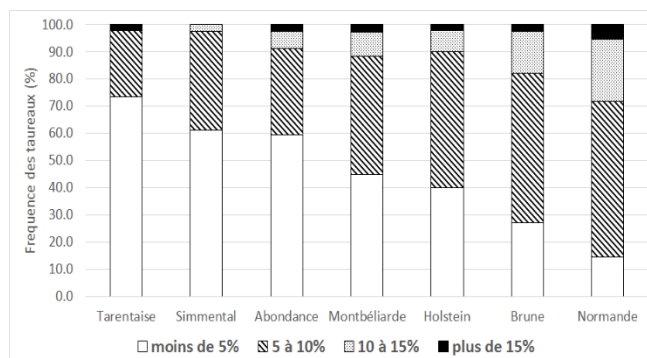


Figure 2 : Répartition des taureaux laitiers selon le pourcentage de veaux morts entre 3 jours et 6 mois.

2. MORTINATALITÉ EN BOVINS ALLAITANTS

La mortinatalité est définie comme la mort du veau dans les 48h suivant sa naissance, à partir des informations de mouvement de l'animal. L'objectif de l'étude était d'apprécier la faisabilité d'une évaluation sur ce caractère, afin de compléter la gamme des caractères évalués relatifs à la naissance des veaux déjà disponibles pour les races bovines

allaitantes (condition et poids de naissance). Elle a concerné les races Charolaise (CHA), Limousine (LIM) et Parthenaise (PAR), en raison des différences d'effectifs de population et de taux de mortalité observés.

2.1 SELECTION DES DONNEES

Les données utilisées pour l'étude sont issues du SIG. Elles concernent les animaux nés depuis 2004, ayant des parents et un grand-père maternel connus et dont le père a au minimum 20 descendants. Pour le calcul des paramètres génétiques, des sélections supplémentaires ont été appliquées sur le nombre de naissances et de veaux morts par troupeau et par campagne de naissance pour ne garder que des troupeaux de grande taille et avec veaux morts déclarés (tableau 2).

Tableau 2 : taux de mortinatalité observés (dans la population globale depuis 2010) et effectifs retenus pour les calculs de paramètres génétiques et d'évaluation génétique.

Race	% morts	Effectifs pour les paramètres génétiques ⁽¹⁾	Effectifs pour l'évaluation génétique ⁽¹⁾
Charolaise	3,8	77 579 (68)	675 285 (696)
Limousine	2,7	58 123 (79)	504 990 (612)
Parthenaise	4,2	22 418 (49)	75 336 (103)

(1) nombre de troupeaux entre parenthèses

2.2 MODELES D'EVALUATION TESTES

Le choix du modèle doit tenir compte de deux éléments : i) la connexion relativement faible entre troupeaux (utilisation limitée de taureaux d'insémination), situation dans laquelle le groupe des contemporains (GC, défini ici comme l'effet troupeau x année de naissance) est normalement considéré comme un effet fixe ; ii) le caractère discontinu et le fort déséquilibre entre les fréquences des classes (mort/vivant), cas typique où un modèle à seuil est recommandé.

Malheureusement, un modèle à seuil avec effet GC fixe (MSf) n'est pas utilisable pour une évaluation de routine car il présente de forts risques de divergence lorsque les fréquences de veaux morts intra GC sont très faibles.

Afin de tester séparément l'impact de la déconnexion entre GC et celui du caractère discontinu du phénotype, MSf a été comparé à 3 autres modèles : un modèle à seuil avec effet GC aléatoire (MSa), et deux modèles linéaires considérant le GC comme un effet fixe (MLf), ou aléatoire (MLa). Pour garantir la convergence de MSf, un jeu de données a été construit en ne sélectionnant que des troupeaux de grande taille, avec suffisamment de veaux morts (tableau 3). Les autres effets des 4 modèles sont les effets aléatoires du père et du grand-père maternel pour estimer les effets génétiques direct et maternel, et les effets fixes campagne x saison de naissance et sexe du veau x parité de la mère. Les paramètres génétiques et les valeurs génétiques ont été estimées avec un logiciel développé par l'INRA pour MSf et MSa (Ducrocq, 2000) et avec le logiciel ASREML pour MLs et MLa (Gilmour et al, 2009).

2.3 RESULTATS

2.3.1 Paramètres génétiques

Suivant le modèle et la race, l'héritabilité de l'effet direct est comprise entre 1,2 et 2,6% et celle de l'effet maternel entre 0,9 et 1,9% (figure 3). On observe peu de différences entre les 4 modèles, sauf pour la race PAR, pour laquelle le traitement de GC en effet aléatoire induit une hausse de l'héritabilité de l'effet direct, ce qui pourrait s'expliquer par une confusion entre effets génétiques et GC pour des GC mal connectés.

Les corrélations génétiques entre effets directs et maternels sont difficiles à estimer, et sont très variables entre modèles et races (de -0,25 à +0,34). Les corrélations entre effet direct et condition de naissance sont de l'ordre de +0,30. Ces

caractères sont donc liés mais pas identiques, justifiant l'intérêt de l'évaluation génétique de la mortinatalité.

2.3.2 Valeurs génétiques estimées

La figure 3 présente la corrélation entre les valeurs génétiques des effets directs estimées par les 3 modèles testés et le modèle de référence (MSf) à partir du jeu de données ayant servi au calcul des paramètres génétiques. La corrélation est bonne avec tous les modèles, mais elle est plus élevée avec MLf.

Les valeurs génétiques ont ensuite été estimées avec les 3 modèles, sur l'ensemble des données répondant aux critères décrits en 2.1. Trois classes ont été définies, pour distinguer les taureaux en fonction de leur niveau génétique sur effets directs, les « bons » et les « mauvais » taureaux s'écartant de plus d'un écart-type génétique autour de la moyenne des valeurs génétiques estimées. Le lien entre le niveau génétique des taureaux et la mortinatalité de leur descendance est clairement visualisé dans la figure 4 avec le modèle MSa en race CHA. Avec les 2 autres modèles, les écarts sont moins marqués (écarts entre classes extrêmes de 2% avec le modèle MLf par exemple).

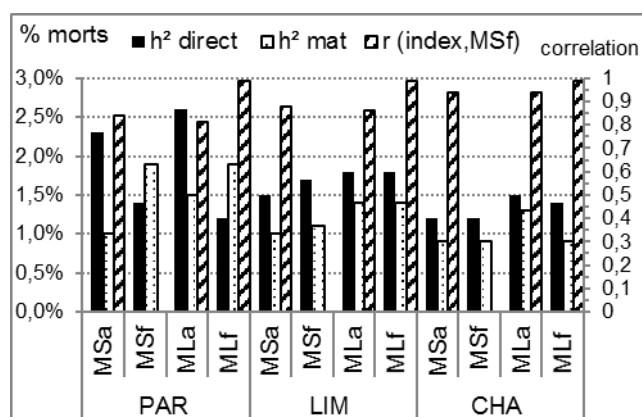


Figure 3 : héritabilités directe et maternelle sur l'échelle observée (en %) ; corrélation entre valeurs génétiques estimées par MSf et par les 3 autres modèles (effets directs).

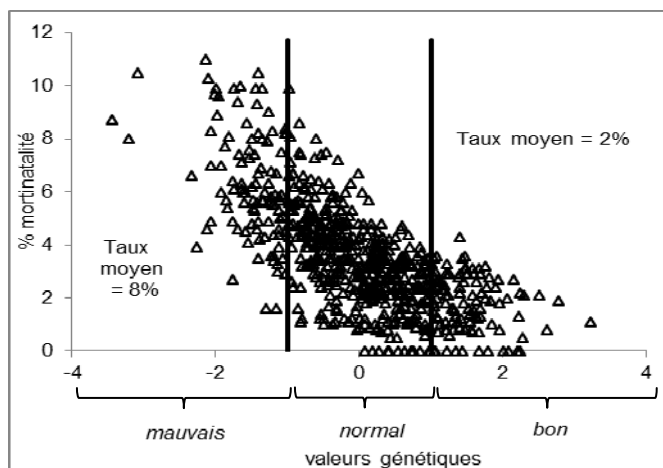


Figure 4 : Corrélation entre performances brutes (% mortalité) et valeurs génétiques calculées par le modèle MSa en race Charolaise

3. MORTALITE ENTRE 2 JOURS ET 6 MOIS EN RACES LAITIÈRES

Les races bovines laitières bénéficient déjà d'une évaluation génétique pour la mortinatalité. L'étude s'est donc concentrée sur la mortalité des veaux à différents stades de vie entre 2 et 180 jours (2-14 j, 15-30 j, 31-180j), de façon similaire à ce qui a été fait dans d'autres pays européens. Dans les 3 premières semaines, différents découpages ont été proposés pour distinguer les diarrhées colibacillaires (majoritaires entre 2 et 7 jours) de celles liées aux cryptosporidies (8-21

jours). Au total, les paramètres génétiques ont été estimés pour 6 caractères de mortalité des veaux : MV2-7, MV2-14, MV8-21, MV15-30, MV15-180 et MV31-180 (les chiffres de chaque variable représentant le début et la fin de la période étudiée).

3.1. LES DONNEES

Les données analysées sont celles enregistrées dans le SIG pour les veaux nés entre 2000 et 2014. Pour chaque période, le veau est considéré encore vivant à la fin de la période ou mort au cours de celle-ci. Sont écartés des analyses tous les veaux répondant à l'un des critères suivants : veaux ayant changé d'élevage au cours de la période, jumeaux, veaux issus d'un avortement ou d'une transplantation embryonnaire, sans condition de naissance déclarée, ou ayant un parent et/ou un grand-père maternel inconnu. En Holstein, seuls les troupeaux ayant eu au moins 200 naissances sur une période de 5 ans et dont au moins 70% des veaux étaient toujours présents à 180 jours ont été prises en compte. Ces seuils ont été adaptés à la situation de chaque race, l'objectif étant de s'assurer que des mâles étaient élevés dans des conditions semblables aux femelles. Les analyses ont été réalisées dans la race Holstein (HOL), Montbéliarde (MON), Normande (NOR), Brune (BRU) et Simmental (SIM). Les principaux effectifs sont présentés suivant les races dans le tableau 3.

Tableau 3 : Effectif de veaux avec données, pères et troupeaux utilisés pour estimer les paramètres génétiques de la mortalité entre 2 et 14 jours et entre 15 et 180 jours.

		BRU	SIM	MON	NOR	HOL
MV 2-14	Nb données	45 982	72 284	82 106	171 061	306 115
	Nb père avec donn.	325	415	522	517	1 558
	Nb troupeau.	163	207	121	258	418
MV 15-180	Nb données	11 701	40 162	69 164	128 320	245 270
	Nb père avec donn.	153	336	455	417	1 378
	Nb troupeau.	62	127	115	202	345

3.2 LE MODELE D'EVALUATION

Le modèle d'évaluation génétique retenu est un modèle à seuil, où l'effet génétique de la mortinatalité est l'effet direct de l'animal (estimé via le père). Aucun effet maternel n'a été introduit, car les veaux passent peu de temps auprès de leur mère en troupeau laitier. Les effets aléatoires pris en compte sont l'effet génétique du père et un effet troupeau-année. Les effets fixes sont l'interaction rang de vêlage de la mère x sexe du veau, le mois de naissance du veau et l'année de naissance du veau.

3.3 PARAMETRES GENETIQUES ESTIMES

Les héritabilités obtenues sont cohérentes avec la littérature (tableau 4). Sur l'échelle observée, Hansen et al. (2003) rapportent des héritabilités de 0,29% pour une période 1-14 jours (semblable à la valeur de 0,29% obtenue en HOL sur la période 2-14 jours), et de 0,72% sur la période 1-180 jours (proche de 0,86% obtenu sur la période 15-180 jours).

Tableau 4 : héritabilité (en %, sur l'échelle observée) de la mortalité pour les différentes périodes de vie et races étudiées

Période	BRU	SIM	MON	NOR	HOL
MV2-7	0,27	0,05	0,15	0,19	0,10
MV2-14	0,46	0,21	0,56	0,48	0,29
MV8-21	0,47	0,38	0,87	0,64	0,41
MV15-30	0,73	0,41	0,84	0,36	0,19
MV15-180	1,00	0,84	1,43	2,13	0,86
MV31-180	0,24	0,46	1,01	2,11	0,76

4. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Les héritabilités obtenues pour tous les caractères étudiés en races laitières et allaitantes sont faibles, de l'ordre de 1 à 2% pour la mortinatalité des veaux en races allaitantes et le

plus souvent inférieures à 1% pour la mortalité des jeunes en races laitières. Cela dit, plusieurs facteurs militent pour une poursuite des travaux : des évaluations existent déjà avec des niveaux d'héritabilités similaires, comme les mammites cliniques en races laitières (2%) ; une faible héritabilité n'est pas synonyme de faible variabilité génétique ; ces caractères ont une importance économique considérable, ils s'expriment tôt dans la carrière d'un reproducteur (un taureau avec quelques dizaines de descendants sera très vite évalué) et surtout, la prise en compte des informations génomiques permettra probablement d'améliorer la précision des résultats. En races allaitantes, les héritabilités obtenues avec les 4 modèles sont comparables. En revanche, le fait que les résultats du modèle M_Lf soient plus proches de ceux obtenus avec M_Sf confirme qu'il est important de prendre en compte la déconnexion entre troupeaux pour choisir le modèle définitif. Le fait que les écarts entre niveaux phénotypiques de classes génétiques extrêmes soit plus marqués avec un modèle à seuil qu'avec un modèle linéaire pourrait s'expliquer par l'absence de variances hétérogènes intra troupeau en modèle linéaire ; l'information apportée par un veau a un poids identique, qu'il soit mort dans un troupeau avec faible ou fort taux de mortalité. un modèle linéaire avec variances hétérogènes intra troupeau est donc testé pour résoudre les questions de convergence et de structure particulière des données. En races laitières, les héritabilités obtenues sur les 3 premières semaines de vie sont plus fortes lorsque toute la période est prise en compte et le découpage en périodes plus homogènes selon l'origine supposée des diarrhées ne semble pas se justifier. De la même manière, au-delà de 15 jours, l'héritabilité augmente lorsque la période considérée s'allonge. Il semblerait donc intéressant de ne séparer que deux périodes, l'une couvrant les premières semaines (sensibilité aux diarrhées) et l'autre plus tardive pour appréhender les autres types de maladies, notamment respiratoires. C'est la stratégie choisie par les Pays Bas et les Pays Nordiques, avec toutefois des définitions hétérogènes (Van Pelt et al., 2012, Pedersen et al., 2014).

CONCLUSION

En races bovines laitières comme allaitantes, les déclarations de naissance et de mort des veaux et des jeunes bovins constituent une information utile pour définir de nouveaux phénotypes, afin d'évaluer les reproducteurs sur la vitalité de leur descendance. Les causes de mortalité sont multiples, mais repérer le plus tôt possible les taureaux présentant de forts risques apparaît comme un enjeu important. Couplées aux informations génomiques, ces nouvelles évaluations vont permettre de développer de nouveaux outils pour réduire la mortalité des veaux en élevage.

Le projet MORPHE a été soutenu par France Génétique Elevage dans le cadre des Actions Innovantes.

Ducrocq V., 2000. Interbull Bulletin 25, 123-130.

Hansen M., Madsen P., Jensen J., Pedersen J., Christensen L.G., 2003. J. Dairy Sci., 86, 1807-1817.

Gilmour A.R., Gogel B.J., Cullis B.R., Thompson, R. 2009. ASReml User Guide Release 3.0 VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK

Institut de l'Elevage, 2002. Dossier Economie de l'Elevage, 318, 66p. + annexes.

Mounaix B., Roussel P., Ribaud D., Assie S., Seegers H., 2011. Renc. Rech. Rum., 18 : 267-270.

Pedersen J, Pösö J., Eriksson J-A., Nielsen U.S. Pedersen Aamand G., 2014. Available on www.nordicebv.info. 22p.

Perrin J.-B. , Calavas D., Vinard J.-L., Hendrikx P., Ducrot C., 2011. Renc. Rech. Rum., 18 :263-266.

Perrot C., 2005. Document de travail : l'utilisation de la BDNl pour la mise en place d'une typologie d'élevage bovin. 33p.

Van Pelt M., Eding H., Vessies P., De Jong G., 2012. Interbull Bull. 46, 61-65.