

Analyse de la longévité fonctionnelle dans les races ovines laitières françaises

BUISSON D. (1), ASTRUC JM. (1), DOUTRE L. (2), PALHIÈRE I. (2)

(1) Institut de l'Élevage, BP 42118, 31321 Castanet-Tolosan, France

(2) GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, F-31326, Castanet Tolosan, France

RESUME - Au cours des dernières décennies, les objectifs de sélection ont fortement évolué dans les filières ovines laitières françaises pour intégrer des caractères fonctionnels et de santé en plus des caractères de production. Pour répondre aux enjeux de durabilité, les acteurs des schémas de sélection des petits ruminants envisagent désormais de sélectionner des caractères de robustesse. Dans le cadre du projet CASDAR RUSTIC, une analyse génétique de la longévité fonctionnelle, qui traduit la capacité des animaux à retarder leur réforme pour des critères autres que le seul niveau de production, a été réalisée. Parmi plusieurs critères de longévité fonctionnelle, nous avons choisi d'étudier la Durée de Vie Productive qui est le nombre de jour entre la première mise-bas de la brebis et sa date de sortie. Nous avons pour cela mis en œuvre une analyse de survie en utilisant le Kit de Survie développé par V. Ducrocq. Seuls les béliers ayant au moins 20 filles non censurées ont été retenus pour cette étude. Les héritabilités obtenues sont du même ordre de grandeur qu'en bovins et se situent entre 0,06 et 0,17. Des index ont également été calculés puis validés en comparant les courbes de survies de béliers extrêmes sur l'index longévité. Une analyse des CD a montré que la précision des index est très dépendante du nombre de filles dont la carrière est complète et qu'il en faut au moins 30 à 40 pour atteindre un CD de 0,7. Ces premiers résultats sont assez encourageants mais nécessitent d'être encore approfondis, notamment du point de vue de la précision et des corrélations génétiques avec les autres caractères en sélection. Il s'agira ensuite de s'interroger sur la méthodologie à suivre pour intégrer ce caractère dans les objectifs de sélection dans le cadre des évaluations génomiques en routine.

Analyse of functional longevity in French dairy sheep breeds

BUISSON D. (1), ASTRUC JM. (1), DOUTRE L. (2), PALHIÈRE I. (2)

(1) Institut de l'Élevage, BP 42118, 31321 Castanet-Tolosan, France

(2) GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, F-31326, Castanet Tolosan, France

SUMMARY – During the past few decades, selection objectives have strongly evolved in the French dairy sheep sector to include functional and health traits in addition to production traits. To face new challenges of sustainability, actors of breeding organizations for small ruminants are now considering selecting traits for robustness. As part of the CASDAR RUSTIC project, a genetic analysis of functional longevity was carried out, considering this trait reflects the ability of ewes to delay their culling for other criteria than production level. Among several indicators of functional longevity, we have chosen to study the Length of Productive Life, which is the number of days between the first lambing of the ewe and its culling. We have therefore implemented a survival analysis using the Survival Kit developed by V. Ducrocq. Only rams with at least 20 uncensored daughters were selected for this study. The heritability obtained ranged from 0.06 and 0.17: these values are of the same order of magnitude as in cattle. Estimated breeding values (EBV) were also calculated and validated by comparing the survival curves of extreme rams on the longevity index. An analysis showed the accuracy of EBV is very dependent on the number of girls whose careers are uncensored and that 30 to 40 daughters uncensored are necessary to reach an accuracy of 0.7. These first results are encouraging, however, this study should be continued, especially to study genetic correlations with the other characters in selection and to integrate functional longevity in selection objectives.

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, les acteurs des programmes de sélection ovins laitiers (OL) ont peu à peu intégré des caractères fonctionnels de morphologie et de santé de la mamelle dans l'index de synthèse (ISOL). L'accroissement du progrès génétique permis par la sélection génomique apparaît alors comme une opportunité pour introduire de nouveaux caractères de rusticité dans les objectifs de sélection et améliorer ainsi l'adaptation des brebis aux systèmes d'élevage. Dans cette perspective, le projet Casdar RUSTIC (2017-2019) avait pour objectif de préparer la prise en compte de caractères de rusticité, dont la longévité fonctionnelle, dans la sélection des ovins et caprins. La longévité fonctionnelle traduit l'aptitude des brebis à retarder leur réforme involontaire, c'est-à-dire pour des raisons autres que le niveau de production (Ducrocq, 1992). Il s'agit donc d'une aptitude englobante et synthétique qui traduit à la fois une meilleure fertilité, moins d'infections mammaires et de troubles divers, moins de boiteries, une meilleure adaptation au milieu et au système d'élevage... En OL, les réformes étant majoritairement dues au niveau de production (20-25%), aux problèmes de la sphère mammaire (25-30%) et aux troubles de la reproduction (10-20%), la sélection d'un tel caractère permettrait alors à l'éleveur de mieux maîtriser les causes de réforme au lieu de les subir (intérêt économique), et de devenir ainsi plus efficace dans la gestion et l'amélioration de son troupeau (intérêt technique).

La durée de vie productive (DVP) est l'indicateur le plus souvent retenu pour appréhender la longévité fonctionnelle car il est simple à calculer et permet d'intégrer de manière objective les autres caractères fonctionnels (fertilité, reproduction...). Nous présentons ici les résultats de cette première analyse génétique de la longévité fonctionnelle en OL visant à évaluer la possibilité d'une évaluation génétique en routine à l'avenir.

1. MATERIEL ET METHODES

Les analyses de survie ont été réalisées sur les brebis de millésimes 2000 à 2015 en contrôle laitier officiel (CLO). La mobilisation des données stockées dans SIEOL (système d'informations des élevages ovins laitiers) a permis d'accéder aux différentes informations : dates de naissance, de mises-bas, de contrôles ou de sortie, performances par campagne, causes de sortie...

Pour cette première approche de la longévité, différents filtres ont été appliqués et n'ont été conservées que les brebis de père connu dont on connaît le début de carrière, ayant au moins un agnelage et un jour de traite dans leur carrière, et, pour le calcul des paramètres génétiques uniquement, dont le père a au moins 20 filles dont la carrière est complète (tableau 1).

| Lacaune (LL) | Basco-Béarnaise (BB) | Manech Tête Noire (MTN) | Manech Tête Rousse (MTR) |
|----------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| 663 846 (563 900) | 48 623 (25 140) | 25 960 (11 950) | 204 685 (138 295) |

Tableau 1 Effectifs totaux de brebis dans l'étude par race, et sous-ensemble de brebis utilisées pour le calcul des paramètres génétiques (entre parenthèses).

La DVP est définie comme le nombre de jours séparant la première mise bas de la réforme. C'est un indicateur simple à calculer à partir des données existantes dans SIEOL et ne nécessite aucune mesure ou collecte complémentaire. Cependant, les dates de réforme n'étant pas toujours bien renseignées, il a été décidé d'attribuer des dates de sorties forfaitaires en fonction des derniers événements connus

(vides ou avortées sans lait, agnelage mais pas de production laitière, ou agnelage avec production laitière). L'analyse de la longévité fonctionnelle pose la question des fins de carrières inconnues : on parle alors de données « censurées ». On considère ici comme censurées :

- les brebis encore en production à la fin de la période d'étude : la DVP est alors définie comme le nombre de jours entre la première mise bas et la date de fin d'étude ;
- les brebis qui changent d'élevage ou arrêtent le contrôle de performance en cours de carrière (pas de contrôle une année donnée ou élevage qui quitte le CLO), et les brebis ayant plus de 6 lactations : la date de réforme est alors calculée en appliquant des dates de sorties forfaitaires au dernier événement avant la censure.

La prise en compte de ces données censurées nécessite le recours à des analyses de survie, développées initialement dans le domaine biomédical (Cox, 1972 ; Prentice et Gloeckler, 1978). Ces analyses ont été réalisées à l'aide du « Kit de Survie » développé sur ce modèle par Ducrocq et Sölkner (1994) pour les populations animales en sélection.

Le modèle génétique utilisé pour l'évaluation génétique de la DVP s'appuie sur le modèle de Weibull suivant (Ducrocq et al, 2005 ; Terawaki et al, 2006) :

[Eq1]

$$h(t) = h_{0,n}(t) * \exp \left\{ \sum_m f_m(t) + h y_k(t) + s_i + 0.5 mgs_j \right\}$$

où :

- $h_{0,n}(t)$ est la fonction de risque de base de Weibull pour la $n^{\text{ième}}$ lactation (1 à 6). Cette fonction décrit l'évolution du risque de réforme de la population en fonction du stade de lactation.
- $\sum_m f_m(t)$ est la somme des effets fixes, dépendant du temps (t) ou non, ayant un impact sur le risque de réforme instantané. La prise en compte de ces effets permet ainsi de gommer l'impact des réformes volontaires (niveau de production, stratégies d'agrandissement ou de réduction de taille du troupeau...) pour se rapprocher de la longévité fonctionnelle « vraie ». Les effets analysés ici sont : l'âge à la première mise-bas, la classe de production laitière (t, 10 classes intra élevage-campagne), la taille de portée (t), la taille de cheptel (t, 10 classes), et l'évolution de la taille du cheptel (t, 10 classes).
- $h y_k(t)$ est l'effet aléatoire cheptel-campagne. On a fait l'hypothèse d'une distribution log-gamma avec un unique paramètre fixé γ .
- $s_i + mgs_j$ correspond aux contributions génétiques additives du père i et du grand-père maternel j de la brebis. Le modèle père – grand-père maternel a été privilégié par rapport au modèle animal en raison de la taille des jeux de données analysés.

L'héritabilité des caractères a ensuite été calculée à partir des résultats en sortie du Kit de Survie grâce à la formule de Mészáros *et al.* (2010) :

[Eq2]
$$h^2 (sire - mgs) = \frac{4 * \sigma_s^2}{\frac{5}{4} \sigma_s^2 + \frac{1}{p} + \psi(\gamma)}$$

où :

- σ_s^2 est la variance génétique du père
- p la proportion de données complètes (sans censure)
- $\psi(\gamma)$ la variance de l'effet aléatoire cheptel-campagne

2. RESULTATS

2.1. PARAMETRES GENETIQUES

Les héritabilités de la DVP obtenues en OL grâce aux analyses de survie varient entre 0,07 et 0,17 selon les races (tableau 2). Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par Jenko *et al.* en 2013 (0,09-0,11) ou Phocas *et al.* en 2006 (0,14-0,15) en races bovines.

| | 1-p | σ_s^2 | γ | h^2 |
|-----|--------|--------------|----------|-------|
| BB | 40,8 % | 0,081 | 2,494 | 0,142 |
| MTN | 41,7 % | 0,042 | 1,665 | 0,066 |
| MTR | 34,2 % | 0,055 | 3,052 | 0,112 |
| LL | 27,1 % | 0,081 | 3,140 | 0,175 |

Tableau 2 Héritabilité et variance génétique de la DVP
1-p = pourcentage de données censurées, σ_s^2 = variance génétique additive du père, γ = paramètre de la distribution log-gamma, et h^2 = héritabilité de la DVP.

Bien que ces héritabilités restent relativement faibles, elles laissent tout de même entrevoir la possibilité de sélectionner ce caractère.

2.2. INDEX DVP

Le risque de réforme par père est estimé par le Kit de Survie et permet ensuite de calculer un index longévité (tableau 4). Un index DVP élevé traduira alors un risque de réforme plus faible des filles du bélier considéré, et donc une meilleure longévité fonctionnelle. La fiabilité de ces index a été estimée grâce au calcul du coefficient de détermination (CD).

| Race | Nb de béliers indexés | Index DVP moyen | CD moyen |
|------|-----------------------|-----------------|-------------|
| BB | 428 | 0,117 ± 0,158 | 0,74 ± 0,08 |
| MTN | 236 | 0,005 ± 0,126 | 0,56 ± 0,12 |
| MTR | 1 969 | 0,115 ± 0,159 | 0,69 ± 0,10 |
| LL | 5 869 | 0,159 ± 0,174 | 0,82 ± 0,07 |

Tableau 4 Index DVP moyen des béliers indexés dans chacune des races étudiées et fiabilité des index (CD)

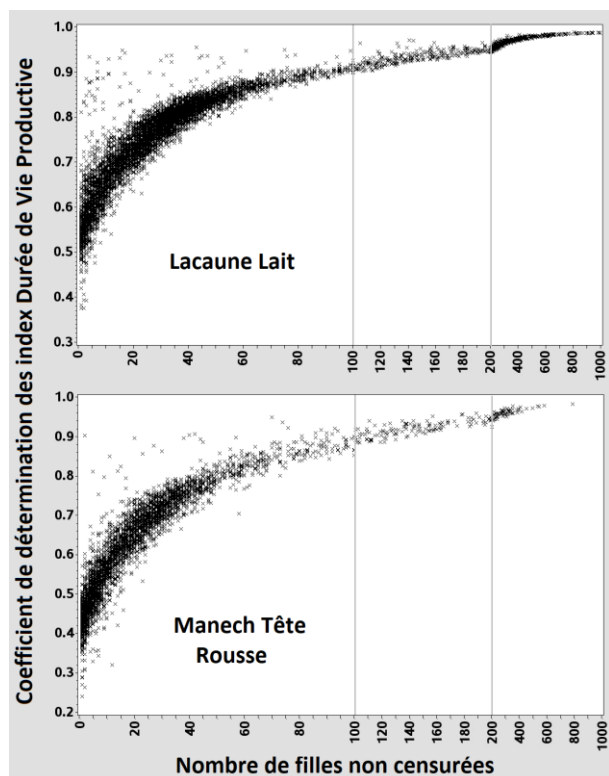


Figure 1 Evolution du coefficient de détermination des index durée de vie productive en fonction du nombre de filles non censurées par père en races Lacaune Lait et Manech Tête Rousse

L'évolution des CD montre cependant une forte variabilité en fonction du nombre de filles non censurées par père (figure 1) : plus un bélier a de filles dont la carrière est complète et plus son index longévité est précis. En Manech Tête Rousse, une dizaine de filles dont la carrière est entièrement connue sont nécessaires pour que le CD soit supérieur à 0,5 (c'est-à-dire quand le bélier a en moyenne 4 ans) tandis qu'en Lacaune, 4-5 filles suffisent pour atteindre ce seuil (soit vers 2-3 ans). En revanche, pour atteindre un seuil de CD plus élevé, il faut attendre la réforme d'un plus grand nombre de filles.

Enfin, afin de valider les index obtenus grâce aux analyses de survie, on a comparé les courbes de survie moyennes des filles des béliers extrêmes sur index DVP, parmi les béliers ayant un CD supérieur ou égal à 0,5 (figure 2). Quelle que soit la race étudiée, les béliers les mieux indexés sur index DVP (DVP+) présentent une meilleure courbe de survie que les béliers les moins bien indexés (DVP-). Ces résultats tendent donc à valider les index obtenus via le Kit de Survie.

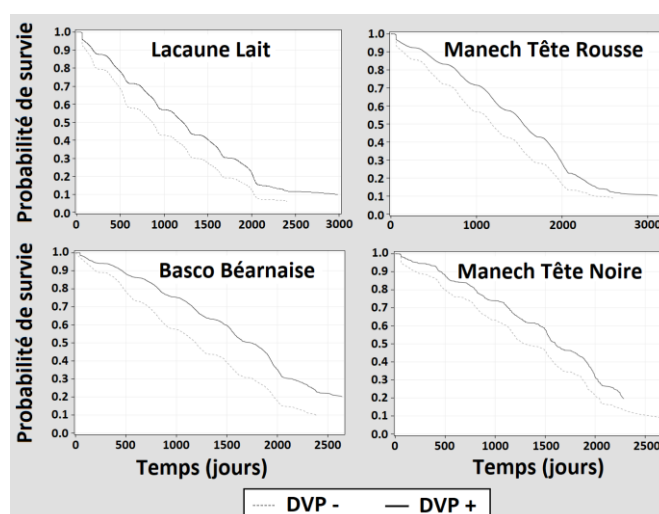


Figure 2 Etude des courbes de survie de deux groupes de béliers extrêmes sur index Durée de Vie Productive (DVP+ pour les meilleurs, DVP- pour les moins bien indexés) en Lacaune Lait, Manech Tête Rousse, Basco-Béarnaise et Manech Tête Noire.

2.3. CORRELATIONS ENTRE INDEX

Seules les corrélations entre index ont été étudiées : les résultats sont présentés sur la figure 3. Les corrélations obtenues sont globalement assez faibles. Les résultats observés pour le lait et les taux tendent à indiquer que la correction de la DVP par le niveau de production laitière dans le modèle d'indexation est incomplète. Il conviendrait d'améliorer le modèle en ajoutant des effets taux dans [Eq1] et ainsi mieux le corriger pour l'ensemble des caractères de production.

Enfin, les corrélations les plus importantes sont obtenues entre les index DVP d'une part et les index CCS (comptage de cellules somatiques) et mamelle d'autre part : les béliers ayant un bon index CCS (peu de cellules) et un bon index mamelle (surtout le plancher-jarret) tendent à avoir un bon index DVP, l'amélioration de ces caractères permettrait donc d'améliorer la longévité fonctionnelle.

Il s'agit cependant d'une première approche qui mériterait d'être complétée par une estimation des corrélations génétiques entre la DVP et les autres caractères selon l'approche de Tarrés *et al.* (2006).

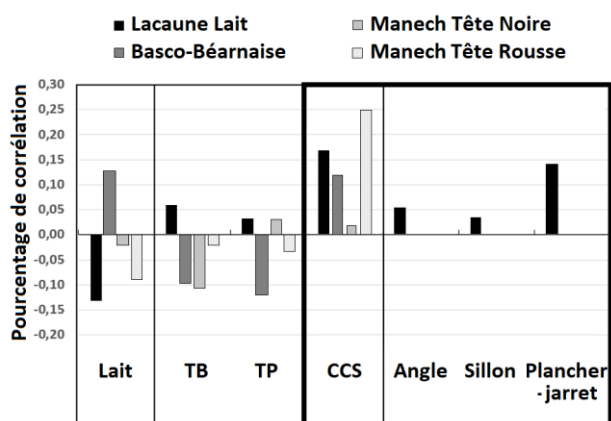


Figure 3 Corrélations entre l'index Durée de Vie Productive et les autres index élémentaires : Lait, Taux butyreux (TB) et protéique (TP), comptage de cellules somatiques (CCS), et conformation de la mamelle (disponibles uniquement en race Lacaune : angle, sillon et hauteur plancher-jarret)

2.4. EVOLUTION COMPAREE DE LA DVP ET DE L'INDEX DVP

Compte tenu de la proportion croissante de brebis dont la carrière est censurée à partir de 2008, cette étude n'a porté que sur la période 1990-2007. Les résultats sont présentés sur la figure 4.

La DVP est proche de 1 000 jours en Lacaune (soit 3 lactations), et 1 200 en Manech Tête Rousse (soit 4 lactations) et on observe peu d'évolution depuis le milieu des années 90. L'index longévité en revanche tend à diminuer en race Lacaune jusqu'au début des années 2000 (de 0,30 en 1992 contre 0,10 en 2002), avant de se stabiliser avec le démarrage des pointages mamelles puis l'intégration en 2005 des caractères fonctionnels liés à une meilleure longévité dans l'index de synthèse (CCS et conformation mammaire). La stabilité de la DVP constatée dans le même temps s'explique par des taux de renouvellement qui restent globalement identiques. Dans les races pyrénéennes, l'index DVP est quant à lui quasi stable, voire se dégrade très légèrement au cours du temps, sous l'effet de la sélection laitière (l'introduction des caractères fonctionnels dans ISOL est récente).

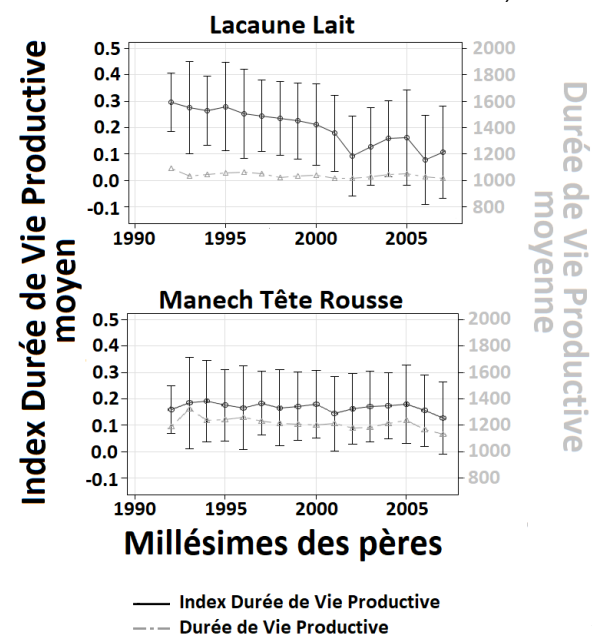


Figure 4: Evolution de la Durée de Vie Productive (en jours) et des index Durée de Vie Productive (moyenne et écart-type) en races Lacaune Lait et Manech Tête Rousse.

CONCLUSION

Le projet RUSTIC a permis de réaliser une première approche de la longévité fonctionnelle en brebis laitières. Les héritabilités sont proches des résultats connus en bovins laitiers et permettent d'envisager une sélection en routine. L'indexation de la DVP avec une analyse de survie donne des résultats cohérents, mais les modalités d'intégration dans l'index de synthèse ISOL doivent être réfléchies en regard des CD des jeunes béliers dont la valeur ne dépasse 0,5 que tardivement, lorsque ces derniers atteignent l'âge de 2 à 4 ans selon la race. L'étude des corrélations entre index montre un lien entre DVP et cellules somatiques et conformation mammaire. Il s'agit désormais de poursuivre ces études pour obtenir des corrélations génétiques. On pourra alors, en fonction des résultats, envisager une indexation de la longévité fonctionnelle combinée telle que réalisée en bovin lait. La DVP ainsi que d'autres caractères prédictifs de la longévité (CCS, fertilité...) sont tout d'abord indexés séparément (analyses de survie et modèle blup – best linear unbiased predictor), puis indexés ensembles dans un blup modèle animal multi caractères produisant les index combinés officiels. Ce type d'indexation permettra d'accroître la précision de l'index combiné par rapport à l'index DVP non combiné.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet CASDAR RT RUSTIC n° 1510

- Cox D.R., 1972.** J.R. Statist.Soc., B 34, 187-220.
Ducrocq V., 1992. INRA Prod. Anim., hors série Génétique quantitative, 205-207.
Ducrocq V., Sölkner, J., 1994. In: *5th World Cong. Genet. Appl. Livest. Prod.*, Dep. Anim. Poult. Sci., Univ. of Guelph, Guelph., Ontario, Canada, 22: 51-52
Ducrocq V., 2005. Anim. Sci. 80: 249-256.
Jenko J., Gorjanc G., Kovač M., Ducrocq V., 2013. J. Dairy Sci., 96: 8002-8013.
Mészáros G., Pálos J., Ducrocq V., Sölkner J., 2010. Genet. Sel. Evol., 42:13.
Phocas F., Ducrocq V., 2006. In: *8th World Cong. Genet. Appl. Livest. Prod.*, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 11: 03-13.
Prentice R.L., Gloeckler L.A., 1978. Biometrics, 34: 57-67.
Tarrés J., Piedrafita J., Ducrocq V., 2006. Genet. Sel. Evol., 38: 65-83.
Terawaki Y., Katsumi T., Ducrocq V., 2006. J. Dairy Sci., 89: 4058-406.