



**HAL**  
open science

## **RUSTIC – Vers une approche intégrée de la robustesse des petits ruminants**

Jean Michel Astruc, Catherine de Boissieu, Diane Buisson, Virginie Clement,  
Renée de Cremoux, Myriam Doucet, Helene Larroque, Isabelle Palhiere,  
Rachel Rupp, Mathieu Arnal, et al.

### ► To cite this version:

Jean Michel Astruc, Catherine de Boissieu, Diane Buisson, Virginie Clement, Renée de Cremoux, et al.. RUSTIC – Vers une approche intégrée de la robustesse des petits ruminants. *Innovations Agronomiques*, 2021, 82, pp.369-396. 10.15454/3c2s-aw55 . hal-03156026

**HAL Id: hal-03156026**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03156026>**

Submitted on 11 Jan 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License

## **RUSTIC – Vers une approche intégrée de la robustesse des petits ruminants**

**Astruc J.M.<sup>1</sup>, de Boissieu C.<sup>1</sup>, Buisson D.<sup>1</sup>, Clément V.<sup>1</sup>, de Crémoux R.<sup>1</sup>, Doucet M.<sup>1</sup>, Larroque H.<sup>2</sup>, Palhière I.<sup>2</sup>, Rupp R.<sup>2</sup>, Arnal M.<sup>1,2</sup>, Bossis N.<sup>1</sup>, Coppin S.<sup>1</sup>, Gautier J.M.<sup>1</sup>, Gousseau V.<sup>3</sup>, Jousseins C.<sup>1</sup>, Lagriffoul G.<sup>4</sup>, Legris M.<sup>1</sup>, Loywyck V.<sup>1</sup>, Martin P.<sup>3</sup>, Morin E.<sup>1</sup>, Robert-Granié C.<sup>2</sup>, Rostellato R.<sup>2</sup>, Tortereau F.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Institut de l'Élevage, F-75595 Paris Cedex 12

<sup>2</sup> GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, F-31326 Castanet-Tolosan

<sup>3</sup> Capgènes - Agropôle, F-86550 Mignaloux-Beauvoir

<sup>4</sup> Comité National Brebis Laitières – Institut de l'Élevage, F-31321 Castanet-Tolosan

**Correspondance** : jean-michel.astruc@idele.fr

### **Résumé**

Les schémas de sélection des petits ruminants ont successivement intégré dans leur objectif de sélection des caractères de production, puis des caractères fonctionnels, notamment de résistance aux maladies et de morphologie de la mamelle pour les animaux laitiers. Aujourd'hui, la volonté de sélectionner des caractères d'adaptation et de rusticité est croissante en ovins et caprins, dans un contexte de réduction des intrants, d'accroissement des contraintes agro-environnementales et de réchauffement climatique. Le projet s'est attaché à étudier deux caractères de rusticité fréquemment mis en exergue par les acteurs de la sélection : la longévité fonctionnelle et la persistance laitière. Pour chacun des caractères, les paramètres génétiques ont été estimés, les corrélations entre caractères calculés et des valeurs génétiques produites. En outre, une approche de la persistance, riche de promesse, basée sur la valorisation des contrôles élémentaires et des courbes de lactation, a été explorée en caprins. Les résultats montrent que la sélection génétique de la longévité fonctionnelle et de la persistance laitière est possible en petits ruminants. L'évaluation technico-économique a montré qu'elle était souhaitable, y compris au regard du revenu de l'éleveur. Afin d'anticiper puis de piloter les choix génétiques mais aussi sanitaires, un observatoire des causes de sortie des reproducteurs a été mis en place dans les trois filières à titre expérimental et sa faisabilité évaluée pour une utilisation à plus grande échelle. Ainsi une première hiérarchisation des causes de sortie a été établie et un cahier des charges proposé pour un déploiement plus massif.

**Mots-clés** : Ovins, caprins, longévité fonctionnelle, lactation, persistance, rusticité.

### **Abstract: Towards an integrated approach of robustness in small ruminants**

The breeding programs of small ruminants have successively included in their breeding objectives efficiency-related traits and then traits related with resistance to disease and udder morphology. There is now an increasing willingness to select for resilience or rusticity related traits. This is due to a growing concern in reducing the inputs, in anticipating the global warming consequences and keeping in line with the agroecology demand. This project studied two traits frequently highlighted by the stakeholders: functional longevity and milk yield persistency. For each trait, we assessed the genetic parameters, estimated the genetic correlations between traits and calculated breeding values. Additionally, a promising approach of persistency, based on valorisation of test-days and lactation curves, has been explored in goats. The results showed that selecting for functional longevity and persistency of the lactation is possible in small ruminants. The technical and economic assessment also underlined that it was desirable, especially when considering the breeders income. In order to anticipate and better pilot the genetic choices, an observatory of the culling causes of reproducers was implemented in dairy sheep

and goats and in meat sheep, on an experimental basis. Its feasibility was assessed with the view to extend it on a larger scale. A first hierarchy of the culling causes was established and specifications proposed for a more massive deployment.

**Keywords:** Sheep, goats, functional longevity, lactation, persistency, rusticity.

## Introduction

Au cours des dernières décennies, les acteurs des schémas de sélection des petits ruminants ont d'abord privilégié la sélection des caractères de production (productivité et qualité des produits), puis des caractères fonctionnels de morphologie (mamelles) et de santé (résistance aux mammites, à la tremblante). Aujourd'hui, les demandes autour de l'adaptation et d'une plus grande rusticité des ovins et caprins, dans un contexte de réduction des intrants et d'accroissements des contraintes agro-environnementales, prennent un relief particulier.

Par ailleurs, le développement de la sélection génomique, en ovins laitiers depuis 2015, puis en caprins à partir de 2018, a pour conséquence - et cela est déjà démontré en race Lacaune (Astruc, 2020) - d'augmenter l'efficacité de la sélection et le gain génétique réalisé sur les caractères déjà sélectionnés et ainsi de permettre l'introduction de nouveaux critères de rusticité et de résilience dans les objectifs de sélection.

Les notions de rusticité, robustesse, plasticité, flexibilité, résilience ont été souvent abordées (Sauvant et Martin, 2010). Nous avons opté pour l'emploi des termes de robustesse et surtout de rusticité en raison de leur usage récurrent sur le terrain et notamment par les éleveurs. On peut citer l'étude GENAE (Génétique et Agro-Écologie) qui, selon le résultat d'une enquête auprès d'éleveurs de toutes espèces, place la rusticité en 2<sup>ème</sup> position des aptitudes recherchées, juste derrière l'efficacité (ou production). Quant à définir des critères concrets de rusticité, nous nous sommes basés, en amont du projet, sur un compromis qui semblait se dégager en petits ruminants sur l'importance de la longévité (dans les trois filières) et sur l'intérêt de disposer d'animaux laitiers persistants (caprins et ovins laitiers). Bien d'autres indicateurs de longévité peuvent être cités, dont certains difficiles à appréhender (par exemple l'aptitude à la transhumance). La longévité et la persistance présentaient l'intérêt majeur de ne pas nécessiter de nouvelles mesures en ferme, mais de s'appuyer sur des informations accessibles dans les systèmes d'information disponibles. Toutefois, pour disposer d'une plus grande visibilité sur les défauts d'aptitudes en petits ruminants, nous avons souhaité mettre en place un observatoire des causes de sortie, dont on peut supposer qu'elles sont une image des défauts fonctionnels ou défauts de rusticité des races de petits ruminants dans leurs systèmes de production respectifs.

Un projet a été porté en ce sens par les Unités Mixtes Technologiques « Génétique pour un élevage durable de Petits Ruminants » (UMT GPR) et « Santé des troupeaux de petits ruminants » (UMT SPR) associant l'Institut de l'Élevage et INRAE (UMR GenPhySE, UMR IHAP) au sein d'équipes pluridisciplinaires et multi-espèces. Il a reposé sur un partenariat scientifique, technique et professionnel, grâce à l'appui du Comité National Brebis Laitières, de ses adhérents organismes de contrôle laitier (Confédération de Roquefort, Unotec, EDE 48, MET 81, CDEO, Organismes de Sélection de la Brebis Corse) pour les brebis laitières ; de Capgènes et de France Conseil Elevage pour les chèvres ; des Organismes de Sélection OS ROM, OS Mouton Charollais, GEODE, OSON pour les ovins allaitants.

Le programme de recherche s'est articulé autour de 4 axes de recherche finalisée :

- L'axe 1 s'est attaché à évaluer les conditions de construction d'un observatoire des causes de sortie et des événements sanitaires dans les trois filières de petits ruminants.
- L'axe 2 s'est focalisé sur la détermination de critères de longévité fonctionnelle, l'analyse génétique (incluant les relations entre caractères) et la production de valeurs génétiques de la longévité fonctionnelle.

- L'axe 3 s'est intéressé à la persistance de la lactation en ovins et caprins laitiers. La même démarche que pour la longévité fonctionnelle a été mise en œuvre : détermination d'indicateurs de persistance, déterminisme génétique, production de valeurs génétiques de la persistance, relations avec les autres caractères, dont la longévité fonctionnelle.
- L'axe 4 s'est inscrit dans une approche système et économie : quelle est l'incidence d'une amélioration de la longévité fonctionnelle et de la persistance (ou des deux) sur le fonctionnement du troupeau et de l'exploitation, ainsi que sur les résultats techniques et économiques des exploitations (revenu). En parallèle, dans l'optique d'une introduction de la longévité et/ou de la persistance dans le critère de sélection, une modélisation bioéconomique d'un troupeau a permis d'estimer le poids économique de ces caractères dans un élevage.

## 1. La mise en œuvre d'un observatoire des causes de sortie en petits ruminants

### 1.1 La construction d'une grille des causes de sortie et la mise en place d'un test sur le terrain

L'objectif était de mettre en place un observatoire des causes de sortie des ovins et caprins en se basant sur les données collectées dans les Systèmes Nationaux d'Information Génétique (SNIG) OVAL (pour les ovins allaitants), SIEOL (pour les ovins laitiers), SIECL (pour les caprins) et dans les logiciels éleveurs. Une exploration de l'existant a montré que seul SIEOL permettait déjà de collecter les causes de sortie. Dans OVAL et SIECL, les informations de sortie ne concernaient que la date et la destination (mort, abattoir, reproduction). Les grilles de causes de sortie ont été structurées de manière harmonisée en s'appuyant sur l'expérience acquise en ovin lait dans SIEOL. Toutefois, la grille a été enrichie (causes spécifiques aux béliers) et les spécificités filière ont été prises en compte.

Dans chaque filière, la construction de la grille s'est effectuée dans un effort constant de recherche d'un équilibre entre praticité et exhaustivité.

Trois niveaux de précision ont été définis : groupes (17 à 19 selon les filières), sous-groupes (sauf en ovin allaitant), causes. Les groupes sont généraux et permettent une entrée facilitée. Les causes correspondent à l'opposé à une étiologie fine du problème sanitaire suscitant la sortie de l'animal (Figure 1).

01	Mammites	01	mammite clinique	01	gangréneuse
01	Mammites	01	mammite clinique	02	mam avant mise bas
01	Mammites	01	mammite clinique	03	mam coliformes
01	Mammites	01	mammite clinique	04	mam listeria
01	Mammites	01	mammite clinique	05	mam mycoplasmes
01	Mammites	01	mammite clinique	06	divers
01	Mammites	02	altération du lait	01	sang dans le lait
01	Mammites	02	altération du lait	02	cailloux, bouchons
01	Mammites	02	altération du lait	03	flamèches
01	Mammites	02	altération du lait		Divers
01	Mammites	03	palpation	01	induration du pis / pis de bois
01	Mammites	03	palpation	02	bosses, nodules, abcès
01	Mammites	03	palpation	03	œdème
01	Mammites	03	palpation	04	Caev
01	Mammites	04	pis déséquilibré	01	lait d'un côté
01	Mammites	04	pis déséquilibré	02	pis déséquilibré
01	Mammites	04	pis déséquilibré	03	Caev
01	Mammites	05	cellules	01	niveau élevé / CMT
01	Mammites	05	cellules	02	index cellules
01	Mammites	99	divers	01	divers

Figure 1 : Extrait de la grille caprine pour le groupe « Mammites », avec de gauche à droite le groupe, le sous-groupe et la cause précise

Les logiciels éleveurs (CBI, Venus, Ovitel en ovins) ont été adaptés à la grille, une interface Web a été construite en caprins. Des élevages ont été recrutés dans les trois filières : 62 en ovin lait (issus des trois bassins x races : Lacaune, races ovines laitières des Pyrénées, Corse), 59 en ovin viande (races Ile-de-France, Mouton Charollais, BMC, Rouge de l'Ouest), 73 élevages en caprins (huit départements du Centre Ouest). La phase terrain qui s'est déroulée de fin 2016 à fin 2018 a permis de collecter les informations de 11733 sorties en ovin lait, 7413 en ovin allaitant, 15257 en caprins.

### 1.2 Hiérarchisation des causes de sortie en petits ruminants

Les dates de sortie sont généralement très bien renseignées (au-delà des 95 % des réformes).

La complétude et la précision quant au renseignement des causes de sortie se sont avérées très variables d'une filière à l'autre, d'une race ou d'un bassin à l'autre, et même d'un élevage à l'autre. Le taux de réforme dont on connaît la cause (quel que soit le niveau de précision) est de 70 à 75 % en ovin lait (selon les bassins), 50 % en ovin allaitant, 30 % en caprins.

Le tableau suivant (Tableau 1) met en exergue la hiérarchie comparée des causes de sortie entre filières de petits ruminants.

**Tableau 1** : Hiérarchie des causes de sortie par filière

Filière	Ovin lait	Ovin allaitant	Caprins
Cause 1	Caractère laitier : 28 %	Troubles digestifs : 24 %	Caractère laitier : 34 %
Cause 2	Mammites : 20 %	Mammites : 19 %	Sortie volontaire : 25 %
Cause 3	Reproduction : 13 %	Reproduction : 17 %	Reproduction : 13 %

En filière laitière, la production laitière demeure la première cause de réforme des animaux. En ovin lait, les mammites (auxquelles on pourrait adjoindre les problèmes de conformation de la mamelle) sont la 2<sup>ème</sup> cause, devant la reproduction. Les infections mammaires n'apparaissent pas en caprins dans les causes majeures. La notion de sortie volontaire en caprins représente des ventes de reproducteurs, en général des animaux jeunes. Dans ces cas, l'éleveur ne motive pas spontanément son choix de vendre préférentiellement tel ou tel animal plutôt qu'un autre. De manière surprenante, les causes principales de sortie en ovin allaitant sont les troubles digestifs (et plus particulièrement ceux liés au parasitisme interne) puis les mammites (lait d'un seul côté, mammites cliniques). Les défauts de production ne représentent que 9 % des sorties. Dans les trois filières, la reproduction apparaît en troisième position dans la hiérarchie des causes de sortie.

L'importance de la persistance laitière, qui figure au sein des causes de sortie associées au caractère laitier, semble très différente entre ovins et caprins laitiers : elle représente 10-20 % et 45 % des causes de sortie liées au caractère laitier respectivement en ovins et caprins. Les éleveurs caprins seraient donc bien plus sensibles que les éleveurs ovins lait à la persistance de la lactation.

Au sein des ovins laitiers, des différences entre bassins x races ont été mises en évidence. Notamment, le caractère laitier est très prédominant en Corse (47 % *versus* 20 à 25% dans les autres bassins de production) ; les mammites, les problèmes mammaires et la reproduction revêtent une importance forte en Lacaune (50 % *versus* 35 % en races Pyrénéennes et 10 % en Corse).

### 1.3 Comment perpétuer la collecte des causes de sortie et construire un observatoire pérenne ?

La mise en œuvre d'un test d'observatoire des causes de sortie sur le terrain dans près de 200 élevages a été riche d'enseignements. Nous avons pu déterminer une hiérarchie des causes de sortie qui constitue un résultat tout à fait nouveau. Mais nous avons également mis en évidence les difficultés de tenue de cet observatoire. Celui-ci repose sur la bonne volonté des éleveurs à renseigner de manière exhaustive

les causes. Le défaut d'exhaustivité constitue le facteur limitant, beaucoup plus que le défaut de précision (les trois strates de groupes, sous-groupes et causes permettent de compenser l'imprécision éventuelle).

Deux pistes pour construire un observatoire pérenne ont été évoquées :

- L'amélioration de la collecte au niveau des logiciels éleveurs afin de fluidifier et de rendre plus ergonomique la saisie des causes au sein d'une liste considérée comme longue et exhaustive. La collecte doit ensuite être stockée dans les SNIG. C'est le cas pour SIEOL, mais il faut développer le stockage et les interfaces avec les outils d'acquisition dans OVALL et SIECL.
- La valorisation des informations de causes de sortie pour les éleveurs, afin de les inciter à les renseigner de manière exhaustive et aussi précise que possible. Deux axes sont envisagés : une synthèse des données liées à la sortie (causes, dates) avec une comparaison aux années précédentes ; des éléments de benchmarking permettant à l'éleveur de se comparer à ses pairs (groupe d'élevage de même race ou même bassin de production ou même système d'élevage). Ceci nécessite de stocker les indicateurs synthétiques liés aux causes de sortie et de les compiler pour la typologie appropriée afin de les mettre à disposition du technicien, du vétérinaire et de l'éleveur. Un cahier des charges a été rédigé à cet effet. En termes d'appui, les valorisations doivent susciter des discussions entre éleveurs et techniciens ou vétérinaires en vue d'une amélioration éventuelle de la situation zootechnique ou sanitaire.

Dans le cadre du projet, les éleveurs participants ont tous reçus, à deux reprises, une fiche de synthèse dont un extrait figure ci-dessous (Figure 2).

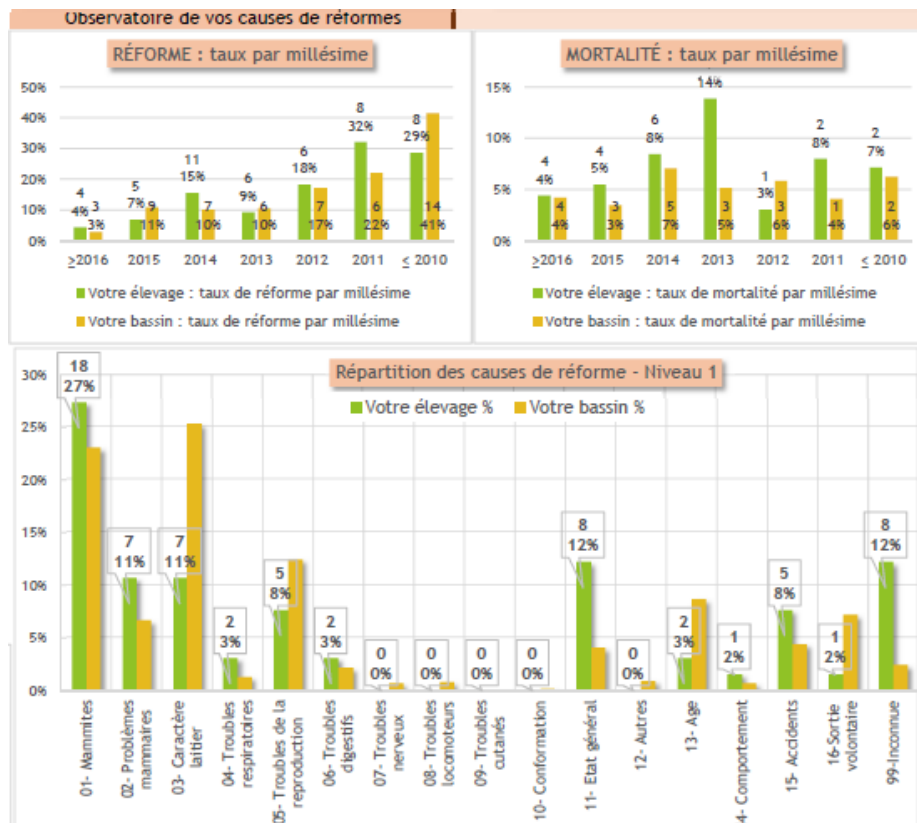


Figure 2 : Extrait d'une fiche de synthèse d'un élevage ovin lait

Outre l'intérêt évident pour les éleveurs pour le pilotage et le suivi de leur troupeau, l'observatoire est un outil indispensable pour suivre les évolutions des hiérarchies de causes de réforme, afin d'éventuellement adapter les critères de sélection. A titre d'exemple, l'importance des causes de sortie pour des motifs de parasitisme interne en ovin allaitant doit interroger sur la prise en compte de la résistance au parasitisme dans l'objectif de sélection des races.

## 2. L'amélioration génétique de la longévité fonctionnelle est possible en petits ruminants

La longévité fonctionnelle traduit l'aptitude des femelles à retarder leur réforme pour des raisons autres que le seul niveau de production (fertilité, reproduction, résistance aux maladies...). La sélection d'un tel caractère permettrait à l'éleveur de mieux maîtriser les causes de réforme au lieu de les subir.

### 2.1 Détermination d'un phénotype pertinent de la longévité basé sur les données disponibles dans les SNIG

Nous avons exploré les SNIG de petits ruminants pour en extraire les informations les plus pertinentes pour décrire les variables de longévité.

En ovins et caprins laitiers, on s'est appuyé sur les données du contrôle laitier officiel (CLO) en mobilisant les informations suivantes : dates de naissance, de 1<sup>ère</sup> mise-bas, du dernier contrôle connu ou du dernier événement zootechnique connu, durée de traite ou de lactation. En ovins allaitants, les données utilisées ont été les dates de naissance, de 1<sup>ère</sup> et dernière mise-bas. L'étude a porté en ovins lait sur les races Corse, Races Ovines Laitières des Pyrénées (ROLP) et Lacaune, en caprins sur les races Alpine et Saanen, en ovins allaitants sur les races Ile-de-France, BMC et Préalpes du Sud. Différents critères ont été calculés et testés (Tableau 2).

**Tableau 2** : Description des différents critères de longévité étudiés par filière

Critère de longévité fonctionnelle et définition	Ovins lait	Caprins	Ovins allaitants
Durée de Vie Productive (DVP) ou nombre de jours séparant la 1 <sup>ère</sup> mise-bas de la réforme	X	X	X
Nombre de jours de traite (DTR) ou cumul du nombre de jours de traite sur l'ensemble de la carrière	X	X	
Cumul du nombre de jours de traite à un âge donné (3 à 6 ans)	X	X	
Rapport entre DTR et DVP	X		
Rapport entre DTR et la durée de vie vraie	X		
Nombre de lactations ou de mises-bas		X	X

Les différents critères calculés à l'échelle de la carrière des femelles sont fortement corrélés mais la durée de vie productive (DVP) semble le critère le plus intéressant car son coefficient de variation élevé témoigne d'une grande variabilité dans la population (propice à la mise en place d'une sélection). Les critères précoces sont de moindre intérêt car, d'une part, ils reflètent modérément la longévité mesurée à l'échelle de la carrière et, d'autre part, ils sont moins variables. Par la suite, nous considérerons donc les résultats obtenus avec la DVP.

L'exploration des données a permis de pointer et de quantifier les individus dont les carrières sont entièrement connues (carrière terminée), tronquées ou censurées (animaux non encore réformés ou appartenant à un troupeau disparaissant du contrôle laitier).

### 2.2 L'analyse génétique de la longévité fonctionnelle

L'analyse génétique a permis, d'une part, d'estimer les paramètres génétiques de la longévité fonctionnelle, et d'autre part, de réaliser une évaluation génétique afin de disposer d'index pour les animaux.

L'approche a été successivement réalisée en modèle linéaire puis en modèle de survie.

Une première étude de la longévité fonctionnelle a été réalisée en modèle linéaire dans chacune des trois filières étudiées. Cette approche de la longévité fonctionnelle est intéressante car les modèles sont relativement simples, mais elle ne permet pas la prise en compte ni des variables dépendantes du temps,

ni des données tronquées ou censurées. L'utilisation du modèle linéaire implique la suppression des individus dont les carrières sont incomplètes et ne permet donc pas une indexation précoce de la longévité fonctionnelle (voir Palhiere *et al.*, 2018, pour les résultats caprins).

Nous ne présentons ici que brièvement les résultats en modèle linéaire pour les ovins allaitants (Talouarn, 2018). Les héritabilités estimées en races Ile-de-France, BMC et Préalpes du Sud sur la variable DVP sont très faibles : 4,6 % en Ile-de-France ; 4,5 % en BMC ; 5,8 % en Préalpes du Sud. Cette faible part de variance génétique indique qu'une sélection sur la DVP en ovins allaitants sera difficile.

En ovins et caprins laitiers, les résultats peu satisfaisants (héritabilité faible, indexation tardive dans la carrière des mâles car peu de filles ont terminé leur carrière lorsque le mâle est encore jeune, mauvaise correction pour les facteurs dépendant du temps tels que la production laitière) ont incité rapidement à délaisser le modèle linéaire pour un modèle de survie.

Une deuxième étude de la longévité fonctionnelle a été réalisée en modèle de survie dans les filières ovine laitière et caprine. Cette approche de la longévité fonctionnelle est intéressante car, bien que les modèles soient plus compliqués, elle permet la prise en compte des variables dépendantes du temps et des données tronquées ou censurées. Pour chacune des deux filières, ovins laitiers et caprins laitiers, une chaîne de programmes permettant l'estimation des paramètres génétiques et l'évaluation génétique avec un modèle de survie a été constituée. Le logiciel utilisé est le kit de survie (Ducrocq et Solkner, 1994). Ces chaînes ont été appliquées aux quatre races ovines laitières majeures et aux deux races principales caprines. Les analyses de survie réalisées se sont appuyées sur le modèle de Weibull, très proche de celui utilisé pour l'évaluation génétique en bovins laitiers (Ducrocq, 2005).

Le modèle permet de considérer des risques de réforme de base différents en fonction du numéro de lactation (caprins et ovins), voire du stade de lactation (caprins).

Les effets d'environnement considérés comme des effets fixes indépendants du temps sont l'âge à la 1<sup>ère</sup> mise bas, la région (en caprins seulement). Les effets fixes dépendants du temps sont la classe de production laitière, le niveau de taux de matière grasse (caprins seulement) et le niveau de taux protéique (caprins seulement), la taille de portée (ovins seulement), la taille de cheptel et l'évolution de la taille de cheptel.

On considère l'effet aléatoire cheptel \* campagne (dépendant du temps), modélisé avec une loi log-gamma.

Pour l'effet génétique, on considère un modèle père-grand-père maternel car la taille importante du jeu de données utilisé ne permet pas une analyse en modèle animal.

Seule la DVP a été étudiée car elle semblait la variable de longévité la plus pertinente en modèle linéaire et très adaptée à une analyse de survie.

Les estimations des paramètres génétiques sont présentées dans le Tableau 3.

**Tableau 3** : Paramètres génétiques estimés en ovins lait (OL) et caprins (CAP) avec le kit de survie pour le critère DVP

Espèce	Race	Nombre de femelles	% censure	Variance père	Gamma	Héritabilité
OL	BB	25 140	41%	0,081	2,49	14,2 %
OL	MTN	11 950	42%	0,042	1,67	6,6 %
OL	MTR	138 295	34%	0,055	3,05	11,2 %
OL	Lacaune	563 899	27%	0,081	3,14	17,5 %
CAP	Alpine	420 000	16%	0,048	1,58	9,1 %
CAP	Saanen	280 000	12%	0,048	1,88	10,2 %

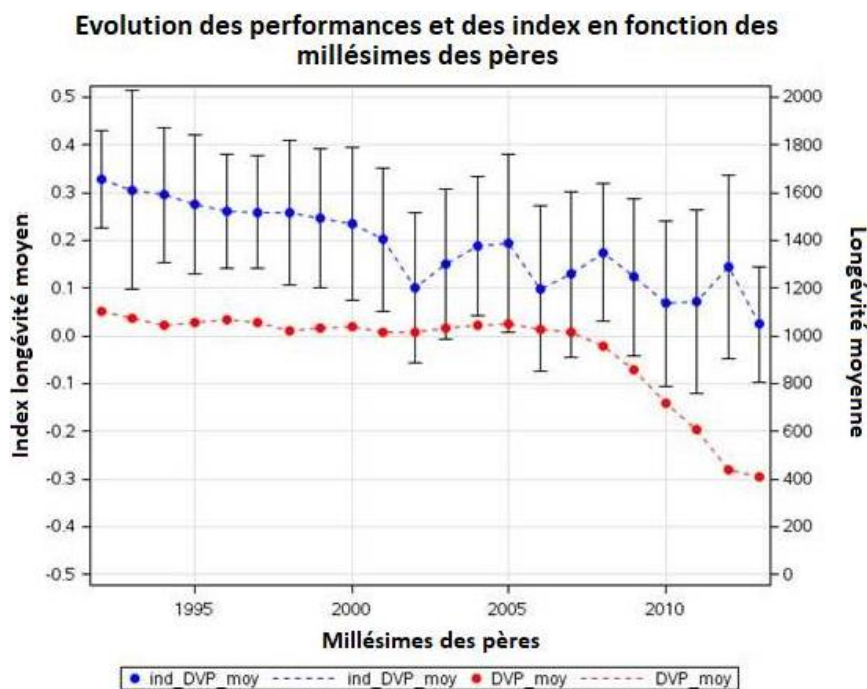


On observe des héritabilités de la DVP qui se situent autour de 0,09-0,15, très nettement améliorées en ovins lait (Buisson *et al.*, 2020) et modérément améliorées en caprins en comparaison de celles obtenues en modèle linéaire. Ces valeurs sont proches de celles obtenues en bovins laitiers en France par Jenko *et al.*, en 2013 (entre 0,09 et 0,12), Bien que ces héritabilités restent relativement faibles, elles laissent tout de même entrevoir la possibilité de sélectionner ce caractère.

Un index traduisant le risque de réforme est également fourni en sortie du Kit de Survie. Un index élevé traduit un risque de réforme plus faible, donc un animal avec une meilleure longévité, tandis qu'un index négatif traduira un risque de réforme élevé, et donc une moins bonne longévité. L'analyse de survie permet d'indexer des mâles plus jeunes qu'en modèle linéaire, avec une précision nettement meilleure.

L'évolution des coefficients de détermination (CD) en fonction du nombre de filles non censurées montre que plus le mâle a de filles dont la carrière est totalement connue et plus son index longévité est précis. Avec 20 à 50 filles dont la carrière est terminée et entièrement connue, le CD est assez variable et oscille entre 0,50 et 0,75. Avec plus de 50 filles connues, le CD est plus stable et varie entre 0,70 et 1.

L'analyse des index par année de naissance de mâles montre qu'il n'y a pas, en caprins, d'évolution au cours du temps. La dégradation phénotypique observée n'est pas due à la génétique. Par contre, en ovins laitiers Lacaune, on observe, à l'inverse, une stabilité de la longévité observée mais une diminution des index de longévité fonctionnelle (Buisson *et al.*, 2020). Celle-ci peut s'expliquer par la progression génétique forte sur les caractères de production qui a impacté négativement les caractères fonctionnels. Ceux-ci ont été intégrés en 2006 et l'effet commence à se faire sentir (Figure 3).



**Figure 3** : Evolution de la DVP (DVP\_moy) et des index DVP (ind\_DVP\_moy) en race Lacaune. Attention, la baisse de longévité observée dans la partie grisée est essentiellement due à la présence de données censurées de plus en plus nombreuses quand on approche des années récentes.

On visualise bien l'intérêt d'utiliser un modèle de survie afin d'évaluer des mâles récents. Malgré tout, les millésimes les plus récents n'ont pas d'index longévité car ils n'ont pas au moins 20 filles réformées. Donc d'un point de vue pratique, un mâle d'insémination artificielle aura un index longévité fiable assez tardivement dans sa carrière si on applique un tel modèle. On peut espérer que la prise en compte des données génomiques dans l'indexation et/ou l'application d'un modèle multi-caractères avec des prédicteurs de la longévité (morphologie de la mamelle, résistance aux infections mammaires, reproduction) permettront de disposer plus rapidement de valeurs génétiques plus précises.

### 3. L'amélioration génétique de la persistance laitière est possible en petits ruminants

La persistance laitière est une aptitude régulièrement mentionnée par les éleveurs de petits ruminants lorsqu'ils évoquent la rusticité. Par ailleurs, les résultats issus de l'observatoire pilote des causes de sortie ont bien montré l'importance de la persistance en caprins.

Comme pour la longévité fonctionnelle, la persistance peut s'analyser à partir des informations de contrôle laitier déjà présentes dans les bases de données génétiques. Nous avons décliné deux approches : l'une classique à partir de phénotypes à la lactation, l'autre plus exploratoire basée sur la modélisation des courbes de lactation à partir des contrôles élémentaires.

#### 3.1 La persistance laitière selon une approche à la lactation

Trois groupes de variables ont été utilisés pour évaluer la persistance laitière :

- Les variables liées à la variabilité des contrôles : écart-type des contrôles ou STD, rapport entre production maximale et production moyenne ou RAPPORT, coefficient de variation des contrôles ou CV (rapport entre l'écart-type des contrôles et la production moyenne). La lactation d'une chèvre ou d'une brebis sera d'autant plus persistante que la valeur calculée sera faible.
- La méthode des « ratios » (RATIO\_AIRE) : la courbe de lactation est découpée en plusieurs parties et un rapport des aires sous la courbe est calculé. Il est possible par exemple de découper la courbe en trois parties et de calculer les rapports suivants : aire 100-200/aire 0-100 ou aire 200-300/aire 100-200. Ces critères ont été calculés en chèvres seulement. Pour des chèvres avec des lactations persistantes, la valeur de ces critères doit être proche de 1.
- La pente de la courbe de lactation (PENDE), calculée seulement en chèvres, correspond au coefficient de régression entre la production et le stade de lactation (après 50 jours de lactation). Plus la pente est faible, plus la lactation de la chèvre est persistante.

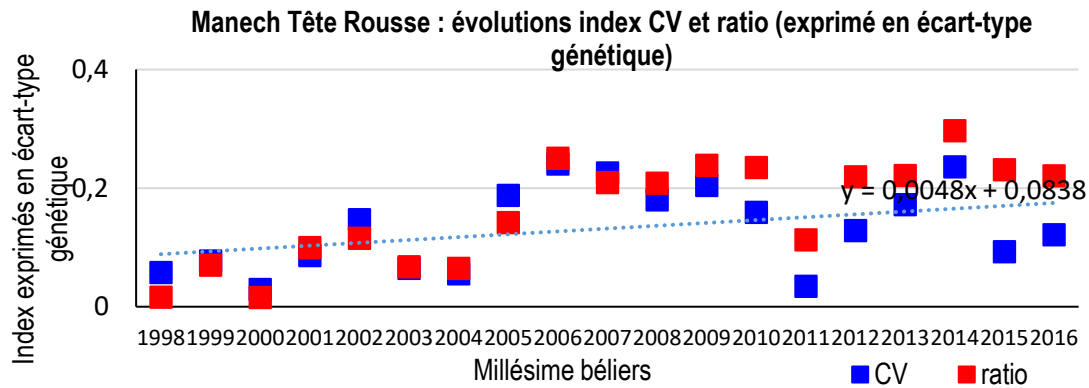
Les paramètres génétiques ont été estimés pour l'ensemble des critères, avec comme objectif de déterminer le critère le plus héritable et le moins corrélé avec la production laitière. Les logiciels d'estimation de ces paramètres ont été Wombat (Meyer, 2007) en caprins et VCE (Neumaier et Groeneveld, 1998) en ovins.

En caprins, les trois critères les plus hértables sont le CV ( $h^2 = 0,18$ ), les RATIO\_AIRE ( $h^2$  entre 0,12 et 0,18 selon la race et le type d'aire) et la PENDE ( $h^2 = 0,13$ ). Les hérabilités de STD et de RAPPORT sont plus faibles. Les caractères les moins corrélés génétiquement avec le lait sont le CV et la PENDE avec des corrélations légèrement négatives comprises entre 0 et -0,2. En conclusion, le CV et la PENDE apparaissent être des critères intéressants pour la persistance laitière selon une approche lactation : ils ont l'hérabilité la plus élevée et la corrélation génétique avec la production laitière la plus faible.

En ovins, le CV est le critère le plus héritable avec le RAPPORT (entre 0,10 et 0,15 selon la race). Il a par ailleurs une variabilité génétique plus importante que le RAPPORT (coefficient de variation du CV génétique de l'ordre de 10 % vs 5 % pour le RAPPORT). Le CV présente la corrélation génétique avec le lait la plus faible. Elle est favorable (autour de +0,3) ce qui traduit bien la relation génétique positive entre quantité de lait et persistance, alors que la relation phénotypique est de l'ordre de 0. De ces constatations, on peut conclure que le CV est le critère de persistance à la lactation le plus pertinent en ovins.

L'évaluation génétique réalisée en ovins laitiers (logiciel GENEKIT, Ducrocq, 1998) a permis de montrer, en comparant les différents millésimes de béliers entre eux, que la persistance s'est améliorée avec la sélection laitière, comme l'illustre la Figure 4 en race Manech tête rousse.

L'amélioration de la persistance au fil du temps est de l'ordre de 0,05 écart type génétique en 10 ans (à comparer à 1,5 écart type génétique pour le lait).



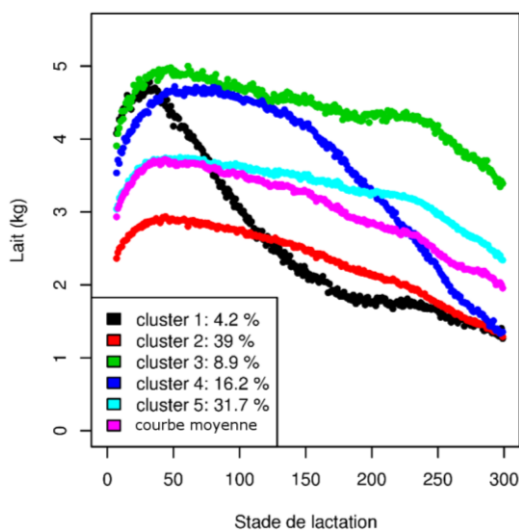
**Figure 4** : Evolution des index persistance (CV et RAPPORT – appelé ratio sur le graphique) au cours du temps en race Manech tête rousse

### 3.2 En caprins, la persistance laitière selon une approche exploratoire basée sur les contrôles élémentaires

Il s'agissait ici de réaliser une étude exploratoire, à des fins génétiques, de mise en œuvre d'un modèle de régression aléatoire pour modéliser les quantités de lait, de matières grasse et protéique ainsi que les TB et TP à partir de chacun des contrôles élémentaires, en estimant conjointement l'évolution des effets génétiques et d'environnement tout au long de la lactation. L'espèce caprine dont les courbes de lactation sont plus complexes à modéliser, car sans écrêtement du pic de lactation par une phase d'allaitement, a servi ici d'espèce modèle.

#### 3.2.1 La variabilité des formes de courbes de lactation caprine résumée en cinq grands types

Une analyse en composantes principales sur un jeu de données comprenant 2 231 720 contrôles issus de 319 975 lactations, de 213 534 chèvres a permis de résumer la forme des courbes de lactation suivant trois composantes principales : la première représentait le niveau, la deuxième la persistance laitière et la troisième rendait compte de la production en milieu de lactation. Puis à partir des scores de chaque courbe de lactation issus de l'ACP, les lactations ont pu être regroupées en cinq clusters ou groupes. La plupart des courbes de lactation ont une forme similaire à la courbe moyenne, cependant 30 % des lactations se répartissent en trois groupes particuliers (clusters 1, 3, et 4 sur la Figure 5) avec un niveau de production plus élevé au pic et une persistance laitière différente selon chacun des trois clusters (Arnal *et al.*, 2018).



**Figure 5** : Courbes de lactation moyennes sur l'ensemble des données (en rose) et selon chaque cluster (Source M. Arnal)

### 3.2.2 Estimation des paramètres génétiques

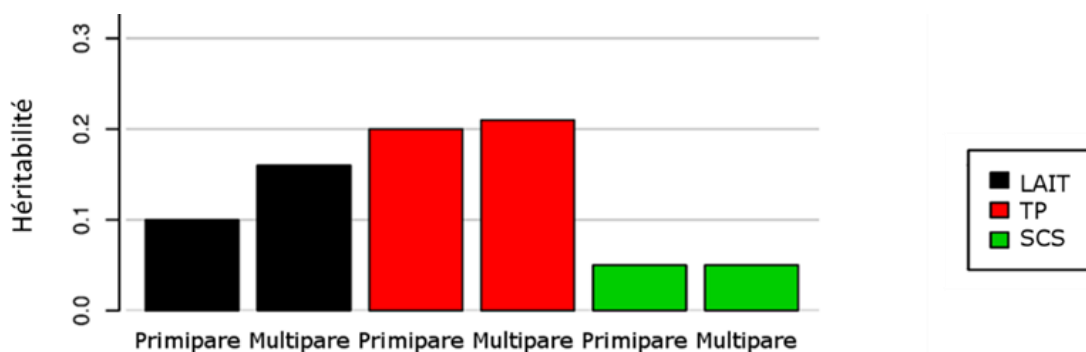
La modélisation des quantités et des taux a porté sur des données de premières lactations dans un premier temps (193 226 et 205 841 contrôles élémentaires de 30 186 et 32 256 premières lactations de chèvres Saanen et Alpine, toutes issues d'un protocole de contrôle des deux traites journalières). Le modèle de régression aléatoire comprenait l'effet troupeau x jour de contrôle, les effets année x facteurs environnementaux (âge à la mise bas et mois de mise bas). De plus, l'évolution tout au long de la lactation de l'impact des facteurs environnementaux (âge à la mise bas, mois de mise bas, stade de gestation) a été modélisée grâce à des splines, celle des effets aléatoires génétiques et d'environnement permanent de l'animal par des polynômes de Legendre. Ce modèle comprenait également des variances hétérogènes fonctions de neuf classes de stade de lactation.

Les paramètres génétiques ont été estimés par la méthodologie REML en utilisant le logiciel Wombat (Meyer, 2007). Les héritabilités ont été calculées pour chaque caractère tout au long de la lactation avec les modèles de régression aléatoire et comparées à celles obtenues avec un modèle à la lactation pour une production laitière totale calculée sur 250 jours. Quel que soit le modèle de régression aléatoire utilisé, ces estimations sont très proches de celles du modèle à la lactation.

Le modèle mis au point permet également de résumer la lactation en ces deux principales composantes de manière indépendante : le niveau moyen de production de la lactation et la persistance laitière, et d'obtenir des paramètres génétiques pour ces composantes. Ainsi, l'héritabilité de la persistance est de l'ordre de 0,18 pour le TP et proche de 0,10 pour les autres caractères. Il est donc possible d'obtenir des valeurs génétiques pour ces deux paramètres de la lactation avec une corrélation génétique proche de 0 entre eux par construction (Arnal *et al.*, 2019).

Dans un second temps, nous avons montré qu'il était possible de combiner les données des protocoles de type A4 (2 traites journalières) et alternés de type AT dans une évaluation contrôles élémentaires en prenant en compte l'effet du type de données dans le modèle de régression aléatoire (sur la moyenne et sur la variance).

Le modèle mis au point pour l'estimation des paramètres génétiques en première lactation a été étendu pour l'estimation des paramètres génétiques lors des trois premières lactations (Arnal *et al.*, 2020a). Les corrélations génétiques entre deuxièmes et troisièmes lactations pour le niveau comme pour la persistance pour tous les caractères sont très élevées (> 0,90). Elles sont plus faibles entre premières et deuxièmes ou entre premières et troisièmes lactations, notamment pour les quantités de lait et de matière pour lesquels elles sont de l'ordre de 0,60. Les niveaux très élevés des corrélations génétiques entre deuxièmes et troisièmes lactations ont permis de simplifier le modèle en modélisant ensemble ces deux parités (multipares). Les héritabilités de la persistance sont de l'ordre de 0,10 pour le lait et les matières en primipares, 0,15 pour les multipares, de l'ordre de 0,20 pour les taux de matière grasse et protéique et de 0,05 pour les comptages de cellules somatiques (CCS) (Figure 6).



**Figure 6** : Héritabilité de la persistance en Saanen pour le lait, le TP et les cellules somatiques (scores SCS), selon un modèle avec modélisation primi/multipares (Source M. Arnal)

A la suite de cette estimation de paramètres génétiques, une évaluation génomique à partir des contrôles élémentaires a pu être réalisée avec le logiciel Blupf90iod2 (Misztal *et al.*, 2002). Il a été ainsi possible d'obtenir pour chaque reproducteur des valeurs génomiques (ou index) pour les niveaux de production et la persistance, ainsi que des valeurs génomiques journalières pour chaque caractère de production et les CCS.

### 3.3 Corrélations génétiques entre longévité, persistance et autres caractères

Les relations génétiques ont été estimées entre les différents caractères, via des corrélations génétiques ou des corrélations entre index : longévité fonctionnelle, persistance, caractères laitiers, comptages de cellules somatiques, postes de morphologie de la mamelle et de morphologie fonctionnelle. La relation avec la fertilité a été abordée au plan génétique en caprins seulement. En ovin, elle a été abordée au plan phénotypique.

#### 3.3.1 Longévité et autres caractères

Les relations entre longévité (DVP-modèle de survie) et quantités de lait et de matières sont légèrement négatives (entre -0,1 et 0) en ovins laitiers, et quasi nulles en caprins. Les relations entre longévité et taux sont légèrement positives en Lacaune et en caprins. La prise en compte du niveau laitier dans le modèle d'indexation ne permet pas de corriger complètement pour le niveau de production laitière en ovins laitiers et pour les taux dans les deux espèces (Buisson *et al.*, 2020 pour les résultats ovins). Avec l'approche contrôles élémentaires de la modélisation des formes de courbes de lactation, la longévité est corrélée avec le niveau de production laitière, négativement en primipares mais positivement en multipares.

La longévité est reliée favorablement avec les cellules somatiques et la morphologie de la mamelle (surtout la position du plancher). La relation la plus forte est avec les cellules somatiques. Il est donc clair qu'en sélectionnant sur la résistance aux cellules somatiques et en améliorant la conformation mammaire, on tend donc à améliorer la longévité fonctionnelle.

Aussi bien en caprins qu'en ovins laitiers, l'objectif de sélection actuel, qui intègre les caractères de production laitière et les caractères fonctionnels de santé et morphologie de la mamelle, n'a pas d'impact sur la longévité fonctionnelle comme en témoigne la corrélation nulle entre index DVP et index ICC (caprins) et ISOL (ovins laitiers Lacaune).

En caprins, la longévité est favorablement corrélée à la fertilité à l'IA et défavorablement à la vitesse de traite (débit 1<sup>ère</sup> minute).

#### 3.3.2 Persistance et autres caractères

En ovins laitiers, les corrélations génétiques sont modérément favorables entre la persistance et les quantités de lait et de matières (ainsi qu'avec la surface d'attache de la mamelle). Elles sont faiblement défavorables entre la persistance et les autres caractères (sauf sillon). La sélection laitière (critère principal de sélection) améliore donc la persistance calculée « à la lactation ». La sélection pour les caractères fonctionnels dégrade la persistance.

Toujours en ovins laitiers, on observe des corrélations légèrement défavorables entre l'index persistance et le phénotype fertilité à l'IA. Cela correspond au fait que pour des brebis qui arrivent à la lutte avec une production laitière élevée, la concurrence entre les fonctions de production et de reproduction est encore forte.

En caprins, l'utilisation des modèles contrôles élémentaires permet de calculer des corrélations entre index journaliers pour les boucs pour des caractères évalués de la même manière. C'est le cas par exemple entre les cellules et le lait, où on remarque que la corrélation entre cellules et lait est positive en première lactation puis devient négative après le début des lactations suivantes.

De même avec ce modèle, des corrélations entre index persistance et caractères de niveau ont pu être calculées : ainsi, si la persistance laitière est indépendante du niveau laitier par construction, le TP est faiblement corrélé à la persistance de la quantité de lait (Arnal *et al.*, 2020).

### 3.3.3 Longévité et persistance

Les corrélations entre index sont légèrement favorables entre persistance et longévité, tant en caprins qu'en ovins laitiers. En approche contrôles élémentaires, la persistance laitière en primipares comme en multipares est toujours corrélée positivement avec la longévité (Arnal *et al.*, 2020b). Les deux caractères de rusticité étudiés dans RUSTIC semblent donc aller dans le même sens, même si le lien est faible. Des animaux dont la lactation est plus plate et dont le pic est diminué ont tendance à avoir une longévité supérieure.

## 4. L'incidence technico-économique de l'amélioration de la longévité fonctionnelle et de la persistance laitière sur les élevages

### 4.1 *Utilisation du dispositif des cas-types*

L'incidence technico-économique d'une amélioration de la longévité fonctionnelle des brebis et des chèvres et/ou d'une amélioration de la persistance des brebis et des chèvres a été évaluée à l'aide de cas-types, décrits dans le cadre du dispositif INOSYS Réseaux d'élevage (INOSYS - Réseaux d'Élevage, 2016). Par ailleurs, une modélisation bioéconomique basée sur la méthodologie OSIRIS a permis de proposer des poids économiques à la longévité fonctionnelle et à la persistance.

Le questionnement qui a entouré la définition du critère pour caractériser la longévité fonctionnelle des brebis et des chèvres mérite qu'on s'y attarde quelques lignes. L'amélioration de la longévité fonctionnelle suppose une amélioration globale des aptitudes fonctionnelles des animaux, c'est-à-dire une aptitude à diminuer / retarder les réformes subies. Autrement dit, des brebis et chèvres ayant une meilleure longévité fonctionnelle auront une meilleure résistance aux différentes maladies, et notamment les infections mammaires, auront de meilleurs résultats de reproduction (fertilité, facilité de mise-bas, moins d'avortement), auront une meilleure aptitude à la traite (pour les animaux laitiers). Cette diminution des réformes subies pourra être mise à profit dans 2 directions : réformer un plus grand nombre d'animaux sur les caractères de production qui augmentent le revenu (quantité de lait ou de viande, meilleure qualité des produits) ou garder les animaux plus longtemps dans l'élevage (augmenter la longévité vraie et donc diminuer le taux de renouvellement). Entre les 2 voies, il est difficile d'imaginer ce que feraient effectivement les éleveurs, quelle voie ils privilégieraient. Une analyse de l'évolution du taux de renouvellement dans les cinq races ovines laitières montre qu'en moyenne, il n'y a pas eu d'évolution au cours des 20 dernières années. On peut donc supposer que les deux voies seraient utilisées, avec une pondération entre les deux difficile à préciser. Pour caractériser une amélioration de la longévité, il nous est apparu très difficile de quantifier pour les simulations les améliorations des aptitudes fonctionnelles (comment la traduire ? quel niveau d'amélioration ?). Il s'agit bien évidemment d'une limite à notre approche, assumée par les auteurs et les partenaires. Par conséquent, nous avons traduit une amélioration de la longévité fonctionnelle par la seule diminution du taux de renouvellement.

Quatre cas-types ont été retenus en ovins lait, 4 en caprins et 6 en ovins viande. L'impact de la longévité a été estimé dans les 3 filières, celui de la persistance en ovins et caprins laitiers.

#### 4.1.1 Longévité

En ovins lait et en caprins, les simulations d'une baisse du taux de renouvellement suite à une amélioration de la longévité fonctionnelle des brebis/chèvres montrent une amélioration des revenus disponibles par unité de main-d'œuvre de 2 à 8 % en ovins lait et de 7 à 15 % en caprins, selon le système d'exploitation. Ce résultat s'explique par (1) une hausse du volume de lait produit (ou un maintien dans le cas du système Pyrénéen où la 1<sup>ère</sup> mise-bas des agnelles a lieu à deux ans), (2) une légère baisse

des charges opérationnelles de l'atelier, notamment du fait des économies d'aliments achetés pour les agnelles/chevrettes de renouvellement.

En ovins allaitants, diminuer le taux de renouvellement de cinq points se traduit dans tous les systèmes étudiés par une légère amélioration économique. Cette amélioration est quasi intégralement due à la vente des agnelles (boucherie ou reproduction) qui auraient dû être conservées pour le renouvellement (systèmes avec auto-renouvellement). Pour les systèmes avec achat, le différentiel économique est lié à l'économie réalisée par un moindre recours à l'achat d'agnelles. Les écarts de coûts d'alimentation sont peu importants, et ce d'autant plus si la phase d'élevage des agnelles de reproduction se fait au pâturage et que l'âge à la première mise-bas est précoce.

Dans la réalité, une sélection génétique sur la longévité fonctionnelle pourrait davantage se traduire par un compromis entre une pression de sélection plus élevée sur les caractères de production et une baisse des réformes subies sur les défauts fonctionnels des femelles. Cette hypothèse, difficile à simuler en l'état sur des cas-types, se traduirait alors par une amélioration des critères de sélection (productivité numérique et laitière, MSU du lait, cellules) à taux de renouvellement équivalent. Par ailleurs, cette analyse à l'exploitation ne prend pas en compte l'augmentation de l'intervalle de génération qui pourrait affecter l'efficacité du schéma de sélection.

#### **4.1.2 Persistance**

En ovin lait, les simulations d'une amélioration de la persistance laitière montrent une dégradation des revenus disponibles par unité de main-d'œuvre de 2 à 5 % selon le système d'exploitation. Ce résultat s'explique essentiellement par une dégradation des taux (TB et TP) qui impacte fortement le prix du lait et par conséquent le produit lait dégagé par l'exploitation.

En caprins, les simulations d'une amélioration de la persistance laitière montrent une évolution des revenus disponibles par unité de main-d'œuvre de -9 à +9 % selon le système d'exploitation. En race Alpine, on observe une augmentation du lait produit quelle que soit la période de mise bas et une petite amélioration du prix du lait (taux et part de lait d'hiver) pour les mises-bas de saison. En race Saanen, on observe une diminution du lait produit quelle que soit la période de mise bas et une petite amélioration du prix du lait.

### *4.2 Modélisation bioéconomique de la longévité fonctionnelle (méthodologie OSIRIS)*

OSIRIS est un outil de modélisation bioéconomique du fonctionnement d'un système, issu d'un projet CASDAR 2012-2015. Il a pour but de définir l'objectif de sélection d'une race pour un système particulier, en calculant des pondérations sur des bases économiques pour chacun des caractères impliqués. A l'aide de paramètres techniques et économiques collectés auprès de la race et des bases de données disponibles, l'outil permet de simuler le fonctionnement du système sur un an et d'en calculer la marge brute. On s'intéresse ensuite successivement à chaque caractère : faire varier sa valeur d'une petite unité, le reste des paramètres restant égaux par ailleurs, permet d'approcher son poids économique dans l'objectif de sélection.

Afin de vérifier l'impact de la longévité fonctionnelle et de la persistance laitière dans différents systèmes de production et de vérifier la robustesse de notre outil, la méthodologie OSIRIS a été appliquée sur deux cas-types ovin lait en race Lacaune, les Monts de Lacaune (pâturage) et les Causses du Sud (pâturage + parcours), et sur un cas caprin en race alpine avec production de lait.

#### **4.2.1 Longévité**

Pour les mêmes raisons que l'analyse basée sur les cas-types, la longévité fonctionnelle a été abordée uniquement sous l'angle du taux de renouvellement dans les modélisations OSIRIS.

Pour calculer le poids économique de la longévité, on fait donc varier le taux de 1<sup>ères</sup> mises-bas d'une petite unité. Les conséquences de la réduction de ce taux de 1 % sont très similaires dans les 2 espèces et les différents cas-types : la proportion de jeunes diminue, accroissant les recettes de ventes de jeunes et réduisant le coût d'alimentation des jeunes ; le nombre de réformes diminue, abaissant les recettes de ventes de réforme et accroissant la longévité ; la proportion de jeunes femelles baisse, augmentant alors les recettes de lait. Ainsi, diminuer le taux de renouvellement revient à accroître la longévité des femelles et à augmenter le bénéfice par femelle mise à la reproduction. Ces résultats rejoignent les conclusions de Seeger *et al.* (1994) en bovins lait.

Compte tenu des simplifications inhérentes à la modélisation, il est possible que l'impact économique de la longévité soit sous-estimé. En effet, outre l'impact sur le taux de renouvellement, l'amélioration de la longévité fonctionnelle devrait également permettre de réduire les problèmes liés aux mammites, au parasitisme, à la fertilité, c'est-à-dire améliorer la rusticité globale des animaux, et ainsi réduire les coûts qui en découlent.

Les pondérations économiques obtenues sont résumées dans le Tableau 5. La longévité fonctionnelle apparaît comme un facteur important pour le revenu de l'exploitation en ovins lait, juste après la résistance aux mammites et la quantité de matière grasse et représente donc un caractère très intéressant à intégrer dans les objectifs de sélection, tant du point de vue technique (animal rustique, maîtrise de la conduite de troupeau) qu'économique.

**Tableau 5** : Pondérations économiques obtenues en sortie de l'outil OSIRIS, en € par écart-type génétique de caractère

Caractères / Cas-types	Ovins lait - Monts de Lacaune	Ovins lait - Causses du Sud	Caprins
Quantité de lait	-0,07 €	0,59 €	10,98 €
Quantité de matière grasse	7,92 €	8,90 €	0,88 €
Quantité de matière protéique	4,40 €	4,34 €	18,51 €
Score de cellules somatiques	1,25 €	0,87 €	9,68 €
Résistance aux mammites	15,91 €	10,99 €	21,95 €
Longévité fonctionnelle	7,43 €	5,19 €	9,99 €
Persistance laitière	0,08 €	0,09 €	-0,67 €

#### 4.2.2 Persistance

Le caractère « persistance laitière » est modélisé par la pente de la courbe de lactation entre 40 et 160 jours en ovins lait, et entre 50 et 300 jours en caprins. Une réduction de la pente de la courbe de lactation traduit alors un pic de lactation plus faible et une baisse plus lente du niveau de production laitière au cours de la lactation, donc une persistance laitière plus importante.

Lorsqu'on réduit la pente de la courbe de lactation de 1 %, donc que l'on améliore la persistance laitière des femelles, on observe une légère augmentation de la quantité de lait totale du troupeau, et une légère baisse des taux. Les coûts d'alimentation sont très peu affectés par l'accroissement de la persistance laitière, et à même prix du lait sur la campagne, les recettes de vente de lait augmentent très légèrement. L'impact économique global de la persistance laitière apparaît donc très limité (Tableau 6).

Il est à noter que la méthodologie OSIRIS ne permet pas de prendre en compte toutes les conséquences d'un changement de niveau de persistance laitière, comme l'impact du niveau laitier au pic de lactation sur la santé de la mamelle et le taux de mammites, sur la conduite du troupeau et le travail... De même, le prix du lait est globalisé sur l'année et ne tient pas compte des primes saisonnières liées à la production. Ainsi, bien que le gain économique lié à la sélection de la persistance laitière apparaisse très faible, il est possible qu'il soit sous-estimé. Ce caractère présente néanmoins un intérêt important pour les éleveurs, tant du point de vue de la facilité de conduite que de la santé du troupeau.



**Tableau 6** : Pondérations économiques obtenues en sortie de l'outil OSIRIS, en € par écart-type génétique de caractère

Caractères / Cas-types	Ovins lait - Monts de Lacaune	Ovins lait - Causses du Sud	Caprins
Quantité de lait	0,21 €	0,73 €	10,98 €
Quantité de matière grasse	8,49 €	9,16 €	0,88 €
Quantité de matière protéique	4,62 €	4,44 €	18,51 €
Score de cellules somatiques	1,25 €	0,87 €	9,68 €
Résistance aux mammites	15,35 €	10,81 €	21,95 €
Persistance laitière	0,08 €	0,09 €	-0,67 €

### 4.3 Les lactations longues en caprins

L'analyse des carrières des lactations longues (LL : lactations supérieures à 485 jours, à comparer à une durée moyenne de 319 jours pour toutes les chèvres) a porté sur deux aspects principaux : la caractérisation des carrières et des performances des chèvres et la contextualisation du recours aux LL. L'analyse s'est appuyée sur les données du contrôle de performance acquises entre 1998 et juin 2016 pour 1 074 876 chèvres issues de 4 236 cheptels.

La conduite en lactation longue s'avère plurielle, la lactation longue pouvant être positionnée en début, milieu ou fin de carrière avec des objectifs stratégiques vraisemblablement distincts comme cela a pu être rapporté par Bossis *et al.* (2013, 2015). Elle concerne globalement 6,6 % des lactations et 16,4 % des chèvres. Il est rare qu'un même animal fasse plusieurs lactations longues : environ 90 % n'en font qu'une, 9 % deux. La durée de cette lactation longue s'établit en moyenne à 717 jours avec une variabilité associée au positionnement de la LL dans la carrière des chèvres que l'on retrouve également pour d'autres indicateurs tels que le nombre de jours de traite ou la production cumulée sur la carrière (Tableau 7).

L'agrégation des données à l'échelle des exploitations corrobore le fait que la conduite en LL relève d'une stratégie à part entière. Les performances des chèvres ayant des LL soit uniques, soit de fin de carrière tendent ainsi à être supérieures dans les élevages pour lesquels le recours aux LL est fréquent et constant (plus de 10, voire plus de 20 % de LL sur plusieurs années). Ce recours aux LL est lui-même étroitement lié aux stratégies de conduite de la reproduction avec une place majorée pour les LL en cas de mises-bas désaisonnées (mises-bas de septembre-octobre, associées au non à une seconde période de mises-bas en saison).

**Tableau 7** : Nombre de jours de traite et production laitière des chèvres ayant réalisé au moins une lactation longue au cours de leur carrière par comparaison aux chèvres de la même cohorte de première mise-bas.

Type de carrière	LL unique	LL en début	LL en milieu	LL en fin	≥ 2 LL	≥ 1 N	Autres
Nombre de jours de traite : moyenne ajustée	841	1130	1520	1345	1845	810	274
Nombre de jours de traite relatif	1,08	1,20	1,56	1,45	1,79	0,95	0,40
Production cumulée sur la carrière : moyenne ajustée (l)	2350	3252	4539	4048	5704	2242	642
Production cumulée relative	1,11	1,19	1,68	1,57	1,89	0,99	0,36
Production par jour de traite (l) : moyenne ajustée	2,73	2,81	2,91	2,90	3,01	2,68	2,36

LL : lactation longue ; ≥ 1N : réalisation d'au moins une lactation normale dans la carrière ; Autres : toute carrière ni lactation longue, ni lactation normale ; production relative : rapportée à la moyenne de la cohorte de mise bas

Les résultats obtenus suggèrent l'importance d'une gestion à part entière des LL (allotement, rationnement) en vue d'une optimisation de leurs performances. Les références acquises nécessiteraient d'être

complétées pour améliorer le pilotage des LL aussi bien à l'échelle individuelle (critères de choix des individus en fonction le cas échéant du type de LL envisagé) que collective (spécificités de la conduite des LL, indicateurs de suivis, références technico-économiques).

## Conclusion

Au travers du projet RUSTIC, nous avons pu mettre en place un observatoire des causes de sortie dans un nombre suffisant d'élevages pour disposer d'une vision représentative de la situation de chaque filière de petits ruminants. La hiérarchie des causes de réforme a été établie et l'intérêt de suivre sur le long terme l'évolution de cette hiérarchie a pu être mesuré. Les difficultés et les pistes pour pérenniser un tel observatoire ont été mises en évidence. La valorisation technico-économique et sanitaire de ces informations auprès des éleveurs est probablement le facteur majeur à développer, en articulant en outre les outils éleveurs et les systèmes d'information génétique pour faciliter les enregistrements.

Nous avons pu étudier les deux caractères de rusticité proposés dans RUSTIC en mettant en place une approche intégrée alliant la génétique, les systèmes d'élevage et les aspects économiques. La longévité et la persistance peuvent être abordées sans collecte supplémentaire d'information en élevage, à partir des données déjà disponibles dans les systèmes d'information génétique. Dans les deux cas, des indicateurs ont été proposés et leur déterminisme génétique, incluant leurs héritabilités et leurs corrélations génétiques avec les caractères de production ou fonctionnels existants, a été estimé. Des index ont été calculés. Une approche très prometteuse basée sur les contrôles élémentaires et sur des méthodologies de régression aléatoire a été menée à bien. Enfin, l'impact technico-économique d'une amélioration de la persistance et/ou de la longévité a été mesuré, fournissant des éléments concrets pour une prise en compte en sélection. Les partenaires professionnels ont manifesté un intérêt avéré pour le travail réalisé et pour une prise en compte rapide dans les programmes de sélection. C'est l'objectif assigné en caprins et en ovins laitiers, dans un délai de deux à trois ans, permettant d'envisager une suite très concrète aux travaux de RUSTIC.

Enfin le phénomène original des lactations longues en caprins a pu être étudié de manière approfondie. Nous disposons pour la première fois de références sur ces lactations prenant en compte à la fois les types de carrières effectuées (dont le positionnement de la lactation longue au cours de la carrière de l'animal) et le contexte de production (dont la fréquence du recours aux lactations longues et les interrelations avec le système de reproduction). Ces informations font l'objet de premières valorisations à destination du terrain dans un contexte général de recherche de rationalisation du travail, d'étalement et de maîtrise de la production et de la reproduction. Des investigations complémentaires sont d'ores et déjà envisagées en vue d'apporter des outils et indicateurs de pilotage pour les élevages qui choisiraient d'intégrer une part importante de lactations longues dans leurs systèmes.

## Références bibliographiques

- Arnal M., Robert-Granie C., Larroque H., 2018. Diversity of dairy goat lactation curves in France. *Journal of Dairy Science* 101, 11040-110511
- Arnal M., Larroque H., Leclerc H., *et al.*, 2019. Genetic parameters for first lactation dairy traits in the Alpine and Saanen goat breeds using a random regression test-day model. *Genet Sel Evol* 51, 43.
- Arnal M., Larroque H., Leclerc H., Ducrocq V., Robert-Granie C., 2020. Estimation of genetic parameters for dairy traits and somatic cell score in the first 3 parities using a random regression test-day model in French Alpine goats, *Journal of Dairy Science* 103, 4517–4531
- Arnal M., Ducrocq V., Palhière I., Chassier M., Robert-Granié C., Larroque H., 2020. Evaluation génomique contrôles élémentaires pour la quantité de lait et corrélations avec des index de robustesse chez les chèvres laitières françaises. *Journées 3R 2020*.
- Astruc J.M., 2020. Groupe Génétique du CNBL : Journées des 15 et 16 octobre 2019. Collection résultats 00 20 202 001, Institut de l'Élevage, février 2020.

Bossis N., Bessonnet S., Roue A., Chemarin J., Le Caro L., Verney A., Vinet L., Poupin B., Boutin H., 2015. Améliorer la longévité des troupeaux caprins, Inosys - Réseaux d'élevage Caprins. Ed. Institut de l'Élevage. Collection Théma, 19pp.

Bossis N., Bessonnet S., Roue A., Chemarin J., Verney A., Gillier M., Poupin B., 2013. Conduite des chèvres en lactation longue. Réseau d'élevage caprin Poitou-Charentes, Vendée, Maine et Loire et Bretagne. Ed. Institut de l'Élevage. Collection Théma, 8pp.

Buisson D., Astruc J.M., Doutré L., Palhière I., 2020. Analyse de la longévité fonctionnelle dans les races ovines laitières françaises. Journées 3R 2020

Ducrocq V., 1998. Logiciel Genekit, Version 2011, INRA GABI, Jouy-en-Josas, France.

Ducrocq V., 2005. An improved model for the French genetic evaluation of dairy bulls on length of productive life of their daughters. *Anim. Sci.* 80: 249-256

Ducrocq V., Sölkner, J., 1994. Implementation of a routine breeding value evaluation for longevity of dairy cows using survival analysis techniques. In: 5th World Cong. Genet. Appl. Livest. Prod, Dep. Anim. Poul. Sci., Univ. of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 22: 51-52

Inosys - Réseaux d'Élevage, 2016.

[http://idele.fr/no\\_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/guide-methodologique-delaboration-dun-dossier-cas-types.html](http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/guide-methodologique-delaboration-dun-dossier-cas-types.html)

Jenko J., Gorjanc G., Kovač M., Ducrocq V., 2013. Comparison between sire-maternal grandsire and animal models for genetic evaluation of longevity in dairy cattle populations with small herds. *J. Dairy Sci.*, 96: 8002-8013.

Meyer K., 2007. WOMBAT— A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). *Journal of Zhejiang University-Science B.* 8, 815–821.

Misztal I., Tsuruta S., Strabel T., Auvray B., Druet T., Lee D.H., 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). Pages 743–744 in Proceedings of the 7th world congress on genetics applied to livestock production.

Neumaier A. et Groeneveld E., 1998. Restricted Maximum Likelihood Estimation of Covariances in Sparse Linear Models. *Genet. Sel. Evol.* 1(30), 3–26.

Palhière I., Oget C., Rupp R., 2018. Functional longevity is heritable and controlled by a major gene in French dairy goats, 11th WCGALP, Auckland, Nouvelle-Zélande, 11-16 février 2018

Sauvant D., Martin O., 2010. Robustesse, rusticité, flexibilité, plasticité... les nouveaux critères de qualité des animaux et des systèmes d'élevage : définitions systémique et biologique des différents concepts. *INRAE Productions Animales*, 23, 5-10.

Talouarn E., Loywyck V., Tortereau F., 2018. Ewes' functional longevity : analysis and modelling in French suckling sheep breeds, 69th Annual Meeting of EAAP, Dubrovnik, Croatia, 27-31 août 2018.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL ou DOI).