



HAL
open science

Elaboration d'indices de synthèses en réponse à un objectif de sélection sur bases économiques en race ovine Blanche du Massif Central

Margot Diény, . Institut de L'Elevage

► To cite this version:

Margot Diény, . Institut de L'Elevage. Elaboration d'indices de synthèses en réponse à un objectif de sélection sur bases économiques en race ovine Blanche du Massif Central. Sciences du Vivant [q-bio]. 2011. hal-02804479

HAL Id: hal-02804479

<https://hal.inrae.fr/hal-02804479v1>

Submitted on 5 Jun 2020

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.

Mémoire de fin d'études d'ingénieur

VetAgro Sup

**Elaboration d'indices de synthèse en réponse à un
objectif de sélection sur bases économiques en race
ovine Blanche du Massif Central**

Margot DIENY
ESP
2008-2011

Maitres de stage : Jean Pierre PRAUD, Dominique FRANCOIS

Tuteur pédagogique : Hélène BAUDOUX



L'étudiant conserve la qualité d'auteur ou d'inventeur au regard des dispositions du code de la propriété intellectuelle pour le contenu de son mémoire et assume l'intégralité de sa responsabilité civile, administrative et/ou pénale en cas de plagiat ou de toute autre faute administrative, civile ou pénale. Il ne saurait, en cas, seul ou avec des tiers, appeler en garantie VetAgro Sup.

Remerciements

Je tiens à remercier premièrement Jean-Pierre Praud et Dominique François pour l'intégration au sein du projet et le suivi réalisé tout au long de mon stage.

Je remercie aussi Jean Guerrier, Jean-Paul Poivey, Jérôme Raoul et Laurence Tiphine pour implication dans ce projet, leur conseil, leur suivi et la validation de mon travail tout au long de sa réalisation.

Je remercie chaleureusement toute l'équipe de l'INRA-SAGA et celle de l'Institut de l'Élevage de Toulouse pour leur accueil très chaleureux durant ces six mois passé à Toulouse.

Abstract

In meat sheep production, selection of the best animals is about maternal ability for ewes and for rams on maternal ability, fattening and slaughter traits. To help them in their choice, INRA, the Institut de l'Élevage and breeding organizations develop a total merit indexes which combine different genetic predictions on several traits where weights of each traits depend on the relative economic value of each one. The aim of this study is to estimate the economic genetic value in euros.

Selection objectives had defined by a bio-economical model which defines the variation of inputs and outputs for each trait. The most important traits are the components of numeric productivity: fertility, prolificacy and viability.

The total merit indexes are calculated for ewes and ram at the different steps of selection. For the ewes the merit indexes in euros is: $50 * \text{prolificity} + 0,13 * \text{milking value}$. The classification of animals will be modify by this mew merit indexes.

Liste des abréviations

AB : Aptitudes Bouchères

AM : Aptitudes Maternelles

BMC : Blanche du Massif Central

CD : Coefficient de Détermination

CE : Centre d'Élevage

DM : Développement Musculaire

GMQ : Gain Moyen Quotidien

IA : Insémination Animale

IS : Indice Synthétique

MA : mère à agnelles

MB mères à béliers

MN : Monte Naturelle

MR : mères reconnues

NR : non qualifiées

OS ROM : Organisme de Sélection Races Ovines du Massif Central

OS : Organisme de Sélection

OVALL : Système national d'information génétique OVins ALLaitant

PAT : Poids à Age Type

QM : Qualités Maternelles

SCI : Station de Contrôle Individuel

SNIG : Système National d'Information Génétique

Table des illustrations

Table des figures

Figure 1 : Schéma de sélection en espèce ovine (d'après communication personnelle Jérôme Raoul)	2
Figure 2 : Les formules du contrôle de performances en ferme (Bonnot et al 2010).....	2
Figure 3 : Les différentes étapes d'indexation pour les béliers (d'après communication personnelle Jean-Pierre Praud)	10
Figure 4 : Méthodologie d'optimisation stochastique des pondérations de l'indice de synthèse	11
Figure 5 : Méthodologie de l'élaboration d'indices de synthèse sur base économique en race BMC .	12
Figure 6 : Représentation schématique du fonctionnement du modèle bio-économique (Batut 2009)	13
Figure 7 : Objectif de sélection système 3 agnelages en 2 ans	33
Figure 8 : Objectif de sélection système 1 agnelage par an	15
Figure 9 : Objectif de sélection proposé (la pondération PAT30 correspond au PAT30 en prenant compte l'effet sur la survie)	16
Figure 10 : Réponse à la sélection, en écart-type génétique, sur indice technique et économique pour une sélection de 50% des animaux	20
Figure 11 : Représentation graphique de l'indice technique en fonction de l'indice économique (n=26765)	22
Figure 12 : Représentation graphique de l'index PAT 30 en fonction de l'index prolificité pour les mères à béliers	24
Figure 13 : Réponse à la sélection, en écart-type génétique, des béliers se	28
Figure 14 : Répartition de l'index conformation (en écart-type d'index) pour les animaux des bandes 1 et 2 selon le type de sélection.....	31
Figure 15 : Répartition de l'index valeur laitière (en écart-type d'index) pour les animaux des bandes 1 et 2 selon le type de sélection.....	31

Table des tableaux

Tableau 1 : Produits et charges de l'atelier ovine pris en compte dans le modèle bio-économique (Grenet 2010)	12
Tableau 2 : Valeur de prolificité pour le modèle un agnelage par an.....	14
Tableau 3 : Résultats de la modélisation pour le cas de base et pour l'augmentation d'un point de prolificité	14
Tableau 4 : Taux de labellisation des agneaux lourds dans le cas d'une augmentation du caractère gras	14
Tableau 5: Variations de marge brute pour l'amélioration du caractère gras.....	15
Tableau 6 : Pondérations des objectifs de sélection en race BMC	15
Tableau 7 : Valeur de la base mobile brebis (BDIR/egova_retour).....	17
Tableau 8 : Paramètres des index bruts, corrigés et standardisés.....	17
Tableau 9 : Objectif et indice de sélection des brebis.....	19
Tableau 10 : Pondérations de l'indice selon le taux de sélection	20
Tableau 11 : Réponse à la sélection sur indice technique et indice économique pour une sélection de 50% des animaux.....	20
Tableau 12 : Paramètres du calcul de l'indice de synthèse brebis en euros.....	21
Tableau 13 : Résultats de l'indice de synthèse en écart-type génétique et en euros.....	21
Tableau 14 : Résultats de l'indice technique et économique (n=40841)	22
Tableau 15 : Paramètres des indices des brebis selon la qualification	22
Tableau 16 : Critère de qualification des brebis sur indice technique	23
Tableau 17 : Critère de qualification sur indice économique	23

Tableau 18 : Taux de qualification sur critères technique et sur critères économique (n=26765)	23
Tableau 19 : Index élémentaires par qualification sur indice économique	24
Tableau 20 : Index moyen des mères à béliers selon les critères de qualification sur les index (n=6270)	25
Tableau 21 : Valeurs de la base mobile mâle.....	26
Tableau 22 : Paramètres des index bruts et standardisés pour les béliers.....	27
Tableau 23 : Pondérations de l'objectif et de l'indice économique et réponse à la sélection pour les béliers en station.....	28
Tableau 24 : Corrélations entre les index élémentaires des béliers	28
Tableau 25 : Réponse à la sélection et gain marginal par écart-type	29
Tableau 26 : Paramètres de l'indice synthétique des béliers en station en écart-type génétique et en euros.....	29
Tableau 27 : Paramètre des index et indice des bandes 1 et 2 de 2010 (n=393)	30
Tableau 28 : Paramètres de l'indice économique des animaux présélectionnés sur indice technique et économique pour les bandes étudiées (n=95).....	30
Tableau 29 : Liste des index élémentaires qui composent l'indice testage	31
Tableau 30 : Matrice des héritabilités (sur la diagonale) des corrélations phénotypiques (au dessus de la diagonale) et génétiques (en dessous de la diagonale) Safari <i>et al</i> 2003, Safari <i>et al</i> 2005, Rosatia <i>et al</i> 2002, Moreno <i>et al</i> 2001, Bibé <i>et al</i> 2002.....	32

Table des matières

Introduction	1
1 La sélection génétique chez les ovins allaitants	2
1.1 Le contrôle de performances et ses outils	2
1.1.1 3 formules de contrôle de performances en ferme	2
1.1.2 Le contrôle de performances en station : se rapprocher des conditions d'engraissement en ferme	3
1.1.3 Le contrôle de performance sur descendance : les aptitudes maternelles évaluées en ferme et les aptitudes bouchères évaluées en station	4
1.2 Objectifs et index de sélection : définition, utilisation	4
1.2.1 L'objectif de sélection : ligne directrice de la sélection	5
1.2.2 Les index : estimations de la valeur génétique d'un individu	6
1.2.3 L'indice, une combinaison d'index élémentaires	7
2 Remise en cause des indices synthétiques actuellement utilisés en race ovine Blanche du Massif Central	8
3 Un travail en plusieurs étapes	9
3.1 Déterminer l'objectif de sélection à partir de la modélisation des systèmes d'exploitation	9
3.2 Des indices synthétiques pour chaque étapes du schéma de sélection	10
3.3 Deux méthodes de calcul de l'indice synthétique	10
3.3.1 Méthode matricielle : utilisation des matrices de corrélations	11
3.3.2 Méthode itérative : utilisation des index vrais	11
4 Détermination de l'objectif de sélection :	12
4.1 Fonctionnement du modèle bio-économique	13
4.2 La vérification des évolutions pour de petits caractères dans le système "un agnelage par an"	14
4.2.1 Amélioration d'un point du caractère prolificité	14
4.2.2 Amélioration du caractère gras	14
4.3 Les objectifs de sélection :	15
5 Indice synthétique économique des brebis	17
5.1 Vérification des données et assemblage du fichier d'index	18
5.2 Paramétrage du programme	19
5.3 Calcul des pondérations de l'indice de synthèse	19
5.4 Exprimer l'indice synthétique en euros	21
5.4.1 Dé-relativisation des pondérations	21

5.4.2	Evaluation du gain d'un écart-type d'indice	21
5.5	Modification du classement des animaux sur l'indice économique	22
5.6	Modification des qualifications	23
6	Indice synthétique béliers en station de contrôle individuel	26
6.1	Création de la table des index des béliers.....	26
6.2	Paramètre du programme d'itération.....	27
6.3	Calcul des pondérations de l'indice synthétique	28
6.4	Convertir l'indice synthétique béliers en euros.	29
6.5	Impact de l'indice économique sur la sélection des béliers.....	30
7	Index de synthèse en testage aptitude bouchère	31
8	Index de synthèse théorique par la méthode matricielle	32
9	Discussion	33
9.1	Adaptation des pondérations de l'objectif et de l'indice aux souhaits de l'OS	33
9.2	Indexation des béliers intra-bande	33
9.3	La mise à jour des indices tout au long de la carrière du reproducteur	34
	Conclusion.....	35
	Références bibliographiques	36
	Tables des annexes	1

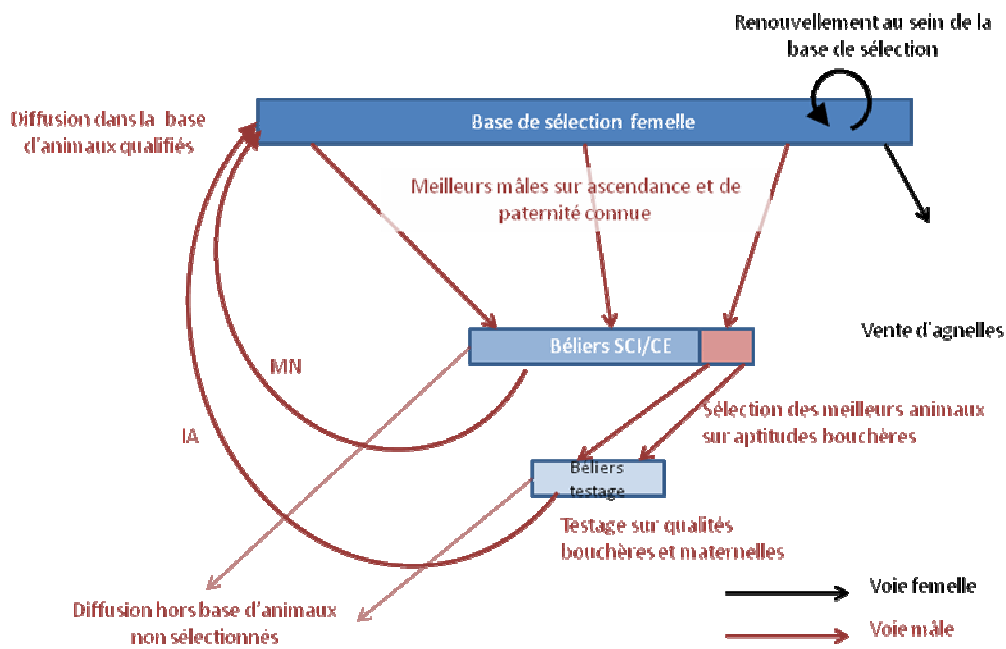
Introduction

En production animale deux voies d'amélioration des performances des animaux sont possibles : l'amélioration des conditions d'élevages qui permettent une meilleure expression du potentiel de l'animal, et la sélection génétique qui améliore ce potentiel; c'est à cette dernière que nous nous intéresserons.

La sélection génétique des animaux d'élevage a comme objectif d'augmenter le niveau génétique d'une population d'une génération à l'autre. Afin de connaître la valeur génétique des animaux et ainsi sélectionner ceux considérés comme « meilleurs » pour un ou plusieurs critères génétiques donnés, il est calculé pour chaque animal et chaque caractère un index génétique qui correspond à l'estimation de sa valeur génétique vraie. La sélection peut alors se faire de façon séquentielle par caractère en se fixant des seuils d'index ou de façon plus générale en considérant un indice synthétique aussi appelé génétique globale. L'indice synthétique sera alors une fonction des index dits élémentaires. Les pondérations affectées à chaque index peuvent être déterminées à partir de données techniques ou économiques. Dans le cas des ovins allaitants, les indices synthétiques sont actuellement définis de façon empirique en fixant un niveau de réponse à la sélection sur chaque caractère. L'objectif de cette étude est de déterminer des pondérations économiques afin d'établir un nouvel objectif et des nouveaux indices synthétiques qui prendront en compte le contexte économique actuel. La mise en place de tels outils devrait permettre la sélection des animaux ayant la plus grande probabilité d'améliorer le revenu des éleveurs.

Ce rapport présente le travail réalisé pour déterminer les meilleurs indices synthétiques pour répondre à un objectif de sélection construit à partir de la modélisation économique des élevages.

Après quelques rappels sur la génétique et l'organisation de la sélection des ovins allaitants, les différentes méthodes de calcul des indices de synthèse et ses impacts sur le schéma de sélection et sur les élevages seront détaillées aussi bien pour les femelles que pour les mâles.



IA : insémination animale, MN : monte naturelle, SCI : station de contrôle individuel, CE : centre d'élevage

Figure 1 : Schéma de sélection en espèce ovine (d'après communication personnelle Jérôme Raoul)

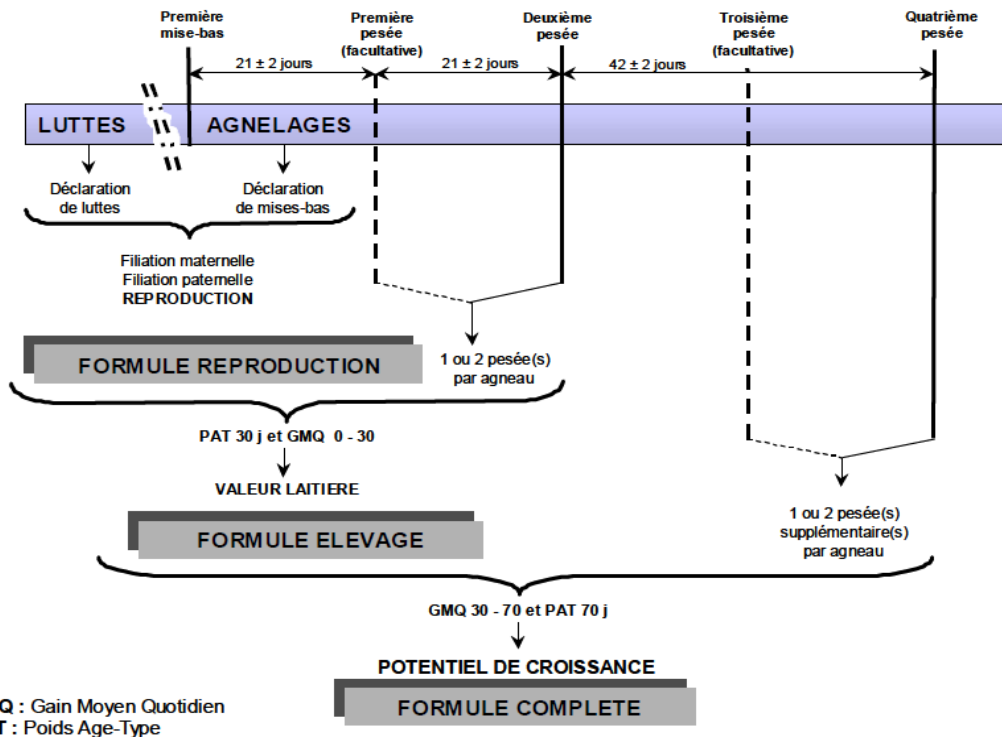


Figure 2 : Les formules du contrôle de performances en ferme (Bonnot et al 2010)

1 La sélection génétique chez les ovins allaitants

Dans l'espèce ovine, les schémas de sélection s'appuient sur un contrôle de performances des animaux en ferme, une station de contrôle individuel (ou centre d'élevage) et un testage sur descendance (Figure 1 : Schéma de sélection en espèce ovine (d'après communication personnelle Jérôme Raoul)). Ce sont les organismes de sélection (OS) qui déterminent ce schéma pour chaque race (choix du type de contrôle : sur performance individuelles ou sur descendance, le nombre d'animaux nécessaires à chaque étape,...).

La sélection des animaux s'effectue donc à plusieurs étapes :

- en ferme : pour les brebis afin de déterminer les mères à agnelles et mères à béliers et pour les mâles dans le but de sélectionner ceux qui entreront en SCI et y seront contrôlés sur performances individuelles).
- en station de contrôle individuel (SCI) : pour déterminer la futur utilisation des mâles : insémination animale pour le testage, vente pour monte naturelle dans la base ou hors base.
- par le testage sur descendance : afin de sélectionner les meilleurs béliers pour l'insémination.

A chaque niveau de sélection, les caractères indexés peuvent être différents. L'estimation du mérite génétique des animaux (indexation) est réalisée à partir de performances recueillies en ferme, en SCI et dans les protocoles de testage sur descendance.

1.1 Le contrôle de performances et ses outils

Le contrôle de performances a comme double objectif l'amélioration génétique collective et l'amélioration du résultat technique, des conditions de travail et/ou du revenu de l'éleveur.

On distingue le contrôle de performances en ferme de celui en station de contrôle individuel (SCI) ou centre d'élevage (CE).

1.1.1 3 formules de contrôle de performances en ferme

Trois formules de contrôle sont possibles pour l'éleveur (Tiphine *et al* 1997) (Figure 2 : Les formules du contrôle de performances en ferme (Bonnot *et al* 2010)) :

- Formule Reproduction : c'est la formule la plus simple. Elle permet le calcul des index de prolificité pour les brebis et les béliers. L'identification, la maîtrise des filiations et la tenue du carnet d'agnelage sont les démarches indispensables à cette formule.
- Formule Elevage : En plus des opérations nécessaires à la formule reproduction, s'ajoute une pesée de tous les agneaux entre 21 et 46 jours afin de calculer le PAT 30 (poids à âge type). Cette performance permet de

déterminé la valeur des brebis et béliers. Par cette formule, on évalue ensemble des qualités maternelles des animaux.

- Formule Complète : Elle permet l'indexation de la croissance des agneaux et des béliers en plus des indexations déjà obtenues. Cette indexation se fait par le biais d'une pesée des agneaux entre 59 et 92 jours (42 jours après la première pesée).

1.1.2 Le contrôle de performances en station: se rapprocher des conditions d'engraissement en ferme

Les stations de contrôle individuel permettent la mesure des aptitudes bouchères des mâles issus d'accouplements raisonnés (mères à béliers X père à béliers). Les animaux sont placés dans des conditions d'élevage identiques avec un système alimentaire intensif (ad libitum) pour obtenir une croissance élevée. Cette méthode a pour but de créer des différences significatives pour comparer les aptitudes de croissance, l'état d'engraissement et le développement musculaire des animaux (Institut de l'élevage INRA 1995).

Trois groupes de variables sont indexés (Institut de l'élevage INRA 1994) :

- Croissance : vitesse de croissance en phase de contrôle et PAT (poids à âge type) propres à chaque structure.
- Etat d'engraissement : état d'engraissement à un poids type.
- Développement musculaire : mesures de la noix de côtelette ramenées à un poids type puis combinées aux trois valeurs de pointage (épaule, rein et gigot).

L'indexation des animaux se fait intra-bande. En théorie, la comparaison entre les bandes n'est pas possible.

Pour chaque bande, un index « PAT station », un index « GMQ station », un index « gras » et un index « développement musculaire » sont calculés. Ils sont ensuite combinés dans un indice station selon des pondérations propres à chaque race. L'indice station est compris entre 0 et 100 avec une moyenne à 50 (Institut de l'élevage INRA 1994 et 1995).

A la fin de l'évaluation, des recommandations sont formulées en fonction de la valeur génétique des animaux (Institut de l'élevage INRA 1994 et 1995) :

- Présélectionnés : cela à une liste d'animaux candidats pour le testage sur descendance et l'IA. Les animaux ayant un indice station supérieur à 50 et aucun des index inférieurs à (moyenne - $1/2\sigma$) seront dans cette catégorie.
- A éliminer préférentiellement : (20 % de l'effectif de la bande) tout animal dont au moins un index est inférieur à (moyenne - $1/2 \sigma$) et les animaux dont les indices stations sont les plus faibles.

Les centres d'élevage (CE) ont aussi en charge la maîtrise collective de la voie mâle. Cependant, les CE n'assurent pas des conditions optimums pour l'indexation mais favorisent l'élevage des futurs reproducteurs, ainsi que leur diffusion. Ainsi, il n'y a pas de règles sur

l'âge d'entrée des animaux, les modalités de conduite et les contrôles à effectuer. De plus, aucune évaluation des qualités bouchères des animaux n'y est faite.

1.1.3 Le contrôle de performance sur descendance : les aptitudes maternelles évaluées en ferme et les aptitudes bouchères évaluées en station

Le contrôle sur descendance des béliers se fait (Institut de l'élevage INRA 1995) :

- En ferme pour les qualités maternelles : sur des mères à agnelles et des mères à béliers via l'insémination animale (IA) avec une répartition par élevage qui vise à maximiser les connexions entre élevage. Les femelles nées de ces accouplements sont mises à la reproduction, des enregistrements de prolificité et valeur laitière sont réalisés. 10 béliers minimum par an sont mis en testage pour un minimum de 100 IA /béliers dans 5 élevages différents. L'objectif étant d'atteindre au moins 20 filles ayant des résultats de première mise-bas. Les béliers sont classés « améliorateur prolificité », « améliorateur valeur laitière » ou « élite » (index valeur laitière et prolificité positif) en fonction de leur index.
- Pour les aptitudes bouchères le contrôle en station a été favorisé : il permet la maîtrise des conditions d'engraissement des animaux et l'application d'un protocole d'abattage à poids constant.

Dans le cadre du SNIG (Système National d'Information Génétique), le système OVALL (Ovins ALLaitant) gère l'ensemble des données brutes de contrôle de performances en ferme et en station de contrôle individuel. C'est à partir de ce dernier que le calcul des index s'effectue (Bonnot *et al* 2010).

1.2 Objectifs et index de sélection : définition, utilisation

La sélection animale a pour objectif l'amélioration des caractéristiques génétiques d'une population pour un ensemble de caractères héréditaires et économiquement intéressants pour les générations à venir (Phocas 1997). Elle favorise alors un ou des génotypes pour augmenter leur fréquence dans les générations suivantes (Minvielle 1990).

Les performances (P) d'un individu peuvent être modélisées comme la somme des effets génétiques (G) et des effets du milieu (E) : $P = G + E$ (Bertin *et al* 1996, Boichard *et al* 1992).

La valeur génétique d'un individu correspond à la somme de sa valeur génétique additive (somme des effets moyens des gènes) (A) et de sa valeur génétique non additive (somme des effets d'interaction) (D) : $G = A + D$ (Bertin *et al* 1996, Boichard *et al* 1992).

La valeur génétique additive (A) sera transmise d'une génération à la suivante, tandis que les effets d'interaction (D) seront recréés à chaque accouplement. Par défaut, on appellera la valeur génétique d'un individu sa valeur génétique additive (Bertin *et al* 1996, Boichard *et al* 1992).

La part de la variabilité des performances expliquée par la génétique additive est appelée héritabilité du caractère (notée h^2). Elle dépend du caractère lui-même mais aussi

du milieu dans lequel les performances ont été réalisées. Pour un même caractère, elle sera plus élevée en station de contrôle de performance qu'en ferme car effets de milieu y sont plus homogènes. Les caractères peuvent être classés en trois groupes selon leur héritabilité (Bertin *et al* 1996):

- Les caractères très peu héritables ($h^2 < 0,1$) tels que les caractères de reproduction
- Les caractères moyennement héritables tels que les aptitudes de croissance ($0,2 < h^2 < 0,3$)
- Les caractères fortement héritables comme la qualité de carcasse ($h^2 > 0,3$).

Les programmes de sélection intra-population ont pour objectif d'augmenter la valeur génétique additive moyenne de la population. Au sein d'un programme de sélection, on distingue l'objectif de sélection, qui est la ligne directrice de la sélection, et les index (élémentaires ou synthétiques) sur lesquels s'effectue la sélection des animaux (Boichard *et al* 1992).

1.2.1 L'objectif de sélection : ligne directrice de la sélection

L'objectif de sélection est une fonction des valeurs génétiques dites «vraies» (inconnues) des caractères à améliorer dans le but d'augmenter le profit de l'éleveur et/ou de la filière. Sa mise en place précède celle du programme de sélection (Pabiou 2005, Phocas *et al* 1997, Minvielle 1990)

La construction de l'objectif de sélection est basée sur l'hypothèse selon laquelle à proximité de la moyenne et pour de petites variations l'effet des gènes s'additionnent. L'objectif de sélection peut être présenté de la manière suivante (Pabiou 2005, Minvielle 1990) :

$$H = a_1A_1 + a_2A_2 + a_3A_3 + \dots + a_nA_n$$

Où H est l'objectif de sélection

a_n la pondération du caractère n

A_n la valeur génétique vraie du caractère n

Il s'agit donc d'appliquer aux caractères d'intérêts, appelés critères de sélection, une pondération dont la valeur est d'autant plus élevée que l'amélioration du caractère est fortement liée à l'augmentation du revenu de l'éleveur ou de tout autre acteur de la filière (Mallard 1992).

Ainsi en fonction des pondérations affectées, les objectifs peuvent être (Pabiou 2005, Phocas *et al* 1997) :

- Techniques: Le choix des pondérations se justifie par des critères techniques uniquement. Ils sont principalement utilisés dans le cas d'une insuffisance d'information sur le bénéfice économique, d'une impossibilité de chiffrer les coûts et recettes liés à un caractère ou d'une grande diversité de système et/ou d'objectif de production .

- Economiques : où la pondération correspond au gain marginal, c'est-à-dire à l'augmentation du revenu (recettes – coûts) permise par l'augmentation d'une unité supplémentaire du caractère considéré (Guerrier 2010).

La grande diversité des systèmes de production et des acteurs de la filière (sélectionneur, multiplicateur, abatteur, commerçant,...) peut entraîner de fortes contradictions sur les pondérations à appliquer. Afin d'éviter les dérives et la formation de plusieurs rameaux au sein d'une race, il est important de fixer un objectif unique qui intègre les problématiques de tous les producteurs et acteurs (Phocas *et al* 1997).

Lors de la mise en place de l'objectif de sélection, il est important d'avoir une vision à long terme de l'évolution des techniques d'élevage, de la demande, de la société,... En effet, la réponse à la sélection se fait ressentir sur plusieurs générations et les évolutions de la société doivent donc être prises en compte : par exemple la production de viande est passée d'un objectif d'augmentation de vitesse de croissance à la recherche de la qualité au cours des quarante dernières années (Mallard 1992). Des procédures d'actualisation des objectifs sont donc nécessaires (Phocas *et al* 1997).

1.2.2 Les index : estimations de la valeur génétique d'un individu

Pour chaque caractère d'intérêt, un index élémentaire qui correspond à l'estimation de la valeur génétique additive d'un individu (valeur la plus probable) est calculé. Il traduit l'écart génétique entre l'individu et la moyenne de la population de référence, autrement dit la supériorité (ou infériorité) génétique de l'animal par rapport à ses congénères. C'est une estimation de ce que l'animal transmet (la moitié) en moyenne à ses descendants. Il est publié dans l'unité de production du caractère considéré (Bertin *et al* 1996, Boichard *et al* 1992, Tiphine *et al* 1997).

L'index est calculé à partir des performances corrigées (par les effets du milieu identifiés) d'un individu et de celles de ces collatéraux en fonction de l'héritabilité du caractère et de leur lien de parenté (Bertin *et al* 1996).

On distingue deux types d'index : les index mono-caractères et les index multicaractères. Ces derniers sont calculés à partir d'une combinaison de plusieurs caractères. Cette évaluation permet d'estimer les données manquantes, de renforcer l'information d'un caractère par la connaissance des autres caractères qui lui sont directement liés et d'obtenir des évaluations avec plus de fiabilité pour un même nombre d'apparentés. En ovin, l'index prolificité est basé sur ce modèle. Deux caractères sont évalués chez la brebis allaitantes, la prolificité sur œstrus induit et la prolificité sur œstrus naturel. Ces deux caractères sont considérés comme distincts mais avec une forte corrélation génétique entre eux. Ainsi 2 index sont calculés, mais on publie un index de prolificité globale, qui pondère ces deux index élémentaires en fonction des objectifs de chaque schéma. (Communication personnelle Jean-Paul Poivey). Les index d'un animal seront d'autant plus précis que les informations disponibles sont en quantité importante et exactes. Cette précision va être mesurée par le coefficient de détermination (CD). Il traduit la fiabilité que l'on peut accorder à l'index. Le CD varie de 0 à 1, où 1 représente l'exactitude parfaite

jamais atteinte. Il est directement lié à l'héritabilité du caractère et à la quantité d'information disponible. Pour une même quantité d'informations, le CD sera d'autant plus faible que l'héritabilité du caractère est faible. En revanche, plus il y a d'information, plus l'index sera précis et donc plus le CD sera élevé. Le testage sur descendance est un des moyens qui permet une augmentation importante de la précision de l'index et donc du CD. Cette méthode d'évaluation a un coût élevé et rallonge l'intervalle entre génération ce qui peut ralentir le progrès génétique (Bertin *et al* 1996, Boichard *et al* 1992). Il faut donc trouver un compromis entre une connaissance accrue de la valeur des animaux et un intervalle de génération long.

1.2.3 L'indice, une combinaison d'index élémentaires

Les index peuvent être élémentaires, c'est-à-dire pour chaque caractères d'intérêt, ou synthétiques, on parle alors d'indice. L'indice synthétique de sélection est une fonction d'index élémentaires qui a pour but de maximiser la réponse à l'objectif de sélection en intégrant des contraintes de coûts de sélection ou d'impossibilité de mesure des caractères. Il peut être modélisé de la façon suivante (Pabiou 2005) :

$$IS = b_1\hat{A}_1 + b_2\hat{A}_2 + b_3\hat{A}_3 + \dots + b_n\hat{A}_n$$

Où IS est l'indice synthétique

b_n la pondération du caractère n

\hat{A}_n la valeur génétique prédite du caractère n (index)

On parlera alors de valeur génétique globale ou valeur génétique économique d'un individu (Minvielle 1990).

Les caractères pris en compte dans le calcul de l'indice peuvent être différents de ceux de l'objectif de sélection mais il doit exister une corrélation génétique entre les caractères de l'indice et ceux de l'objectif (Pabiou 2005, Phocas *et al* 1997, Minvielle 1990).

Les index et indices permettent de comparer les animaux entre eux quel que soient leur lieu d'élevage, leur année de naissance, leur âge,... (Tiphine *et al* 1997).

Ainsi, ils vont servir pour (Bertin *et al* 1996):

- Le choix des reproducteurs : classement pour leur attribuer des niveaux de qualification
- La planification des accouplements : programme de sélection
- L'évaluation du progrès génétique : pour les animaux actifs et disparus
- L'évaluation de la part de la génétique dans l'amélioration des performances
- L'évaluation du niveau génétique d'un élevage.

L'efficacité de la sélection peut être estimée par le calcul de la différentielle de sélection, qui correspond à la différence entre la moyenne des performances des animaux sélectionnés (\bar{P}_{n+1}) et la moyenne des performances de la population initiale (\bar{P}_n). La performance moyenne de la population n+1 est liée à la valeur additive moyenne des animaux sélectionnés dans la population n. La différence entre la moyenne des

performances de la population n+1 est celle de la population n correspond à la supériorité génétique acquise c'est-à-dire à la réponse à la sélection encore appelé progrès ou gain génétique (R) : $R = i \text{Cov}(I,A) / \sigma_I$ (Minvielle 1990), où i correspond à l'intensité de la sélection, I à l'index et A à la valeur génétique vraie.

La sélection peut avoir des effets sur des caractères qui ne rentrent pas en compte dans le calcul de l'objectif ou de l'indice de sélection, on parle alors de réponse corrélative à la sélection. Elle est due à la corrélation génétique entre caractères. Celle-ci peut être positive ou négative, comprise entre -1 et +1. Elle est explicable par l'effet pléiotropique des gènes (Un même gène peut influencer plusieurs caractères) (Bertin *et al* 1996, Minvielle 1990).

2 Remise en cause des indices synthétiques actuellement utilisés en race ovine Blanche du Massif Central

A chaque niveau du schéma de sélection, le choix des reproducteurs peut se faire selon un seuil établi pour chaque caractère évalué (I) ou à partir d'un indice synthétique (II) en fonction des choix de la race. Dans le premier cas (I), en considérant chaque index élémentaire, on détermine une valeur critique en dessous de laquelle les animaux ne seront pas retenus pour la reproduction. Lors d'une sélection sur indice synthétique (cas II), on sélectionne tous les animaux ayant la valeur génétique globale la plus élevée. Il a été montré (Minvielle 1998) que la méthode II améliore l'efficacité du schéma de sélection. Actuellement, dans les races ovines les indices synthétiques sont uniquement basés sur des références techniques car il n'existait aucune référence économique.

Afin de mieux répondre aux besoins des éleveurs, une réflexion est menée conjointement entre les principaux acteurs de la sélection : les Organismes de Sélection qui sont responsables de la sélection par race, l'Institut de l'Élevage qui assure la coordination au niveau national des schémas de sélection et l'INRA qui est en charge de la recherche en sélection animale, dans le but de calculer des indices synthétiques sur bases économiques. Ce nouvel indice devrait permettre de déterminer les futurs reproducteurs mais aussi d'affecter à chaque individu une valeur génétique globale exprimée en euros.

L'élaboration d'un indice de synthèse sur bases économiques doit permettre d'assurer un meilleur service aux sélectionneurs et éleveurs en choisissant les animaux ayant le plus grand potentiel pour améliorer leur revenu.

Le travail est ciblé sur la race Blanche du Massif Central (BMC) car c'est la race ovine allaitante ayant la plus grande base de sélection avec plus de 26 000 brebis au contrôle de performances. D'autre part, la présence de deux systèmes d'élevage au sein de la race, un système accéléré avec 3 agnelages en 2 ans (système 3 en 2) et un système plus extensif 1 agnelage par an, rend son étude d'autant plus intéressante.

Par ailleurs, l'objectif de ce travail est d'être facilement reproductible pour le calcul des indices synthétiques dans les autres races. C'est pour cela que toutes les possibilités de calcul vont être explorées.

3 Un travail en plusieurs étapes

L'élaboration d'indices de synthèse sur bases économiques nécessite plusieurs étapes d'études :

- Modélisation des systèmes d'exploitation de la race
- Détermination de l'objectif de sélection
- Calcul de l'indice de synthèse

Ce rapport concernera principalement sur la deuxième et troisième étape car cela correspond au travail que j'ai réalisé, la modélisation des systèmes étant détaillée dans les rapports d'Hélène Batut (2009) et Gaëtan Grenet (2010).

3.1 Déterminer l'objectif de sélection à partir de la modélisation des systèmes d'exploitation

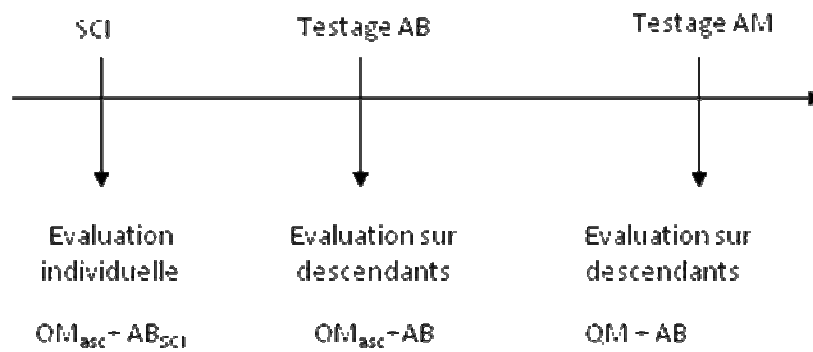
On sait que pour de petites variations et à proximité de la moyenne, l'objectif de sélection peut être déterminé comme la somme des variations de marge brute pour un écart-type de caractère (Pabiou 2005, Minvielle 1990). La modélisation des systèmes d'exploitation en race BMC va permettre d'étudier ces variations de marge brute.

En race BMC, on rencontre deux systèmes principaux concernant la conduite d'élevage :

- Le système 3 agnelage en 2 an. C'est un système intensif qui est aussi dit accéléré
- Le système un agnelage par an réparti en deux périodes d'agnelage.

Les 2 systèmes d'exploitation ont été modélisés dans un programme informatique permettant le calcul des marges brutes, appelé « modèle bio-économique » (Batut 2009, Grenet 2010 et Guerrier 2010). Pour chaque système, la modélisation concerne : la conduite du cheptel et les différents lots réalisés, la conduite alimentaire en fonction du stade physiologique de la brebis ou de l'agneau et la vente des animaux.

La modification de la marge brute a été calculée pour la variation d'un point de chaque caractère considéré comme ayant un intérêt à être sélectionné (déterminés par l'Institut de l'Élevage validés par l'OS Rom Sélection). Par exemple, l'augmentation d'un point de fertilité entraîne une augmentation du nombre de portées et par conséquent du nombre d'agneaux vendus. D'autre part, cette augmentation de fertilité entraîne une augmentation des charges alimentaires des brebis (car plus d'animaux en gestation). Ainsi l'augmentation d'un point de fertilité permet une augmentation du revenu de +0,74€ par brebis présente au premier janvier dans le cas du système 3 agnelages en 2. En élevage ovin allaitant, les caractères d'intérêts économiques pour lesquels il est souhaitable d'améliorer les performances sont d'une part des qualités d'élevage comme la fertilité, la prolificité, la survie de l'agneau, le poids à 30 jours et l'aptitude au déssaisonnement, et d'autre part des aptitudes bouchères comme la croissance de 30 à 70 jours des agneaux, la croissance en finition, l'état d'engraissement, la conformation et le rendement des carcasses.



AB : aptitude bouchère, AB_{SCI} : index aptitude bouchère calculé en station de contrôle individuel, AM : aptitude maternelle, QM : qualité maternelle QM_{asc} : index qualité maternelle calculé sur ascendance.

Figure 3 : Les différentes étapes d'indexation pour les béliers (d'après communication personnelle Jean-Pierre Praud)

Ainsi, un objectif de sélection a été calculé pour chacun des deux systèmes d'élevage. Ils devront être regroupés dans un objectif commun à l'ensemble de la race afin d'avoir un axe unique de sélection au sein de la race et d'éviter la formation de plusieurs rameaux.

3.2 Des indices synthétiques pour chaque étapes du schéma de sélection

Les nouveaux indices de sélection devront prendre en compte l'intégralité de l'information disponible pour chaque animal.

Pour les brebis, un seul indice sera calculé avec une remise à jour tout au long de la carrière de l'animal. Cet indice sera de la forme : **a*valeur laitière + b* prolificité** ;

Pour les béliers, plusieurs indice de sélection seront calculés en fonction des index disponibles (Figure 3 : Les différentes étapes d'indexation pour les béliers (d'après communication personnelle Jean-Pierre Praud)) :

- Pour les béliers en SCI : $IS_{SCI} = c \cdot \text{croissance} + d \cdot \text{gras} + e \cdot \text{conformation} + a' \cdot \text{valeur laitière} + b' \cdot \text{prolificité}$
- Pour les béliers en testage : $IS_{\text{testage}} = c' \cdot \text{croissance} + d' \cdot \text{gras} + e' \cdot \text{conformation} + f \cdot \text{rendement} + a'' \cdot \text{valeur laitière} + b'' \cdot \text{prolificité}$ où croissance, gras, conformation seront des fonctions des index de testage sur descendance.

3.3 Deux méthodes de calcul de l'indice synthétique

En bovin, un travail similaire a été entrepris en 1995. Deux programmes informatiques de calcul des indices synthétiques ont été développés à cette occasion :

- Un programme basé sur un calcul matriciel (Guerrier 2008)
- Un programme itératif (Pabiou 2005)

Ces deux programmes optimisent les pondérations de l'indice de façon à augmenter la réponse à la sélection sur l'objectif.

3.3.1 Méthode matricielle : utilisation des matrices de corrélations

A partir d'une table des corrélations génétiques et phénotypiques connues a priori entre les différents caractères de l'objectif et des pondérations de l'objectif lui même, le programme détermine les pondérations de l'indice de synthèse. La pondération de l'objectif pour un caractère est distribuée entre les différents caractères avec lesquels les corrélations sont importantes.

Cette méthode permet de d'intégrer à l'indice de synthèse des caractères qui n'ont pas d'indexation. Ce programme ne nécessite pas l'utilisation des index des animaux mais uniquement la connaissance des paramètres génétique de la population. Certains de ces paramètres ne sont pas toujours bien connus pour la race ou l'espèce considéré. C'est un biais important de cette méthode.

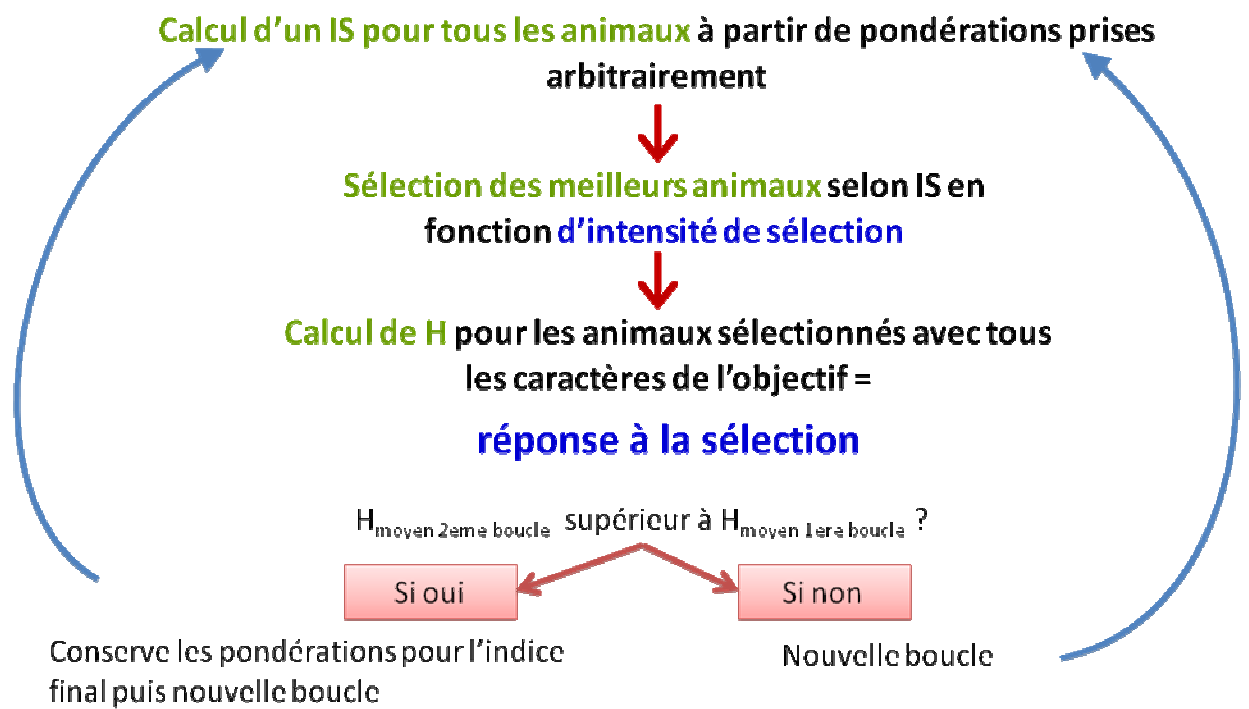


Figure 4 : Méthodologie d'optimisation stochastique des pondérations de l'indice de synthèse

Dans le cas d'une population à faible effectif, comme c'est le cas des animaux ayant un contrôle de performances sur descendance, la méthode matricielle est la plus adaptée puisque contrairement à la méthode itérative, le nombre d'animaux ayant un index n'intervient pas.

3.3.2 Méthode itérative : utilisation des index vrais

Les données réelles d'indexation disponibles via OVAL sont utilisées dans ce programme. On pourrait donc le qualifier de plus réaliste car aucune estimation des corrélations n'est donnée à priori (Pabiou 2005).

L'optimisation des pondérations est faite en deux étapes (Pabiou 2005):

- Une phase de calcul des coefficients de l'indice pour maximiser la réponse à l'objectif économique
- Une phase de calcul des réponses à la sélection sur les composantes de l'objectif et de l'indice.

Dans un premier temps, le programme calcule la réponse attendue, sur H, de la sélection selon un indice initial, dont les pondérations correspondent à celles de l'objectif.

Dans un deuxième temps, il cherche les coefficients qui maximisent cette réponse. La recherche de ces coefficients se fait de manière aléatoire par itérations successives. On tire à chaque itération, n valeurs de coefficients « b_i » qui composent l'indice au hasard d'une loi normale. On calcule ensuite la réponse engendrée sur H de ce calcul. A chaque itération, est retenu pour l'itération suivante le jeu de coefficients qui maximise la réponse sur H. Après n itérations (n suffisamment grand), on conserve la combinaison de coefficients qui a donnée la meilleure réponse sur H (Pabiou 2005). (Figure 4 : Méthodologie d'optimisation stochastique des pondérations de l'indice de synthèse)

Il a été choisi de se baser principalement sur ce deuxième programme (programme itératif) en l'absence d'étude complète sur les corrélations entre l'ensemble des caractères en race BMC et plus généralement dans l'espèce ovine, qui, rend la construction de la matrice des corrélations (du programme matriciel) peu fiable. Cependant, le programme matriciel sera utilisé pour la construction d'un indice de synthèse théorique calculé à partir de tous les caractères de l'objectif qu'ils soient indexés ou non. En effet, pour ce programme il n'est pas nécessaire que tous les caractères de l'indice aient des index élémentaire, c'est-à-dire que les caractères soient mesurés et qu'ils soient indexés. La construction d'un indice théorique doit pouvoir montrer l'importance d'une indexation pour les caractères ne faisant pas encore partie du schéma de sélection (fertilité, survie).

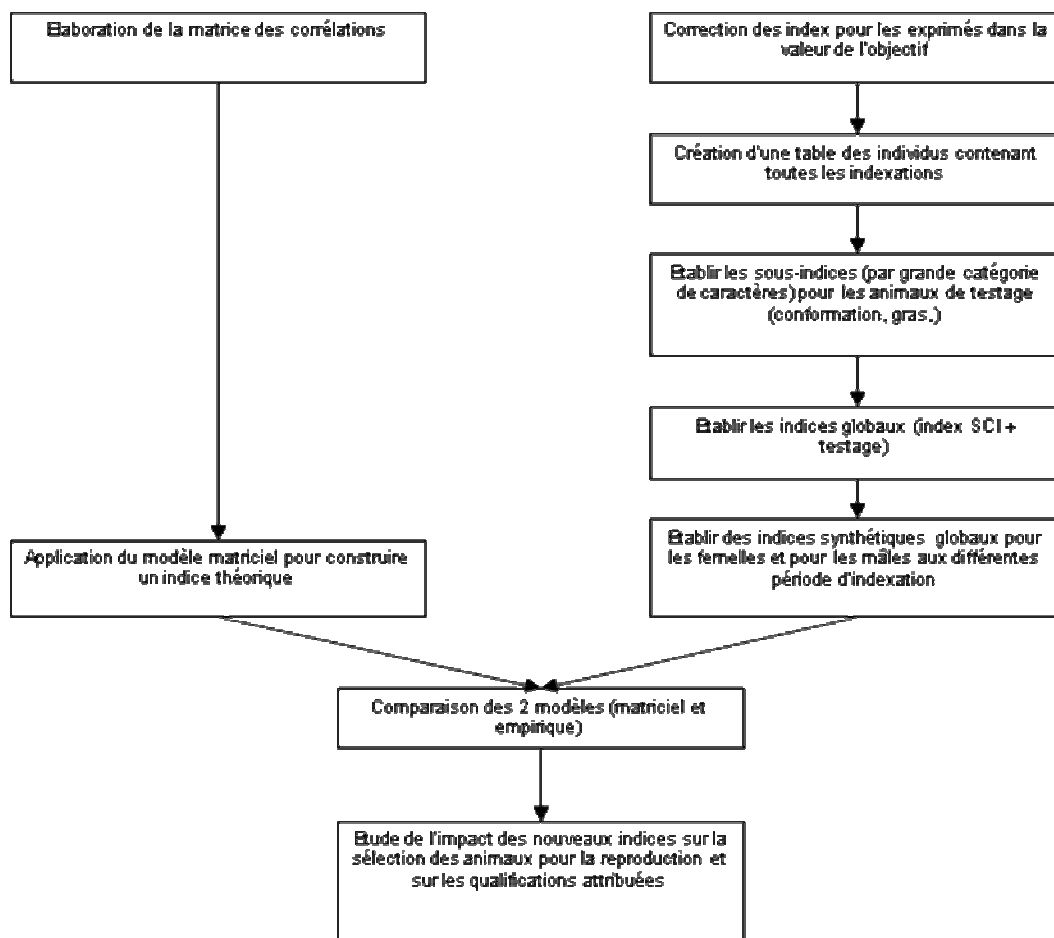


Figure 5 : Méthodologie de l'élaboration d'indices de synthèse sur base économique en race BMC

Tableau 1 : Produits et charges de l'atelier ovin pris en compte dans le modèle bio-économique (Grenet 2010)

Produits de l'atelier ovin	Charges de l'atelier ovin
Vente des agneaux (nombre x prix de vente)	Coûts des céréales autoconsommées (prix de cession)
Vente des réformes (nombre x prix de vente)	Coûts d'achat des tourteaux
	Coûts d'achat d'aliment de finition
	Coûts de la poudre de lait
	Coûts fixe des surfaces fourragères
	Coûts fixe d'achat des béliers

La méthodologie de travail pour la construction des différents indices de synthèse sur base économique est représentée par la Figure 5. La complexité du schéma de sélection sur les béliers induit une construction d'indice en plusieurs étapes pour avoir une présentation de l'indice synthétique simplifié, présenté sous la forme $IS = c' * \text{croissance} + d' * \text{gras} + e' * \text{conformation} + f \text{ rendement} + a'' * \text{valeur laitière} + b'' * \text{prolificité}$:

- Les caractères indexés en testage seront regroupés en sous-indice. En effet, le caractère « gras » est composé de 4 index : gras dorsal, gras interne, gras externe, gras de rognon. Ces différents index seront donc regroupés dans un même sous indice « gras ». Il en sera de même pour les indices croissance et conformation. Ces sous indices correspondent aux caractères contrôlés en station sur performance individuelles.
- Les sous-indices seront combinés avec les index des stations de contrôle individuel pour former des indices globaux en prenant en compte l'effet de la sélection pour la mise en testage. En effet, les animaux mis en testage sont considérés comme les meilleurs des animaux en station de contrôle individuel.

4 Détermination de l'objectif de sélection :

Comme nous l'avons vu précédemment, les pondérations de l'objectif correspondent au gain marginal pour une petite variation de caractère, à proximité de la moyenne.

La pondération a_i correspond alors à la variation de la marge brute produite par une petite modification Δ du caractère A_i (dérivée partielle en langage mathématique), les autres caractères étant fixés à leurs valeurs moyennes. Ainsi, les pondérations de chacun des caractères de l'objectif se calculent comme suit :

$$a_i = \frac{MB(A_i + \Delta A_i) - MB(A_i)}{\Delta A_i}$$

Au vu des difficultés pour déterminer l'influence des variations de caractères sur certaines charges opérationnelles et de structure, le paramètre économique choisi, à la place de la marge brute, est le solde sur coût alimentaire. Ce choix se justifie par le fait que pour les races rustiques, comme la BMC, les charges alimentaires représentent le poste principal des charges (60% des charges) (Grenet 2010). Ce critère est également très utilisé dans l'appui technique des exploitations ovines. La modélisation prend alors en compte toutes les charges et produits qui peuvent être mis en relation avec les performances du troupeau (Tableau 1 : Produits et charges de l'atelier ovin pris en compte dans le modèle bio-économique (Grenet 2010)). Les primes ne sont pas prises en compte dans le modèle puisqu'elles ne sont pas liées aux performances du troupeau, de même que les frais vétérinaires qui n'ont pu être reliés aux caractéristiques du troupeau et aux variations de caractère. Les coûts de surfaces fourragères sont également difficiles à corrélérer avec les performances animales. Un coût fixe par brebis a donc été attribué par système de production en s'appuyant sur les références des Réseaux d'Élevage.

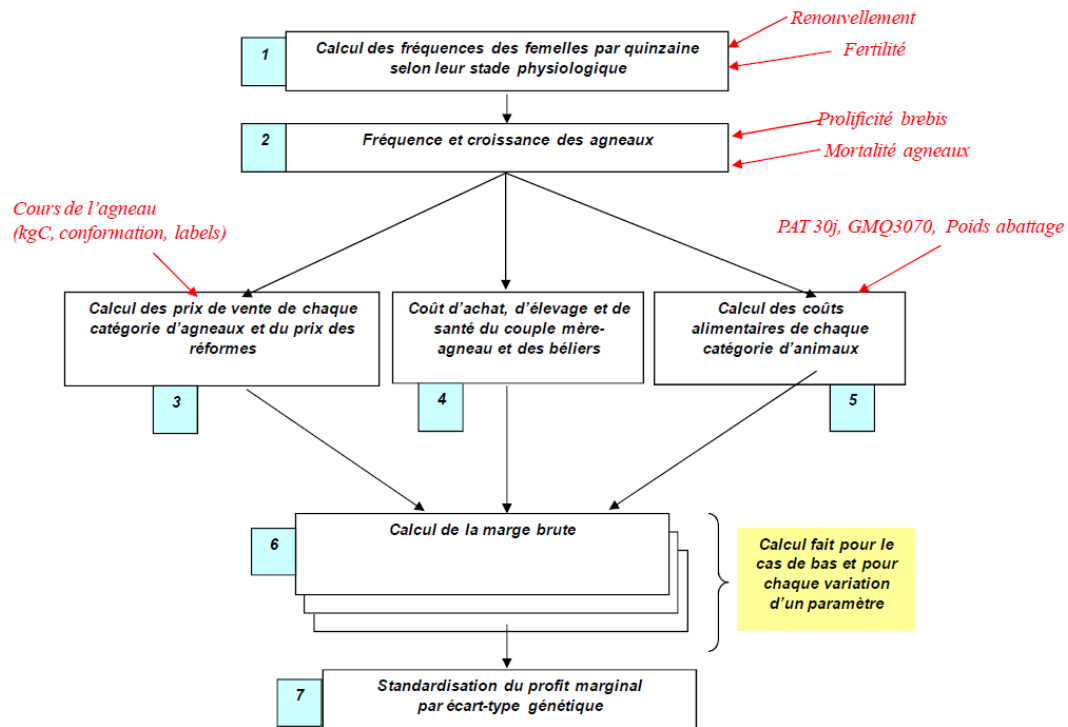


Figure 6 : Représentation schématique du fonctionnement du modèle bio-économique (Batut 2009)

4.1 Fonctionnement du modèle bio-économique

Le programme de modélisation bio-économique est construit en 7 modules (Figure 6 : Représentation schématique du fonctionnement du modèle bio-économique (Batut 2009)).

- *Module 1* : il décrit le fonctionnement global du système. Il calcule, grâce aux données concernant le renouvellement et la mise en réforme des femelles, les fréquences de ces dernières en fonction de leur stade physiologique.
- *Module 2* : il permet de chiffrer les fréquences des agneaux en fonction des paramètres de la productivité numérique et de connaître les croissances des animaux.
- *Module 3* : il calcule la recette permise par la vente des animaux en fonction des effectifs et des prix. Ces prix sont eux-mêmes fonction de la période de vente et de la labellisation.
- *Module 4* : il évalue les coûts alimentaires en matière de concentrés pour chaque catégorie d'animaux du troupeau en fonction de leur stade physiologique.
- *Module 5* : il est non opérationnel pour le moment car les données ne sont pas disponibles. Il devra prendre en compte les autres frais d'élevage (frais vétérinaires et de reproduction notamment) qui devront être différenciés selon les performances du troupeau.
- *Modules 6 et 7* : ils permettent le calcul de la marge brute par différence entre les recettes et les charges de l'atelier. Ce calcul est envisagé dans le cas de base et aussi lors d'une petite variation d'un caractère de l'objectif de sélection. Grâce à ces modules, nous pouvons obtenir les pondérations économiques recherchées pour chaque caractère de l'objectif.

Les données utilisées pour la description des systèmes d'élevage proviennent principalement des cas-types réalisés par les réseaux d'élevage (Institut de l'Élevage et Chambres d'agriculture) complétés par des entretiens et des enquêtes sur le terrain et l'analyse des données du contrôle de performance. Les travaux de l'INRA-SAGA, basés sur les données de la station FEDATEST et des programmes de testage ont fourni des éléments essentiels à la modélisation des coûts de production de l'agneau en lien avec la qualité des carcasses. Toutes les hypothèses qui ont servi à la modélisation des systèmes de productions sont présentées en annexe 1.

Tableau 2 : Valeur de prolificité pour le modèle un agnelage par an

Période de mise bas		Cas de base	Augmentation du caractère prolificité
Aout	Primipare	137	138
	Multipare	156	157
Décembre	Primipare	140	141
	Multipare	149	150

Tableau 3 : Résultats de la modélisation pour le cas de base et pour l'augmentation d'un point de prolificité

Par brebis présente au 1 ^{er} mars	Cas de base	+ 1 point de prolificité
Nombre de portées :	1.1	1.1
Simple	0.57	0.55
Double	0.50	0.51
Triple	0.03	0.04
Nombre d'agneaux nés	1.48	1.49
Nombre d'agneaux sevrés	1.46	1.47
Nombre d'agneaux lourds vendus	0.97	0.97
Recettes totales	110.97	111.50
Charges alimentaires brebis (concentrés)	5.70	5.72
Charges alimentaires agneaux en finition (par brebis)	17.98	18.07
Charges totales	46.30	46.42
Marge brute	64.66	65.07
Différence de marge (€)		+ 0.41

Tableau 4 : Taux de labellisation des agneaux lourds dans le cas d'une augmentation du caractère gras

% de labellisation des agneaux	Cas de base	+0,02 mm de gras (+1 kg de poids abattage)
standard	5 %	7 %
Terre d'Agneau	30 %	35 %
Agneau de l'Adret	65 %	58%

4.2 La vérification des évolutions pour de petits caractères dans le système "un agnelage par an"

Nous développerons dans cette partie les résultats intermédiaires pour l'amélioration de deux caractères : prolificité et gras. Il semble intéressant de s'attarder sur ces deux caractères pour vérifier la cohérence du modèle.

4.2.1 Amélioration d'un point du caractère prolificité

La prolificité moyenne du troupeau dans le cas de base est de 145,5 %. Une différenciation du taux de prolificité est faite par période de mise bas et par rang de portée (multipare et primipare) (Tableau 2 : Valeur de prolificité pour le modèle un agnelage par an). Ce taux passe donc à 146,5% lorsque l'on augmente la prolificité.

Le nombre de mises bas totales reste identique dans le cas d'une augmentation de prolificité, mais le nombre de portées doubles et triples augmente au détriment des portées simples (

Tableau 3 : Résultats de la modélisation pour le cas de base et pour l'augmentation d'un point de prolificité). Ainsi plus d'agneaux sont sevrés et donc vendus (+0,5 agneaux pour 100 brebis).

La complémentation alimentaire des brebis en fin de gestation et en lactation étant fonction du nombre d'agneaux à naître et à allaiter, l'augmentation du nombre de portées multiples entraîne des charges alimentaires supplémentaires de 0.02 € par brebis. Toutes les charges étant ramenées à la brebis présente au 1^{er} mars. Les charges alimentaires des agneaux augmentent du fait de leur nombre plus élevé mais aussi en raison du poids plus faible à 30 jours puis au sevrage des agneaux doubles ou multiples.

Au final une augmentation d'un point de prolificité se traduit par un gain de marge brute de 0,41 € par brebis présente au 1^{er} mars.

4.2.2 Amélioration du caractère gras

Dans le modèle, il est estimé que les animaux sont vendus à gras optimum, ce qui correspond à la pratique recommandée aux éleveurs. Ce résultat est obtenu en ajustant le poids d'abattage qui est le principal facteur agissant sur l'état d'engraissement. Les travaux disponibles (Bouix 2010 non publié) indiquent que l'accroissement d'1kg du poids vif d'abattage se traduit par une augmentation de 0,2 mm de l'épaisseur du gras dorsal. Par conséquent, pour estimer l'impact d'une amélioration (réduction) du caractère gras, le modèle fait varier le poids d'abattage des animaux.

L'évolution de ce caractère n'entraîne pas de répercussion sur le nombre d'animaux vendus mais sur le poids et la qualification des agneaux lourds. Le poids étant le critère le plus restrictif pour la labellisation, un alourdissement des carcasses entraîne, au delà d'un certain seuil, une diminution de la labellisation des agneaux. (Tableau 4 : Taux de labellisation des agneaux lourds dans le cas d'une augmentation du caractère gras).

Tableau 5: Variations de marge brute pour l'amélioration du caractère gras

Par brebis présente au 1 ^{er} mars	Cas de base	+0,02 mm de gras (+1 kg de poids abattage)
Recettes totales par brebis	110.97	113.23
Charges totales par brebis	46.30	46.96
Marge brute par brebis	64.66	66.17

Tableau 6 : Pondérations des objectifs de sélection en race BMC

	Pondération en € par points de caractère		Ecart-type génétique	Pondération en € par écart-type		Pondération de l'objectif technique
	3 en 2	1/an		3 en 2	1/an	
Fertilité	0,74	0,73	10	7,43	7,34	
Prolificité	0,41	0,41	16	6,57	6,52	6,54
Survie	1,13	1,03	8	9,02	8,20	
PAT 30	1,10	0,93	0,9	0,99	0,84	
PAT 70	6,30	5,34	0,02	0,13	0,11	
GMQ engraissement	23,61	19,45	0,025	0,59	0,49	0,54
Gras	9,02	7,53	0,63	5,68	4,75	5,22
Conformation	7,43	6,32	0,23	1,71	1,45	1,58
Rendement	2,46	2,11	1	2,46	2,11	2,28
PAT 30 + mortalité liée	5,66	5,18	0,9	5,09	4,66	4,88

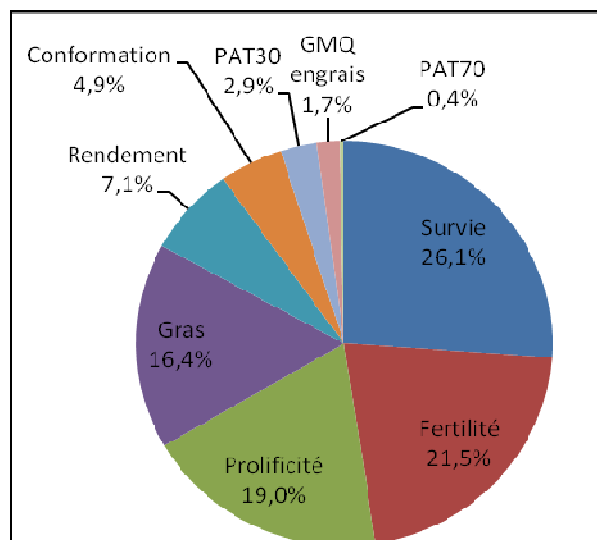


Figure 7 : Objectif de sélection système 3 agnelages en 2 ans

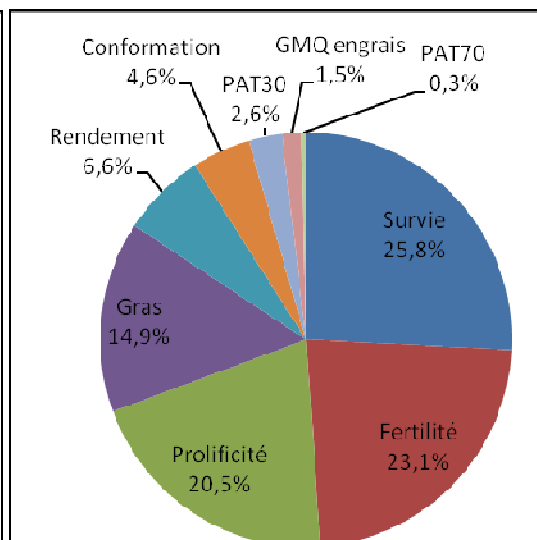


Figure 8 : Objectif de sélection système 1 agnelage par an

Cependant, cette diminution du taux de labellisation est largement compensée par une augmentation des prix de vente des agneaux, dû à un alourdissement des carcasses. Ces deux variations conjuguées entraîne une augmentation des recettes de 2.26 € / brebis (Tableau 5: Variations de marge brute pour l'amélioration du caractère gras).

D'autre part, un alourdissement des animaux entraîne une hausse des charges d'alimentations pour les agneaux tant pour couvrir des besoins d'entretien que des besoins de production supérieurs.

Malgré l'augmentation des charges, la marge brute de l'atelier augmente, avec l'amélioration du caractère gras de 0,02mm, de + 151 € pour 100 brebis soit 753€ par mm de gras.

4.3 Les objectifs de sélection :

Afin de pouvoir comparer et additionner l'impact de chaque caractère, il faut les convertir dans une unité commune. Il a donc été choisi d'exprimer le gain marginal en écart-type génétique. En effet, c'est l'unité la plus utilisée dans les évaluations génétiques. Une autre possibilité aurait été d'exprimer les pondérations par écart-type d'index. Utiliser l'écart-type génétique permet de s'affranchir des problèmes liés à la fiabilité de l'indexation. Les écart-types génétiques utilisés sont ceux qui sont pris en compte dans la chaîne d'indexation.

Pour une même pondération d'un caractère exprimé en points, plus son écart-type génétique est important (grande variabilité dans la population), plus il est intéressant de le sélectionner, donc plus sa pondération est importante (Tableau 6 : Pondérations des objectifs de sélection en race BMC). C'est le cas par exemple de la survie et du PAT30 qui ont chacun des gains de marge brute par point de caractère d'environ 1 € (respectivement 1,13 et 1,10 pour la survie et le PAT 30) mais avec un rapport entre les écart-types génétiques proche de 10. Ainsi la survie à une pondération nettement plus élevée (9,02 € par écart-type génétique) que le PAT 30 (0,99 € par écart-type génétique).

L'effet sur la marge brute de la variation de chaque caractère ayant été calculé pour les deux systèmes de production représentatifs de la race BMC, on obtient donc 2 objectifs de sélection distincts (Figure 7 : Objectif de sélection système 3 agnelages en 2 ans ; Figure 8 : Objectif de sélection système 1 agnelage en 2 ans).

Pour les deux systèmes, les facteurs de productivité numérique sont les plus importants : fertilité, mortalité et prolificité représentent plus des 2/3 de l'objectif. La conformation considérée comme un des principaux critères pour la vente des animaux pour certains éleveurs, a un poids relatif inférieur à 5%. En revanche, le gras prend une place importante dans l'objectif. Il représente environ 15% de l'objectif.

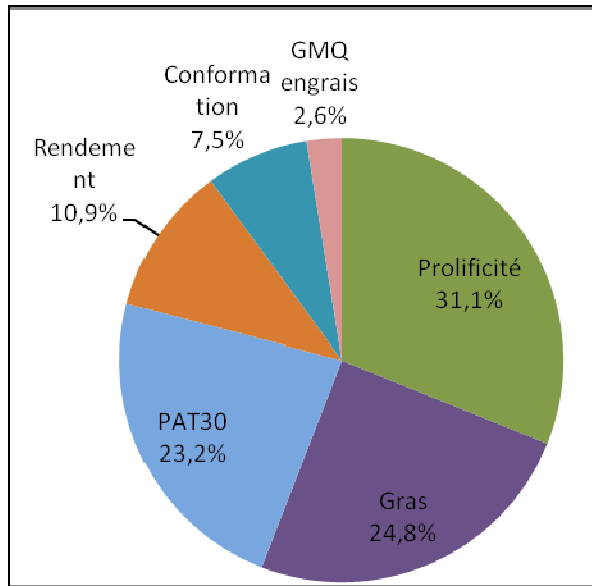


Figure 9 : Objectif de sélection proposé (la pondération PAT30 correspond au PAT30 en prenant compte l'effet sur la survie)

Lorsque l'on compare les pondérations de l'objectif de sélection pour chacun des systèmes, il n'y a pas de différence très significative. L'ordre d'importance des caractères reste identique. Cependant, la fertilité et la prolificité ont des pondérations relatives légèrement plus importantes dans le système 1 agnelage par an que dans le système 3 agnelages en 2 ans (Tableau 6 : Pondérations des objectifs de sélection en race BMC). Ceci peut être expliqué par l'écart de temps plus important entre 2 luttés dans le système 1 agnelage par an. En effet, dans le cas du système le plus intensif, avec 3 luttés par an, si les brebis ne sont pas gestantes à la fin d'une lutte, elles peuvent plus rapidement être remises en lutte. Le temps où la brebis est improductive est donc plus court. La baisse de la fertilité des brebis a donc moins de conséquences économiques dans ce système.

Il est important et nécessaire pour la race de ne conserver qu'un seul objectif représentatif des deux systèmes. D'après l'organisme de sélection de la race, 70% des élevages conduisent leurs élevages selon un système 3 agnelages en 2 ans. Cependant ce chiffre étant en diminution, il est supposé que d'ici quelques années les deux systèmes seront représentés à part égale. L'objectif de chaque système représentera donc 50% de l'objectif final.

Par ailleurs, il convient d'adapter l'objectif au schéma de sélection et de ne conserver que les caractères indexés actuellement.

Actuellement, la fertilité n'est pas indexée par manque d'information (peu de déclarations de mises en lutte). En race BMC l'organisme de sélection a choisi d'appliquer, pour le contrôle en ferme, la « Formule élevage ». Ainsi, l'index PAT 70 n'est pas calculé. D'autre part, la survie n'a pas d'indexation à part entière. L'information disponible sur ce caractère n'est pas très fiable, toute la mortalité n'étant pas déclarée. Elle est estimée au travers de l'index multi-caractère nommé valeur laitière. Le coefficient de détermination (CD) de cet index reste très faible (0,17 de moyenne). Cependant, Grenet (2010) a démontré que l'augmentation du PAT 30 avait une incidence sur la survie des agneaux. L'augmentation d'un point de PAT 30 entraîne une diminution de la mortalité de 2 à 5 points selon la taille des portées. Ainsi, il a été calculé une variation de marge brute qui prend en compte l'effet de l'augmentation du PAT 30 sur la survie des agneaux et qui sera la pondération conservée pour l'objectif proposé en pratique (Figure 9 : Objectif de sélection proposé (la pondération PAT30 correspond au PAT30 en prenant compte l'effet sur la survie)).

Dans l'objectif proposé, 3 caractères principaux expliquent plus des $\frac{3}{4}$ de l'objectif : prolificité, gras et PAT30 (prenant en compte l'effet sur la mortalité). Les caractères maternels (prolificité et PAT30) représentent un peu plus de 50% de l'objectif, les caractères bouchers ayant repris un peu plus d'importance par rapport aux caractères maternels que dans les objectifs théoriques par système (Figure 9 : Objectif de sélection proposé (la pondération PAT30 correspond au PAT30 en prenant compte l'effet sur la survie)).

Ces pondérations sont toutes fois à nuancer. En effet, toutes les charges ou les recettes n'ont pu être modélisées ; c'est le cas par exemple des frais vétérinaires pour lesquels il n'existe aucune référence permettant de les relier aux variations de performances zootechniques. Cependant, certains techniciens de la race estiment que ces charges varient

de façon importante selon le niveau de caractères comme la prolificité ou survie par exemple. A l'inverse, on sait que l'amélioration du caractère croissance permet une diminution de la durée d'engraissement et diminue d'autant la durée de présence des animaux sur l'exploitation. On peut donc supposer que cela aura un impact positif sur la durée d'occupation des bâtiments, mais aussi sur le temps de travail qui semble aujourd'hui une problématique très importante en élevage. Les modélisations ont été réalisées dans le contexte d'élevage actuel. Une modification très importante de ces conditions pourrait remettre en cause les pondérations de l'objectif déterminées. Pour anticiper ce problème, les modèles ont été soumis à des tests de robustesse où les prix d'alimentation et de la viande ont été modifiés. Aucune modification importante des pondérations n'est à noter. On peut donc estimer que les modèles sont stables à moyen terme. Une remise à niveau semble tout de même nécessaire à moyen ou long terme (environ 10 ans).

D'autre part, il est important de rappeler que toute cette étude n'est valable que pour des petites variations. En effet, la modification importante de certains caractères peut aller à l'inverse de l'amélioration économique. L'exemple du gras qui entraîne une augmentation du poids à l'abattage est le plus significatif. Des carcasses trop lourdes peuvent représenter un problème pour la filière, s'il n'y a pas de demande pour ce produit.

La construction d'un modèle bio-économique permet de calculer l'incidence de la variation de chaque caractère sur le solde sur coût alimentaire (apparenté à la marge brute) pour chacun des deux systèmes les plus représentatifs en race BMC. A partir de ces variations de marge brute, il est défini un objectif de production par système. Les principales pondérations de ces objectifs sont liées aux caractères qui permettent de calculer la productivité numérique (prolificité, fertilité et survie). Le gras représente aussi une part importante. Ces résultats sont ensuite combinés dans un unique objectif de sélection que l'on pourrait qualifier « d'objectif pratique » (celui réellement appliquer dans la race). Il ne prend en compte que les caractères faisant partis du schéma de sélection. La prolificité, le gras et le PAT 30 sont les caractères les plus importants de cet objectif.

5 Indice synthétique économique des brebis

A partir de l'objectif de sélection on peut déterminer un indice de sélection par la méthode itérative qui consiste à prendre des pondérations au hasard d'une loi normale et d'étudier la réponse sur l'objectif. Les pondérations finales de l'indice seront celles qui maximisent la réponse sur l'objectif.

Pour fonctionner, le programme itératif nécessite la formation d'un fichier d'index, où les index élémentaires sont corrigés de la base mobile et standardisés par l'écart-type génétique du caractère. Il faut également se fixer une intensité de sélection. On obtient ainsi un indice de sélection avec des pondérations relatives qu'il faudra ensuite exprimer en euros.

Tableau 7 : Valeur de la base mobile brebis (BDIR/egova_retour)

Base mobile prolificité (g/jour)	Base mobile valeur laitière (points)
0,0123	10,78

Tableau 8 : Paramètres des index bruts, corrigés et standardisés

	Index bruts		Index corrigés		Index corrigés et standardisés	
	Prolificité (en point)	Valeur laitière (en g/j)	Prolificité (en %)	Valeur laitière (en kg)	Prolificité (en $\sigma_{\text{génétique}}$)	Valeur laitière (en $\sigma_{\text{génétique}}$)
Moyenne	0,012	4,60	0,0052	-0.1838	0,0003	-0,20
Ecart-type	0,053	19,90	5,28	0,597	0,33	0,66

5.1 Vérification des données et assemblage du fichier d'index

Les brebis ont donc deux index élémentaires :

- Prolificité : exprimé en points (un index de +0,01 correspond à un point de prolificité) Il a une moyenne de 0,012 point (
- Tableau 8 : Paramètres des index bruts, corrigés et standardisés
-)
- PAT30 : exprimé en g/jour (GMQ 0-30j). Cette unité est un résiduel de l'ancien index qui était en réalité un GMQ10-30 jours. Pour éviter tout risque de confusion, cet index sera nommé valeur laitière dans le reste de ce rapport. La valeur moyenne de la population pour la valeur laitière est de 4,6 g/j.

Les données initiales sont des index bruts tels que la chaîne d'indexation les calcule. Elles ont donc été vérifiées lors de l'indexation et de leur migration vers les tables de stockage de la BDIR. On a donc supposé que très peu d'erreurs sont à noter dans la base de données.

Afin de prendre en compte l'effet du progrès génétique, les index doivent être corrigés d'une base mobile qui correspond à la moyenne des index pour les animaux des 10 dernières années (Tableau 7 : Valeur de la base mobile brebis (BDIR/egova_retour)).

La valeur d'expression des caractères diffère entre l'objectif et les index élémentaires. Il convient donc de modifier les index pour les faire correspondre à l'objectif. Ainsi, on multiplie l'index prolificité par 100 pour pouvoir l'exprimer en %. En effet dans le programme de détermination de l'objectif, pour une augmentation de 1% on passe de 147 à 148, cette augmentation se traduit en termes d'index par +0.01. Pour la valeur laitière, l'index est exprimé en g/j (GMQ 0-30j), on le transforme en kg en le divisant par 1000 puis on le multiplie par 30 pour obtenir un poids à 30 jours. Les paramètres des index obtenus sont présentés dans le Tableau 8.

La standardisation par écart-type génétique n'entraîne pas une répartition des index centrée réduite comme on pourrait s'attendre. En effet, la standardisation ne se fait pas par écart-type d'index mais par écart-type génétique. Les écarts-types utilisés pour cette standardisation sont les mêmes que ceux de l'objectif. Ils sont issus de la chaîne d'indexation et ont été validés par le comité de pilotage de ce projet.

Tableau 9 : Objectif et indice de sélection des brebis

	Pondération de l'objectif en euros par écart-type génétique	Pondération de l'objectif en relatif	Pondération de l'indice
Prolificité (en %)	7,054	0,6	0,67
Valeur laitière (en kg)	4,910	0,4	0,33

5.2 Paramétrage du programme

Deux voies de sélection sont à distinguer sur la voie mère :

- la voie mère-fils consiste à sélectionner les femelles qui permettront de créer la génération mâle suivante. Environ 20% des brebis donneront des mâles qui seront utilisés dans la base de sélection. On les qualifie « mères à béliers »
- la voie mère-fille correspond aux brebis dont les agnelles seront conservées pour le renouvellement. Cela représente environ 60% des brebis.

Le paramétrage du programme de calcul des pondérations nécessite d'affecter une intensité de sélection moyenne à la population. On choisit d'affecter une moyenne arbitraire des intensités de chaque voie en prenant en compte le poids de chaque voie. Il a été estimé qu'environ 50% de la population de mères engendre des agneaux qui seront utilisés comme reproducteurs. Cependant, plusieurs intensités de sélection seront testées pour vérifier la fiabilité des pondérations.

La base de données initiale contient des animaux ayant une reproduction connue depuis 1969. Le calcul des pondérations ne peut se faire sur l'ensemble des animaux. En effet, le progrès génétique qu'on peut supposer important depuis la création de la base de données, provoquerait un biais dans le choix des animaux sélectionnés. Il faut donc réduire la population à un sous-ensemble que l'on peut estimer sans progrès génétique. Il faut également que ce sous ensemble représente suffisamment d'individus pour que le calcul des pondérations soit représentatif. Nous avons choisi de ne conserver que les animaux nés entre 2001 et 2010, en supposant que le progrès génétique sur ces dix années est suffisamment faible pour être négligé. On conserve ainsi 51 664 brebis.

5.3 Calcul des pondérations de l'indice de synthèse

Seuls deux caractères vont faire partie de l'indice synthétique pour les brebis : la prolificité et la valeur laitière. Un objectif de sélection ne comprenant que ces caractères est donc déterminé (Tableau 9 : Objectif et indice de sélection des brebis). La prolificité compte ainsi pour 60% de l'objectif.

Afin de balayer l'ensemble des combinaisons de pondérations possibles, on réalise par programme 200 000 itérations successives et on exécute 10 fois le programme. On obtient ainsi 10 combinaisons possibles (annexe 2). Pour sélectionner les pondérations définitives de l'indice, on conserve celles ayant la meilleure réponse à la sélection sur l'objectif.

On obtient les pondérations de l'indice suivantes (Tableau 9 : Objectif et indice de sélection des brebis) :

0,67 pour la prolificité
0,33 pour la valeur laitière

Tableau 10 : Pondérations de l'indice selon le taux de sélection

	30%	50%	70%
Prolificité	0,66	0,67	0,62
Valeur laitière	0,34	0,33	0,37

Tableau 11 : Réponse à la sélection sur indice technique et indice économique pour une sélection de 50% des animaux

	Ancien indice défini d'après des références techniques		Nouvel indice en réponse à un objectif sur base économique	
	Réponse à la sélection en écart-type génétique du caractère	Réponse à la sélection en valeur d'index (unité habituelle)	Réponse à la sélection en écart-type génétique du caractère	Réponse à la sélection en valeur d'index (unité habituelle)
Prolificité	0,072	0,011	0,217	0,034
Valeur laitière	0,471	14,13 g/j	0,341	10,23 g/j

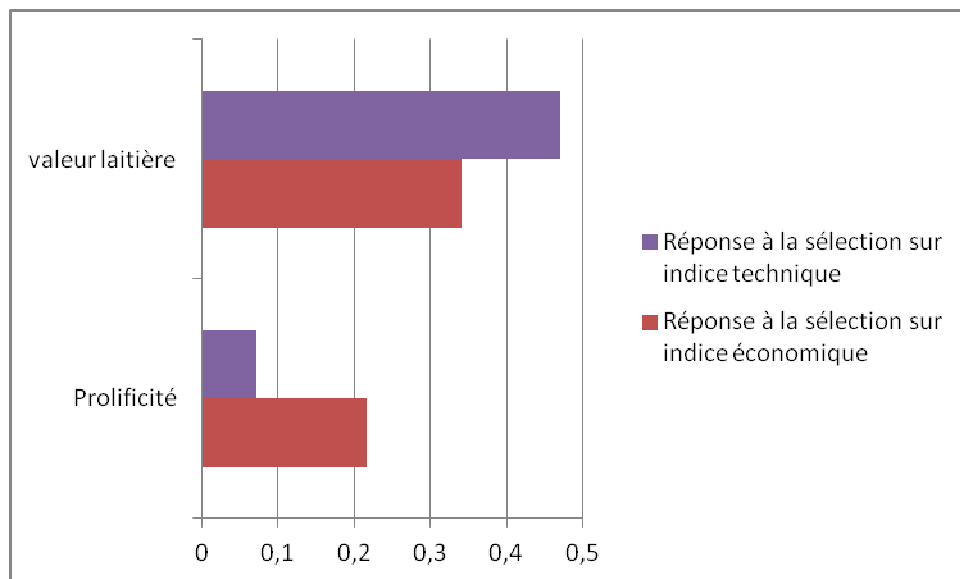


Figure 10 : Réponse à la sélection, en écart-type génétique, sur indice technique et économique pour une sélection de 50% des animaux

On sait d'après la bibliographie (Pabiou 2005) que si les caractères sont indépendants, les pondérations de l'indice correspondent à celles de l'objectif. Dans notre cas, les pondérations de l'indice étant très proches de celles de l'objectif, on estime que les deux caractères sont indépendants. Ceci confirme les hypothèses utilisées pour l'indexation qui supposent l'indépendance de la prolificité et de la valeur laitière.

La méthode matricielle s'appuie sur une table des corrélations génétiques et phénotypiques. Comme nous venons de démontrer l'absence de corrélation, il ne semble pas pertinent d'appliquer la méthode matricielle pour le calcul de l'indice de synthèse des brebis.

On a supposé a priori que l'intensité de sélection pourrait avoir une incidence sur la valeur des pondérations. En effet, il était soupçonné que le profil des animaux sélectionnés pourrait être différent selon l'intensité de sélection. 3 intensités de sélection ont donc été testées :

- le cas de base où 50% des animaux sont sélectionnés,
- une pression de sélection plus forte où on conserve, pour faire la génération suivante, 30% des brebis
- une intensité de sélection plus faible, 70% des animaux sont sélectionnés

Les pondérations de l'indice varient peu selon l'intensité de sélection (Tableau 10 : Pondérations de l'indice selon le taux de sélection). Cela résulte sans doute de l'indépendance des deux caractères. La distribution des index d'un caractère ne dépend pas du niveau de l'autre caractère

Un objectif basé sur références techniques est actuellement utilisé chez les brebis. Cet objectif est de $1 \times \text{prolificité} + 2 \times \text{valeur laitière}$. L'indice synthétique correspondant est exprimé en point de valeur laitière (g/jour), on obtient alors en utilisant les index publiés : $100 \times \text{prolificité} + 1 \times \text{valeur laitière}$.

Les nouvelles pondérations de l'indice économique sont à l'exact inverse de celles de l'objectif technique (avec des index exprimés en écart-type génétique). Il y a donc une inversion complète de la hiérarchie des caractères. Il apparaît alors intéressant d'évaluer les conséquences d'une telle inversion sur la réponse à la sélection.

On définit la réponse à la sélection comme la moyenne d'index des animaux sélectionnés. Dans notre cas, la réponse à la sélection est exprimée en écart-type génétique du caractère considéré.

L'inversion des pondérations entraîne une réponse à la sélection diminuée sur le caractère valeur laitière lorsque l'on passe d'une sélection sur indice technique à une sélection sur indice économique. La répartition des index standardisés ne suit pas parfaitement une loi centrée réduite (

Tableau 8 : Paramètres des index bruts, corrigés et standardisés

et Figure 10 : Réponse à la sélection, en écart-type génétique, sur indice technique et économique pour une sélection de 50% des animaux). Les deux réponses à la sélection, prolificité et valeur laitière ne sont pas comparables, l'une par rapport à l'autre.

Tableau 12 : Paramètres du calcul de l'indice de synthèse brebis en euros

	Réponse à la sélection en écart-type génétique	Gain marginal par écart-type génétique	Pondération de l'objectif en euros (index en écart-type génétique)
Prolificité	0,217	7,054	8,25
Valeur laitière	0,341	4,910	4,06
Indice	0,806		

Tableau 13 : Résultats de l'indice de synthèse en écart-type génétique et en euros

Variable	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Indice de synthèse	0,0467	0,323	-1,631	1,867
Indice de synthèse en € (méthode de dé-relativisation)	0,560	3,869	-19,512	22,332

La réponse à la sélection calculée ainsi est dans un cas idéal où le seul critère de sélection est l'indice de synthèse. En pratique, on sait que d'autres critères rentrent en compte dans la sélection des animaux comme le standard de race ou le comportement de l'animal.

L'indice de synthèse ainsi obtenu est exprimé en écart-type génétique. Il serait plus intéressant pour les éleveurs et la filière d'exprimer cet indice en €.

5.4 Exprimer l'indice synthétique en euros

Deux méthodes sont possibles pour exprimer convertir l'indice en €. La première consiste à dé-relativiser les pondérations afin de les obtenir en valeur physique. La seconde méthode consiste à estimer la valeur d'un écart-type d'indice au travers de la réponse à la sélection.

5.4.1 Dé-relativisation des pondérations

Le programme itératif détermine les pondérations relatives de l'indice. Leur somme fait 1. Pour exprimer l'indice en euros, il suffit de remettre en valeur absolue (dé-relativiser) ces pondérations.

Etant donné qu'elles sont relativement proches de celles l'objectif, on peut donc supposer qu'il en va de même pour la somme des pondérations non relatives.

Somme des pondérations de l'objectif : $7,0542 + 4,9099 = 11,9641$

L'indice obtenu par cette méthode (avec des index standardisés par écart-type génétique) :

$8,01 * \text{prolificité} + 3,94 * \text{valeur laitière}$

($8,01=11,9641 \times 67\%$ et $3,94=11,9641 \times 33\%$)

5.4.2 Evaluation du gain d'un écart-type d'indice

A partir de la réponse à la sélection en écart-type génétique pour chaque caractère lors de la sélection des 50% meilleurs animaux, on estime le gain économique d'un écart-type d'indice. Pour cela, on multiplie pour chaque caractère la réponse à la sélection par le gain marginal en écart-type puis on le ramène à un écart-type d'indice (Tableau 12 : Paramètres du calcul de l'indice de synthèse brebis en euros).

Un écart-type génétique d'indice correspond à 3,98 € et à 0,323 points d'indice (Tableau 13 : Résultats de l'indice de synthèse en écart-type génétique et en euros).

Avec les deux méthodes (dé-relativisation des pondérations et estimation du gain d'un écart-type d'indice), on obtient des pondérations similaires. On conservera tout de même les pondérations obtenues avec la première méthode. En effet, comme nous l'avons précédemment vu, la réponse à la sélection varie de façon importante avec l'intensité de sélection ; on peut donc supposer qu'une modification de cette intensité fasse varier le gain d'un écart-type d'indice. Ainsi, les brebis ont en moyenne une valeur génétique de 0,56 € avec un écart-type de 3,87. Cette valeur d'écart-type semble intéressante.

Tableau 14 : Résultats de l'indice technique et économique (n=40841)

		Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Indice technique	en g/j	1,33	20,03	-130	82
	en écart-type d'indice	0,07	0,99	6,49	4,09
Indice économique	en €	0,56	3,87	-19,512	22,332
	en écart-type d'indice	0,14	0,99	5,04	5,77

Indice technique (en écart-type)

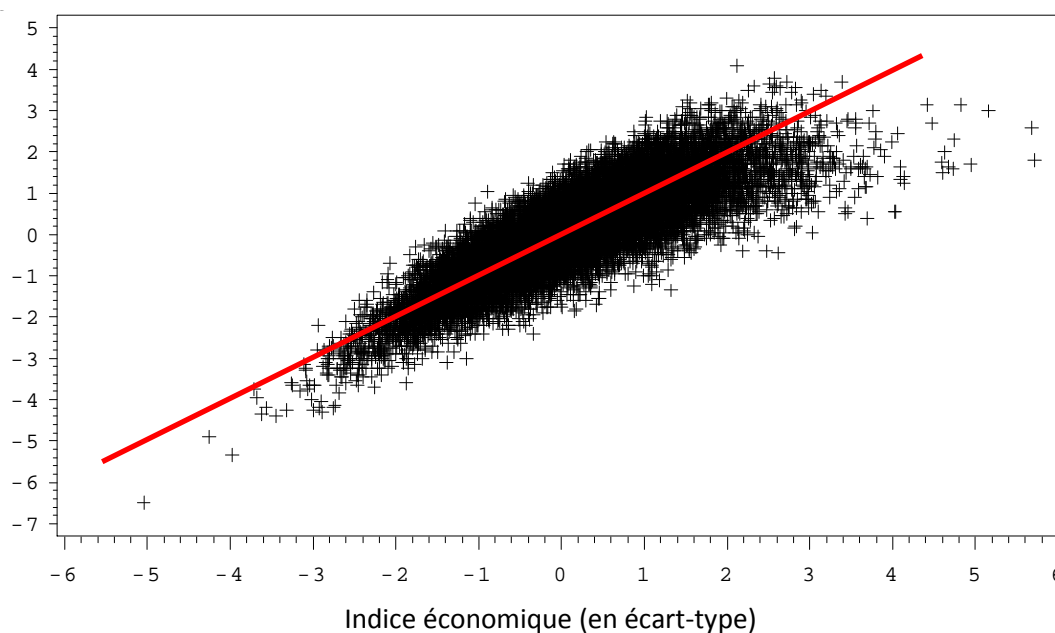


Figure 11 : Représentation graphique de l'indice technique en fonction de l'indice économique (n=26765)

Tableau 15 : Paramètres des indices des brebis selon la qualification

	En écart-type d'indice	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
MB	Indice technique	1,10	0,69	-1,347978	4,0938592
	Indice économique	1,32	0,59	0,6461618	5,1550788
MA	Indice technique	0,29	0,61	-1,8971543	2,9955067
	Indice économique	0,22	0,34	-0,2843112	3,1881623
MR	Indice technique	-0,05	0,66	-2,3964054	3,095357
	Indice économique	-0,12	0,53	-0,6459033	2,527268
NR	Indice technique	-1,01	0,83	-6,4902646	3,1452821
	Indice économique	-1,04	0,69	-5,0431636	5,7138796

En effet, on sait que plus l'écart-type de la population est important, plus la sélection des meilleurs animaux sera facile. Les meilleurs animaux sont plus facilement repérables. La valeur moyenne de +0,56€ es dû au fait que notre étude se base sur les animaux nés ces dix dernières années tandis que la base mobile qui sert pour la correction des index est calculé sur les 8 dernières campagnes.

Les valeurs maximum et minimum ne sont pas très représentatives (Tableau 13 : Résultats de l'indice de synthèse en écart-type génétique et en euros). En effet, les deux index élémentaires suivant une loi normale, la somme de ces index suit également une distribution normale. Dans ce cas 95% des individus sont compris entre -2 et +2 écart-types. Dans notre cas, 90% des brebis ont un index compris entre -5,49€ et +7€ (-1,42 et 1,8 écart-type), ce qui vérifie bien l'hypothèse précédente.

En conclusion, l'indice synthétique en euros, en utilisant les index dans leur valeur de publication (points de prolificité et g/j de PAT30), est le suivant :

$$50.1 * \text{prolificité} + 0.13 * \text{PAT30}$$

Ce nouvel indice de synthèse va entrainer des modifications dans le classement des animaux, qui permet aux éleveurs de choisir leurs reproductrices. C'est ce que nous allons étudier maintenant en examinant les effets de cet indice sur la classification des animaux.

5.5 Modification du classement des animaux sur l'indice économique

Les valeurs de l'indice (IS) technique sont bien plus dispersées que celle de l'indice économique (Tableau 14 : Résultats de l'indice technique et économique (n=40841)). Les deux valeurs sont alors difficilement comparables par animal. On va donc les exprimer en écart-type d'indice. On a une bonne correspondance entre l'IS technique et l'IS économique (Figure 11 : Représentation graphique de l'indice technique en fonction de l'indice économique (n=26765)). En effet, on remarque que le nuage de points est assez bien regroupé autour de la droite qui représente l'égalité entre les deux indices. Cependant, pour les animaux extrêmes, ils s'éloignent de cette droite de référence. Ainsi, les animaux ayant les indices économiques les plus élevés n'étaient pas les meilleurs sur indices techniques. On peut supposer, que cette différence est due au profil des animaux. Ils ont en moyenne des index prolificité élevés. L'importance de ce caractère étant nettement augmentée dans l'IS économique par rapport à l'indice technique, ils sont plus favorisés par cet index.

En fonction de leur niveau génétique, les brebis sont qualifiées mères à béliers (MB), mères à agnelles (MA), mères reconnues ou non qualifiées. Chaque catégorie ne sera pas impactée de la même façon par la modification de l'indice synthétique.

Chaque catégorie de qualification ne sera pas impacter de la même façon par la modification d'indice (Tableau 15 : Paramètres des indices des brebis selon la qualification). Les mères à béliers vont avoir leur indice synthétique qui augmente tandis que pour les autres qualifications l'indice de synthèse diminuera. C'est ce que l'on avait déjà pu observer sur la Figure 11 : Représentation graphique de l'indice technique en fonction de l'indice économique (n=26765)).

Tableau 16 : Critère de qualification des brebis sur indice technique

Qualification \ Critère	Génotype PrP*	Index prolificité	Index valeur laitière	CD prolificité	CD valeur laitière	IS technique
MB	non porteur VRQ	$\geq - 0,02$	≥ 0	$\geq 0,13$	$\geq 0,14$	≥ 9
MA	non porteur VRQ	$\geq - 0,06$	$\geq - 12$	$\geq 0,10$	$\geq 0,10$	$\geq - 9$
MR	non porteur VRQ	$\geq - 0,08$	$\geq - 15$			$\geq - 16$

Tableau 17 : Critère de qualification sur indice économique

Qualification \ Critère	Génotype PrP*	CD prolificité	CD valeur laitière	IS Economique (en €)
MB	non porteur VRQ	$\geq 0,13$	$\geq 0,14$	$\geq 2,5$
MA	non porteur VRQ	$\geq 0,10$	$\geq 0,10$	$\geq - 1,1$
MR	non porteur VRQ			$> - 2,5$

Tableau 18 : Taux de qualification sur critères technique et sur critères économique (n=26765)

% de ligne % de colonne	Qualification d'après l'indice technique					
	MB	MA	MR	NR	Total	
Qualification d'après l'indice économique	MB	76,22	19,28	1,62	2,88	23,47
		77,49	13,74	1,86	2,88	
	MA	15,87	67,99	6,84	9,3	32,71
		22,48	67,54	10,92	12,94	
	MR	0	24,01	60,68	15,31	21,3
		0	15,54	63,09	13,88	
NR	0,03	4,65	21,95	73,37	22,52	
	0,03	3,18	24,12	70,3		
Total	23,09	32,92	20,49	23,5	100	

L'indice synthétique technique est un des critères qui permet de déterminer la qualification des brebis. Les accouplements raisonnés, entre mère à béliers et père à béliers par exemple se feront selon la qualification de l'animal.

5.6 Modification des qualifications

La qualification des animaux est particulièrement importante pour les éleveurs adhérents à l'organisme de sélection (OS), ceux qui constituent la base de sélection. Pour l'étude de la variation de qualification, on restreint notre population aux adhérents de l'OS.

La modification de l'indice synthétique, entraîne une modification des critères de qualification mais aussi des changements de qualification pour certains animaux.

Actuellement, les critères de qualification portent sur (Tableau 16 : Critère de qualification des brebis sur indice technique) :

- la valeur de l'indice de synthèse
- le niveau du coefficient de détermination (CD) des index
- des seuils sur les index élémentaires
- la résistance à la tremblante

« Mère à béliers » est la qualification la plus élevée qu'une brebis puisse obtenir. Pour un élevage sélectionneur, les qualifications les plus importantes sont mères à béliers et mères à agnelles. C'est parmi la descendance de ces brebis que seront choisis prioritairement les futurs reproducteurs (mâles et femelles).

Les nouvelles règles de qualifications devront être définies de façon à conserver des taux par qualification dans la population globale similaire. En effet, cette répartition entre les différentes qualifications a été déterminée par l'organisme de sélection afin de fournir au schéma de sélection le nombre d'animaux nécessaire à son fonctionnement.

3 critères seront conservés pour les nouvelles règles (Tableau 17 : Critère de qualification sur indice économique) :

- la valeur de l'indice de synthèse
- les CD par caractères
- la résistance à la tremblante

Les critères sur les CD ont été conservés au même niveau que ce qui a été appliqué jusqu'à aujourd'hui (Tableau 16 : Critère de qualification des brebis sur indice technique). On ne peut affecter une qualification à des animaux pour lesquels l'index attribué n'est pas assez fiable. En moyenne, un seuil de CD de 0,10 correspond à des animaux ayant

- plus d'une mise bas si l'on ne connaît pas l'index du père,
- ou dont les index des deux parents sont connus.

Les seuils d'index n'ont pas été conservés car la sélection sur indice de synthèse est plus efficace que la sélection par seuil sur index élémentaire (Minvielle 1998).

La répartition des animaux selon leur nouvelle qualification est présentée dans le Tableau 18.

Tableau 19 : Index élémentaires par qualification sur indice économique

Qualification économique	Index	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
MB	Prolificité	0,07	0,06	-0,08	0,40
	Valeur laitière	26,74	16,90	-39,92	99,84
MA	Prolificité	0,01	0,04	-0,11	0,25
	Valeur laitière	16,23	15,06	-40,66	71,68
MR	Prolificité	0,00	0,04	-0,12	0,20
	Valeur laitière	10,53	14,52	-50,95	72,60
NR	Prolificité	-5,67	17,42	-113	69,76
	Valeur laitière	-0,02	0,04	-0,15	0,48

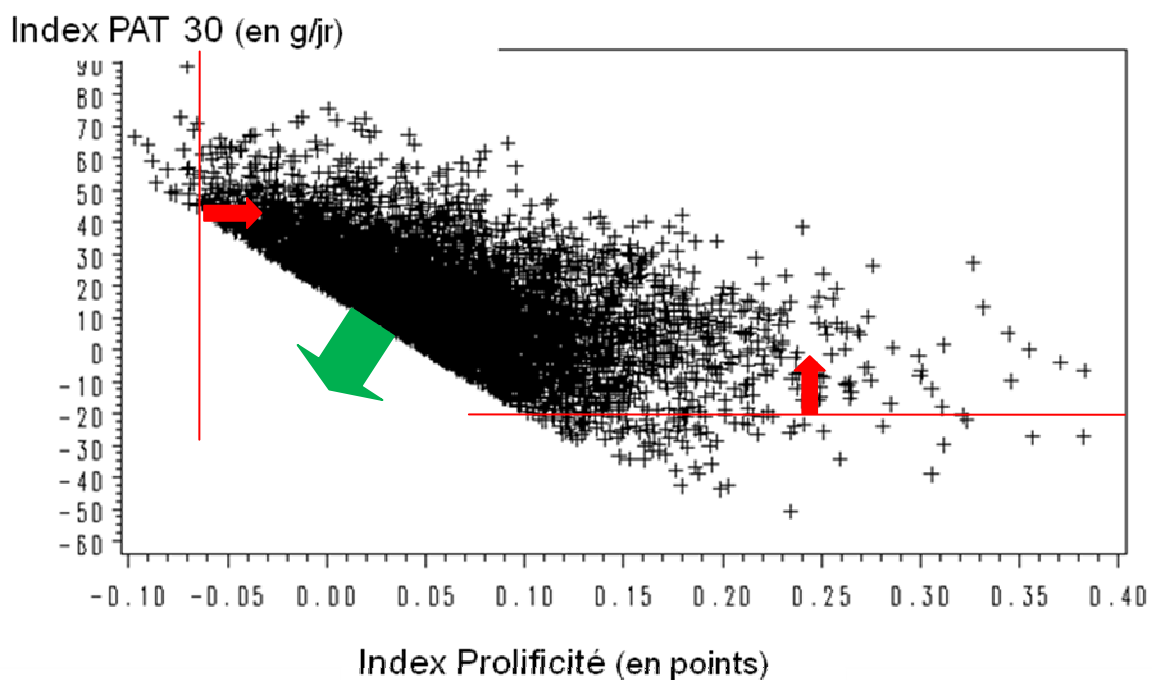


Figure 12 : Représentation graphique de l'index PAT 30 en onction de l'index prolificité pour les mères à béliers

En majorité, les animaux conservent leur qualification (valeurs en rouge dans le Tableau 18). Par exemple, 76% des brebis qui étaient mères à béliers (MB) conservent leur qualification. Des petites modifications sont observées : au sein des anciennes mères à agnelles (MA) 20% d'entre elles deviennent MB, 20 autres pour cent régressent de qualification et deviennent mères Reconnues (valeurs en vert).

5% des brebis font des bonds de qualification supérieurs ou égaux à deux classes : les mères à agnelles qui perdent leur qualification, les brebis Reconnues qui deviennent MB, les non qualifiées qui obtiennent au minimum une qualification MA. Dans le cas d'une amélioration de qualification, les critères limitant sont dans la majorité des cas les valeurs d'index. En supprimant ces seuils pour la qualification économique, les animaux peuvent accéder à une qualification supérieure.

Dans le cas d'une perte de qualification, c'est la valeur de l'indice de synthèse économique qui entraîne une rétrogradation sur des qualifications plus faibles.

Les faibles changements de qualification signifient que même si le classement des brebis est modifié, les meilleurs animaux sur l'indice technique restent globalement parmi ceux ayant un IS économique élevé.

La sélection par indice de synthèse permet de sélectionner des animaux ayant des profils différents. Ces animaux répondent aux différents besoins du schéma de sélection mais se pose quand même le problème des brebis trop extrêmes sur un caractère. Les différents profils d'animaux peuvent intéresser des éleveurs ayant des objectifs spécifiques. Cependant, les 2 systèmes de production ne sont pas très différents en terme d'objectif donc la plupart des éleveurs recherchent le même type d'animaux. Si on regarde les index élémentaires par qualification (Tableau 19 : Index élémentaires par qualification sur indice économique), pour chaque qualification, il y a des animaux ayant des index élémentaires très faibles (aux environs de 2 écarts-types). Cela signifie que l'autre index à une valeur très élevée. Cependant, il n'est pas forcément très intéressant pour le schéma de sélectionner des animaux trop détériorateurs sur un caractère.

Suite aux discussions eues avec l'organisme de sélection (Conseil d'administration du 9 septembre 2011) Il a été pris la décision d'appliquer des seuils d'index pour la qualification des animaux. En effet dans le fonctionnement normal d'un schéma de sélection 90% des béliers qui entrent en station sont issus de mères à béliers. On recherche ainsi à éviter d'entrer en station des animaux ayant des index trop détériorateurs sur un des caractères maternels. Afin de déterminer les valeurs des seuils d'index qui sont le plus adaptés au schéma de sélection et au profil de la population de brebis, plusieurs possibilités doivent être étudiées. Des seuils d'index de plus en plus restrictif seront fixés (droites rouges sur la Figure 12). La perte d'animaux (situés en dessous des seuils sur index) sera compensée par une diminution du seuil sur l'indice économique (flèche verte sur la figure) pour maintenir un pourcentage de 23 % de Mères à Béliers. On aura ainsi plus d'animaux moyens sur les deux index et moins d'animaux extrêmes.

Tableau 20 : Index moyen des mères à béliers selon les critères de qualification sur les index (n=6270)

	Aucun seuil sur les index	Index supérieurs à - 1 écart-type	Index supérieurs à - ½ écart-type	Les deux index positifs
Prolificité (en points)	0,060	0,058	0,056	0,051
Valeur laitière (en g/jr)	15,94	16,43	16,37	15,44

Des seuils équivalents (en écart-type d'index) sur les 2 index ont été fixés. 3 possibilités ont été étudiées :

- index supérieurs à - 1 écart-type : PAT 30 supérieur à -19,4 et prolificité à -0,06
- index supérieurs à - ½ écart-type : PAT 30 supérieur à -9,7 et prolificité à -0,03
- les deux index supérieurs à zéro

Dans le premier cas, on élimine les animaux vraiment extrêmes (150 animaux supprimés sur 6270 qualifiés) et la valeur de sélection des animaux sur indice synthétique varie relativement peu passe de 2.5 à 2.45

Lorsque l'on fixe un seuil sur les index de ½ écart-type, cela revient à supprimer 10% d'animaux les plus extrêmes (627 brebis). Dans ce cas, tous les animaux ayant un indice de synthèse supérieur à 2,1 € seront qualifiés.

Si on ne souhaite qualifier que les animaux avec des index positifs, seul 5630 animaux seront qualifiés soit 20% des brebis. Actuellement le taux de mères à béliers (qualification selon indice technique) est de 23%. Ainsi l'indice de synthèse n'a aucun intérêt dans ce cas les seuils sur index étant trop restrictifs. Cette solution n'est donc pas envisageable pour qualifier les animaux.

La fixation des seuils sur les index et indice pour la qualification des animaux doit donc se faire en collaboration étroite avec la race afin de répondre au mieux à leurs besoins.

Il faut cependant noter que la mise en place de seuil sur indice limite l'intérêt de l'indice de synthèse. Le progrès génétique espéré par caractère est plus faible dans le cas d'une qualification avec seuils sur index élémentaire (Tableau 20 : Index moyen des mères à béliers selon les critères de qualification sur les index (n=6270)). La suppression des animaux ayant les index les plus faible entraîne la suppression d'animaux avec des index fort (pour compensé le faible niveau d'un autre index).

Au niveau de l'ensemble de la population, le passage d'une sélection sur indice technique à une sélection sur indice économique n'entraîne que peu de variation sur les qualifications des animaux. On peut se poser la question de l'impact sur les élevages, notamment si certains sélectionneurs seront particulièrement touchés par ces modifications.

Les deux qualifications les plus intéressantes pour un éleveur sont les mères à béliers et les mères à agnelles. Les taux de qualification de ces deux catégories seront regroupés sous la dénomination « qualification globale de l'élevage ». On peut estimer qu'une variation de taux de qualification globale peut poser des problèmes au niveau des élevages. En effet, pour les sélectionneurs dont la principale activité est la vente de reproducteurs, il est particulièrement intéressant de maintenir un taux de qualifications haut qui atteste d'un bon niveau génétique de l'élevage. Pour aucun élevage cette modification est de plus de 5 points. Ce qui signifie qu'au niveau de l'éleveur certains animaux changeront de qualification mais en moyenne, il aurait le même nombre de brebis mères à béliers ou mères à agnelles.

Tableau 21 : Valeurs de la base mobile mâle

Base mobile prolificité (points)	Base mobile valeur laitière (g/jour)
0,018	17,23

L'indice synthétique (IS) des brebis prend en compte deux caractères : la prolificité et la valeur laitière. Les pondérations de cet indice sont proches de celle de l'objectif (60% de prolificité + 40% de valeur laitière). Ceci valide l'hypothèse d'indépendance des caractères. Pour sa diffusion il est intéressant qu'il soit exprimé en euros et qu'il utilise les index élémentaires tels qu'ils sont publiés. D'où un indice composé ainsi :

$$50.1 * \text{prolificité} + 0.13 * \text{PAT30}$$

Ce nouvel indice de synthèse entraîne des modifications du classement des animaux particulièrement pour les animaux extrêmes (indice élevé). Cependant, environ 70% des animaux conservent leur qualification. Impact sur la sélection : les nouvelles règles de qualifications entraînent la sélection d'animaux parfois extrêmes. Elevage par élevage, les impacts sur les qualifications sont très faibles.

6 Indice synthétique béliers en station de contrôle individuel

Pour les béliers, l'indice de synthèse intègre des caractères bouchers (croissance, PAT, conformation et gras) mais aussi des caractères maternels (prolificité et valeur laitière).

Ainsi, pour ces animaux, l'objectif de sélection est présenté par le

Tableau 23 (page 28). Comme pour les brebis, la table des index qui servira au calcul des pondérations de l'indice de synthèse doit être exprimée en écart-type génétique.

6.1 Création de la table des index des béliers

En fin de contrôle individuel, les béliers n'ont pas d'indexation sur les qualités maternelles. Pour cela, il faut attendre qu'ils aient une première reproduction en paternité connues. Ainsi pour certain animaux de la base de données, on connaît leur index prolificité et valeur laitière. Pour les autres béliers, on calcul un index sur ascendance qui correspond à la moyenne de ces parents. Lors du premier calcul de l'indice de synthèse, les index de qualités maternelles seront donc toujours calculés sur ascendances. Cette information sera complété par les performances des descendants tous au long de la carrière des béliers. Sur les 9970 animaux évalués en SCI, les index qualités maternelles des pères ne sont connus que pour 1/3 des béliers. En effet, seul 28% des mises-bas sont en paternité connues en BMC. Il sera intéressant que ce taux de paternités connues sur les béliers testés augmente car en l'absence d'information génétique sur le père les index de qualités maternelles en sortie de station correspondent à la moitié des index des mères. L'information ainsi calculée n'est donc pas très fiable.

De même que pour les brebis, les index prolificité et valeur laitière doivent être corrigés de la base mobile mâle (calculés sur les même modèles que la base mobile femelles) (Tableau 21 : Valeurs de la base mobile mâle). Ils doivent ensuite être exprimés dans la même valeur que l'objectif. On fait la conversion de façon identique à ce qui est fait chez les brebis.

Tableau 22 : Paramètres des index bruts et standardisés pour les béliers

	Index bruts		Index corrigés et standardisés	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Prolificité	0,020	0,054	0,011	0,338
Valeur laitière	7,465	11,682	-0,326	0,389
Gras	-0,002	0,348	-0,003	0,552
Conformation	0,000	0,074	-0,002	0,632
Croissance	-0,093	17,542	-0,004	0,702
PAT engraissement	0,019	1,753	0,007	0,592

En station, l'indexation est faite par bande. C'est-à-dire que la base de référence n'est pas la valeur génétique de la population mais la moyenne de la bande. En théorie, les index de deux animaux issus de bandes différentes ne sont pas comparables. 4 index sont calculés à la sortie de la station (Tableau 22 : Paramètres des index bruts et standardisés pour les béliers):

- Le gras dorsal : exprimé en mm de gars.
- La conformation : exprimée en mm de muscle
- La croissance (ou GMQ engraissement) : exprimé en g/jour
- Les PAT 145 jours aussi appelé PAT engraissement : exprimé en kg

L'index conformation calculé en fin de station est exprimé en mm de muscle. Dans l'objectif, les pondérations affecté à été mesurés à partir de note de conformation. Afin de conservé la cohérence des unités, l'index conformation est converti en note avant la standardisation. Cette conversion se fait en multipliant les index par le rapport des écarts-type génétique. Si la valeur de l'écart-type a été définie en note de conformation pour le calcul de l'objectif, la valeur en mm de muscle n'a pas été déterminée. L'écart-type génétique peut être calculé à partir de l'héritabilité (h^2) et de variance d'index ($V(\text{index})$) (Minvielle 1998). On sait que $V(\text{index}) = CD * V(\text{génétique})$ or dans le cas d'une indexation sur performance individuelle, on a $CD = h^2$ on aurait donc $V(\text{génétique}) = V(\text{index}) / h^2$. L'héritabilité est un des paramètres pris en compte dans la chaine d'indexation. En race BMC, l'héritabilité du caractère conformation est fixée à 0,4. L'écart-type génétique de la conformation en mm de muscle est égale à : 0,117.

Le PAT engraissement est un caractère bouché indexé en station de contrôle individuel qui ne fait pas partit de l'objectif de sélection. La race souhaite toutefois conservé cet index car elle le considère comme pertinent.

L'ensemble des index qualité maternelles et qualité bouchères sont ensuite standardisé par écart-type génétique (Tableau 22 : Paramètres des index bruts et standardisés pour les béliers).

6.2 Paramètre du programme d'itération

En 2010, sur les 666 animaux contrôle en station, 118 pour faire de la monte naturelle chez les éleveurs de la base de élection et 16 animaux ont intégrer les centres d'insémination pour le testage sur descendance. Au total, 20% des animaux contrôlés ont servi à engendrer la génération suivante. Cependant, ces animaux ne correspondent pas vraiment au 20% meilleurs béliers testés. En effet, un certains nombre d'animaux ne correspondent pas aux souhaits de la race et sont donc éliminés (7% en 2010). On considérera alors que les 30% meilleurs animaux sont sélectionnés pour la diffusion dans la base (monte naturelle et IA). Plusieurs intensités seront toutefois testées.

Comme pour les brebis, seuls les animaux nés depuis 2001 sont conservés pour le calcul des pondérations de l'indice. Cette année correspond à un compromis entre un nombre d'individus élevés et un progrès génétique faible. Sur la voie mâle, l'intensité de sélection étant plus forte que sur la voie femelle, le progrès génétique est plus importante.

Tableau 23 : Pondérations de l'objectif et de l'indice économique et réponse à la sélection pour les béliers en station

Caractères	Pondérations de l'objectif	Pondérations de l'indice	Réponse à la sélection en écart-type du caractère
Prolificité	0,37	0,406	0,209
Valeur laitière	0,26	0,251	0,194
Gras	0,27	0,262	0,372
Conformation	0,08	0,035	0,146
Croissance	0,03	0,023	0,147
PAT engraissement		0,024	0,224

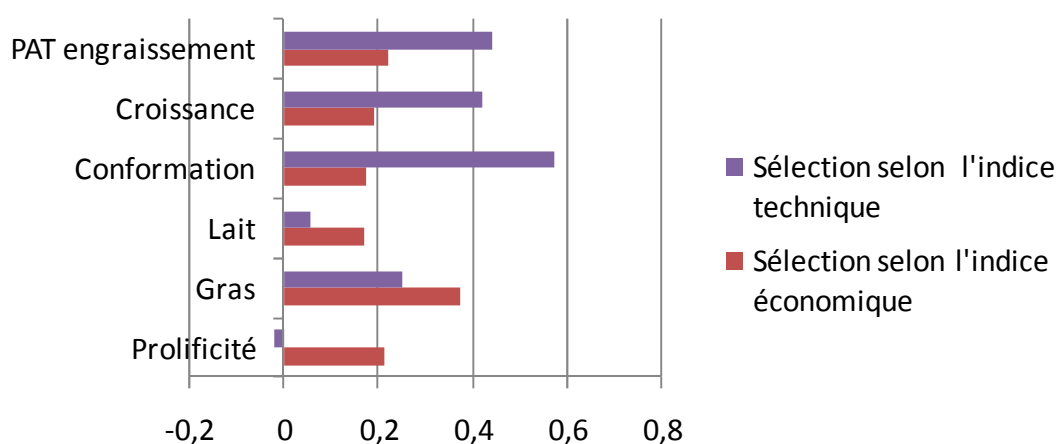


Figure 13 : Réponse à la sélection, en écart-type génétique, des béliers se

Tableau 24 : Corrélations entre les index élémentaires des béliers

	Prolificité	Valeur laitière	Conformation	Croissance	PAT engraissement	Gras
Prolificité	1	-0,081 0,001	-0,074 0,0024	-0,091 0,0002	-0,087 0,0004	-0,275 <,0001
Valeur laitière	-0,081 0,001	1	-0,027 0,2752	-0,047 0,0541	0,133 <,0001	-0,154 <,0001
Conformation	-0,074 0,0024	-0,027 0,2752	1	0,258 <,0001	0,387 <,0001	-0,211 <,0001
Croissance	-0,091 0,0002	-0,047 0,0541	0,258 <,0001	1	0,436 <,0001	0,056 0,021
PAT engraissement	-0,087 0,0004	0,133 <,0001	0,387 <,0001	0,436 <,0001	1	0,048 0,052
Gras	-0,275 <,0001	-0,154 <,0001	-0,211 <,0001	0,056 0,021	0,048 0,052	1

Cependant, le nombre d'individus contrôlés par année étant relativement faible, il est difficile de ce limité à une période plus restreinte.

70657 animaux compose la base de données d'index pour la détermination des pondérations de l'indice synthétiques des béliers ayant été indexés en station de contrôle individuel.

6.3 Calcul des pondérations de l'indice synthétique

10 calculs de 200 000 itérations successives sont produits pour déterminer les pondérations (Annexe 3). Pour sélectionner les pondérations définitives de l'indice, on conserve celles ayant la meilleure réponse à la sélection sur l'objectif. C'est à dire celles qui permettent une sélection des animaux au plus près de l'objectif de sélection.

Les pondérations de l'indice s'éloignent légèrement des pondérations de l'objectif, mais la hiérarchie des caractères reste identique.

On affecte au PAT, absent de l'objectif, une pondération faible. La conformation a également une pondération faible, nettement inférieur à celle de l'objectif. On sait qu'en cas de corrélation entre deux ou plusieurs index, la pondération affectée à chacun sera d'autant plus faible que leur corrélation est élevée. En effet, chaque caractère corrélé participe à la réponse à la sélection sur les autres caractères.

Dans notre cas de figure, les pondérations PAT engraissement, croissance et conformation sont très faible mais la réponse à la sélection sur ces caractères est de l'ordre de

0,2	écart-type	(
-----	------------	---

Tableau 23 : Pondérations de l'objectif et de l'indice économique et réponse à la sélection pour les béliers en station et Figure 13 : Réponse à la sélection, en écart-type génétique, des béliers). On peut donc supposé qu'il existe des corrélations, ou moins d'index, entre ces caractères. L'étude des corrélations entre les index élémentaires (Tableau 24 : Corrélations entre les index élémentaires des béliers), montre effectivement des corrélations moyennes entre la conformation et les autres caractères bouchers (positives avec la croissance et le PAT et négative avec le gras). Le PAT est également corrélés à la croissance et à la valeur laitière. L'ensemble de ces corrélations les réponses à la sélection importante observées sur le PAT, croissance et conformation.

Un indice de sélection est déjà calculé en BMC (indice technique). Il intègre tous les caractères bouchers. Il est défini comme suit :

$$2 * \text{gras} + 3 * \text{conformation} + 1 * \text{croissance} + 1 * \text{PAT}$$

La réponse à la sélection sur cet indice technique est représentée sur la Figure 13. La sélection des béliers sur cet indice n'entraîne une réponse négligeable sur les caractères maternels. Ceci confirme l'indépendance des caractères bouchers et maternels.

La sélection des animaux sur indice technique entraîne une réponse très forte sur la conformation, le PAT engraissement et la croissance qui ne se retrouve pas lors d'une sélection sur indice économique. Le gain économique marginal pour ces caractères est très faible. Il est donc normal de ne pas recherché une réponse très élevée sur ceux-ci mais plutôt sur les caractères ayant le meilleurs gain marginal que sont la prolificité, le gras et la valeur laitière.

Tableau 25 : Réponse à la sélection et gain marginal par écart-type

	Réponse à la sélection en écart-type génétique	Gain marginal par écart-type génétique
Prolificité	0,209	6,54
Valeur laitière	0,194	4,88
Gras	0,372	5,22
Conformation	0,146	1,58
Croissance	0,147	0,54
PAT engraissement	0,224	/
Indice synthétique	1,163	/

Tableau 26 : Paramètres de l'indice synthétique des béliers en station en écart-type génétique et en euros

	Moyenne	Ecart-type génétique	Minimum	Maximum
IS en écart-type génétique	-0,076	0,210	-2,76	1,41
IS en €	-1,43	3,93	-51,60	26,43

6.4 Convertir l'indice synthétique béliers en euros.

Les pondérations de l'indice étant assez éloignées de celle de l'objectif de sélection, on ne peut appliquer la même méthode de dé-relativisation des pondérations. On cherchera donc à déterminer le gain économique d'un point d'indice à partir de la réponse à la sélection.

On cherche à déterminer le gain économique d'un écart-type d'indice. Pour cela, on calcul pour chaque caractère la réponse à la sélection en € que l'on ramène ensuite pour 1 point d'écart-type génétique (

Tableau 25 : Réponse à la sélection et gain marginal par écart-type).

Ainsi un écart-type d'indice vaut : $(0,209 * 6,54 + 0,194 * 4,88 + 0,372 * 5,22 + 0,146 * 1,58 + 0,147 * 0,54) / 1,163 = 3,926 \text{ €}$.

Cette valeur est sous estimée. En effet, la réponse à la sélection sur le PAT n'est pas prise en compte. Le gain marginal par écart-type génétique n'a pas été calculé pour ce caractère. Par conséquent, on va sous estimée la valeur génétique globale des animaux. Mais comme on fait cela pour l'ensemble de la population la comparaison des animaux reste juste.

Sachant qu'un écart-type d'indice vaut 0,21 points (Tableau 26 : Paramètres de l'indice synthétique des béliers en station en écart-type génétique et en euros), on peut dire que 1 points d'indice est égale à 18,70€.

En conclusion, l'indice synthétique en euros, en utilisant les index dans leur valeur de publication, est le suivant :

**9.96*prolificité +0.034*PAT30 +1.56*gras +1.17*conformation
+0.0036*croissance +0.031*PAT engraissement**

Cette méthode présente l'inconvénient de ne pas être stable avec la variation d'intensité de sélection. En effet, la réponse à la sélection varie selon le nombre d'animaux sélectionnés. Plus l'intensité de sélection est forte, plus les animaux sélectionnés auront des index élevés. C'est pour cela qu'il est important de bien choisir le taux de sélection que l'on entre comme paramètre du programme itératif.

La moyenne de l'IS en euros est négative (Tableau 26 : Paramètres de l'indice synthétique des béliers en station en écart-type génétique et en euros). Cela signifie qu'en moyenne les béliers qui sont en station détériorent le revenu de l'éleveur. La sélection des béliers n'a jamais pris en compte les qualités maternelles. L'intégration subite de ces caractères dans l'indice de synthèse est probablement à l'origine de cette valeur génétique des animaux négative.

Tableau 27 : Paramètre des index et indice des bandes 1 et 2 de 2010 (n=393)

Variable	Moyenne	Ecart-type d'index	Minimum	Maximum
Prolificité (%)	-0,01	0,03	-0,08	0,11
Valeur laitière (kg)	-8,61	8,34	-33,23	28,77
Conformation (en classe)	-0,01	0,13	-0,55	0,31
Croissance (en g/j)	-0,78	13,25	-60,79	35,59
PAT engraissement (en kg)	-0,08	1,39	-4,16	4,83
Gras (en mm)	0,02	0,26	-0,97	1,05
Indice synthétique technique	50,04	10,08	1,00	76,00
Indice économique (en€)	-1,75	2,70	-11,86	5,76

Tableau 28 : Paramètres de l'indice économique des animaux présélectionnés sur indice technique et économique pour les bandes étudiées (n=95)

	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Indice économique des sélectionnés sur indice technique (en €)	0,03	2,05	-4,05	5,53
Indice économique des sélectionnés sur indice économique (en €)	1,60	1,38	0,05	5,76

6.5 Impact de l'indice économique sur la sélection des béliers

En fin de station de contrôle individuel, une liste d'animaux présélectionnés et d'animaux à éliminer, selon leur indice de synthèse technique et leur index élémentaires, est fourni à l'organisme de sélection. On va s'intéresser à l'effet du nouvel indice de synthèse sur la classification des animaux en fin de SCI pour 1 bande. On pourra ainsi déterminer si les listes d'animaux à éliminer et présélectionnés varie de façon importante.

L'étude de l'impact de la modification de l'indice de synthèse sur la sélection des béliers pour la diffusion dans la base de sélection va être conduite pour les bandes 1 et 2 de l'année 2010. On a choisi de s'intéresser à ces bandes car ce sont celles qui participent le plus à la diffusion des animaux dans la base de sélection et à la constitution des bandes de testage. Pour faciliter l'étude, les animaux seront regroupés au sein d'une bande unique à laquelle on appliquera deux types de sélection :

- technique : aucun d'index élémentaire inférieur à $\frac{1}{2}$ écart-type d'index et indice de synthèse technique supérieur à 50. Cette sélection correspond à la liste des animaux présélectionner établi aujourd'hui en SCI
- économique : on sélectionne le même nombre d'animaux que dans le cas d'une sélection technique selon leur indice économique uniquement

393 animaux composent cette bande. Ils sont pour moitié issus de mères à béliers. Dans l'idéal on souhaite que le taux d'animaux issus de mères à béliers soit proche de 90%. Suite au programme de sélection d'animaux résistant à la tremblante, le schéma de sélection s'est trouvé fortement perturbé. La résistance à la tremblante étant prioritaire sur les autres caractères, il a été difficile de sélectionner des animaux issus de mères à béliers pour l'entrée en SCI. Aujourd'hui la situation s'est améliorée et on peut espérer à moyen terme retrouver des taux d'animaux issus de MB proche de ceux des années avant le programme tremblante.

La bande étudiée a une valeur moyenne génétique en euros de -1,75€ (Tableau 27 : Paramètre des index et indice des bandes 1 et 2 de 2010 (n=393)). Ceci peut être expliqué par des valeurs de valeur laitière négatives de -8,61 kg.

Lors d'une sélection sur indice technique, 95 animaux font partie de la liste des présélectionnés (indice technique supérieur à 50 et aucun index inférieur à $-1/2$ écart-type) soit 25% des béliers. Les animaux à sélectionner ont un indice synthétique économique moyen de -0,03€ (Tableau 28 : Paramètres de l'indice économique des animaux présélectionnés sur indice technique).

Si l'on souhaite conserver le même nombre d'animaux, soit 24 % des béliers de la bande, avec une sélection sur indice économique, la valeur seuil sera de 0.05€. Ainsi, les animaux sélectionnés auront une valeur génétique moyenne en euros 0,14 €.

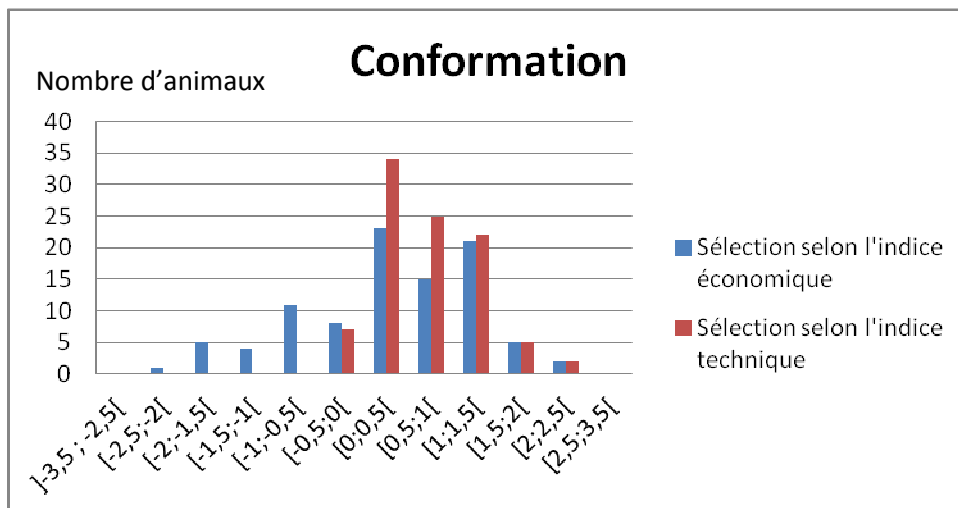


Figure 14 : Répartition de l'index conformation (en écart-type d'index) pour les animaux des bandes 1 et 2 selon le type de sélection

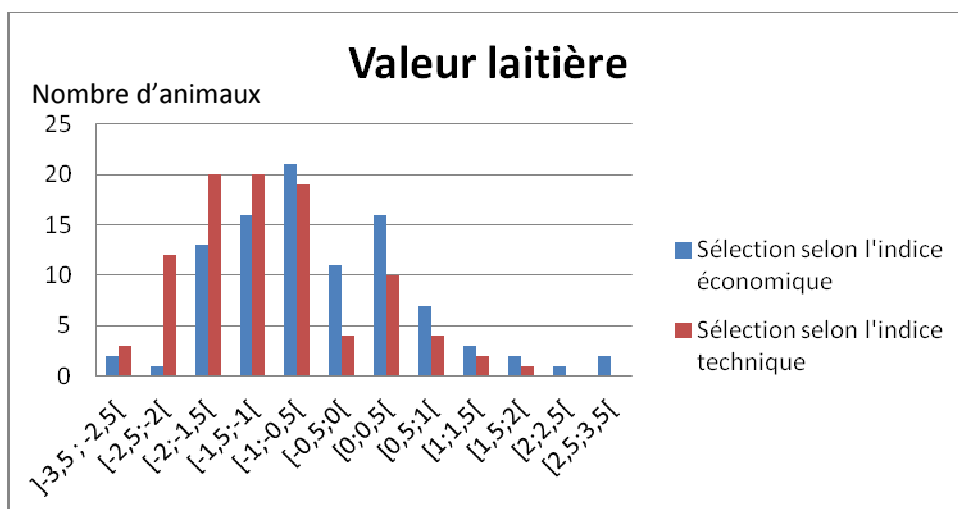


Figure 15 : Répartition de l'index valeur laitière (en écart-type d'index) pour les animaux des bandes 1 et 2 selon le type de sélection

Tableau 29 : Liste des index élémentaires qui composent l'indice testage

Liste d'index élémentaire
Index GMQ 30-70
Index GMQ engraissement
Index rendement carcasse
Index largeur carcasse
Index largeur*longueur
Index poids* largeur de la carcasse
Index note de conformation
Index épaisseur de gras dorsal
Index gras de rognon

L'intégration des qualités maternelles dans l'indice de testage des béliers va fortement perturber le profil des animaux sélectionnés. La suppression des seuils sur les index élémentaires va entraîner une sélection sur index économiques de certains animaux ayant des index faibles (inférieur à 1/2 écart-type) comme c'est le cas pour la conformation (Figure 14 : Répartition de l'index conformation (en écart-type d'index) pour les animaux des bandes 1 et 2 selon le type de sélection). Concernant les index qualités maternelles (prolificité et valeur laitière), l'absence de sélection sur ces caractères entrainer des index négatifs (Figure 15 : Répartition de l'index valeur laitière (en écart-type d'index) pour les animaux des bandes 1 et 2 selon le type de sélection).

Les pondérations de l'indice de synthèse des béliers sont relativement éloignées de celle de l'objectif, car elles prennent en compte des corrélations entre les index des caractères qui compose l'IS économique. En euros, l'indice économique se composé de :

$$9.96 * \text{prolificité} + 0.034 * \text{PAT30} + 1.56 * \text{gras} + 1.17 * \text{conformation} + 0.0036 * \text{croissance} + 0.031 * \text{PAT engraissement}$$

Les béliers ont en moyenne une valeur génétique globale en euros de -1,43 €. Ceci peut être expliqué par l'importance accordée aux qualités maternelles alors que jusqu'à présent les béliers n'étaient pas sélectionnés sur ces caractères. Ces nouvelles pondérations d'indice vont faire varier de façon importante la classification des animaux

7 Index de synthèse en testage aptitude bouchère

Les index de testage sont calculés par rapport au niveau génétique de la bande de testage. Il n'est donc pas possible de comparer des index de testage et des index de SCI.

Si l'on souhaite montrer l'intérêt de l'utilisation des béliers ayant été testé sur descendance. Il serait intéressant d'exprimer l'indice dans une unité comparable à l'indice calculé en SCI.

Les béliers en testage auront donc un indice calculé de la façon suivante :

$$\text{IS}_{\text{testage}} = \text{IS calculé à partir des index de testage} + \text{IS de SCI moyen de la bande de testage.}$$

Les meilleurs animaux de testage auront ainsi les indices les plus élevés de l'ensemble de la population de béliers. En revanche certains animaux qui se seront montrés mauvais en testage pourront avoir des indices testage inférieurs à certain indice de SCI.

Le testage sur aptitude bouchère pour la race BMC a commencé en 2003. 18 animaux en moyenne sont testés par an. Au maximum la population sur laquelle se fera le calcul de l'indice compte 127 animaux (Cf. annexe 4).

La méthode itérative ne semble pas adaptée dans ce cas de figure. Le nombre d'animaux étant très faible, les biais seront très importants. L'indexation d'une nouvelle bande de testage pourrait faire varier de façon importante les pondérations de l'indice synthétique.

La méthode matricielle parait donc la meilleure solution dans ce cas de figure. Toutefois la connaissance des paramètres génétiques pour certains caractères peut être insuffisante.

Sur l'ensemble des index calculés (Cf. annexe 5), tous ne seront pas conservés pour le calcul de l'indice (Tableau 29 : Liste des index élémentaires qui composent l'indice testage).

Tableau 30 : Matrice des héritabilités (sur la diagonale) des corrélations phénotypiques (au dessus de la diagonale) et génétiques (en dessous de la diagonale) Safari et al 2003, Safari et al 2005, Rosatia et al 2002, Moreno et al 2001, Bibé et al 2002

	Fertilité	Prolificité	Survie	PAT30	PAT70	GMQ engraissement	Gras	Conformation	Rendement
Fertilité	0.08 0.06 0.05	0.03 0.05	0.08						
Prolificité	0.44 0.4	0.13 0.10		0.03	0.04				
Survie	-0.01		0.03 0.12 0.03						
PAT30		0.19	0.05						
PAT70		0.20		0.15					
GMQ engraissement					0.69	0.26 0.25	- 0.0 4	-0.04	-0.12
Gras						-0.06	0.2 9 0.4 0.3	0.11 0.07 0.15	0.16 0.4 0.14
Conformation						0.06	0.1 1 0.1 4 0.1 3	0.3 0.37 0.29	0.39 0.52 0.26
Rendement						-0.20	0.2 6 0.2 9 0.1 4	0.30 0.21 0.45	0.35 0.53 0.42

Certains ne sont pas considérés comme stratégiques par la race, d'autres ne sont pas indexés depuis assez longtemps pour concerner un nombre d'animaux suffisant (moins de 60 béliers indexés). Les différents index ainsi sélectionnés pour former l'indice synthétique peuvent être regroupés sous 4 grandes fonctions : croissance (GMQ), gras (dorsal et rognon), conformation (différentes longueurs et largeurs) et rendement.

8 Index de synthèse théorique par la méthode matricielle

La méthode matricielle est la deuxième solution qui permet de calculer les indices de synthèse. Les pondérations de l'objectif sont modulées en fonction des corrélations génétiques et phénotypiques qu'il existe entre les caractères.

Dans un premier temps il faut donc construire la matrice des corrélations ; pour cela on se base sur des données bibliographiques. En effet, plusieurs études (Safari *et al* 2003, Safari *et al* 2005, Rosatia *et al* 2002, Moreno *et al* 2001, Bibé *et al* 2002) ont calculé les paramètres génétiques des caractères chez les ovins. Cependant, les résultats peuvent être relativement variables d'une étude à une autre, de part le protocole utilisé mais aussi le caractère étudié qui n'est forcément mesuré de la même façon pour chaque étude (le gras peut être mesuré à différents endroits de la carcasse). Les héréritabilités les plus importantes concernent les caractères bouchers tandis que les caractères maternels sont moins hérértables (Tableau 30 : Matrice des héréritabilités (sur la diagonale) des corrélations phénotypiques (au dessus de la diagonale) et génétiques (en dessous de la diagonale) Safari *et al* 2003, Safari *et al* 2005, Rosatia *et al* 2002, Moreno *et al* 2001, Bibé *et al* 2002).

Aucune étude n'a mesuré les corrélations entre les caractères maternels et les caractères bouchers. Par défaut, le modèle d'indexation suppose des corrélations entre ces deux grands groupes de caractères nuls. Cependant une vérification de cette hypothèse serait intéressante.

La méthode matricielle sera utilisée dans 3 cas :

- Pour calculer l'indice des béliers de testage. Le nombre d'animaux insuffisants rend impossible l'utilisation de la méthode itérative.
- Pour vérifier les résultats trouvés pour les béliers en SCI.
- Pour calculer un indice théorique qui prend en compte tous les caractères d'intérêts y compris ceux qui ne sont pas indexés.

9 Discussion

9.1 Adaptation des pondérations de l'objectif et de l'indice aux souhaits de l'OS

L'amélioration de certains caractères n'est pas liée qu'à des questions de revenu sur l'exploitation. En race BMC, une partie importante des béliers qui entrent en station sont revendus en dehors de la base de sélection à des éleveurs qui recherchent des animaux pour des croisements terminaux. L'aspect général de l'animal, et donc sa conformation, a alors une grande importance, puisqu'une part importante de la décision d'achat est basée sur la vision que les éleveurs ont des animaux. D'autre part, dans certains cas, l'organisme souhaite conserver un niveau d'amélioration génétique minimum (ou maximum) sur certains caractères. Il estime que c'est un caractère essentiel malgré un gain marginal moyen ou faible. Le passage d'un indice technique à un indice économique, doit donc se faire en plusieurs étapes en appliquant dans un premier temps des contraintes de réponse sur certains caractères. Toutefois, l'indice doit au minimum représenter 90% de la réponse de l'optimum économique sur l'objectif.

D'autre part, pour chaque indice déterminé, ses impacts au niveau de la classification des animaux ont été mesurés. Les réponses à la sélection ainsi calculées, ont été réalisées en supposant que le choix des animaux ne se fait que sur l'indice de synthèse. On sait qu'en pratique d'autres facteurs sont pris en compte pour la sélection des animaux. C'est le cas de la qualification des brebis où le niveau de fiabilité que l'on peut accorder aux index est pris en compte.

Une sélection sur indice de synthèse conserve des animaux ayant des profils différents qui peuvent être recherchés par certains éleveurs pour maîtriser un caractère particulier. Ainsi on choisit des animaux très détériorant sur certains caractères, mais améliorateurs sur les autres caractères de l'indice. Si la diffusion de ces animaux n'est pas bien maîtrisée, cela peut avoir des conséquences sur le schéma de sélection. La mise en place de seuil sur les index peut limiter cet effet, mais l'on perd une part importante de la variabilité des animaux et de l'effet positif de la sélection sur indice synthétique.

9.2 Indexation des béliers intra-bande

Comme nous l'avons vu, l'indexation intra-bande des béliers en SCI pose des problèmes pour comparer les animaux entre eux. De fait la construction d'un indice de synthèse est un peu biaisée. Il serait donc intéressant de se poser la question d'une indexation inter-bande ou d'une correction des index par le progrès génétique. Une autre solution serait de calculer un BLUP mais cela oblige à avoir des connexions entre les bandes (frères ou demi-frères par exemple) pour évaluer de façon précise les effets de milieu. Cette connexion est très difficile à obtenir même si des solutions sont à l'étude. Un autre biais important sur la construction de l'indice béliers, est que l'on part de l'hypothèse que la

population qui entre en SCI est représentative de la population de béliers, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de sélection des animaux avant la station. Or si le choix des animaux pour la mise en testage se fait principalement sur ascendance, les éleveurs choisissent d'envoyer en station les « plus jolis » animaux. L'impossibilité de mesurer cet effet de sélection nous oblige à retenir l'hypothèse qu'il est négligeable.

9.3 La mise à jour des indices tout au long de la carrière du reproducteur

Les index élémentaires qualités maternelles évoluent tout au long de la vie de l'animal en fonction de ses performances et des performances de ses apparentés. Les indices peuvent suivre ces modifications. Pour les brebis, on peut prévoir une remise à jour des indices à chaque nouvelle indexation (environ 3 par an). Pour les béliers, les index bouchers ne varient pas dans le temps. On ne peut faire qu'une mise à jour partielle de l'indice. Cette mise à jour devrait se limiter aux animaux actifs (activité de reproduction dans les deux dernières années) car après quelques années leurs index bouchers sont vraiment obsolètes et une comparaison avec des animaux jeunes n'est pas envisageable.

Conclusion

A partir des modèles bio-économiques, deux objectifs de sélection ont été déterminés en fonction du système de production. Les caractères de productivité numériques sont prédominants dans chacun d'eux, les caractères bouchers n'étant que très peu présents. L'importance des caractères bouchers a très certainement été sous-estimée. En effet, certains coûts de production n'ont pu être modélisés en l'absence de références techniques. C'est le cas par exemple du travail qui est aujourd'hui un facteur important de la maîtrise des coûts en élevage. Les deux objectifs ont été réunis dans un seul objectif pratique commun à l'ensemble de la race qui ne comprend que les caractères ayant un index élémentaire. Les caractères bouchers et les caractères maternels se partagent équitablement les pondérations de l'objectif.

Des indices de synthèse, pour les brebis et les béliers passés en station de contrôle individuel, ont été calculés pour répondre à cet objectif technique. Les deux indices exprimés en euros calculés sont les suivants :

- Pour les brebis : **50.1 * prolificité + 0.13* PAT30**
- Pour les béliers : **9.96*prolificité +0.034*PAT30 +1.56*gras +1.17*conformation +0.0036*croissance +0.031*PAT engraissement.**

Les indices synthétiques sur bases économiques entraînent des modifications sur le classement des animaux. Pour les brebis, le critère qui intègre le classement est la qualification de la brebis. Les changements de qualification sont assez peu nombreux, seul 30% des animaux ont une qualification qui change. Concernant les béliers, l'intégration de nouveaux caractères dans l'indice économique par rapport à l'indice technique actuel entraîne une modification importante du classement des béliers.

Les pondérations de l'indice peuvent encore subir des modifications suivant les volontés de la race. En effet, des considérations autres que purement économique sont à prendre en compte. Pour que l'indice soit réellement utilisé, il est impératif qu'il réponde aux besoins réels de la race.

Ainsi cette étude permet de déterminer les indices qui calculent pour chaque animal sa valeur génétique globale. La prochaine étape de cette étude est de calculer un indice synthétique pour les animaux en testage en prenant en compte l'effet de la sélection et calculer un indice théorique à partir de la méthode matricielle.

Références bibliographiques

- Batut H. 2009. Construction d'un objectif de sélection sur des bases économiques en race ovine Blanche du Massif Central : étude préalable, Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, ENITA Clermont Ferrand, 36 pages.
- Bertin T., Gapihan G., Jullien E., Laloe D., Poivey J.P., Sibille P., Verrier E. 1996. La sélection et les index chez les ovins et les bovins allaitants, Institut de l'élevage, 13 fiches.
- Bibé B., Brunel J.C., Bourdillon Y., Loradoux D., Gordy M.H., Weisbecker J.L., Bouix J., 2002. Genetic parameters of growth and carcass quality of lambs at the French progeny-test station Berrytest. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 19-23 août 2002, Montpellier, France.
- Boichard D., Bonaïti B., Barbat A., Briend M. 1992. Le modèle sous-jacent à l'évaluation des valeurs génétiques, INRA Productions Animales Hors série « Génétique quantitative », p 185-195.
- Bonnot A., Jullien E., Lemaire V., Tiphine L. 2010. Bilan du contrôle de performances ovines allaitants - Campagne 2009, Institut de l'élevage, 107 pages.
- Grenet G. 2010. Construction d'une nouvelle démarche pour élaborer les objectifs de sélection en ovins allaitants, Mémoire de fin d'étude d'ingénieur agronome, ENSA de Toulouse, 45 pages.
- Guerrier J. 2008. Intégration de la longévité dans les objectifs de sélection des races bovines allaitantes, MASTER Sciences et technologie du vivant Spécialité Sciences de l'Animal, 25 pages.
- Guerrier J., Praud J.P., Poivey J.P., Batut H., Grenet G., Bouix J. 2010. Définition économique des objectifs de sélection en ovins allaitants. Application à la race Blanche du Massif Central, Rencontres Recherche Ruminants 17, p443-446.
- Institut de l'élevage INRA. 1994. Chaîne de traitement de données, centre d'élevage, station de contrôle individuel ovins, Institut de l'élevage INRA, 3ème version, 28 pages.
- Institut de l'élevage INRA. 1995. Répertoire français des méthodes et des procédures de contrôle et l'évaluation génétique des reproducteurs ovins et bovins de races allaitantes, Institut de l'élevage INRA, 80 pages.
- Mallard J. 1992. Les index multicaractères, INRA Productions Animales Hors série « Génétique quantitative », p 213-217.
- Minvielle F. 1990. Principes d'amélioration génétique des animaux domestiques. Institut national de la recherche agronomique, Les presses de l'université Laval, 211 pages.
- Minvielle F. 1998. La sélection animale. Collection Que sais-je ?, Presses Universitaires de France, 145 pages.
- Moreno C., Bouix J., Brunel J.C., Weisbecker J.L., François D., Lantier F., Elsen J.M., 2001. Genetic parameter estimates for carcass traits in the Inra401 composite sheep strain. Livestock Production Science, 69, Issue 3, p 227-232.

Pabiou T. 2005. Construction des index de synthèse IBOVAL sur des bases économiques en race allaitantes – Synthèse des travaux 1995-2005, Institut de l'élevage INRA, 75 pages.

Phocas F., Hanocp E., Bouix J., Renand G., Poivey J.P., Elsen J.M., Bibé B., Ménissier F. 1997. Détermination des objectifs de sélection chez les ruminants allaitants : situation actuelle et perspectives d'évolution, Rencontres Recherches Ruminants, 4, p 171-178.

Rosatia A., MousabE., Van Vleckc L.D., YoungL.D., 2002. Genetic parameters of reproductive traits in sheep, Small Ruminant Research, 43,p 65–74.

Safari A., Fogarty N.M., 2003. Genetic parameters for sheep production traits estimates from the literature, NSW Agriculture Orange Agricultural Institute Orange NSW 2800 Australia, 98 pages.

Safari E., Fogarty N.M., Gilmour A.R., 2005. A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. Livestock Production Science, 92, Issue 3, p 271-289.

Tiphine L., Poivey J.P. 1997. Les index en ferme, Pâtre, 449, p 20-23.

Tables des annexes

Annexe 1 : Les hypothèses de la modélisation	I
Annexe 2 : Résultats de l'ensemble des 10 lancements du programme dans le cas d'une sélection de 50% des brebis	III
Annexe 3 : Résultats de l'ensemble des 6 lancements du programme dans le cas d'une sélection de 30% des béliers	IV
Annexe 4 : Les différents index testage des béliers et nombre d'animaux concernés.....	V

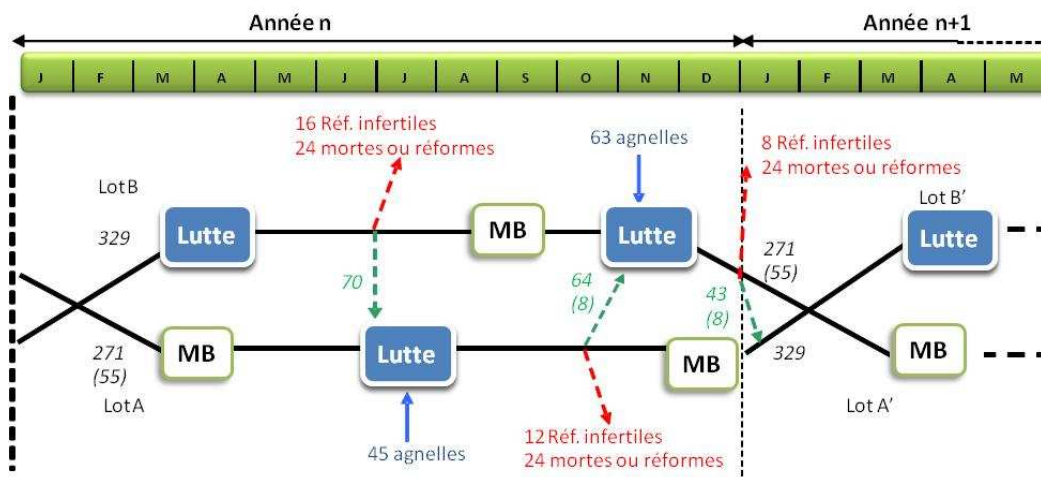


Figure I : Fonctionnement global du système d'élevage 3 agnelages en 2 ans (Batut 2009)

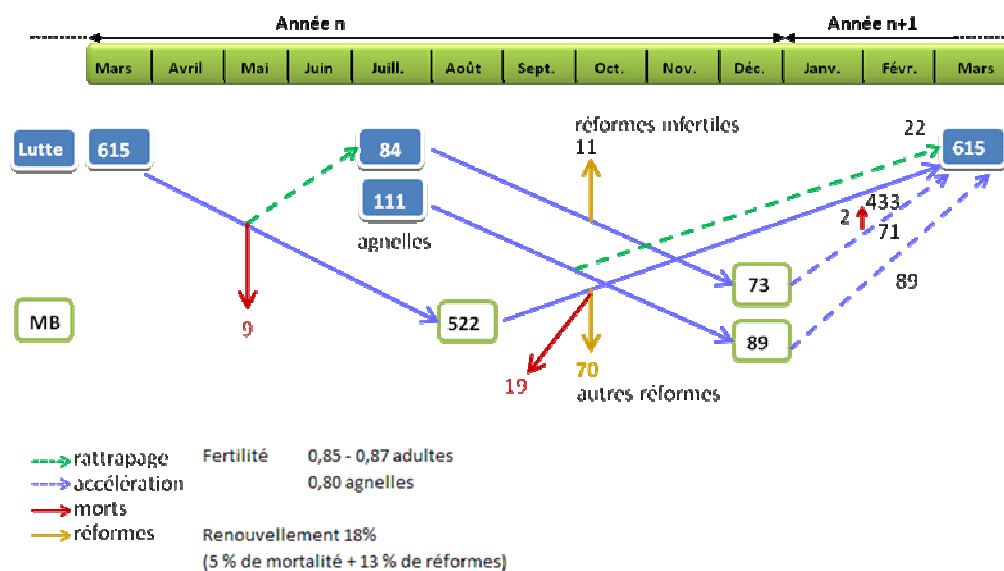


Figure II : Fonctionnement global du système d'élevage 1 agnelage par an (Grenet 2010)

Tableau I : Paramètres du fonctionnement global des systèmes d'élevage

Critères	Systèmes	
	3 agnelages en 2 ans	1 agnelage par an
Brebis présentes au 1er mars	600	615
Effectif moyen présent (EMP)	628	687
Taux de réformes (dont mortalité)	18% (5%)	

Tableau II : Paramètres de reproduction utilisés pour les modèles bio-économiques (cas de base). Deux valeurs dans une cellule correspondent aux valeurs des primipares et multipares, trois valeurs aux primipares, antenaises et multipares.

Système	Mise-bas	Fertilité (%)	Prolificté (%)	Mortalité naissance-30j		
				Simple	Double	Triple
3 agnelages en 2 ans	Avril	76-74	140 - 161	10.4 - 9.5	17.7 - 14.1	33.9
	Sept.	82-80	140 - 148	8.8 - 5.7	16.5 - 10.9	26.7
	Déc.	88-86	140 - 148	12.4 - 7.4	21.9 - 14.2	31.7
1 agnelage par an	Aout	82-75-85	137 - 140	10.1 - 6.4	18.9 - 10.6	27.2
	Déc.	80-77-87	156 - 149	10 - 6.2	24.3 - 12.1	28.9

Annexe 2 : Les hypothèses de la modélisation

Les systèmes d'élevages ont été modélisés de façon à assurer une stabilité d'une année sur l'autre. Ainsi le nombre de brebis présentes au 1^{er} mars est constant. Le levier utilisé pour assurer cet équilibre est le nombre de brebis infertiles réformées.

Le fonctionnement global des deux systèmes est présenté par les Figure I et II pour le cas de base (aucune variation de caractère). Les deux systèmes ayant un nombre de brebis au premier janvier différents, pour les comparer on utilisera les effectifs moyen présents (Tableau I : Paramètres du fonctionnement global des systèmes d'élevage).

La reproduction est réparties sur 3 périodes (luttés de mars, juillet et novembre) dans le système 3 agnelages en 2 ans et 2 périodes (luttés de mars et juillet) pour le 1 agnelage par an.

En moyenne sur l'année, les paramètres de reproduction sont identiques pour chaque système avec une fertilité de 81%, une prolificité de 145 % et une mortalité de 16%. Cependant, une différenciation est faite entre chaque période de mise-bas mais aussi selon le rang de mise-bas (primipare ou multipare) (Tableau II : Paramètres de reproduction utilisés pour les modèles bio-économiques). Ainsi pour le système 3 agnelages en 2 ans, la fertilité est plus élevée pour des primipares lors des luttés d'été (mise-bas de décembre) que lors des luttés de décembre (mise-bas en avril).

Le mode de naissance des agneaux (simple, double ou triple) va faire varier de façon significative le taux de mortalité puis la croissance des agneaux. La mise à l'allaitement artificiel concerne 4% des agneaux choisis parmi les agneaux d'agnelles pour qu'elles n'aient qu'un seul agneau à allaiter et parmi les triples de multipares. La sélection des animaux qui seront vendus en légers (10% des agneaux) se fait au sein des allaités artificiellement et des agneaux élevés double ou triple chez les primipares en priorité. La sélection du renouvellement se fait uniquement au sein des femelles de brebis multipare et en priorité les animaux nés et élevé doubles.

La vente des animaux se fait à gras optimum, à un âge moyen de 110 jours et un poids de 38 kg pour les mâles et 32 kg pour les femelles. Le prix de vente varie selon la période de vente, la labellisation et la conformation des agneaux (Tableau III : Prix de vente des agneaux par période et par label pour une conformation R (en €/ kg) (conjoncture 2009)).

Tableau III : Prix de vente des agneaux par période et par label pour une conformation R (en €/ kg) (conjoncture 2009)

Système	Mise-bas	Légers	Lourds label	non	Terre d'agneaux	Agneau de l'adret
3 agnelages en 2 ans	Avril	5,77	4,979		5,139	5,259
	Sept.	6,66	4,989		5,149	5,269
	Déc.	5,6	4,789		4,949	5,069
1 agnelage par an	Aout	6,66	4,989		5,199	5,379
	Déc.	5,6	4,789		4,919	5,019

Tableau IV : Prix des aliments (Grenet 2010)

	Prix (conjoncture 2009)
Céréales autoconsommées	120 €/T
Tourteaux de soja	370 €/T
Aliment finition	0.285 €/kg
Poudre de lait	1.81 €/kg

Au vu des difficultés d'estimer la variation des charges en fourrages selon les performances des animaux, un cout fixe de 15 € par brebis pour le modèle 3 agnelage en 2 ans et de 13 € par brebis pour le système 1 agnelage par est appliqué pour les fourrages. Le calcul des couts de concentré pour les brebis suit le plan d'alimentation déterminé par les cas types (Grenet 2010 et Batut 2009). Ce plan d'alimentation prend en compte l'état physiologique de la brebis et la taille de la portée. Concernant l'alimentation des agneaux, avant 50 jours aucune complémentation n'est apportée. Les agneaux légers, vendus à 80 jours, consomment 30 kg d'aliment finition. Les besoins des agneaux lourds sont déterminés en fonction du poids et de la durée d'engraissement. Les prix de l'alimentation sont basés sur la conjoncture 2009 (Grenet 2010) (Tableau IV : Prix des aliments (Grenet 2010)).

Annexe 2 : Résultats de l'ensemble des 10 lancements du programme dans le cas d'une sélection de 50% des brebis

Lancements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pondération prolificité	0,673	0,673	0,673	0,672	0,672	0,673	0,672	0,673	0,672	0,673
Pondération valeur laitière	0,327	0,327	0,327	0,328	0,328	0,327	0,328	0,327	0,328	0,327
Réponse sur la prolificité	0,217	0,217	0,217	0,216	0,216	0,217	0,216	0,217	0,216	0,217
Réponse sur la valeur laitière	0,341	0,341	0,341	0,342	0,342	0,341	0,342	0,341	0,342	0,341
Réponse sur l'indice	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806
Réponse sur l'objectif	3,204	3,204	3,204	3,204	3,204	3,204	3,204	3,204	3,204	3,204
Réponse de l'indice technique sur la prolificité	0,072									
Réponse de l'indice technique sur la valeur laitière	0,471									
Réponse de l'indice technique sur l'objectif	2,82									

Annexe 3 : Résultats de l'ensemble des 6 lancements du programme dans le cas d'une sélection de 30% des béliers

Lancements	1	2	3	4	5	6
Pondération prolificité	0,414	0,406	0,392	0,404	0,396	0,386
Pondération gras	0,253	0,251	0,265	0,287	0,258	0,278
Pondération lait	0,232	0,262	0,239	0,238	0,241	0,258
Pondération conformation	0,048	0,035	0,048	0,044	0,062	0,039
Pondération croissance	0,041	0,023	0,039	0,014	0,016	0,037
Pondération PAT engraissement	0,012	0,024	0,018	0,014	0,027	0,001

Annexe 4 : Les différents index testage des béliers et nombre d'animaux concernés

Année de naissance	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total concernés	anx
Nombre d'animaux testés	17	18	23	16	17	18	18		
INPAT30 Index PAT 30 jours	X	X	X		X	X	X	111	
INPAT70	X	X	X		X	X	X	111	
INGMQ030 Index GMQ 0-30	X	X	X		X	X	X	111	
INGMQ070	X	X	X		X	X	X	111	
INGMQ3070	X	X	X		X	X	X	111	
INGMQ0AB Index GMQ 0- abattage	X	X	X	X	X	X	X	127	
INGMQENG	X	X	X		X	X	X	111	
INAGE Index âge à l'abattage	X	X	X	X	X	X	X	127	
INPOIDS Index poids carcasse	X	X	X	X	X	X	X	127	
INRDT Index rendement carcasse	X	X	X	X	X	X	X	127	
INLONG Index longueur carcasse	X	X	X	X	X	X	X	127	
INLONGgt Index longueur des gigots									
INLARG Index largueur carcasse	X	X	X	X	X	X	X	127	
INLGEPL Index largueur aux épaules				X	X	X	X	69	
INLRG Index largueur* longueur	X	X	X	X	X	X	X	127	
INLRGgt Index largueur* Longueur des gigots									
INPCARLG Index poids* largueur de la carcasse	X	X	X	X	X	X	X	127	
INNOCF Index note de conformation	X	X	X	X	X	X	X	127	
INGRADO Index épaisseur de gras dorsal	X	X	X	X	X	X	X	127	
INGRARG Index gras de rognon	X	X	X	X	X	X	X	127	
INGRAEX Index note de gras externe				X	X	X	X	69	
INGRAIN Index note de gras interne				X	X	X	X	69	

Année de naissance	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total	anx
Nombre d'animaux testés	17	18	23	16	17	18	18		concernés
INNOGRA Index note de gras	X	X	X					58	
INDIAMOS Index diamètre des os									
INSFNOIX Index surface de la noix de côtelette									
INEPNOIX Index épaisseur de la noix de côtelette									
INECHO Index échographie				X	X	X	X	69	



VetAgro Sup

DIENY Margot, 2011.

Elaboration d'indices de sélection en réponse à un objectif sur bases économiques en race ovine Blanche du Massif Central

38 pages

Mémoire de fin d'étude soutenu à Lempdes le 21 septembre 2011

STRUCTURE D'ACCUEIL ET INSTITUTIONS ASSOCIEES:

- ◆ Institut de l'Elevage
- ◆ Institut National de la Recherche Agronomique, Station d'Amélioration Génétique des Animaux d'Elevage (INRA-SAGA)
- ◆ Races Ovines des Massif Sélection (ROM sélection)

ENCADRANTS :

- ◆ Maître de stage : PRAUD Jean-Pierre (Institut de l'Elevage), FRANCOIS Dominique (INRA-SAGA)
- ◆ Tuteur pédagogique : BAUDOUX Hélène

OPTION : Elevage et Systèmes de Production

RESUMÉ

En ovin allaitant, la sélection des animaux s'effectue sur les qualités maternelles pour les femelles et sur les qualités maternelles et bouchères pour les mâles. Pour aider les éleveurs dans leur choix, l'INRA, l'Institut de l'Elevage et les organisations de sélection raciales travaillent à la mise en place d'indice synthétique où les pondérations affectées à chaque caractère en fonction de l'importance économique de ces derniers. Ces indices donneront donc la valeur génétique en euros des animaux. L'étude présentée ici s'applique à estimer les pondérations de ces indices. La méthode employée consiste à déterminer un objectif de sélection où le poids de chaque caractère correspond au profil attendu par l'augmentation d'un point de caractère. Un modèle bio-économique développé par l'Institut de l'Elevage permet d'estimer ce gain économique marginal en fonction des recettes et des coûts d'élevage. Les caractères les plus importants de l'objectif sont ceux composant la productivité numérique du troupeau : fertilité, prolificité et mortalité. Pour exemple, l'augmentation d'un point de fertilité permet un gain marginal respectif de 0,76 €. L'indice de synthèse permettant la meilleure réponse à l'objectif de sélection est calculé pour les brebis et les béliers à différentes étapes du schéma de sélection (en ferme et en station de contrôle individuel). Ainsi, pour les brebis l'indice synthétique économique exprimé en euros est : $50 * \text{index prolificité} + 0,13 * \text{index valeur laitière}$. Ce nouvel indice de synthèse va modifier le classement des animaux selon leur valeur génétique et donc la sélection des animaux pour mettre en place la génération suivante. En moyenne, les brebis permettent un gain de 0,56 € tandis que les béliers entraînent une diminution du revenu de -1,43 €.

Mots clés : Ovin allaitants, sélection génétique, indice synthétique, objectif de sélection, économie.