



**Programme canadien d'évaluation  
génétique des ovins**

**Guide explicatif des différents  
calculs génétiques et corrélations  
du programme GenOvis**

**Par Larry Schaeffer, généticien**

**18 janvier 2012**



# Programme canadien d'évaluation génétique des ovins

*Par Larry Schaeffer*

## Sommaire

1 Introduction.....	4
2 Système d'évaluation des données de croissance .....	5
3 Système d'évaluation des données de reproduction.....	7
4 Les corrélations génétiques entre les caractères .....	9
5 Comment utiliser les ÉPD .....	10
5.1 ÉPD directs.....	10
5.2 ÉPD maternels .....	10
6 Indices génétiques.....	11
7 Répétabilité .....	12
8 Questions fréquemment posées .....	13

# 1 Introduction

Ce document explique, dans des termes généraux, les facteurs qui sont considérés dans le programme canadien d'évaluation génétique des ovins. Il y a un système qui traite les données de croissance, soit le taux de survie des agneaux, le poids naissance, le poids à 50j, le poids à 100j, l'épaisseur de la longe et l'épaisseur du gras dorsal. Un autre système traite les caractères de reproduction des brebis, soit l'âge au premier agnelage, les nombres né et sevré au premier agnelage, le nombre de jours entre les agnelages et les nombres né et sevré aux agnelages suivants. Les caractères relatifs au premier agnelage et aux agnelages suivants ont une corrélation génétique de seulement 0.7. Ils peuvent donc être considérés comme des caractères distincts. Ces deux systèmes analysent les caractères simultanément, ce qui signifie que toutes les corrélations génétiques et non génétiques parmi les caractères sont considérées dans les évaluations.

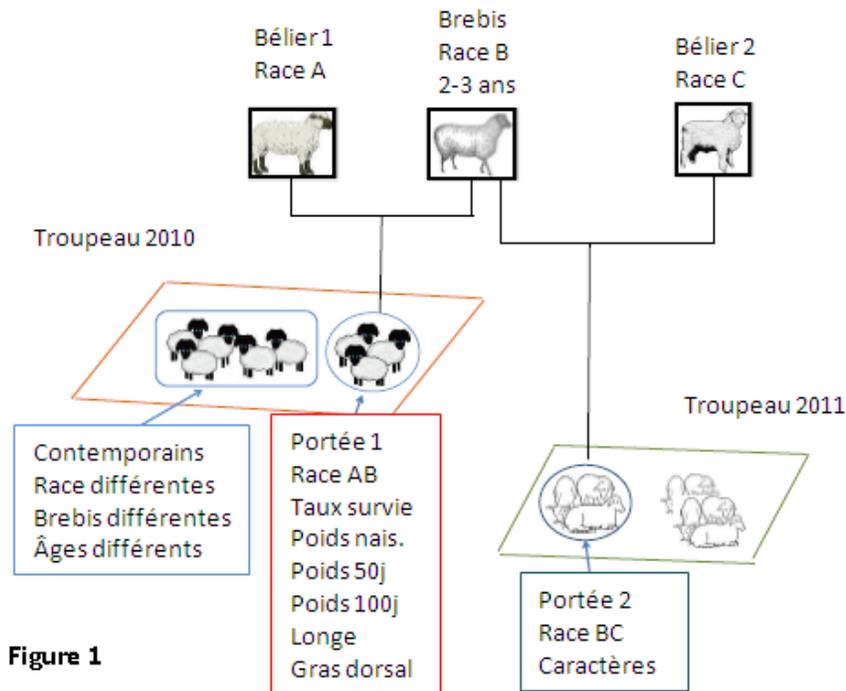


Figure 1

Les meilleures méthodes linéaires de prédiction impartiale (BLUP – Best linear unbiased prediction) sont utilisées. Celles-ci construisent un ensemble d'équations (des millions d'équations) et obtiennent des solutions pour chaque animal et chaque caractère.

Les facteurs considérés ont une grande importance (laquelle est aussi estimée pendant la résolution des équations BLUP).

## 2 Système d'évaluation des données de croissance

Consultez la figure 1. Le système d'évaluation des données de croissance focus sur l'agneau lui-même et les caractères observés sur chacun d'eux. Un agneau a un père et une mère comme parents. Les parents peuvent être de races semblables ou différentes, et l'agneau peut être pur sang ou croisé. Le système tient compte des différentes possibilités. Il y a plusieurs races, mais il n'y a que 15 groupes de races qui sont utilisés dans les évaluations (parce que plusieurs races sont trop petites dans la population, et qu'il y a plusieurs types de croisements).

Les groupes de races actuels sont :

**Tableau 1 : Groupes de race pour les besoins de l'évaluation génétique**

Groupe	Description
1	Arcott Rideau
2	Dorset (avec ou sans cornes)
3	Suffolk
4	Polypay
5	Arcott Canadien
6	Hampshire
7	North Country Cheviot
8	Romanov
9	Croisement inconnu
10	Races à viande de petite taille
11	Races à viande de moyenne taille
12	Races à viande de grande taille
13	Races prolifiques / laitières
14	Races à laine / double utilité
15	Races primitives

**Portées.** Les agneaux d'une même portée peuvent influencer et affecter mutuellement la croissance des uns et des autres. Ainsi, le système prend en considération les effets de la portée.

**Année-Mois-Race du groupe d'agneaux.** Les agneaux sont nés dans une année et un mois particulier et cela a un effet sur leur croissance. Des sous-classes selon le mois et l'année de naissance sont estimées au sein de chaque race d'agneau, afin de préciser l'évaluation des sujets.

**Troupeau-Année-Groupe contemporain.** Ce facteur est aussi connu comme le groupe contemporain. Ce facteur inclut tous les agneaux nés dans un même troupeau, la même année, et élevés dans le même groupe contemporain. Le système assume que les agneaux du groupe contemporain ont eu la même alimentation et la même régime, de même que le même

environnement durant leur phase de croissance. Cet effet inclut aussi la province et la localisation particulière dans la province ou le comté.

**Type de naissance-Race du groupe d'agneaux.** Les agneaux peuvent être nés triplets, mais élevés seuls ou doubles, ou encore peuvent être nés simples et élevés doubles. Ces effets sont estimés dans chaque race présente dans le groupe d'agneaux.

**Sexe des agneaux-Âge des brebis-Race du groupe de brebis.** Le taux de croissance diffère entre les agneaux mâles et les agneaux femelles dans le temps. Les brebis plus âgées ont généralement des agneaux qui tendent à croître plus vite que ceux des jeunes brebis.

**Âge des agneaux à la pesée.** Les agneaux ne sont pratiquement jamais pesés à 50 ou 100 jours d'âge exactement. Leurs poids sont donc ajustés à 50 jours et à 100 jours, en supposant que leur croissance est linéaire durant ces âges. Les mesures ultrasons sont aussi ajustées en fonction de l'âge des agneaux.

**Effets de la génétique contribution maternelle.** Chaque brebis fournit un environnement maternel à ses agneaux. Ce phénomène s'observe chaque fois que la brebis met bas. Ainsi, sur la figure 1, la brebis fournit un environnement maternel à sa portée née en 2010, et aussi pour sa portée née en 2011. L'environnement maternel est surtout présent entre la naissance et la pesée 50 jours, et est presque disparu à la pesée 100 jours. Les brebis donnent soit plus de lait, soit du lait de meilleure qualité (avec des anticorps), soit elles ont une plus grande habileté maternelle.

**Effets de la génétique contribution directe.** Ce sont les gènes pour la croissance et le taux de survie qui sont transmis directement des parents à leur progéniture. Grâce à la généalogie, les agneaux sont liés à tous leurs ancêtres présents dans la généalogie de la base de données GenOvis et ils contribuent à l'évaluation génétique de leurs ancêtres. Inversement, les ancêtres contribuent à l'évaluation génétique des agneaux. Les fichiers de généalogie remontent à 1986 pour les moutons canadiens.

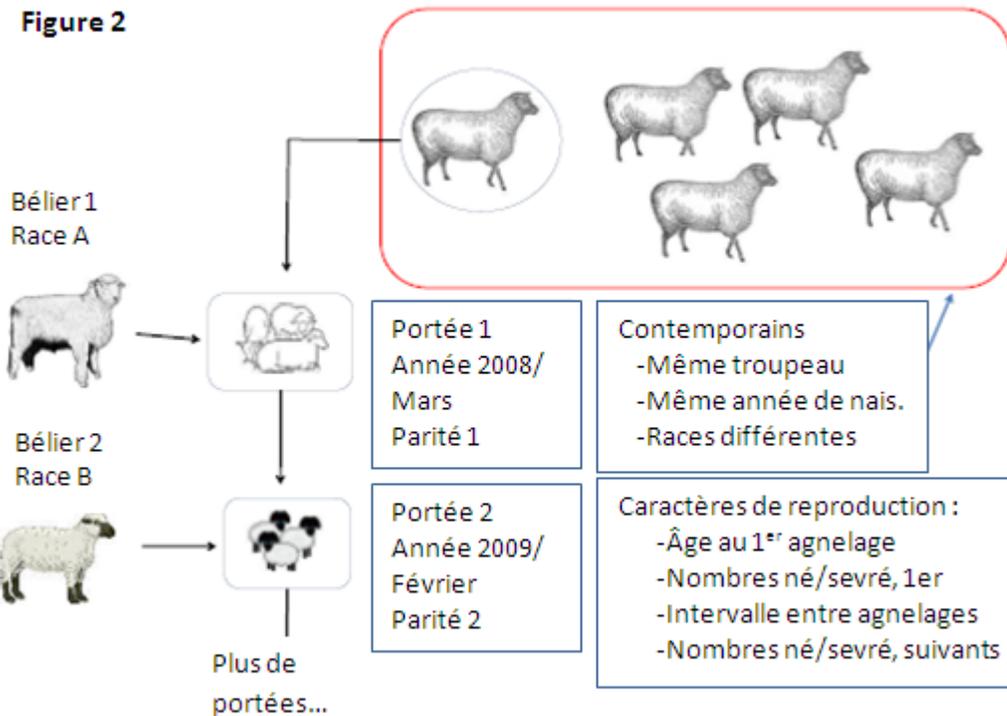
**Toutes les races.** Plusieurs troupeaux contiennent plus d'une race de moutons. Le système analyse tous les agneaux, peu importe la race, et comme indiqué plus haut, les effets reliés à la race des agneaux et de leur mère sont considérés dans plusieurs des facteurs.

**Hétérosis.** Les effets de l'hétérosis des animaux croisés sont ignorés dans ce système parce que des effets d'hétérosis estimés précédemment dans le mouton (par d'autres pays) ont montré que l'hétérosis a seulement de petits effets sur la croissance. Pour tenir compte de l'effet de l'hétérosis, toutes les races présentes dans les animaux croisés doivent être connues. Dans les données canadiennes, les animaux croisés sont typiquement nommés XX, ce qui ne donne aucune information sur la contribution des différentes races dans le croisement.

### 3 Système d'évaluation des données de reproduction

La figure 2 montre les facteurs impliqués dans la reproduction des brebis. Le système d'évaluation des données de reproduction focus sur les brebis. Les parents des brebis ne sont pas montrés sur la figure 2. Ils peuvent être de la même race que la brebis ou de races différentes. Les mêmes 15 regroupements de races que ceux des données de croissance sont utilisés ici.

Les caractères de reproduction sont organisés par nombre d'agnelages (1<sup>er</sup> agnelage versus agnelages suivants). Les nombres né et le nombre sevré au premier agnelage ne sont génétiquement pas les mêmes que les nombres né et sevré au 2<sup>e</sup> agnelage et aux agnelages suivants parce que les corrélations génétiques sont significativement moins que l'unité (mais très élevées). Ainsi, les brebis peuvent être classées différemment selon leur nombre d'agnelages (ou parités).



**Groupes contemporains.** Les groupes contemporains pour les caractères de reproduction sont formés en se basant sur les brebis qui sont nées dans le même troupeau et la même année. Ainsi, elles ont sensiblement le même âge, ont reçu la même régie ensemble, et leurs portées sont sensiblement nées dans les mêmes années.

**Année-Mois d'agnelage-Race des brebis du groupe.** Même si les brebis sont contemporaines (même troupeau, même année de naissance, mais races différentes), leurs portées peuvent naître dans différents mois de l'année. Les effets peuvent être différents selon la race de la

brebis, parce que leurs tailles de portées seront nécessairement différentes. Ainsi, les brebis devraient être comparées les unes aux autres à l'intérieur d'une même race. Ce sont également des comparaisons entre différents troupeaux.

**Parité-Âge des brebis-Race des brebis.** Les moyennes de chaque caractère de reproduction sont différentes pour chaque parité, et pour l'âge de la brebis (en jours) au moment de la parité. Ces facteurs sont estimés à l'intérieur de chacune des races de brebis.

**Père de la portée.** La brebis sera certainement accouplée avec différents béliers au cours de sa vie au sein du troupeau. Les béliers ont leurs propres gènes reproducteurs et aussi des effets sur le nombre né. Les béliers peuvent être de différentes races.

**Effets génétiques de la brebis.** Il y a des gènes de reproduction qui se transmettent directement des parents à leur progéniture. Grâce à la généalogie, la brebis est liée à tous ses ancêtres présents dans la généalogie de la base de données GenOvis et elle contribue aux évaluations génétiques de ses ancêtres. Inversement, les ancêtres contribuent aux évaluations génétiques de toutes leurs progénitures.

**Effets permanents de l'environnement de la brebis.** Il existe des effets non génétiques de la brebis qui ont un effet sur les caractères de reproduction, mais qui ne sont pas transmis à la progéniture ou qui ne proviennent pas des parents de la brebis. Ces effets sont considérés comme étant les mêmes pour toutes les portées d'une brebis.

**Toutes les races.** Plusieurs troupeaux contiennent plus d'une race de mouton. Ce système analyse toutes les brebis, peu importe la race, et comme indiqué plus haut, les effets des races des brebis sont considérés dans plusieurs des facteurs.

**Hétérosis.** Les effets de l'hétérosis des animaux croisés sont ignorés dans ce système. Quand le temps le permettra, cela sera étudié plus attentivement parce que l'hétérosis est généralement plus importante pour les caractères de reproduction que ceux de croissance. Pour tenir compte de l'effet de l'hétérosis, toutes les races présentes dans les animaux croisés doivent être connues. Cela peut entraver des études futures sur l'hétérosis.

## 4 Les corrélations génétiques entre les caractères

Les deux systèmes multi-caractères s'appuient sur les paramètres génétiques et non génétiques estimés en 2005. Les paramètres génétiques ne changent pas rapidement dans le temps et de petites erreurs n'affecteront pas significativement le rang des animaux. Les paramètres génétiques sont dus pour être ré estimés en 2012. Les estimations de 2005 ont été calculées pour 4 races, puis les résultats ont été combinés pour en faire une moyenne. Premièrement, les résultats de chaque race sont similaires, et deuxièmement, attribuer des paramètres différents pour chacune des races pourrait compliquer les systèmes d'évaluation génétique avec de relativement faibles bénéfices.

L'un des avantages du système multi-caractères est l'amélioration de la précision des ÉPD. La corrélation génétique nous indique comment deux caractères s'influencent mutuellement (comment ils changent l'un par rapport à l'autre) et cette information est utilisée pour améliorer les deux ÉPD sur le même animal. Un autre avantage est que les animaux peuvent être évalués pour tous les caractères, même si l'animal n'a pas été mesuré pour chacun de ces caractères. Les ÉPD des caractères non mesurés auront une répétabilité et une précision plus faibles, et seront basés sur les caractères mesurés. Supposez qu'un agneau a été mesuré pour le taux de survie et le poids naissance, ainsi :

$$\left[ \begin{array}{l} \text{ÉPD pour} \\ \text{Poids 50j direct} \\ \text{Poids 100j direct} \\ \text{Épaisseur de la longe} \\ \text{Épaisseur du gras dorsal} \end{array} \right] = \text{est fonction de} \left[ \begin{array}{l} \text{ÉPD Survie agneaux} \\ \text{ÉPD Poids naissance} \end{array} \right]$$

Où les fonctions impliquent les corrélations génétiques de tous les caractères.

De même si un agneau a été mesuré pour le taux de survie, le poids naissance, le poids 50 jours direct et le poids 100 jours direct, alors :

$$\left[ \begin{array}{l} \text{ÉPD épaisseur de la longe} \\ \text{ÉPD épaisseur du gras dorsal} \end{array} \right] = \text{est fonction de} \left[ \begin{array}{l} \text{ÉPD Survie agneaux} \\ \text{ÉPD Poids naissance} \\ \text{ÉPD Poids 50j direct} \\ \text{ÉPD Poids 100j direct} \end{array} \right]$$

La situation la plus précise est lorsque les agneaux ont été mesurés pour les 6 caractères.

Puisque les producteurs payent un supplément pour faire mesurer leurs animaux aux ultrasons (temps et argent), alors la disponibilité des ÉPD épaisseur de la longe et du gras dorsal pour les agneaux non mesurés a été contestée. Seulement les troupeaux qui feront mesurer leurs

agneaux recevront des ÉPD pour l'épaisseur de la longe et du gras dorsal. Le pourcentage des troupeaux participants aux mesures ultrasons est très faible.

## **5 Comment utiliser les ÉPD**

### ***5.1 ÉPD directs***

Un ÉPD est l'écart prévu chez les descendants et représente la moyenne du mérite génétique qu'un animal peut s'attendre à transmettre ou à passer à sa progéniture. Les ÉPD peuvent être comparés entre toutes les races et les croisements. Plusieurs progénitures seront meilleures que cette moyenne, et plusieurs autres seront moins performantes que cette moyenne. Cependant, lorsque nous regardons l'ensemble des progénitures, le résultat sera très près de cette moyenne.

Supposez qu'un bélier Arcott Rideau a un ÉPD de +3.3 kg pour le poids 50j, et que la brebis Arcott Rideau avec laquelle il s'accouplera a un ÉPD de +0.5 kg, nous pouvons nous attendre à ce que la progéniture de ce croisement soit, en moyenne,  $(3.3 + 0.5)/2 = 1.9$  kg, ce qui est moins bon que le bélier, mais meilleur que la brebis. Pour améliorer le troupeau, les meilleurs béliers devraient toujours être utilisés. Ils devraient avoir des ÉPD supérieurs à ceux des brebis du troupeau, afin d'améliorer le niveau génétique du troupeau grâce à la progéniture qui sera générée.

### ***5.2 ÉPD maternels***

Les brebis fournissent à leurs agneaux, durant les premières étapes de leur croissance, un environnement à la fois favorable et défavorable. Cela peut être sous forme de plus de lait, du lait de meilleure qualité en termes de plus d'anticorps, une meilleure habileté maternelle et une plus grande protection. Les producteurs devraient vouloir des brebis qui fournissent des environnements hautement favorables à leurs agneaux. Cette habileté est génétique et a été transmise à leur progéniture, mâle ou femelle. Les mâles peuvent être évalués pour leur habileté maternelle par le biais de leur progéniture femelle qui aura éventuellement des portées et par leur mère. Les ÉPD maternels sont plus utiles si la brebis a déjà eu au moins une portée. Les animaux qui n'ont pas eu de portée ont des ÉPD maternels basés seulement sur leurs collatéraux et ce qui fait que leur évaluation n'est pas très précise.

## 6 Indices génétiques

Une autre complication est qu'il existe des ÉPD pour 12 caractères de croissance (contribution directe et maternelle) et 6 caractères de reproduction, et les animaux peuvent se classer différemment pour chacun de ces caractères. Comment sélectionner alors les meilleurs animaux? Les indices de sélection génétique ont été utilisés dans plusieurs espèces pour classer les animaux sur une base économique. Supposez que vous voulez améliorer le poids à 100j et le nombre né de votre troupeau. Créez un indice comme :

$$\text{Indice} = \text{valeur1} \times (\text{EPD}_{100d}) + \text{valeur2} \times (\text{ÉPD Nombre né})$$

Où *valeur 1* est la valeur d'un kilogramme à 100j, et *valeur2* est la valeur d'un agneau né.

Prenons *valeur1* = 0.50 et *valeur2* = 10.0 (ces valeurs = poids de chaque ÉPD dans l'indice), alors les indices pour les brebis suivantes seront comme présentés dans le tableau suivant.

Brebis	ÉPD 100j	ÉPD Nb. Né	Indice
21	+1.5	-0.2	-1.25
22	-1.7	0.4	+3.15
23	+3.1	0.1	+2.55

Ainsi, la brebis 23 a l'ÉPD 100j le plus élevé, mais la brebis 22 a le plus haut indice génétique parce que l'ÉPD nombre né est plus élevé et a plus de valeur dans l'indice génétique que l'ÉPD 100j. Les valeurs que vous utilisez devraient refléter les valeurs de votre troupeau.

Vous pouvez attribuer des valeurs sur les 18 caractères dans un même indice. Un indice génétique n'a pas à être linéaire. Un autre indice génétique possible serait :

$$\text{Indice} = \text{valeur1} \times (\text{ÉPD } 100j) \times [(\text{ÉPD Nombre né}) + (\text{Moyenne})]$$

Où le nombre d'agneaux nés souhaités est multiplié par le nombre de fois de l'avantage du poids à 100j espéré, le tout multiplié par la valeur que vous attribuez à ce poids supplémentaire. Ainsi, cet indice reflète un avantage entier pour la portée de cette brebis en termes de poids supplémentaire généré pour une portée. Supposez que la *Moyenne* du nombre né soit 1.7 alors les nouveaux indices pourraient être :

Brebis	ÉPD 100j	ÉPD Nb. Né	Indice
21	+1.5	-0.2	+1.125
22	-1.7	0.4	-1.785
23	+3.1	0.1	+2.790

Les nouveaux indices de sélection suivront alors l'ÉPD 100j, mais leur valeur respectera le nombre d'agneaux nés attendu. Les producteurs devraient créer leur propre indice en fonction

de leur besoin. Cependant, plusieurs indices seront créés pour les producteurs ovins, lesquels répondront à différents buts et seront plus faciles à utiliser pour les producteurs, pourvu que ces derniers soient en accord avec les valeurs et les caractères qui ont été inclus dans l'indice.

## 7 Répétabilité

Les prédictions génétiques ne sont jamais totalement précises, c'est pourquoi des valeurs de répétabilité sont calculées pour chaque ÉPD. Les répétabilités sont estimées en se servant des cinq informations suivantes :

1. Est-ce que l'animal a été évalué pour ce caractère?
2. Est-ce que l'animal a de la progéniture qui a été évaluée pour ce caractère, et combien de progénitures?
3. Est-ce que le père de l'animal (le bélier) a de la progéniture qui a été évaluée pour ce caractère, et combien de progénitures?
4. Est-ce que la mère de l'animal (la brebis) a été évaluée pour ce caractère?
5. Est-ce que la mère de l'animal a de la progéniture qui a été évaluée pour ce caractère, et combien de progénitures?

Les méthodes des indices de sélection sont alors utilisées pour calculer une répétabilité à partir de cette information. Cela est fait séparément pour chacun des caractères. Les corrélations génétiques entre les caractères ne sont pas incluses dans le calcul des répétabilités, bien que cela puisse être fait.

Comment utiliser les valeurs de répétabilité? La répétabilité varie de 0 à 100 %. À 100 %, vous pouvez être certain que l'ÉPD est totalement précis et ne changera pas. Seulement les béliers comptant des milliers de progénitures seront près du 100 % de répétabilité. Par conséquent, plusieurs agneaux et brebis auront des répétabilités plus faibles parce qu'ils ont peu (ou pas) de progénitures.

Évidemment, plus la répétabilité est haute, plus vous pourrez être confiants de la valeur d'un ÉPD. Supposez que vous avez deux béliers qui ont un ÉPD +5 kg par exemple, et que l'un a une répétabilité de 45 % et l'autre de 70 %. Lequel choisirez-vous pour votre troupeau? Un producteur conservateur choisira le bélier qui a la répétabilité de 70 %, et améliorera définitivement son troupeau pour ce caractère. Un producteur qui aime prendre des risques choisira le bélier ayant une répétabilité de 45 % parce que ce bélier a plus de chance d'avoir un vrai ÉPD meilleur que +5 kg, et si ce producteur est chanceux, alors la progéniture de ce bélier à l'intérieur de son troupeau sera davantage améliorée. Cependant, il est aussi possible que la

vraie valeur de l'ÉPD soit inférieure à + 5 kg, et dans ce cas, la progéniture peut ne pas être améliorée au même niveau que les brebis. La réponse à cette question dépend du niveau de risque que vous êtes prêt à prendre.

Les répétabilités de la plupart des agneaux et des brebis sont similaires parce qu'ils ont seulement une évaluation et moins de 10 progénitures pour un caractère donné. De leur côté, les béliers peuvent avoir des douzaines de progénitures et, de ce fait, de meilleures répétabilités. Par conséquent, la sélection des béliers devrait prendre davantage en considération les répétabilités que la sélection des agneaux et des brebis parce qu'il y a davantage de différences dans les répétabilités des béliers. La répétabilité est seulement un guide du niveau de confiance que vous pouvez avoir dans les valeurs d'ÉPD obtenues.

## 8 Questions fréquemment posées

**Vente de bélier à un autre producteur.** Si je vends un bon bélier avec un ÉPD 50j de +2.4 kg à un autre producteur, et que le nouveau propriétaire a une régie inférieure à la mienne (performances inférieures), quels effets cela pourrait-il avoir sur les ÉPD du bélier lorsqu'il aura de la progéniture dans ce troupeau?

Supposez que le groupe contemporain du nouveau troupeau soit 0.9 kg inférieur dû aux pratiques de régie, alors la progéniture de ce troupeau performera moins que celle de votre troupeau. Cependant, le système d'évaluation génétique estimera les effets du groupe contemporain et déterminera que la différence entre vos troupeaux est -0.9 kg. Cette différence sera alors ajoutée aux poids 50j de la progéniture dans ce troupeau, et cela aura pour résultat de faire comme si la progéniture avait été élevée chez vous. Ainsi, vous pouvez vous attendre à ce qu'il n'y ait pas de changement au niveau des ÉPD de ce bélier, excepté pour le niveau génétique de sa nouvelle progéniture.

Si le nouveau troupeau est inférieur au vôtre à cause du niveau génétique de ses brebis, qu'est-ce qui pourrait arriver? Si le niveau génétique des brebis du nouveau troupeau était de +1.0, alors en utilisant votre bélier dans le nouveau troupeau nous nous attendons à ce que les progénitures soient  $(2.4 + 1.0)/2 = 1.7$  kg. Le système d'évaluation génétique s'attendra alors que les agneaux soient +1.7 kg. S'ils performant comme attendu, alors les ÉPD du bélier ne changeront pas. Si les agneaux dans le nouveau troupeau performant plus de +1.7 kg, alors les ÉPD du bélier augmenteront et si les nouveaux agneaux performant moins de +1.7 kg, alors les ÉPD du bélier diminueront en conséquence.

Si le bélier n'est pas utilisé au hasard, mais seulement sur les brebis les moins performantes, que peut-il arriver? Le système d'évaluation génétique tient compte de l'habileté génétique de chacune des brebis, et les équations sont formées en sachant quelles brebis ont été accouplées avec chaque bélier.

Le système d'évaluation génétique peut être renforcé en ayant plusieurs béliers ayant des progénitures dans plusieurs troupeaux. Nous appelons cela des « connexions ». Plus il existe de connexions, plus le système est capable de déterminer comment les troupeaux diffèrent dans leur habileté de régie à l'intérieur de chaque année, et meilleur il sera pour déterminer le niveau génétique des différents troupeaux. Les ÉPD deviennent alors plus précis.

**Vendre des brebis ou des agnelles à un autre producteur.** La réponse sera similaire à celle de la question précédente sur les béliers. Le système d'évaluation génétique tient compte des différences au niveau de la régie et des différences au niveau génétique entre les troupeaux. Si vos brebis sont génétiquement supérieures aux brebis du nouveau troupeau, alors le niveau génétique du nouveau troupeau augmentera. Vos brebis pourront alors avoir l'air de mieux performer dans le nouveau troupeau que dans le vôtre, car elles sont comparées à des brebis de niveaux génétiques inférieurs. Cela peut être bénéfique pour les ÉPD des brebis que vous gardez dans votre troupeau, mais la valeur ne changera pas beaucoup.

**Animaux croisés et ÉPD.** Les nouveaux ÉPD sont calculés pour tous les animaux simultanément, ce qui signifie que vous devriez être capable de comparer les animaux de n'importe quelles compositions de races. Le système d'évaluation génétique ne tient pas compte de l'hétérosis. Les estimations de l'effet de l'hétérosis pour la croissance dans le mouton sont faibles, alors les comparaisons des ÉPD entre les animaux devraient être valides. Les estimations de l'hétérosis pour la reproduction ne sont pas petites, alors quelques soins doivent être exercés avec les caractères de reproduction (traiter les comparaisons comme un peu moins fiables que la croissance). Les données qui vont dans le système d'évaluation génétique ne doivent pas nous permettre de tenir compte de l'effet de l'hétérosis pour tous les croisements parce que la composition de races précise est inconnue pour la majorité des animaux croisés.

Les comparaisons des animaux (de toute composition) à l'intérieur d'un troupeau seront plus précises que les comparaisons des animaux entre les troupeaux. Cependant, l'intensité de sélection est principalement générée à l'intérieur d'un troupeau.

**Animaux malades.** Les animaux malades devraient être proprement codés dans la base de données, et leurs poids devraient aussi être entrés. Cependant, les animaux qui ont été malades ne devraient pas être inclus dans l'évaluation génétique. Les codes devraient permettre de retirer les poids de ces animaux de l'évaluation génétique. Inclure les animaux malades dans l'évaluation génétique pourrait diminuer la précision des ÉPD des parents et des collatéraux et possiblement diminuer les évaluations génétiques sous leur vraie valeur.

**Groupes contemporains.** Créer des groupes contemporains demande un équilibre entre la période de temps entre la date du premier et du dernier agnelage du groupe et le nombre d'agneaux dans le groupe. La période de temps doit rester courte, et le nombre d'agneaux dans le groupe devrait être d'au moins 10 agneaux ou plus. Vous devriez éviter de former des groupes contemporains contenant seulement 1 ou 2 agneaux.

Un groupe contemporain est aussi défini comme mettre les brebis dans des unités d'hébergement différentes dans la ferme. Chaque unité d'hébergement pourrait former un groupe contemporain différent

Les poids sont ajustés sur une base de 50j en supposant que la croissance suit une ligne droite. Le taux de croissance d'un animal est présumé être constant de la naissance à la pesée 100 jours. Ainsi, si un animal est âgé de 65 jours lors de sa pesée, son poids 50j sera inférieur au poids mesuré lors de sa pesée, et si un animal est âgé de 25 jours lors de la pesée, son poids 50j sera supérieur à celui mesuré lors de sa pesée. Comparer ces deux agneaux dans un même groupe contemporain n'est pas très fiable dû à la grande différence d'âge.

Si vous avez une saison d'agnelage qui s'étale sur 3 mois, mais que vous avez seulement 10 brebis, alors former plusieurs groupes contemporains n'est pas très pratique. Les groupes contemporains devraient avoir au moins 10 agneaux par groupe, peu importe les différences d'âge des agneaux.

Si vous avez un plus gros troupeau et que vous séparez déjà les brebis par âge ou par race ou par tout autre critère, alors chaque groupe pourrait être un groupe contemporain et vous devez l'indiquer dans la base de données en entrant les animaux dans des groupes distincts. Des indications précises des brebis qui sont regroupées ou qui reçoivent une régie différente pourraient améliorer la précision des ÉPD des brebis et leurs agneaux. Des définitions de régie de groupes appropriés seront bénéfiques à votre troupeau à long terme.

**Comment les calculs sont-ils produits?** Les « équations » ont été mentionnées précédemment. Il y a plus de 6 millions d'équations (pour tous les troupeaux et tous les caractères) qui doivent être résolues chaque fin de semaine. Il y a des équations pour les ÉPD de l'animal (génétique directe), pour les années-mois d'agnelage-race des agneaux du groupe, pour le sexe des agneaux-âge des brebis-race des brebis du groupe, pour les portées, pour les groupes contemporains, pour les ÉPD des animaux (génétique maternelle), et autres. Ainsi, décrire tous les calculs n'est pas un sujet facile à traiter.

L'équation (très très simplifiée) pour l'ÉPD 50j est :

ÉPD direct de l'animal =

Somme/ soustraction	Caractères et facteurs
	poids 50j ajusté
-	Valeur de l'Année-Mois-Race
-	Valeur du Sexe-Âge-Race
-	Valeur du groupe contemporain
-	Valeur de la portée
-	ÉPD maternel de l'animal X ajustements de covariance
+	(ÉPD du père et de la mère) X VR
+	Moyenne de l'ensemble de la progéniture de (ÉPD de la progéniture – Moitié de l'ÉPD de l'autre parent) X VR) / (1 donnée + VR*d + somme de VR/4 pour la progéniture)
=	<b>ÉPD 50j direct</b>

Où VR est l'héritabilité des caractères, d est 1 si aucun des parents n'est connu, 4/3 si seulement 1 des parents est connu, et 2 ou plus si les deux parents sont connus et possiblement consanguins.

Aussi, les équations pour la valeur du Mois-Année-Race =

Somme/ soustraction	Caractères et facteurs
Somme	De la formule suivante pour chaque agneau du groupe
	Poids ajusté à 50j
-	Valeur du Sexe-Âge-Race
-	Valeur du groupe contemporain
-	Valeur de la portée
-	ÉPD direct de l'animal
-	ÉPD maternel de l'animal
=	Résultat (somme des valeurs de chaque agneau)
Divisé par	Le nombre d'agneaux du groupe
=	<b>Valeur Mois-Année-Race</b>

Et l'équation pour la valeur du Sexe-Âge-Race =

Somme/ soustraction		Caractères et facteurs
Somme		De la formule suivante pour chaque agneau du groupe
		Poids ajustés à 50j
-		Valeur de l'Année-Mois-Race
-		Valeur du groupe contemporain
-		Valeur de la portée
-		ÉPD direct de l'animal
-		ÉPD maternel de l'animal
=		Résultat (somme des valeurs de chaque agneau)
Divisé par		Le nombre d'agneaux du groupe
=		<b>Valeur Sexe-Âge-Race</b>

Il y a des équations similaires pour les ÉPD maternels, les portées et les groupes contemporains. L'ordinateur compile ces équations, une à la fois, plus de 5000 fois (appelé itérations (action de répéter une même action)). Les ÉPD et les valeurs des facteurs changent peu à chaque itération, mais les changements deviennent de plus en plus petits. Les équations sont résolues lorsque les changements dans les ÉPD d'une itération à la suivante sont très près de 0. Alors, le système est en équilibre ou est dit convergé.

Les équations sont en réalité plus compliquées que celles montrées ci-haut puisque les 6 caractères sont impliqués au même moment, incluant les corrélations génétiques et non génétiques parmi les caractères. Nous prenons les données, nous prenons les généalogies, nous fournissons les paramètres génétiques et non génétiques et transférons toute cette information dans un seul programme qui demande de 6 à 8 heures de calcul pour donner des résultats qui satisfont (ou en accord avec) les équations. La seule façon possible pour reproduire les ÉPD est d'avoir toutes les mêmes informations que le programme. Vous ne pourrez jamais faire les calculs sur une calculatrice ou sur du papier.

**ÉPD maternels pour agneaux de la même portée.** Deux agneaux de la même portée ont des ÉPD maternels différents pour leurs poids à 50 jours. Pourquoi?

Pour les mâles de la même portée, leur ÉPD maternel est directement relié à leur ÉPD poids à 50 jours direct et les ÉPD direct et maternel de leurs parents pour les 6 caractères évalués. Cela donne :

$$\text{ÉPD maternel} = (\mathbf{B} \times \text{ÉPD direct}) + \text{PDM}$$

Où

$$\mathbf{B} = \frac{\text{Covariance génétique (directe, maternelle)}}{\text{Variance génétique (directe)}}$$

Et PDM est la somme des moyennes des ÉPD direct et maternel des parents pour les 6 caractères du système, ajustés avec les covariances et variances appropriées. C'est une constante commune à toute la progéniture de la portée selon le niveau génétique des parents et des contributions des autres caractères évalués dans le système.

Pour illustrer, supposez que mâle1 a un ÉPD poids 50j direct de +1,20 et que mâle2 a un ÉPD poids 50j direct de +2,15, ce qui concorde avec le classement de leur poids 50j ajustés de 23,5 kg et 27,8 kg respectivement. Le PDM (basé sur les ÉPD des parents et des paramètres génétiques) est le même pour les deux agneaux de la même portée et a la valeur de 0,44 dans cet exemple. Les deux frères ont tous les deux les 6 caractères évalués dans le système d'évaluation des données de croissance. La formule suivante dit que, pour mâle1 :

$$\begin{aligned}
 \text{ÉPD maternel} &= (-0,2315 \times \text{ÉPD direct}) + 0,44 \\
 &= (-0,2315 \times +1,20) + 0,44 \\
 &= -0,2778 + 0,44 \\
 &= +0,16
 \end{aligned}$$

Et pour mâle2 :

$$\begin{aligned}
 \text{ÉPD maternel} &= (-0,2315 \times \text{ÉPD direct}) + 0,44 \\
 &= (-0,2315 \times +2,15) + 0,44 \\
 &= -0,4977 + 0,44 \\
 &= -0,06
 \end{aligned}$$

La covariance entre les effets génétiques directs et maternels est négative, ce qui signifie que si l'ÉPD direct augmente, alors l'ÉPD maternel diminue, aussi longtemps que l'animal n'aura pas sa propre progéniture. La relation négative est la relation générale qui existe dans la population. Lorsque les animaux ont leur propre progéniture (si ce sont des femelles), la relation générale est rompue. Le PDM diffère en valeur selon les parents de la portée. Chaque combinaison père-mère a sa propre valeur de PDM. La valeur de 0,44, dans l'exemple précédent, indique qu'en se basant sur les ÉPD des parents (directs et maternels) pour les 6 caractères, le niveau génétique prédit était de +0,44 kg pour le poids 50j contribution maternelle.

La répétabilité des ÉPD maternels des deux frères de l'exemple précédent était de seulement 24 %.