

Description des systèmes d'évaluations génétiques utilisés en Wallonie

AVRIL 2018

Sylvie VANDERICK¹, Rodrigo REIS MOTA¹ & Nicolas GENGLER^{2, 3}

¹ Assistant, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech

² Professeur, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech

³ Maître de Recherches honoraire du Fonds National de la Recherche Scientifique (FNRS)

Introduction

Depuis plus de 10 ans, suite à la régionalisation de l'agriculture en Belgique, la Wallonie a développé et continue à développer ses propres systèmes d'évaluation génétique et génomique afin de permettre aux éleveurs wallons de disposer d'outils adaptés et utiles à leurs besoins.

Les systèmes d'évaluations génétiques pour les caractères de production et de conformation sont utilisés en routine depuis 2002. Il en est de même pour la santé du pis (à travers les cellules somatiques) depuis 2003, via le système d'évaluation génétique des scores cellulaires, ainsi que pour la longévité depuis 2005, pour la fertilité femelle depuis 2007 et pour la note d'embonpoint ou Body Condition Score depuis 2010. Enfin, depuis 2013, un système d'évaluation génétique de la facilité de vêlage est également utilisé en routine. Ainsi, grâce à ces différents systèmes d'évaluation génétique, la Wallonie participe aux évaluations internationales de routine d'INTERBULL (MACE) pour tous les caractères évalués en Wallonie.

Depuis juillet 2013, la Wallonie dispose également de ses propres systèmes d'évaluation génomiques pour la plupart des caractères actuellement évalués en Wallonie et participe ainsi aux évaluations internationales génomiques d'INTERBULL (GMACE).

Le but de ce document est de donner une synthèse des différents systèmes développés et utilisés en Wallonie pour les bovins laitiers.

Caractères de production

Introduction

Les évaluations génétiques wallonnes pour les caractères de production (quantité de lait, matière grasse et protéine) sont basées sur un modèle jour du test ("test-day model"). La grande caractéristique de cette approche est qu'elle permet d'utiliser tous les résultats individuels ou élémentaires obtenus lors des contrôles laitiers. Les résultats ("valeur d'élevage") qui proviennent directement de ce calcul sont exprimés en équivalent 305 jours de lactation et comme moyenne des trois premières lactations et seront désignés ultérieurement par « D » (pour domestique). Les résultats domestiques des taureaux qui disposent de suffisamment de filles en Wallonie sont envoyés à INTERBULL. En retour, INTERBULL renvoie des valeurs d'élevage internationales pour ces taureaux et de nombreux autres, exprimées en base wallonne.

Calcul wallon : modèle jour du test

Principes du calcul

Tout comme les anciens modèles d'évaluation génétique basés sur des lactations, un modèle jour du test est une approche BLUP, donc une comparaison équitable d'animaux similaires qui se trouvent dans le même environnement au même moment. Cette comparaison corrige pour d'éventuelles différences génétiques entre individus à comparer. Dans un modèle jour du test, une vache est comparée aux autres animaux de lactation égale, traits au même moment (contrôle) dans un même troupeau. D'autres différences comme le stade de lactation, l'âge, la gestation en cours sont également prises en compte par le modèle. Une explication plus complète se trouve dans l'article des élevages belges : « Le Modèle Jour du Test – Une opportunité pour la Wallonie de donner à ses éleveurs un outil performant de gestion et de sélection » (*Les Elevages Belges*, n°1, janvier 2002).

Particularités

Plusieurs populations utilisent déjà l'approche par jour du test. La méthode utilisée en Wallonie a certaines particularités par rapport à celles de l'autre population, ceci afin de coller au mieux à la situation des élevages wallons :

- Modélisation multi-race, ce qui correspond le mieux à la structure de nos troupeaux.
- Modélisation multi-lactation (première à troisième) et multi-caractère (lait, matière grasse, protéine) : grâce à ceci, le modèle s'adapte bien à des lactations et/ou caractères manquants, ce qui le rend compatible avec d'éventuels systèmes de contrôle différenciés.
- Modélisation des courbes de lactation intra-troupeau et année de vêlage avec régression du résultat vers la courbe de lactation de la population, ce qui est une approche optimale pour tenir compte des différences entre troupeaux par exemple dues à des systèmes d'alimentation différentiels (DAC, TMR).
- Modélisation et pré-correction pour des différences dans les courbes de lactation et l'évolution intra-lactation due à l'âge et à la race, ceci pondéré d'après la composition raciale.

De plus amples détails sont disponibles dans Auvray and Gengler (2002) ainsi que dans Croquet *et al.* (2006).

Résultats

Le calcul permet d'apprécier le potentiel phénotypique (production brute ou « capacité de production ») corrigé pour les effets de l'environnement non-spécifiques, le potentiel génétique de chaque vache ayant des contrôles connus et le potentiel génétique des ancêtres (mâles et femelles), ceci caractère par caractère, lactation par lactation et pour chaque jour en production pendant ces lactations. Evidemment cette masse de résultats n'est pas publiable telle quelle pour l'instant et on récapitule ces informations sur une période standard de 305 jours et on l'exprime comme moyenne sur les trois lactations. Le potentiel génétique ainsi estimé est appelé « valeur d'élevage production domestique ». Ce sont ces informations qui entreront aussi dans le calcul international INTERBULL.

Dans un avenir proche d'autres informations seront extraites des calculs wallons, en particulier la persistance (capacité à maintenir la production à travers une lactation) et le taux de maturité (évolution de la production de lactation en lactation).

Calcul INTERBULL

Principe

INTERBULL se base sur les informations taureaux fournies par les différentes populations et effectue un regroupement de celles-ci afin de permettre un rangement unique par population de tous les taureaux. La méthode de calcul est une analyse multi-pays (population) appelée MACE (Multiple Across Country Evaluation) et se laisse schématiser comme suit :

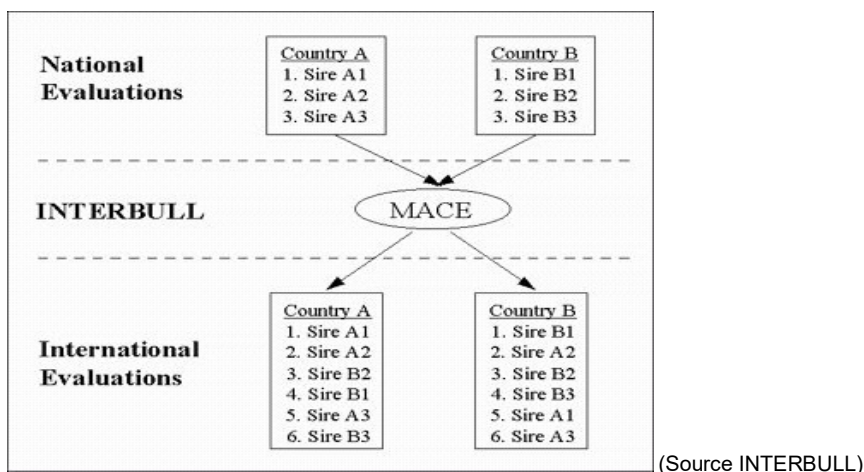


FIGURE 1. Représentation schématique du travail d'INTERBULL

Les différentes populations envoient les valeurs d'élevage des taureaux utilisés chez elles. INTERBULL regroupe ces informations multinationales et calcule une valeur génétique pour tous les taureaux dans chaque population. Ainsi les différents taureaux A1, A2 et A3 provenant du pays ou de la population A, et les taureaux B1, B2 et B3 provenant du pays ou population différente B, se retrouvent dans une seule liste par population. Attention, l'ordre dans chaque population est d'autant plus similaire à celui dans une autre que la corrélation donc la similitude des résultats de ces différentes populations est élevée. Si A par exemple est la Wallonie et B est une population qui se trouve de l'autre côté de la terre on s'attend à de grandes différences, si B par contre est une population proche géographiquement on s'attend à relativement peu de différences. Attention, d'autres facteurs jouent qui rendent les résultats différents. Ainsi, on observe depuis que quelques populations utilisent divers types de modèles pour tester l'apparition de corrélations de plus en plus disparates. Les résultats fournis par INTERBULL à la Wallonie sont donc toujours différents de ceux fournis aux Pays-Bas (regroupant la Flandre). En plus, INTERBULL fournit les résultats sur l'échelle wallonne, différente des autres. Les valeurs d'élevage fournies par INTERBULL sont désignées par « I », mais elles sont totalement comparables aux résultats domestiques. Tous les résultats domestiques ou provenant INTERBULL sont

comparables et associés à une fiabilité qui varie entre 0 et 99% appelée répétabilité, la fiabilité des évaluations augmentant avec cette valeur.

Bases de publication

Deux bases de publication sont utilisées et sont détaillées dans le document en question. Il s'agit d'un coté de la base INTERBULL désignée **2015HC** et de la **base 2015BC** correspondant aux vaches de race Blanc-Bleue-Mixte nées en 2010.

Le fichier taureau disponible sur ce site n'utilise que la **base 2015HC** et ne contient que les résultats des taureaux avec un minimum de 75% de gènes Holstein. La décision de garder pour pratiquement tous les animaux une base unique répond aussi à un souhait de permettre une comparaison équitable entre animaux ainsi que de faciliter une utilisation des résultats comme outils de management.

Dans le cadre d'une future utilisation accrue d'animaux croisés, une telle approche a le mérite de permettre une comparaison plus facile d'individus de races différentes.

Règles de publication

Selon l'origine de l'évaluation :

1. Code "IP1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
2. Code "IG1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
3. Code "DP1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (Domestique) Polygénique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir des données phénotypiques du terrain wallon ;
4. Code "DG1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (Domestique) Génomique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir de l'information Génomique wallonne.

Les valeurs des catégories 1 à 4 sont publiées avec une fiabilité minimale de 50%.

Seules les solutions des taureaux nés après le premier janvier 1985 sont publiées !

A travers l'observation du nombre de filles wallonnes il est possible d'apprécier la contribution wallonne à la valeur d'élevage INTERBULL.

Santé du pis (cellules somatiques)

Introduction

Depuis mai 2003, la Wallonie évalue en routine la santé du pis à travers l'évaluation génétique des cellules somatiques. Des valeurs d'élevages internationales fournies par INTERBULL sont donc disponibles sur base Wallonne pour les taureaux.

L'approche utilisée est un modèle jour du test similaire à celui utilisé en production. L'évaluation génétique des cellules somatiques se base sur des comptages cellulaires (SCC) transformés sur une échelle logarithmique score cellulaire (SCS) :

$$SCS = [\log_2(SCC/100000)] + 3$$

Le score cellulaire varie donc autour de 3.

Calcul Wallon : modèle jour du test modifié

Principes du calcul

Le modèle d'évaluation génétique est très similaire au modèle jour de test utilisé pour la production. Deux modifications ont été effectuées :

- pas de régressions aléatoires intra-troupeaux, car des études préliminaires n'avaient pas démontré leur intérêt ;
- introduction d'une pondération des observations par une fonction exprimant la suspicion qu'ils sont associés à un événement de mammite.

Cette dernière modification est significative car elle permet de passer d'une évaluation purement descriptive des cellules à une évaluation qui maximise la corrélation entre mammites et résultats des cellules. La méthode de pondération est basée sur la comparaison du SCS observé et du SCS attendu à chaque jour de test. Les observations SCS qui sont au-dessus du niveau de SCS attendu basé sur des résidus standardisés du modèle jour de test ont un poids supérieur à ceux en-dessous du niveau attendu. Les poids varient entre deux valeurs asymptotiques : 0 ($-\infty$) et 2,65 ($+\infty$) et ils suivent une distribution sigmoïde. La moyenne des poids attendus est 1.

D'autres détails se trouvent dans Gengler and Mayeres (2003) ainsi que dans Croquet *et al.* (2006).

Calcul INTERBULL

Principe

INTERBULL effectue deux calculs, le premier entre les résultats « cellules somatiques » (SCS) des différentes populations (dont la Wallonie), le second regroupant les évaluations « cellules somatiques » (SCS) avec les évaluations mammites si les populations en disposent.

La méthode de calcul est la même que pour la production, donc une analyse multi-pays (population) appelée MACE (Multiple Across Country Evaluation). Deux listes de taureaux sont disponibles en retour : une pour chaque calcul.

Bases de publication

La méthode de calcul domestique utilisée étant optimisée pour prédire les événements de mammites via un système de pondérations, les valeurs du second calcul sont donc utilisées pour la publication des valeurs d'élevages des taureaux.

Une base de publication est utilisée, il s'agit de la base INTERBULL désignée [2015HC](#).

Depuis avril 2015, le caractère fonctionnel santé du pis (SCS) ainsi que les autres caractères fonctionnels sont exprimés sur une base 100 avec un écart-type de 10. L'écart-type est calculé sur la population de référence,

comme pour la base génétique, c'est-à-dire sur la population de **vaches nées en 2010** (**base 2015HC**). La moyenne de 100 est ajustée pour la dernière génération de taureaux utilisés en Wallonie (nés entre 2003 et 2007) et qui sont donc pères des veaux qui naissent actuellement en 2015.

Il est également à noter que depuis avril 2015, l'échelle d'expression de la santé du pis a été inversée afin que ce caractère soit exprimé de façon positive comme les autres caractères.

Une valeur supérieure à 100 indique que l'animal a un potentiel génétique intéressant d'un point de vue santé du pis (SCS) tandis qu'une valeur inférieure à 100 indique le contraire.

Règles de publication

Selon origine de l'évaluation :

1. Code "IP1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
2. Code "IG1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
3. Code "DP1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (**D**omestique) **P**olygénique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir des données phénotypiques du terrain wallon ;
4. Code "DG1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (**D**omestique) **G**énomique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir de l'information Génomique wallonne.

Les valeurs des catégories 1 à 4 sont publiées avec une fiabilité minimale de 45%.

A travers l'observation du nombre de filles wallonnes il est possible d'apprécier la contribution wallonne à la valeur d'élevage INTERBULL.

Caractères de conformation (type)

Introduction

Les évaluations génétiques wallonnes pour les caractères de conformation suivent de près le travail de classification fait sur le terrain. En effet, les éleveurs disposent des valeurs d'élevage pour les 25 caractères linéaires classifiés et les 8 caractères synthétiques, donc plus que les 19 caractères disponibles chez INTERBULL. La méthode de calcul est assez évoluée puisqu'elle associe approche multi-caractère et multi-lactation, présence de valeurs manquantes et ajustement pour les différences de variances entre classificateurs, entre troupeaux et dans le temps.

Tableau 1: Dénomination et utilisation des caractères évalués.

Numéro calcul wallon	Caractère	Numéro calcul INTERBULL
1	Taille	1
2	Avant-main	2
3	Profondeur corps	3
4	Profondeur poitrine	
5	Force du rein	
6	Longueur bassin	
7	Inclinaison bassin	5
8	Largeur hanches	
9	Largeur bassin	6
10	Angle du pied	9
11	Membre postérieur vue cote	7
12	Qualité os	
13	Membre postérieur vue arrière	8
14	Equilibre avant arrière	
15	Profondeur du pis	13
16	Ecart latéral trayon	
17	Ligament suspenseur	12
18	Texture du pis	
19	Attache avant	10
20	Placement trayons avant	14
21	Longueur des trayons	15
22	Hauteur attache arrière	11
23	Largeur attache arrière	
24	Placement trayons arrière	16
25	Caractère laitier	4
Syn1	Développement	
Syn2	Bassin	
Syn3	Membres et pieds	19
Syn4	Pis	18
Syn5	Avant-pis	
Syn6	Arrière-pis	
Syn7	Caractère laitier synthétique	
Syn8	Note générale	17

Calcul wallon : modèle multi-caractère pour classifications répétées

Principes du calcul

Ce modèle multi-caractère est aussi une approche BLUP, donc une comparaison équitable d'animaux similaires qui se trouvent dans le même environnement au même moment. Cette comparaison corrige pour d'éventuelles différences génétiques entre individus à comparer.

Particularités

La méthode utilisée en Wallonie a certaines particularités par rapport à celles utilisées ailleurs :

- Modélisation permettant la présence de valeurs manquantes, par exemple valeurs manquantes dues à un changement des systèmes dans le temps.
- Modélisation multi-caractère afin de tenir compte des liens entre caractères morphologiques, si un caractère manque, on utilise ce qu'on sait sur la morphologie de l'animal pour un autre caractère.
- Modélisation avec correction pour la variance hétérogène, donc des différences d'éparpillement des résultats, et ceci pour le système, le classificateur et le troupeau.
- Depuis novembre 2003, modélisation de toutes les classifications, si toute fois au moins une classification a eu lieu avant la quatrième lactation.

La méthode est fort similaire à celle utilisée aux USA pour les races non-Holstein. De plus amples détails sont disponibles dans Gengler *et al.* (2000) ainsi que dans Croquet *et al.* (2006).

Résultats

Le calcul permet d'apprécier le potentiel génétique. Il est exprimé, après passage par INTERBULL, sur une échelle avec 0 pour toutes les **vaches nées en 2010** et l'écart-type de ces vaches est mis à 1.

Tous les résultats sont comparables et associés à une fiabilité, qui varie entre 0 et 99%, la fiabilité des évaluations augmentant avec cette valeur.

Calcul INTERBULL

Principe

INTERBULL se base sur les informations fournies par les différentes populations et effectue un regroupement de celles-ci afin de permettre un rangement unique par population de tous les taureaux. Ceci se fait caractère par caractère pour 19 caractères de base. La méthode de calcul est la même que pour la production, donc une analyse multi-population appelée MACE (Multiple Across Country Evaluation).

Les valeurs d'élevage fournies par INTERBULL pour les 19 caractères INTERBULL sont désignées par « I », mais elles sont totalement comparables aux résultats domestiques.

Prédiction et combinaisons des informations pour les 14 caractères non-traités par INTERBULL

Les 14 caractères non traités par INTERBULL sont prédits (code « P ») à partir des informations « I » transmis par INTERBULL en utilisant une procédure standard d'index de sélection (Weigel et al., 1998) qui tient compte des liens entre caractères comme observés chez nous.

Dans les cas où des résultats wallons (« D ») existent pour ces mêmes caractères on procède à la combinaison des résultats (code « B ») par une moyenne pondérée (Weigel et al., 1998). Cette méthode permet d'effectuer un pseudo-MACE pour les caractères non-traités par INTERBULL en y intégrant les résultats des classifications wallonnes.

Bases de publication

Une base de publication est utilisée pour la morphologie. Il s'agit de la base INTERBULL désignée **2015HC** car il n'existe pas de classification officielle pour d'autres races.

Règles de publication

Selon l'origine de l'évaluation :

1. Code "IP1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (**P**olygénique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
2. Code "IG1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (**G**énomique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
3. Code "DP1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (**D**omestique) **P**olygénique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir des données phénotypiques du terrain wallon ;
4. Code "DG1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (**D**omestique) **G**énomique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir de l'information Génomique wallonne ;
5. Code "PP1": La valeur pour ce caractère est **P**rédictée à partir des solutions INTERBULL des autres caractères provenant de l'évaluation MACE (**P**olygénique) ;
6. Code "PG1": La valeur pour ce caractère est **P**rédictée à partir des solutions INTERBULL des autres caractères provenant de l'évaluation GMACE (**G**énomique) ;
7. Code "BM1": La valeur pour ce caractère est une valeur « **M**ixte » qui combine (« **B**lending » en anglais) de l'information prédite (à partir de solutions INTERBULL polygénique ou génomique) des autres caractères et de l'information domestique (polygénique ou génomique).

Les valeurs des catégories 1 à 7 sont publiées avec une fiabilité minimale de 50% pour la taille.

A travers l'observation du nombre de filles wallonnes, il est possible d'apprécier la contribution wallonne à la valeur d'élevage INTERBULL.

Longévité

Introduction

La Wallonie utilise en routine une évaluation génétique pour la longévité depuis mai 2005 et donc des valeurs d'élevages internationales pour les taureaux sont disponibles sur base Wallonne.

L'approche utilisée est une amélioration de celle utilisée au Canada. La survie des animaux de lactation en lactation est modélisée à travers toutes les lactations.

Calcul Wallon

Principes du calcul

Ce modèle multi-lactation est aussi une approche BLUP, donc une comparaison équitable d'animaux similaires qui se trouvent dans le même environnement au même moment. Cette comparaison corrige pour d'éventuelles différences génétiques entre individus à comparer.

Particularités

La méthode utilisée en Wallonie a certaines particularités par rapport à celles utilisées ailleurs :

- Modélisation multi-lactation : les 5 premières lactations et les suivantes, regroupées avec les 5èmes lactations du point de vue effets fixes. ;
- Modélisation de la survie de lactation en lactation reparamétrisée en modèle de régression aléatoire permettant ainsi l'intégration des lactations précédentes d'animaux encore en vie.

Le système d'évaluation génétique pour la longévité est détaillé plus précisément dans Gengler *et al.* (2005).

Calcul INTERBULL

Principe

INTERBULL se base sur les informations fournies par les différentes populations et effectue un regroupement de celles-ci afin de permettre un rangement unique par population de tous les taureaux. La méthode de calcul est la même que pour la production, donc une analyse multi-population appelée MACE (Multiple Across Country Evaluation). INTERBULL ne travaille qu'avec la longévité directe fournie par les différentes populations.

Longévité combinée

La fiabilité associée à la valeur d'élevage de la longévité directe pour les jeunes taureaux est assez basse puisque la longévité d'une population de filles d'un taureau se révèle après un certain nombre d'années. Afin de remédier à cela, mais également dans le but de tenir compte des corrélations (Vanderick et al., 2006) entre les différents caractères pouvant être considérés comme prédicteurs de la longévité ; c'est-à-dire la morphologie et les SCS. La longévité directe qui est univariée est rendue multivariée grâce à la théorie de l'index de sélection. Cette longévité multivariée (longévité directe, morphologie et SCS) peut être nommée « longévité combinée » puisqu'elle combine les trois sources d'informations (directe et prédite à partir des autres caractères). Ceci permet de prédire une valeur pour la longévité même si des caractères sont manquants, tels que par exemple la longévité directe (dans ce cas là, code « P » pour prédit). Cette longévité combinée est calculée après le retour de l'information INTERBULL.

Depuis avril 2015, le calcul de la longévité combinée est réalisé en même temps que celui de l'index de « fertilité femelle » combiné (CFF) et de la valeur économique fonctionnelle (c'est-à-dire le V_{EF}) à travers une seule et même procédure de type index de sélection. De cette manière, les passages entre les calculs successifs se font/feront de manière progressive même si les caractères dans le vecteur d'information changent !

Bases de publication

Les valeurs d'élevage pour la longévité combinée sont exprimées par rapport à la population des vaches wallonnes nées en 2010 (**base de référence : 2015HC**).

Depuis avril 2015, le caractère fonctionnel de longévité combinée ainsi que les autres caractères fonctionnels sont exprimés sur une base 100 avec un écart-type de 10. L'écart-type est calculé sur la population de référence, comme pour la base génétique, c'est-à-dire sur la population de **vaches nées en 2010 (base 2015HC)**. La moyenne de 100 est ajustée pour la dernière génération de taureaux utilisés en Wallonie (nés entre 2003 et 2007) et qui sont donc pères des veaux qui naissent actuellement en 2015.

Une valeur supérieure à 100 indique que l'animal a un potentiel génétique intéressant d'un point de vue longévité tandis qu'une valeur inférieure à 100 indique le contraire.

Règles de publication

Selon origine de l'évaluation

1. Code "IP1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
2. Code "IG1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
3. Code "DP1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (**Domestique**) Polygénique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir des données phénotypiques du terrain wallon ;
4. Code "DG1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (**Domestique**) Génomique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir de l'information Génomique wallonne ;
5. Code "PM1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère et dont la valeur pour ce caractère est **Prédite** à partir des solutions INTERBULL d'autres caractères (SCS et/ou morphologie) provenant de l'évaluation MACE (polygénique) et/ou de l'évaluation GMACE (génomique) ==> valeur **Mixte**.

Les valeurs des catégories 1 à 5 sont publiées avec une fiabilité minimale de 30%.

A travers l'observation du nombre de filles wallonnes il est possible d'apprécier la contribution wallonne à la valeur d'élevage INTERBULL.

Complexe de reproduction femelle : «Fertilité femelle »

Introduction

Depuis 2007, la Wallonie réalise en routine une évaluation génétique de la reproduction femelle, appelé dans ce document « fertilité femelle », au travers du taux de gestation. Des valeurs d'élevage internationales pour les taureaux sont ainsi disponibles sur base Wallonne. Dès septembre 2008, ces valeurs ont été mises à disposition des éleveurs. Dans le courant de l'année 2010, des modifications ont été apportées afin d'exprimer au mieux la « fertilité femelle » de nos bovins laitiers.

Calcul Wallon

Caractère évalué

Le caractère évalué actuellement est le taux de gestation ou « pregnancy rate » (**PR**) ; il s'agit du pourcentage de vaches non-gestantes qui, au cours de chaque période de 21 jours (durée d'un cycle œstral normal), deviendront gestantes. Cette mesure est dérivée de la notion de « Days Open » (**DO**), qui est le nombre de jours où la vache est non gestante, et tient compte de la période d'attente volontaire :

$$PR = \frac{21}{DO - \text{période d'attente volontaire} + k}$$

où k est égal à la moitié d'un cycle œstral, c'est-à-dire égale à 11. La période d'attente volontaire est estimée à 45 jours. Cette notion de DO est également étroitement liée à la notion d'intervalle de vêlage. Le taux de gestation exprimant mieux l'objectif de sélection, nous préférons le PR au DO.

Principes du calcul

Le modèle d'évaluation génétique est un modèle animal adapté pour des données répétées avec une observation par lactation. Le modèle est résolu avec une approche BLUP assurant une comparaison équitable d'animaux similaires qui se trouvent dans le même environnement au même moment. Cette comparaison corrige pour d'éventuelles différences génétiques entre individus à comparer. Des études ont montré que l'héritabilité de ce caractère faible est faible et d'environ 4%.

Calcul INTERBULL et traitement post-INTERBULL

Caractères évalués

Pour évaluer les caractères du complexe « fertilité femelle », les différentes populations participant à INTERBULL analysent différents caractères tels que le taux de non-retour, l'intervalle vêlage première IA, les intervalles de vêlage (ou des caractères dérivés comme le DO et le PR) et l'âge à la première IA. Ne pouvant réaliser une évaluation pour chacun de ces caractères, INTERBULL les a regroupés en 5 groupes et, par conséquent, effectue 5 calculs (un par groupe) :

1. Aptitude des génisses à concevoir (p. ex. : taux de conception, taux de non retour, nombre d'insémination, intervalle première IA – conception)
2. Aptitude de la vache à revenir en chaleur après le vêlage (p. ex. : intervalle vêlage-première IA)
3. Aptitude de la vache à concevoir (1) (p. ex. : taux de conception ou taux de non retour)
4. Aptitude de la vache à concevoir (2) (p. ex. : intervalle première IA – conception, intervalle première IA – dernière IA)
5. Mesures sur les vaches de l'intervalle vêlage-conception (p. ex. : days open, taux de gestation)

Principe

INTERBULL se base sur les informations fournies pour les différentes populations et effectue un regroupement de celles-ci afin de permettre un rangement unique par population de tous les taureaux. La méthode de calcul est la même que pour la production laitière, c'est-à-dire une analyse multi-population appelée MACE (Multiple Across Country Evaluation).

Cependant, pour l'ensemble des caractères du complexe « fertilité femelle », toutes les populations ne participent pas nécessairement aux 5 calculs. Par conséquent, tous les taureaux ne sont pas évalués au niveau international, selon que leurs populations de testage participent ou non à l'une des 5 évaluations. De plus, les caractères introduits dans un calcul peuvent être différents, engendrant de faibles corrélations génétiques entre populations pour ce calcul.

Notre caractère étant le taux de gestation (intervalles de vêlage), la Wallonie participe aux calculs 2, 4 et 5. En retour, INTERBULL nous fournit de 0 à 3 valeurs d'élevage internationales pour les taureaux sur base wallonne uniquement pour les groupes auxquels nous participons (groupes 2, 4 et/ou 5). Il faut remarquer que ces valeurs ne sont pas, dans un sens stricte, équivalentes à celle que nous fournissons à INTERBULL.

La Wallonie est une région importatrice de génétique étrangère. De plus, au niveau international, la « fertilité femelle » est exprimée de façons diverses et variées et ne présente a priori que peu de convergence entre ces différentes expressions.

Afin de dégager une variation commune de ces expressions, nous avons effectué une étude des « index female fertility » publiés¹ dans les 6 principaux pays importateurs de matériel génétique en Wallonie (Allemagne, Canada, Italie, France, Pays-Bas et USA). Nous avons établi qu'une seule valeur peut exprimer 80% de la variation commune de ces 6 index. Cette valeur a été adoptée comme notre objectif de sélection.

Afin de prédire au mieux cet objectif, en utilisant les valeurs d'élevage nationales et internationales pour le complexe « fertilité femelle » et pour d'autres caractères, une stratégie de calcul a été développée et est présentée dans la suite de ce document.

Index de fertilité femelle combiné ou « Combined Female Fertility »

La fiabilité associée à la valeur d'élevage « fertilité femelle » directe² pour les jeunes taureaux peut être considérée comme faible puisque ceux-ci disposent uniquement de l'information de fertilité femelle » de leurs filles en 1^{ère} lactation. De plus, certains taureaux ne possèdent pas de valeurs d'élevage internationales dans l'un des 3 groupes d'évaluation international de la « fertilité femelle » auxquels la Wallonie participe. Afin d'y remédier, nous avons développé un index de « fertilité femelle » combiné associant 2 sources d'informations : la « fertilité femelle » directe et la « fertilité femelle » indirecte².

Les différentes sources d'informations internationales sont assemblées, en fonction de leurs disponibilités, en une seule valeur « fertilité femelle » directe selon une combinaison linéaire dont les coefficients ont été déterminés au cours de l'étude présentée ci-dessus.

Diverses études ont montré qu'il est possible de prédire la « fertilité femelle » à partir de caractères corrélés. Ceci permet de prédire une valeur « fertilité femelle » même si des caractères sont manquants (codée « P » quand cette valeur est prédite à partir de caractères INTERBULL). La valeur d'élevage « fertilité femelle » indirecte est prédite sur base de 9 caractères évalués en Wallonie : le lait, la protéine, les SCS, la taille, la profondeur du corps, le pis, les membres et pieds, la note générale de conformation et le Body Condition Score (BCS) ou l'angularité quand le BCS n'est pas disponible car celui-ci n'est enregistré en Wallonie que depuis peu d'années.

¹ Index publié est donc la valeur utilisée dans chaque pays pour sélectionner les animaux. Cet index contient souvent des informations supplémentaires non-fournies à INTERBULL.

² Directe signifie issue de données décrivant la « fertilité femelle », en opposition avec indirecte signifiant donc issue de données ne décrivant pas la « fertilité femelle » mais des caractères corrélés.

Finalement, un index de « fertilité femelle » combiné est calculé (valeur d'élevage « fertilité femelle » combinée) après le retour de l'information INTERBULL en associant les informations directes et indirectes. Des détails supplémentaires sont disponibles dans Vanderick *et al.* (2009).

Depuis avril 2015, le calcul de l'index de « fertilité femelle » combiné (CFF) est réalisé en même temps que celui de la longévité combinée et de la valeur économique fonctionnelle (c'est-à-dire le V€F) à travers une seule et même procédure de type index de sélection. De cette manière, les passages entre les calculs successifs se font/feront de manière progressive même si les caractères dans le vecteur d'information changent !

Base de publication

Les valeurs d'élevage pour la fertilité femelle combinée (CFF) sont exprimées par rapport à la population des **vaches wallonnes nées en 2010 (base de référence : 2015HC)**.

Depuis avril 2015, le caractère fonctionnel de fertilité femelle combinée ainsi que les autres caractères fonctionnels sont exprimés sur une base 100 avec un écart-type de 10. L'écart-type est calculé sur la population de référence, comme pour la base génétique, c'est-à-dire sur la population de **vaches nées en 2010 (base 2015HC)**. La moyenne de 100 est ajustée pour la dernière génération de taureaux utilisés en Wallonie (nés entre 2003 et 2007) et qui sont donc pères des veaux qui naissent actuellement en 2015.

Une valeur supérieure à 100 indique que l'animal a un potentiel génétique intéressant d'un point de vue fertilité femelle tandis qu'une valeur inférieure à 100 indique le contraire.

Règles de publication

Selon origine de l'évaluation

1. Code "IP1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
2. Code "IG1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
3. Code "DP1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (Domestique) Polygénique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir des données phénotypiques du terrain wallon ;
4. Code "DG1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (Domestique) Génomique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir de l'information Génomique wallonne ;
5. Code "PM1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère et dont la valeur pour ce caractère est Prédite à partir des solutions INTERBULL d'autres caractères (lait, protéine, morphologie, BCS ...) provenant de l'évaluation MACE (polygénique) et/ou de l'évaluation GMACE (génomique) ==> valeur Mixte.

Les valeurs des catégories 1 à 5 sont publiées avec une fiabilité minimale de 30%.

A travers l'observation du nombre de filles wallonnes il est possible d'apprécier la contribution wallonne à la valeur d'élevage INTERBULL.

Body Condition Score

Introduction

La note d'embonpoint ou body condition score (**BCS**) est une estimation des réserves de graisses corporelles chez la vache laitière. Actuellement, en Wallonie, le BCS est récolté par les contrôleurs laitiers ou par les classificateurs qui donnent un score - variant par pas de 1 - entre 1 pour une vache très maigre et 9 pour une vache très grasse. Le BCS varie au cours de la lactation en fonction de la mobilisation des réserves corporelles (généralement après le vêlage) ou du stockage de ces réserves graisseuses (lorsque la vache reprend du poids après le pic de lactation). Le BCS est donc lié à la production laitière et est un indicateur de la santé et la fertilité des vaches laitières.

Calcul wallon

Une évaluation génétique pour le BCS est réalisée en routine en Wallonie depuis septembre 2010. Les particularités du modèle d'évaluation génétique sont les suivantes :

- modélisation jour de test incluant des régressions aléatoires
- modélisation multi-lactation : les 3 premières lactations sont utilisées dans le calcul,
- modélisation multi-caractère : étant donné que le BCS et l'angularité sont génétiquement proches et que le nombre de données pour l'angularité est beaucoup plus important que le nombre de données pour le BCS, la modélisation conjointe du BCS et de l'angularité permet d'obtenir une plus grande précision pour les valeurs d'élevage du BCS.

La valeur d'élevage du BCS est exprimée comme le « minimum génétique » du BCS avant 200 jours en lactation. Une valeur élevée est donc souhaitée afin de sélectionner pour des vaches dont l'amaigrissement en début de lactation n'est pas trop important. Davantage d'informations se trouvent dans l'article INTERBULL de Bastin *et al.* (2010).

Le BCS est intégré dans l'expression de la fertilité femelle. Il est utilisé comme information indirecte de la fertilité femelle d'un animal et est donc pris en compte dans l'index de fertilité femelle indirecte.

Calcul INTERBULL

Principe

INTERBULL se base sur les informations fournies par les différentes populations et effectue un regroupement de celles-ci afin de permettre un rangement unique par population de tous les taureaux. La méthode de calcul est la même que pour la production, donc une analyse multi-population appelée MACE (Multiple Across Country Evaluation). Les valeurs d'élevage fournies par INTERBULL pour le BCS sont désignées par « I », mais elles sont totalement comparables aux résultats domestiques.

Base de publication

Une base de publication est utilisée, il s'agit de la base INTERBULL désignée 2010HC

Règles de publication

Selon origine de l'évaluation

1. Code "IP1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (**P**olygénique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
2. Code "IG1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (**G**énomique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
3. Code "DP1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (**D**omestique) **P**olygénique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir des données phénotypiques du terrain wallon ;
4. Code "DG1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (**D**omestique) **G**énomique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir de l'information Génomique wallonne.

Les valeurs des catégories 1 à 4 sont publiées avec une fiabilité minimale de 30%.

A travers l'observation du nombre de filles wallonnes, il est possible d'apprécier la contribution wallonne à la valeur d'élevage INTERBULL.

Facilité de vêlage

Introduction

La facilité de vêlage mesure la présence ou absence de complications au vêlage (dystocie) et l'intensité de ces complications. Actuellement, en Wallonie, les données relatives à la facilité de vêlage sont récoltées sur base volontaire par les éleveurs qui donnent un score de 1 à 5 :

Score	Interprétation
1	Facile (faible assistance)
2	Difficile
3	Césarienne
4	Sans assistance
5	Embryotomie

Calcul wallon

Une évaluation génétique pour la facilité de vêlage des Holstein est réalisée en routine en Wallonie depuis avril 2013. Pour les besoins de cette évaluation, les scores au vêlage ont été réarrangés comme ci-après :

Score	Interprétation
1	Césarienne et Embryotomie
2	Difficile
3	Facile (faible assistance)
4	Sans assistance

Le modèle d'évaluation génétique est un modèle animal linéaire univarié et est résolu avec une approche BLUP assurant ainsi une comparaison équitable d'animaux similaires se trouvant dans le même environnement au même moment. Cette comparaison corrige pour d'éventuelles différences génétiques entre individus à comparer. La particularité du caractère facilité de vêlage est qu'il est influencé par deux effets génétiques additifs :

- Contribution du veau c'est-à-dire l'habilité du veau à naître facilement (effet direct) qui s'exprime une seule fois, lors de la naissance.
- Contribution de la mère c'est-à-dire l'habilité de la mère à avoir un vêlage facile (effet maternel) qui s'exprime plusieurs fois, chaque fois que la vache vêle.

Ces deux effets présentent une corrélation positive ou négative, voire nulle selon les différentes études réalisées.

Lors du développement de l'actuel système d'évaluation génétique de la facilité de vêlage, il a été décidé de fixer à zéro cette corrélation entre les deux effets génétiques. Deux valeurs d'élevage sont donc estimées pour chaque animal : une valeur d'élevage pour la facilité de vêlage directe (DCE) et une valeur d'élevage pour la facilité de vêlage maternelle (MCE).

De plus amples informations à propos du système d'évaluation génétique de la facilité de vêlage des bovins laitiers en Wallonie sont disponibles dans Vanderick *et al.* (2013) ainsi que dans Vanderick *et al.* (2014).

Calcul INTERBULL

Principe

INTERBULL se base sur les informations fournies par les différentes populations et effectue un regroupement de celles-ci afin de permettre un rangement unique par population de tous les taureaux. La méthode de calcul est la même que pour la production, donc une analyse multi-population appelée MACE (Multiple Across Country Evaluation).

Les valeurs d'élevage fournies par INTERBULL pour la facilité de vêlage directe et maternelle sont désignées par « I », mais elles sont totalement comparables aux résultats domestiques.

Base de publication

Une base de publication est utilisée, il s'agit de la base INTERBULL désignée **2015HC**.

Depuis avril 2015, les caractères fonctionnels de facilité de vêlage directe et maternelle ainsi que les autres caractères fonctionnels sont exprimés sur une base 100 avec un écart-type de 10. L'écart-type est calculé sur la population de référence, comme pour la base génétique, c'est-à-dire sur la population de **vaches nées en 2010 (base 2015HC)**. La moyenne de 100 est ajustée pour la dernière génération de taureaux utilisés en Wallonie (nés entre 2003 et 2007) et qui sont donc pères des veaux qui naissent actuellement en 2015.

Une valeur supérieure à 100 indique que l'animal a un potentiel génétique intéressant d'un point de vue facilité au vêlage tandis qu'une valeur inférieure à 100 indique le contraire.

Règles de publication

1. Code "IP1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
2. Code "IG1": Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) considérée publiable dans leur population d'origine ;
3. Code "DP1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (Domestique) Polygénique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir des données phénotypiques du terrain wallon ;
4. Code "DG1": Taureaux sans évaluation INTERBULL pour ce caractère, mais avec une évaluation wallonne (Domestique) Génomique, c'est-à-dire calculée uniquement à partir de l'information Génomique wallonne.

Les valeurs des catégories 1 à 4 sont publiées avec une fiabilité minimale de 30%.

A travers l'observation du nombre de filles wallonnes, il est possible d'apprécier la contribution wallonne à la valeur d'élevage INTERBULL.

Intégration des valeurs étrangères dans les valeurs d'élevages des vaches

Introduction

Pour les valeurs d'élevage des vaches publiées en région wallonne, une procédure d'intégration d'informations étrangères est réalisée, et ce sur deux générations. Pour cela, deux sources d'information sont considérées.

Valeurs d'élevages INTERBULL des taureaux

INTERBULL fournit directement les valeurs d'élevage des taureaux étrangers sur base wallonne.

Valeurs d'élevage des vaches étrangères

Les mères de vaches wallonnes provenant d'Allemagne et du Luxembourg, des Pays-Bas, de France, d'Italie, du Canada et des USA sont identifiées. Grâce à une collaboration avec les centres d'évaluation correspondants à ces différents pays, les valeurs d'élevage pour les caractères de production, de santé du pis (SCS) et de longévité (si disponible) sont obtenues et converties en base wallonne.

Processus d'intégration

Toute l'information étrangère est introduite via une modification de la moyenne des parents et son intégration d'après une procédure présentée par VanRaden (2001). Deux tours d'itération sont réalisés afin de permettre aux grands-parents d'influencer la valeur de leurs fille(s) mais aussi de leur petit fille(s). Ceci est un compromis entre la réalisation pratique d'une telle intégration et l'étendue de la mise à jour.

Index global V€G et index partiel V€L, V€T (V€C, V€P et V€M), et V€F

Introduction

Afin de permettre aux éleveurs wallons de choisir des géniteurs malgré l'existence de près d'une quarantaine de caractères évalués, un index synthétique global appelé Valeur Economique Globale (V€G) a été développé. Celui-ci se compose de plusieurs index synthétiques partiels reprenant les caractères de :

- production laitière (Valeur Economique Lait – V€L),
- morphologie fonctionnels (Valeur Economique Type fonctionnel – V€T),
- fonctionnels (Valeur Economique Fonctionnelle – V€F).

Développement et définition du V€G, V€L, V€T et V€F.

Dans une première phase une fonction de rentabilité économique à vie a été établie utilisant une approche similaire à celle de VanRaden and Cole (2014) utilisée aux USA. Cette méthode a la particularité d'être multiplicative par rapport à la longévité, c.-à-d. de considérer les lactations successives comme répétition de la rentabilité par lactation. L'utilisation de cette approche a été rendue possible en adaptant les coefficients économiques à notre situation et en simplifiant les équations. La rentabilité économique à vie a donc été définie comme étant la prédiction du résultat économique par lactation multipliée par la longévité attendue des femelles permettant ainsi de mettre à jour le résultat économique global attendu. Cette fonction de rentabilité économique à vie est donc une représentation de notre objectif de sélection actuel.

Dans une deuxième étape les relations entre quantités de lait, de matière grasse et de protéine ont été établies en tenant compte de la situation de paiement du lait en Wallonie. Dans ces calculs ont été inclus des considérations de la relation des prix payés (matière grasse 40% contre protéine 60% en valeurs brutes et 48% contre 52% en valeurs standardisées), des prix de revient, des pertes dues à la production de composants non payés (surtout lactose), de quota et en dernier lieu d'évolution actuelle des trends génétiques taux (surtout fort négatif en taux matière grasse). Ceci a permis de dégager une relation entre quantités standardisées donc tenant compte du fait que par exemple la matière grasse est plus variable que la protéine. Cette relation est de 20%, 30% et 50% pour lait, matière grasse et protéine.

Depuis août 2006, vu les perspectives d'évolutions du marché du lait et de ses valorisations, un nouveau V€L a été défini. Cet index évolue donc pour anticiper une modification de la rétribution du lait sur une base 30/70 du rapport matière grasse / protéine. Ainsi la relation entre quantités standardisées est devenue 21%, 19% et 60% pour lait, matière grasse et protéine. Cette relation est la base des coefficients de l'index synthétique laitier : Valeur Economique Laitière (V€L). Deux remarques s'imposent ici. D'abord nous préférons un poids négatif pour la quantité de lait au lieu de considérer directement les taux et ceci en opposition à d'autres populations qui utilisent cette dernière approche. La raison principale a été que dans le système de paiement wallon, ce sont les quantités et non les taux qui interviennent. La deuxième remarque qui s'impose ici est que la matière grasse par rapport à la protéine est plus favorable que dans d'autres populations. Différentes raisons ont imposé ce choix. D'abord, nos calculs économiques n'ont pas validé l'hypothèse d'un rapport extrême, une conséquence d'un prix de lait qui est toujours fonction pour une large partie de la quantité de matière grasse. Puis la tendance souvent évoquée d'un effondrement des prix de la matière grasse à long terme ne semble pas se confirmer à moyen terme. En dernier lieu la Wallonie est essentiellement tributaire d'une sélection à l'extérieur de la population, on est donc dans une situation de sélection à plusieurs étages. Les taureaux disponibles sont hautement présélectionnés contre la matière grasse et la pondération utilisée en Wallonie redresse uniquement un peu la barre.

Puis dans une troisième étape, après avoir établi des groupes de caractères pour le pis et les membres en se basant sur des résultats de littérature, des coefficients de prédiction linéaire de fonction de rentabilité économique à vie ont été obtenus comme coefficients de régression multiple. Deux index synthétiques partiels de deuxième niveau ont été ainsi développés : Valeur Economique Membres (V€M) et Valeur Economique Pis (V€P). Des caractères de morphologie liés au corps ont été groupés comme troisième index synthétique partiel : Valeur Economique Corps (V€C). La somme des trois est intitulée : Valeur Economique Type fonctionnel (V€T).

En février 2004 un nouvel index partiel appelé Valeur Economique Fonctionnelle (V€F) a été ajouté, il était à cette époque uniquement composé de la santé du pis (SCS). En août 2006, la longévité combinée a été ajoutée à la composition du V€F. En avril 2015, un nouveau V€F a été défini afin de prendre en compte les caractères fonctionnels de fertilité femelle combinée (CFF) ainsi que de facilité de vêlage directe (DCE) et maternelle (MCE) dans l'objectif global de sélection (V€G). Ainsi le V€F est maintenant constitué des 5 caractères fonctionnels suivants : la santé du pis (SCS), la longévité combinée, la fertilité femelle combinée, la facilité de vêlage directe et maternelle. Les contributions relatives de la santé du pis et de la longévité combinée ont ainsi diminué, respectivement, à 12% et 74% puisque les caractères de fertilité femelle combinée et de facilité de vêlage directe et maternelle contribuent respectivement à 7%, 3% et 4% du V€F. En outre, le calcul du V€F est réalisé en même temps que celui de la longévité combinée et de la fertilité femelle combinée à travers une seule et même procédure de type index de sélection permettant ainsi des passages progressifs entre les calculs successifs même si les caractères constituant le vecteur d'information changent.

L'intégration de ces 3 caractères fonctionnels dans le V€G, à travers le V€F, a été effectuée de manière à ne pas entraîner de changement pour les autres caractères constituant le V€G. La contribution du V€F à l'objectif global de sélection (V€G) est de 28% comme auparavant.

Le Tableau 2 donne une vue synthétique des importances relatives des différents index partiels (tous exprimés en euro) et des caractères, ainsi que des coefficients. Ainsi le V€G est la somme du V€L, du V€T et du V€F. Le V€T est lui-même formé par l'addition des trois index partiels morphologiques V€M, V€C et V€P. Tous les index (global et partiels) sont associés à une fiabilité appelée répétabilité qui est calculée en utilisant les corrélations génétiques entre caractères.

Tableau 2: Importances relatives des différents index partiels et des caractères.

				Importance relative dans	
Index	Index partiel / caractère	Coefficient	Ecart-type	Index (partiel)	V€G
V€G	V€L	1	96,21	48%	48%
	V€F	1	55,71	28%	28%
	V€T	1	48,30	24%	24%
V€L	Lait (kg)	-0,064	532	21%	10%
	Matière grasse (kg)	1,75	17,70	19%	9%
	Proteine (kg)	6,25	16,04	60%	29%
V€F(*)	Santé du pis (SCS) (-100)	0,71	10	12%	3%
	Longévité combinée (-100)	4,29	10	74%	21%
	Fertilité femelle combinée (CFF) (-100)	0,39	10	7%	2%
	Facilité de vêlage directe (DCE) (-100)	0,20	10	3%	1%
	Facilité de vêlage maternelle (MCE) (-100)	0,24	10	4%	1%
V€T	V€M	1	21,19	36%	9%
	V€C	1	3,62	6%	1%
	V€P	1	33,84	58%	14%
V€M	Membre postérieur vue côté	-4,11	1	16%	1,4%
	Membre postérieur vue arrière	2,06	1	8%	0,7%
	Qualité os	10,54	1	41%	3,7%
	Membres et pieds (syn3)	9,00	1	35%	3,2%
V€C	Développement (syn1)	-4,32	1	28%	0,3%
	Note générale (syn8)	7,88	1	51%	0,5%
	Pis (syn4)	-3,24	1	21%	0,2%
V€P	Attache avant du pis	8,64	1	14%	2,0%
	Hauteur attache arrière du pis	14,19	1	23%	3,2%
	Ligament suspenseur	5,55	1	9%	1,3%
	Profondeur du pis	14,19	1	23%	3,2%
	Placement trayons avant	2,47	1	4%	0,5%
	Placement trayons arrière	-11,11	1	18%	2,5%
	Longueur des trayons	-5,55	1	9%	1,3%

(*) V€F= 27 + 0,71 * (SCS – 100) + 4,29 * (longévité combinée – 100) + 0,39 * (CFF – 100) + 0,20 * (DCE – 100) + 0,24 * (MCE – 100)

Références citées

- Auvray, B., and N. Gengler. 2002. Feasibility of a Walloon test-day model and study of its potential as tool for selection and management. *In* Proceedings of the 2002 Interbull meeting. Interlaaken, Switzerland. 123–127.
- Bastin, C., A. Gillon, X. Massart, H. Soyeurt, S. Vanderick, C. Bertozzi, and N. Gengler. 2010. Genetic evaluation for body condition score in the Walloon Region of Belgium. *Interbull Bull.* 85.
- Croquet, C., P. Mayeres, A. Gillon, S. Vanderick, and N. Gengler. 2006. Inbreeding depression for global and partial economic indexes, production, type, and functional traits. *J. Dairy Sci.* 89:2257–2267.
- Gengler, N., and P. Mayeres. 2003. Use of a weighted random regression test-day model to better relate observed somatic cell score to mastitis infection likelihood. *Interbull Bull.* 92.
- Gengler, N., S. Vanderick, P. Mayeres, A. Gillon, and C. Croquet. 2005. Genetic evaluation of cow survival using a lactation random regression model. *Interbull Bull.* 176.
- Gengler, N., G. Wiggans, J. Wright, and T. Druet. 2000. Multitrait genetic evaluation of Jersey type with integrated accounting for heterogeneous (co) variances. *Interbull Bull.* 108.
- Vanderick, S., C. Bastin, and N. Gengler. 2009. Expressing female fertility in the Walloon Region of Belgium: How to do? *Interbull Bull.* 10.
- Vanderick, S., C. Croquet, H. Soyeurt, H. Hammami, P. Mayeres, and N. Gengler. 2006. Integration of longevity into the Walloon genetic evaluation system. *Interbull Bull.* 22.
- Vanderick, S., T. Troch, A. Gillon, G. Glorieux, P. Faux, and N. Gengler. 2013. Genetic evaluation of calving ease for Walloon Holstein dairy cattle. *Interbull Bull.* 32–37.
- Vanderick, S., T. Troch, A. Gillon, G. Glorieux, and N. Gengler. 2014. Genetic parameters for direct and maternal calving ease in Walloon dairy cattle based on linear and threshold models. *J. Anim. Breed. Genet.* 131:513–521. doi:10.1111/jbg.12105.
- VanRaden, P. 2001. Methods to combine estimated breeding values obtained from separate sources. *J. Dairy Sci.* 84:E47–E55.
- VanRaden, P., and J. Cole. 2014. Net merit as a measure of lifetime profit: 2014 revision. *Anim. Improv. Programs Lab. ARS-USDA Beltsville MD.*
- Weigel, K., T. Lawlor, P. VanRaden, and G. Wiggans. 1998. Use of linear type and production data to supplement early predicted transmitting abilities for productive life. *J. Dairy Sci.* 81:2040–2044.