

Description des systèmes d'évaluations génétiques utilisés en Wallonie

DÉCEMBRE 2020

Sylvie VANDERICK, Rodrigo Reis Mota, Katrien WIJNROCX
& Nicolas GENGLER

Terra Research and Teaching Centre, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech

Introduction

Depuis près de 20 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 modèle animal 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.

Particularités

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 :

1. Modélisation multi-race, ce qui correspond le mieux à la structure de nos troupeaux.
2. 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 futurs.
3. 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).
4. Modélisation et précorrection 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.

A l'avenir, d'autres informations pourront être extraites des calculs wallons, en particulier la persistance (pour pouvoir maintenir la production pendant la lactation) et le taux de maturité (évolution de la production de la lactation en lactation).

Calcul INTERBULL : évaluation internationale

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 :

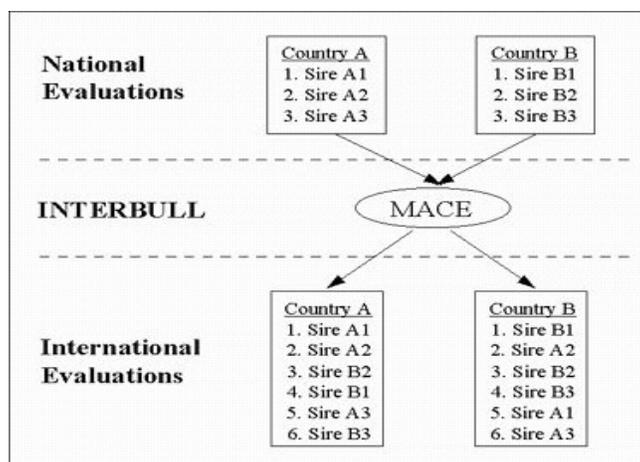


Figure 1: . Représentation schématique du travail d'INTERBULL
(Source INTERBULL)

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 jour de test 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% (ou exprimé en pour un de 0,01 à 0,99) appelée encore souvent répétabilité, la fiabilité des évaluations augmentant avec cette valeur. En France le terme coefficient de détermination est souvent utilisé, le monde anglo-saxon parle de « reliability ». Malgré ces différences de terminologie, il s'agit du même concept.

Bases de publication

Deux bases de publication sont actuellement utilisées. Il s'agit d'un côté de la base INTERBULL désignée 2020HC correspondant aux vaches nées en 2015 et de la base 2020BC correspondant aux vaches de race Blanc-Bleue-Mixte nées en 2015. Une base spécifique pour la race Pie-Rouge de l'Est est à l'étude.

Le fichier taureau disponible sur le site ELINFO n'utilise que la base 2020HC et ne contient que les résultats des taureaux ayant 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 :

- **Code "IP1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 50% de fiabilité INTERBULL ;
- **Code "IG1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 50% de fiabilité INTERBULL ;
- **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, et ayant au moins 50% de fiabilité domestique ;
- **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, et ayant au moins 50% de fiabilité domestique.

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

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

Santé du pis

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 :

1. Pas de régressions aléatoires intra-troupeaux, car des études préliminaires n'avaient pas démontré leur intérêt ;
2. 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 importante 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, donc une évaluation santé du pis. 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 de 1. D'autres détails se trouvent dans Gengler and Mayeres (2003) ainsi que dans Croquet et al. (2006).

Calcul INTERBULL

Deux calculs sont réalisés par INTERBULL, 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 – soit celui regroupant les évaluations « cellules somatiques » (SCS) avec les évaluations mammites – sont donc utilisées pour la publication des valeurs d'élevages des taureaux. Pour cette raison, pour des cas isolés, un taureau peut disposer d'une fiabilité nettement plus basse que dans un autre pays donné.

Une base de publication est utilisée pour tous les animaux, il s'agit de la base INTERBULL désignée 2020HC.

Depuis avril 2015, le caractère fonctionnel santé du pis ainsi que les autres caractères fonctionnels sont exprimés sur une base 100 avec un écart-type de 10. L'écart-type est calculé sur base des valeurs d'élevage estimées pour les animaux de la base génétique, c'est-à-dire sur la population de vaches nées en 2015 (base 2020HC). De plus, 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. Dès lors, une valeur supérieure à 100 indique que l'animal a un potentiel génétique intéressant d'un point de vue santé du pis par rapport à la base tandis qu'une valeur inférieure à 100 indique le contraire.

Règles de publication

Selon origine de l'évaluation :

- **Code "IP1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 45% de fiabilité INTERBULL ;
- **Code "IG1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 45% de fiabilité INTERBULL ;
- **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, et ayant au moins 45% de fiabilité domestique ;
- **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, et ayant au moins 45% de fiabilité domestique.

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 25 caractères linéaires classifiés et 8 caractères synthétiques, donc plus que les 19 caractères disponibles chez INTERBULL et plus que les caractères actuellement pris sur le terrain. Les différents caractères de conformation ainsi que leur utilisation ou non par INTERBULL sont résumés dans le Tableau 1. La méthode de calcul est assez évoluée puisqu'elle associe approche multi-caractère pour plusieurs lactations, 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 :

1. Modélisation permettant la présence de valeurs manquantes, par exemple valeurs manquantes dues à des changements de systèmes dans le temps. Ces changements de systèmes expliquent que nous utilisons plus de caractères qu'actuellement classifiés en routine.
2. 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.
3. Modélisation avec correction pour la variance hétérogène, donc des différences d'éparpillement des résultats, et ceci pour le système, le classificateur et le troupeau.
4. Depuis novembre 2003, modélisation de toutes les classifications, si toutefois au moins une classification a eu lieu avant la quatrième lactation.

La méthode est fort similaire à celle utilisée aux USA jusque récemment 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 2015** et l'écart-type de ces vaches est mis à 1. Les écarts-types utilisés pour standardisés à 1 sont disponibles dans le Tableau 2.

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

Tableau 2: Moyennes et écart-types phénotypiques et génétiques (valeurs d'élevage) calculés sur les animaux de la base HC2020 (vaches nées en 2015 avec une classification linéaire N=9054)

Caractère		Ecart-type génétique	Moyenne phénotypique**	Ecart-type phénotypique**
Taille	1	0,62	7,66	1,35
Avant-main	2	0,15	5,79	0,91
Profondeur corps	3	0,24	6,18	0,89
Profondeur poitrine	4	0,22	N/A	N/A
Force du rein	5	0,16	6,47	0,79
Longueur bassin	6	0,16	N/A	N/A
Inclinaison bassin	7	0,30	4,74	0,93
Largeur hanches	8	0,20	N/A	N/A
Largeur bassin	9	0,29	5,40	0,90
Angle du pied	10	0,08	5,48	0,90
Membre postérieur vue cote	11	0,14	5,57	0,80
Qualité os	12	0,23	6,40	0,96
Membre postérieur vue arrière	13	0,14	5,00	1,00
Equilibre avant arrière	14	0,20	5,67	0,86
Profondeur du pis	15	0,25	4,78	0,76
Ecart latéral trayon	16	0,15	N/A	N/A
Ligament suspenseur	17	0,26	6,34	1,06
Texture du pis	18	0,15	6,40	0,86
Attache avant	19	0,25	6,03	1,06
Placement trayons avant	20	0,30	5,09	0,83
Longueur des trayons	21	0,32	4,90	0,89
Hauteur attache arrière	22	0,25	6,61	1,03
Largeur attache arrière	23	0,21	5,54	1,05
Placement trayons arrière*	24	0,24	6,83	0,78
Caractère laitier	25	0,23	6,09	0,67
Développement	syn1	1,09	83,62	3,36
Bassin	syn2	0,77	83,12	3,32
Membres et pieds	syn3	0,45	81,77	2,95
Pis	syn4	0,58	83,84	2,25
Avant-pis	syn5	0,63	83,92	2,60
Arrière-pis	syn6	0,59	83,62	2,53
Caractère laitier synthétique	syn7	0,76	82,41	2,07
Note générale	syn8	0,56	82,59	1,78

* Ce caractère change de sens par rapport à l'échelle utilisée par les classificateurs

** N/A indique que pour ce caractère il n'y avait pas d'observations dans le groupe d'animaux de référence.

L'interprétation du Tableau 2 permet de mieux cerner la position actuelle des animaux sur les échelles de référence de 1 à 9. En respectant les sens des échelles phénotypiques on sait ainsi sire qu'un animal dont par exemple la valeur d'élevage estimée relative moyenne des parents est de 2 pour la Note générale, une note corrigée attendue du descendant est de $82,59 + (2 \times 0,56) = 83,71$. Il faut aussi remarquer que certains caractères à optimum intermédiaire ont migrés vers des extrêmes, comme la taille (7,66 très grande) et Placement trayons arrière (6,83, en échelle observée 3,17 donc très étroit).

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 un code « 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 avec un code « 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 (donc avec un code « 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 2020HC car il n'existe pas encore d'évaluation officielle de la classification pour d'autres races. En Blanc-Bleu-Belge une évaluation de la classification officielle transfrontalière est en préparation.

Règles de publication

Selon origine de l'évaluation :

- **Code "IP1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 50% de fiabilité INTERBULL pour la taille (assimilé taureaux de testage) ;
- **Code "IG1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 50% de fiabilité INTERBULL pour la taille (assimilé taureaux de testage) ;
- **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, et ayant au moins 50% de fiabilité domestique pour la taille (assimilé taureaux de testage) ;
- **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, et ayant au moins 50% de fiabilité domestique pour la taille (assimilé taureaux de testage) ;
- **Code "PP1"** : La valeur pour ce caractère est Prédite à partir des solutions INTERBULL des autres caractères provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) ;
- **Code "PG1"** : La valeur pour ce caractère est Prédite à partir des solutions INTERBULL des autres caractères provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) ;
- **Code "BM1"** : La valeur pour ce caractère combine ("Blending" 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), c'est donc une valeur « Mixte ».

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 directe 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. D'autres pays comme les Pays-Bas et l'Allemagne ont mis en route de nouveaux systèmes qui sont des variations de l'approche. En Wallonie, 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 modèle animal 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 :

1. Modélisation multi-lactation : les 5 premières lactations et les suivantes, regroupées avec les 5^{èmes} lactations du point de vue effets fixes et effets aléatoires. ;
2. 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

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.

Index de 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). Cet index de longévité « combinée » est calculé après le retour de l'information INTERBULL.

Depuis avril 2015, le calcul de l'index de longévité « combinée » est réalisé en même temps que celui de l'index de fertilité femelle combinée (CFF) 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 de manière progressive même si les caractères dans le vecteur d'information changent !

Bases de publication

Les valeurs d'élevage sont exprimées par rapport à la population des vaches wallonnes nées en 2015 (base de référence : 2020HC).

Depuis avril 2015, le caractère fonctionnel de longévité 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 2015 (base 2020HC). 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

- **Code "IP1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 30% de fiabilité INTERBULL ;
- **Code "IG1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 30% de fiabilité INTERBULL ;
- **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, et ayant au moins 30% de fiabilité domestique ;
- **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, et ayant au moins 30% de fiabilité domestique ;
- **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), et ayant au moins 30% de fiabilité mixte.

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

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 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 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 des groupes 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 sous-objectif de sélection fertilité femelle.

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 « combinée » 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 1ère 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 « combinée » 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.

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 « combinée » (CFF) est calculé 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 « combinée » (CFF) est réalisé en même temps que celui de l'index de 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 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 2015 (base de référence : 2020HC).

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 2015 (base 2020HC). 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

- **Code "IP1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 30% de fiabilité INTERBULL ;
- **Code "IG1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 30% de fiabilité INTERBULL ;
- **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, et ayant au moins 30% de fiabilité domestique ;
- **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, et ayant au moins 30% de fiabilité domestique ;
- **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), et ayant au moins 30% de fiabilité mixte.

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. Actuellement ce calcul n'utilise pas les BCS pris lors de la classification linéaire, mais uniquement les données d'angularité. Les particularités du modèle d'évaluation génétique sont les suivantes :

1. Modélisation jour de test incluant des régressions aléatoires
2. Modélisation multi-lactation : les 3 premières lactations sont utilisées dans le calcul,
3. 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

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 est basé sur des animaux ayant des données réelles de BCS.

Règles de publication

Selon origine de l'évaluation

- **Code "IP1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 30% de fiabilité INTERBULL ;
- **Code "IG1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 30% de fiabilité INTERBULL ;
- **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, et ayant au moins 30% de fiabilité domestique ;
- **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, et ayant au moins 30% de fiabilité domestique ;

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 modèle animal 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 :

1. 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.
2. 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

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

Les valeurs d'élevage pour la facilité de vêlage directe et la facilité de vêlage maternelle sont exprimées par rapport à la population des vaches wallonnes nées en 2015 (base de référence : 2020HC).

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 2015 (base 2020HC). Une valeur supérieure à 100 indique que l'animal à 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

Selon origine de l'évaluation

- **Code "IP1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation MACE (Polygénique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 30% de fiabilité INTERBULL ;
- **Code "IG1"** : Taureaux avec une évaluation INTERBULL provenant de l'évaluation GMACE (Génomique) considérée publiable dans leur population d'origine et ayant au moins 30% de fiabilité INTERBULL ;
- **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, et ayant au moins 30% de fiabilité domestique ;
- **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, et ayant au moins 30% de fiabilité domestique ;

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

Calculs génomiques Holstein

Introduction

Les détails des procédures actuellement utilisés en évaluation génomique sont détaillées par Colinet et al. (2018). Voici une synthèse.

Processus des calculs génomiques

Pour les animaux de race Holstein, dont nous disposons des génotypes SNP et pour leurs ancêtres, les dernières valeurs d'élevages avec les fiabilités associées sont extraites de 3 sources d'informations :

1. les valeurs du calculs domestiques,
2. les retours du MACE
3. et les valeurs envoyées pour ces calculs MACE.

Les calculs du type « single-step » sont répétés pour tous les caractères évalués et génèrent des GEBV (valeurs d'élevage estimées génomiquement améliorées) domestiques mentionnés auparavant.

Valeurs d'élevages génomiques INTERBULL des taureaux

Les résultats de ce calcul sont fournis à INTERBULL qui les combinent à travers les populations participantes dans le contexte du GMACE. Ils vont aussi fournir directement les valeurs d'élevage des taureaux étrangers sur base wallonne.

Génération et utilisation de valeurs SNP pour calcul intérimaire

En utilisant des stratégies adaptées les GEBV sont réduites de la contribution polygénique afin de représenter des DGV (direct genomic values). Ces DGV subissent une transformation inverse générant des solutions SNP. Ces solutions sont mises à la disposition d'élevé afin de pouvoir proposer un service de calcul intérimaire aux éleveurs en attendant les évaluations.

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 fonctionnelle (Valeur Economique Type fonctionnel – V€T),
- Fonctionnalité (Valeur Economique Fonctionnelle – V€F).

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

Dans une première étape, 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'est-à-dire 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 (V€G).

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 afin de développer un index synthétique laitier appelé Valeur Economique Laitière (V€L). Dans ces calculs ont été inclus des considérations de la relation des prix payés, des prix de revient, des pertes dues à la production de composants non payés (surtout lactose), et en dernier lieu d'évolution actuelle des trends génétiques des taux. Cela a permis de dégager une relation entre quantités standardisées permettant donc de tenir compte du fait que par exemple la matière grasse est plus variable que la protéine.

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).

Lors d'une quatrième étape, réalisée en février 2004, un nouvel index synthétique partiel appelé Valeur Economique Fonctionnelle (V€F) a été développé afin de tenir compte des caractères de fonctionnalité (santé du pis, longévité, fertilité femelle...).

Ces différents index (partiels) économiques ont évidemment évolué au fil du temps depuis l'implémentation en routine des premiers systèmes d'évaluation génétique en 2002. L'évolution de ces index, en termes d'importance relatives des différents index partiels et caractères, est synthétisée dans le Tableau 3.

Tableau 3: Evolution des index synthétiques partiels et des caractères (en termes d'importances relatives)

Index partiel / caractère		2002 novembre	2004 février	2006 août	2015 avril	2020 décembre
V€G	V€L		55%	48%	48%	48%
	V€F	/	9%	28%	28%	28%
	V€T		36%	24%	24%	24%
V€L	Lait	20% (-)	20% (-)	21% (-)	21% (-)	20% (-)
	Matières grasses	30%	30%	19%	19%	40%
	Protéines	50%	50%	60%	60%	40%
V€F	Santé du pis	/	100%	18%	12%	25%
	Longévité	/	/	82%	74%	25%
	Fertilité femelle	/	/	/	7%	25%
	Facilité de vêlage directe	/	/	/	3%	12,5%
	Facilité de vêlage maternelle	/	/	/	4%	12,5%
V€T	V€C	17%	17%	6%	6%	6%
	V€M	35%	35%	36%	36%	36%
	V€P	48%	48%	58%	58%	58%
V€C	Taille	45%	45%	/	/	/
	Avant-main	15%	15%	/	/	/
	Profondeur corps	15%	15%	/	/	/
	Caractère laitier	20% (-)	20% (-)	/	/	/
	Largeur bassin	5%	5%	/	/	/
	Développement (syn1)	/	/	28% (-)	28% (-)	28% (-)
	Pis (syn4)	/	/	51%	51%	51%
	Note générale (syn8)	/	/	21% (-)	21% (-)	21% (-)
V€M	Membres postérieur vue coté	8%	8%	16% (-)	16% (-)	16% (-)
	Membres postérieur vue arrière	18%	18%	8%	8%	8%
	Angle pied	74%	74%	/	/	/
	Qualité os	/	/	41%	41%	41%
	Membres et Pieds (syn3)	/	/	35%	35%	35%
V€P	Attache avant du pis	14%	14%	14%	14%	14%
	Hauteur attache arrière du pis	23%	23%	23%	23%	23%
	Ligament suspenseur	9%	9%	9%	9%	9%
	Profondeur du pis	23%	23%	23%	23%	23%
	Placement trayons avant	4%	4%	4%	4%	4%
	Placement trayons arrière	18% (-)	18% (-)	18% (-)	18% (-)	18% (-)
	Longueur des trayons	9% (-)	9% (-)	9% (-)	9% (-)	9% (-)

Les derniers changements datent de décembre 2020 et concernent le V€L et V€F. En effet, suite aux perspectives d'évolution du marché du lait et des valorisations ainsi qu'aux remarques des acteurs du terrain (producteurs, éleveurs, vendeurs...), un nouveau V€L et un nouveau V€F ont été définis.

L'index synthétique laitier (V€L) a donc évolué afin de prendre en compte l'évolution de la rétribution et des coûts de production du lait plus proche de 50/50 du rapport matière grasse / protéine (en terme standardisé). Dès lors, la relation entre quantités standardisées est devenue 20%, 40% et 40% pour lait, matières grasse et protéine redéfinissant ainsi le V€L. Il est important de souligner que nous continuons à préférer un poids négatif pour la quantité de lait au lieu de considérer directement les taux, contrairement à d'autres populations qui utilisent cette dernière approche. La principale raison est que dans le système de paiement wallon du lait, ce sont les quantités et non les taux qui interviennent pour les prix. Or produire d'autres composants non valorisables coûte aussi, en particulier mais pas exclusivement, le lactose.

La contribution du V€L à l'objectif global de sélection (V€G) reste de 48% comme auparavant.

L'index synthétique fonctionnel (V€F) contient toujours les 5 caractères de fonctionnalité suivants : la santé du pis, la longévité, la fertilité femelle, la facilité de vêlage directe et maternelle. Néanmoins, les contributions relatives ont été redéfinies afin de tenir compte des demandes du terrain et les progrès génétiques constatés. La contribution relative de la longévité a ainsi été diminuée à 25% tandis que celles de la santé du pis, de la fertilité femelle et de la facilité de vêlage ont augmenté à 25% (la contribution relative de 25% de la facilité de vêlage étant divisée en 2 entre la facilité de vêlage directe et maternelle).

Le calcul du V€F continue (comme cela est le cas depuis avril 2015) à être réalisé en même temps que celui de l'index longévité « combinée » et de l'index fertilité femelle « combinée » à travers une 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. La contribution du V€F à l'objectif global de sélection (V€G) reste de 28% comme auparavant.

Le Tableau 4 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. Les corrélations entre le V€G et les différents index partiels et caractères le constituant sont également présentées dans le Tableau 4. Ces corrélations permettent de donner une idée des réponses à la sélection attendue en termes relatifs. Prenons l'exemple de la longévité, sa corrélation avec le V€G est de 0,62. On s'attend donc en sélectionnant 1 écart-type de V€G que la longévité va bouger de $1 * 0,62$ écart-type.

Pour rappel, tous les index (global et partiels) sont associés à une fiabilité appelée encore de temps en temps répétabilité en Wallonie, coefficient de détermination en France et « reliability » dans le monde anglo-saxon. Les fiabilités des différents index sont calculées en utilisant les corrélations génétiques entre caractères et les fiabilités associées à chaque caractère de l'index.

Tableau 4: Importances relatives des différents index partiels et des caractères et corrélations avec VEG

Index	Index partiel / caractère	Coefficient	Ecart-type	Importance relative dans		Corrélation ¹
				Index (partiel)	VEG	VEG
VEG	VEL	1	96,21	48%	48%	0,73
	VEF	1	55,71	28%	28%	0,63
	VET	1	48,30	24%	24%	0,40
VEL	Lait (kg)	-0,06	532	20%	10%	0,31
	Matière grasse (kg)	3,62	17,70	40%	19%	0,72
	Protéine (kg)	4,00	16,04	40%	19%	0,55
VEF	Santé du pis ²	1,79	10	25%	7%	0,44
	Longévité ²	1,79	10	25%	7%	0,62
	Fertilité femelle ²	1,79	10	25%	7%	0,15
	Facilité de vêlage directe ²	0,89	10	12,5%	3,5%	0,48
	Facilité de vêlage maternelle ²	0,89	10	12,5%	3,5%	0,43
VET	VEM	1	21,19	36%	9%	0,36
	VEC	1	3,62	6%	1%	0,18
	VEP	1	33,84	58%	14%	0,32
VEM	Membre postérieur vue côté	-4,11	1	16%	1,4%	-0,09
	Membre postérieur vue arrière	2,06	1	8%	0,7%	0,28
	Qualité os	10,54	1	41%	3,7%	0,20
	Membres et pieds (syn3)	9,00	1	35%	3,2%	0,33
VEC	Développement (syn1)	-4,32	1	28%	0,3%	-0,01
	Note générale (syn8)	7,88	1	51%	0,5%	0,19
	Pis (syn4)	-3,24	1	21%	0,2%	0,27
VEP	Attache avant du pis	8,64	1	14%	2,0%	0,28
	Hauteur attache arrière du pis	14,19	1	23%	3,2%	0,25
	Ligament suspenseur	5,55	1	9%	1,3%	-0,11
	Profondeur du pis	14,19	1	23%	3,2%	0,25
	Placement trayons avant	2,47	1	4%	0,5%	0,22
	Placement trayons arrière	-11,11	1	18%	2,5%	0,03
	Longueur des trayons	-5,55	1	9%	1,3%	-0,14

¹ Corrélations calculées sur la dernière génération de taureaux utilisés en Wallonie (nés entre 2008 et 2012) qui sont donc pères des veaux qui naissent actuellement en 2020 (N=582).

² Index dont la moyenne de 100 est soustraite

Littérature citée

- 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.
- Colinet, F.G., J. Vandenplas, S. Vanderick, H. Hammami, R.R. Mota, A. Gillon, X. Hubin, C Bertozzi, and N. Gengler. 2018. Bayesian single-step genomic evaluations combining local and foreign information in Walloon Holsteins. *Animal* 12: 98-905.
- 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/jbgs.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.