

Principes et réalisations de la comparaison des valeurs génétiques des taureaux laitiers entre pays

S. MATTALIA (1), B. BONAITI (2)

1 : Institut de l'Élevage-DGCP, 78352 Jouy en Josas Cedex

2 : INRA-SGQA, 78352 Jouy en Josas Cedex

RÉSUMÉ – La comparaison des valeurs génétiques individuelles entre pays implique la connaissance précise des valeurs respectives des bases d'édition des index, de la variabilité des index dans chacun des pays et de la valeur de la corrélation génétique entre pays. Différentes sources d'information permettent de répondre à ces questions. Elles résultent de l'utilisation simultanée ou successive dans plusieurs pays de taureaux communs ou apparentés (parent-descendants, demi-frères, pleins-frères...).

La comparaison des résultats obtenus selon ces différentes sources d'information a suggéré l'existence d'une incohérence entre les progrès génétiques estimés par chaque pays et la possibilité de biais sur l'index français des taureaux étrangers utilisés en France. Des méthodes permettent de mettre en évidence une erreur d'estimation du progrès génétique dans chacun des pays concernés.

Des formules de conversion bilatérales ont été établies progressivement depuis une dizaine d'années. Depuis cette année, le groupe INTERBULL propose une évaluation internationale des taureaux laitiers sur la base des parentés entre mâles et d'un modèle multicaractère.

Principles and implementation of the comparison of dairy bull proofs between countries

S. MATTALIA (1), B. BONAITI (2)

1 : Institut de l'Élevage-DGCP, 78352 Jouy en Josas Cedex

SUMMARY – Genetic bases, proofs variability in each country and genetic correlation between countries have to be precisely assessed for the comparisons of breeding values between countries. These questions may be solved using various types of data, resulting from the simultaneous or successive use of common or related bulls in many countries (parents - progeny, half sibs, full sibs ...).

Comparison of results obtained using these various sources of connexions suggested inconsistencies between genetic trends estimated by each country and a potential bias in French proofs of foreign bulls. Methods have been implemented to show any error in the estimated genetic trend of each country.

Bilateral conversion formulae have been implemented for ten years. Since 1995, the INTERBULL Committee has been published for dairy bulls an international evaluation based on the male relationships and a Multitrait analysis.

Les progrès techniques importants réalisés tant dans le domaine de la reproduction (congélation de la semence et des embryons) que de la génétique ont conduit depuis 1980 à échanger très largement des reproducteurs entre pays. Ces échanges sont de différentes natures : achat de semences étrangères par les éleveurs, exportation de semences par les unités de sélection, recherche de pères et de mères à taureaux à l'étranger. Ils nécessitent de convertir les valeurs génétiques estimées (index) d'un système d'évaluation national à un autre. Depuis 1990, il est apparu nécessaire d'établir un système international d'évaluation commun qui généralise le principe des formules de conversion, valorise globalement toute l'information disponible et permet un classement cohérent de tous les reproducteurs.

1. LES PRINCIPES

Une première approche consiste à convertir des index d'un pays à un autre. Connaissant la valeur génétique d'un reproducteur dans un pays, dit exportateur (G_{exp}), on estime sa valeur dans un autre pays, dit importateur (G_{imp}), selon la formule :

$$G_{imp} = a + b G_{exp}$$

Le premier paramètre, a , mesure l'écart de base entre les deux pays : c'est la valeur génétique moyenne que l'ensemble des animaux de la base d'édition du pays exportateur (leur valeur moyenne dans le pays exportateur est nulle par définition) aurait dans le pays importateur. Ce paramètre ne permet pas une comparaison directe des niveaux génétiques car il traduit également les différences de définition des bases d'édition des index.

Le second paramètre, b , est d'abord un facteur d'échelle qui rend compte de la différence de variabilité des index entre les deux pays. La variabilité, qui dépend de divers facteurs (unités de mesure, précorrection, méthode d'estimation, mode d'expression...), varie fortement d'un pays à l'autre. Un même échantillon de taureaux, s'il pouvait être évalué simultanément dans les deux pays, aurait deux écarts types d'estimations différents : σ_i et σ_e . Le facteur d'échelle est le rapport $b = \sigma_i / \sigma_e$.

Pour diverses raisons liées aux contextes zootechniques ou aux méthodes d'évaluation des deux pays, il peut exister une interaction génotype-pays. Les généticiens traduisent cette interaction en disant que les deux expressions phénotypiques relatives à chacun des deux pays correspondent à deux caractères différents reliés par une corrélation génétique (R_g). Le paramètre b peut traduire aussi cette interaction :

$$b = R_g (\sigma_i / \sigma_e)$$

Une seconde approche consiste à réaliser une évaluation internationale globale de tous les taureaux. Celle-ci fournit, pour chaque taureau, une seule valeur génétique valable pour l'ensemble des pays, si le modèle est unicaractère, ou une valeur par pays si le modèle est multicaractère. Dans cette seconde option (multicaractère), on associe un caractère différent à chaque pays et on suppose une corrélation génétique entre pays inférieure à 1.

2. LES SOURCES D'INFORMATION DISPONIBLES

La connaissance des valeurs génétiques vraies d'un même échantillon de reproducteurs dans deux pays permettrait une estimation simple des paramètres a et b par la métho-

de de la régression. Ces valeurs génétiques vraies resteront toujours inconnues. En fait, l'estimation s'appuie sur la comparaison de performances réalisées dans différents pays par les descendantes d'un même taureau ou de taureaux apparentés. Ces taureaux assurent des **connections** entre pays. L'information propre à chaque pays doit être résumée par une **déviations moyenne** qui sur le plan théorique est préférable à l'index mais qui reste dépendante de deux sources d'erreurs systématiques importantes.

2.1 LES CONNEXIONS ENTRE PAYS

Les connexions entre pays peuvent être de trois natures différentes. 1) Des taureaux sont utilisés dans deux pays, successivement (le premier pays teste le taureau puis l'utilise, le second pays choisit d'utiliser ce taureau en fonction des résultats du testage dans le premier pays) ou simultanément (testage en parallèle dans les deux pays). Les performances observées correspondent ici à des demi-soeurs paternelles. 2) Des taureaux sont importés par le second pays à la naissance (jeunes veaux ou embryons). Ils ont des parents évalués et donc un index sur ascendance dans le premier pays. Ils seront testés dans le second pays. On compare les performances des filles avec l'index sur ascendance obtenu dans le pays exportateur. 3) Des taureaux apparentés (demi-frères, plein-frères, père et grand père maternel identiques...) sont testés dans deux pays.

2.2 DÉVIATION MOYENNE PAR TAUREAU

Les déviations moyennes par taureau sont, par définition, les moyennes des performances des filles corrigées pour tous les facteurs de variations non génétiques et pour la demi-valeur génétique moyenne des mères. Ces corrections sont réalisées à partir des résultats (effets troupeau-année, âge, mois, numéro de lactation, valeurs génétiques des mères) de l'évaluation génétique officielle nationale. Ces déviations moyennes expriment la supériorité ou l'infériorité moyenne des filles d'un taureau vis à vis de leurs contemporaines d'étable. En première approximation, l'index dépend du coefficient de détermination (CD) et de la déviation moyenne :

$$\text{Index} = \text{CD} \times 2 \times (\text{Déviation Moyenne})$$

Lorsqu'un taureau a des filles dans deux pays différents, l'espérance de la déviation moyenne dans le second pays est directement reliée à l'index du taureau dans le premier pays et, contrairement à l'index, ne dépend pas du CD dans le second pays. Cette remarque justifie le choix d'utiliser les déviations moyennes pour l'établissement des formules de conversion ou pour la combinaison des informations nationales dans une évaluation internationale. Un index «dérégressé» (index divisé par son coefficient de détermination), constitue une approximation de la déviation moyenne des filles lorsque celle-ci n'est pas fournie par l'un des pays.

2.3 LES SOURCES DE BIAIS.

2.3.1 traitements préférentiels.

Un éleveur, qui réalise un investissement important lors de l'achat de semences étrangères, est susceptible de protéger ou de favoriser les filles obtenues. Les performances de celles-ci peuvent donc être améliorées artificiellement vis à vis de leurs contemporaines d'étable. De tels traitements préférentiels, qui seraient systématiquement ou très souvent appliqués aux filles nées de semences importées, sont susceptibles de biaiser l'estimation du paramètre a .

2.3.2 incohérence des progrès génétiques

Chaque pays donne implicitement une estimation de son progrès génétique à travers l'ensemble des valeurs génétiques qu'il publie : c'est la courbe des valeurs génétiques moyennes par année de naissance des taureaux ou des vaches. Si le vrai progrès dépend des caractéristiques du schéma de sélection, le progrès estimé dépend aussi de la méthode d'estimation. Un modèle ou une méthode d'évaluation inadaptés à la réalité zootechnique peuvent biaiser l'estimation du progrès génétique et indirectement les comparaisons internationales. En surestimant son progrès génétique, un pays obtient des formules de conversion plus avantageuses et favorise ses plus jeunes taureaux.

Dès l'introduction du modèle animal en France en 1990, la comparaison des valeurs génétiques françaises des taureaux d'origine américaine avec la valeur génétique moyenne de leurs deux parents aux Etats-Unis révélait une surestimation américaine du progrès ou peut-être une sous-estimation française. Après cette observation, on a pu montrer qu'une correction excessive pour l'âge ou le rang de lactation favorisait les jeunes vaches et conduisait directement à une surestimation du progrès génétique (Bonaiti et al, 1993). Trois méthodes furent proposées et reconnues par Interbull pour valider le progrès génétique de chaque pays (Boichard et al, 1995). La première s'appuie sur la comparaison des résultats officiels avec les résultats des seules premières lactations, la seconde sur l'étude des déviations intra-taureau des filles selon l'année de production. La troisième permet une vérification externe et donc indépendante à partir de l'étude de l'évolution après testage des index officiels moyens des taureaux retenus pour le service : après correction pour les changements de base, une augmentation correspond à une surestimation du progrès génétique. Selon nos calculs, les biais de progrès génétique des Etats-Unis étaient en 1994 de 76, 2,2 et 1,9 kg pour le lait, la matière grasse et la matière protéique (tableau 1). Depuis, et malgré des changements importants dans la méthode d'indexation américaine, ces biais sont encore de 29, 0,8 et 0,8 kg pour les mêmes caractères. Si ceux-ci étaient corrigés, nous aurions des progrès génétiques sur les taureaux français cohérents avec ceux qui seraient alors observés sur leurs parents évalués aux Etats-Unis.

3. MÉTHODE DE CONVERSION

3.1 CONVERSION BILATÉRALE

En disposant d'un ensemble de taureaux évalués dans deux pays, on peut par régression obtenir les deux coefficients a et b de la formule de conversion entre ces deux pays, à condition d'utiliser la régression des déviations moyennes dans le pays importateur sur les index du pays exportateur (Bonaiti et Boulanger, 1987). Wilmink et Goddard ont proposé deux méthodes utilisables directement sur les index des deux pays dans les cas où les déviations moyennes ne sont pas disponibles. Dans la mesure où les taureaux, disponibles pour cette estimation, sont sélectionnés en fonction de leur index dans le pays exportateur, cette méthode ne peut pas être utilisée pour estimer les coefficients réciproques du pays importateur vers le pays exportateur. Une autre difficulté réside dans le fait que les déviations dans le pays importateur peuvent être biaisées par des traitements préférentiels sur les génisses issues de taureaux étrangers (cf 2.3.1)

Un second groupe de méthodes s'appuie sur une estimation séparée des deux coefficients. Le coefficient b est déduit de l'équation : $b = R_g (\sigma_i / \sigma_e)$. Dans cette équation, on attribue à la corrélation génétique une valeur forfaitaire de 0,9, considérée comme un minimum compte-tenu des estimations obtenues intra-pays entre niveaux de production (Bonaiti, 1982). Les écarts types génétiques de chaque pays sont remplacés par les écarts types des index d'un échantillon de taureau en testage, ou par la moyenne géométrique des écarts types des index et des déviations moyennes (x_2) lorsque ces dernières sont disponibles. Le coefficient a est estimé par l'écart entre les déviations moyennes (x_2) dans le pays importateur d'un groupe de taureaux et l'espérance de leur valeur génétique moyenne dans le pays exportateur (x_b). Cette espérance moyenne peut être obtenue à partir de l'index sur ascendance (père et mère).

Une estimation plus sûre est obtenue lorsque deux pays testent simultanément des taureaux pleins frères : le coefficient a est donné par l'écart (x_2) entre les déviations dans le pays importateur et celles obtenues dans le pays exportateur (x_b). Ces données ne sont pas biaisées par des traitements préférentiels car elles sont obtenues pour les deux pays dans le cadre du testage. On peut également utiliser cette méthode dans les

Tableau 1
Estimation de l'erreur sur le progrès génétique estimé aux Etats-Unis (exprimée en unités françaises : EBV kg).

	Lait	Mat. Grasses	Mat. Protéiques
Erreur sur le progrès			
1994	76	2,2	1,9
1995	29	0,8	0,8
Prog. génét. (1995)			
France (1)	130	4,6	4,0
Etats Unis (2)	158	5,7	5,1
Incohérence(Fr/E.U) (2-1)	28	1,1	1,1

(1) : Progrès génétique observé en France à partir des taureaux français ayant un père et une mère évalués aux Etats-Unis.

(2) : Progrès génétique observé sur l'ascendance américaine (x_b) des taureaux français ayant un père et une mère évalués aux Etats-Unis.

deux sens. Cette méthode a pu être utilisée pour établir des formules de conversion entre la France et les Etats-Unis.

Le tableau 2 présente, pour différents niveaux d'index Lait américain, les valeurs converties en unités françaises grâce à des formules de conversion calculées par différentes méthodes.

3.2 ÉVALUATION INTERNATIONALE

L'évaluation internationale est réalisée par le groupe Interbull à partir des déviations moyennes (en réalité, avec des index dérégressés car les déviations ne sont pas disponibles pour tous les pays - cf 2.2) par taureau et par pays selon une méthode proposée par Schaeffer (1984), soit un BLUP avec un modèle père :

$$Y_{ij} = g_i + s_i + c_j + e_{ij}$$

où Y_{ij} : déviation moyenne standardisée des filles du taureau i dans le pays j ,

g_i : somme pondérée des effets groupes associés au taureau i en fonction des années de naissance et des pays d'origine du père et du grand-père maternel du taureau,

s_i : effet aléatoire du taureau i ,

c_j : effet du pays j

e_{ij} = effet résiduel.

Les déviations standardisées sont exprimées dans l'unité d'écart type génétique σ_j du pays où elles sont observées afin d'être directement comparables entre elles.

Ces déviations sont analysées selon la méthode BLUP avec une matrice de parenté légèrement simplifiée qui ignore les liens de parenté associés aux grands-mères maternelles des taureaux. Il est important de connaître trois hypothèses sous-jacentes à cette méthode : 1) absence d'interaction génotype- milieu entre pays 2) les paramètres de standardisation (σ_j) sont corrects 3) homogénéité entre pays dans le choix des mères de taureau à l'intérieur d'une famille de demi-soeurs de père. Ces hypothèses ne sont pas complètement respectées par la réalité des schémas de sélection de chaque pays ainsi que par les données disponibles.

Les déviations correspondant à une utilisation dans un pays importateur de semences après testage dans le pays exportateur ont été, pour l'évaluation de février 95, exclues de l'analyse car ces données semblaient, selon une première analyse réalisée au sein de la CEE (Banos et al, 1993), être soumises aux traitements préférentiels décrits plus haut (cf 2.3.2). L'analyse exploite principalement les connexions

liées aux divers liens de parenté existant entre taureaux utilisés dans des pays différents. L'autre source de connexion possible, associée aux données provenant du testage en parallèle, a probablement une faible influence sur les résultats en raison du faible nombre de taureaux concernés. Lors du calcul d'août 95, Interbull a choisi d'intégrer les données «semences importées» pour les pays pour lesquels aucun biais important ne semble exister. Les données «semences importées» françaises n'ont pas été utilisées.

Pour éviter des biais liés aux incohérences entre les progrès génétiques estimés par chaque pays, le groupe INTERBULL demande que chaque pays valide son propre progrès génétique avant de participer à l'évaluation internationale en utilisant les méthodes déjà décrites (2.3.3).

Les solutions ($g_i + s_i$)*2 fournissent une estimation internationale de la valeur génétique et un classement unique de tous les taureaux (tableau 3). Ces estimations permettent aussi, secondairement, d'établir des formules de conversion bilatérales (dernière colonne du tableau 2)

Le modèle d'analyse a été étendu, lors du calcul d'août 95, à une situation de type multi-caractère dans laquelle le caractère analysé est considéré comme différent dans chaque pays, les caractères étant reliés deux à deux par des corrélations génétiques (Schaeffer, 1994). Une corrélation inférieure à 1 correspond à une interaction génotype-pays de production. Chaque taureau reçoit alors une valeur génétique différente pour chaque pays considéré dans l'analyse.

4. CONCLUSION

Les formules de conversion puis les évaluations internationales constituent les outils indispensables à l'internationalisation de la sélection des grandes races laitières. Ils sont établis selon des méthodes maintenant bien établies mais dépendant très largement de la qualité des résultats des évaluations nationales sur lesquels ils reposent. L'existence de traitements préférentiels sur les filles de semences importées ou d'erreurs d'estimation des progrès génétiques nationaux constituent des sources importantes d'incohérence dans les résultats obtenus. L'évaluation internationale ne peut pas corriger les erreurs du testage ou de l'évaluation d'un pays. Ces remarques ne doivent pas être oubliées lors de l'utilisation des index internationaux qui n'ont pas la précision des résultats nationaux.

Tableau 2
Index américains (Lait) convertis en unités françaises selon différentes méthodes d'estimation des formules de conversion (base française Mâle 1995).

Index Lait aux E. U. (I)	Index Lait converti en unités françaises suivant différentes méthodes			
	Semences Importées (0,86 I + 372)	Ascendance (père + mère) (0,89 I + 120)	Pleins frères (0,89 I + 97)	Interbull (0,81 I + 59)
500	802	565	542	464
1000	1232	1010	987	869
2000	2092	1900	1877	1679

Tableau 3
Classement Interbull août 1995 en France :

Pays d'origine des taureaux	Classement Matière Protéique		Classement INEL	
	N*	Index du meilleur taureau	N*	Index du meilleur taureau
Etats-Unis	42	63	34	74
Pays-bas	18	65	22	81
France	30	63	32	72
Allemagne	5	50	5	63
Italie	2	47	2	51
Canada	3	48	4	55
Danemark	0	41	1	51

N = Nombre de taureaux figurant parmi les 100 meilleurs.

RÉFÉRENCES

- BANOS G., PHILIPSSON J., BONAITI B., CARABANO M., CLAUS J., LEROY P., ROZZI P., SWANSON G., WILMINK J., 1993 Report of a joint research project between Interbull and COPA/COGECA on the feasibility of a simultaneous genetic evaluation of black-and -whitedairy bulls across the european community countries. Interbull bulletin N°9
- BOICHARD D., BONAITI B., BARBAT A., MATTALIA S., 1995 J. Dairy Sci 78 : 431-437
- BONAITI B. 1982, Ann Génét. Sél. anim., 1982, 14(4) :441-452
- BONAITI B. , BOULANGER Ph. 1987, Genet. Sel. Evol. 1987, 19(4) : 475-486
- BONAITI B, BOICHARD D., , BARBAT A., MATTALIA S. 1993. Interbull meeting, Aarhus, Denmark, Aug 19-20, 1993
- GODDARD, M. 1985 Livest. Prod. Sci. 13, 321-331
- SCHAEFFER L.R. 1985, Livest. Prod. Sci 12 : 105-115
- SCHAEFFER L.R. 1994, J. Dairy Sci. 77 :2671-2678
- WILMINK J.B.M. , MEIJERING A. ENGEL B. 1986, Livest. Prod. Sci 14, 223-229

