



TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE

MADER/DERD

• Décembre 2003 •

PNNTA

Amélioration génétique des bovins laitiers

Démystification de certains concepts

Introduction

Le but de l'amélioration génétique est de produire un animal avec un génotype lui permettant de produire le plus efficacement possible et de maximiser le profit de l'éleveur tout en considérant les contraintes de l'environnement dans lequel l'animal réalise sa production.

L'amélioration génétique des caractères n'est possible que par la sélection des animaux sur leurs valeurs génétiques additives. Toutefois, la valeur génétique additive d'un animal n'est ni observée ni mesurée, tout ce qu'on peut faire c'est l'estimer en se basant sur les performances de l'animal lui-même et/ou des animaux apparentés.

L'objectif de ce bulletin est de démystifier certains concepts de l'amélioration génétique des animaux, surtout ceux en relation avec la sélection, pour faciliter leur compréhension par la majorité des opérateurs dans le domaine de l'élevage.

Déterminisme de la variation entre les animaux

La performance d'un animal est la résultante de son potentiel génétique (génotype) et des conditions d'élevage dans lesquelles il est entretenu (environnement). Ainsi, pour avoir une production laitière élevée, il ne suffit pas d'avoir un animal avec un potentiel génétique élevé, il faut également lui offrir les conditions d'élevage adéquates pour extérioriser son potentiel. À l'opposé, si le potentiel génétique de l'animal est faible, sa performance le sera aussi, même si les conditions d'élevage sont très sophistiquées. Il paraît donc que la performance d'un animal est toujours inférieure ou égale à son potentiel génétique.

La performance d'un animal dite aussi "phénotype" est la valeur prise par le caractère. Autrement dit, c'est ce qui peut être observé ou mesuré. La quantité de lait d'une vache, le taux butyreux... sont des exemples de valeurs phénotypiques.

Le génotype d'un animal représente l'ensemble de gènes responsables de l'expression d'un caractère. De façon générale, le génotype est l'intégralité du matériel génétique qu'un animal a hérité de ses deux parents. En effet, excepté les vrais jumeaux, il n'existe pas deux individus qui sont génétiquement identiques.

Il y a une différence importante entre le phénotype et le génotype. Le génotype est essentielle-

ment une caractéristique fixe de l'organisme qui ne change pas au cours de la vie de l'animal et n'est pas influencé par les facteurs de l'environnement. Quant au phénotype, il change continuellement durant la vie de l'animal en réponse à l'environnement.

Le mot "environnement" fait penser aux conditions physiques dans lesquelles se trouve un animal (lumière, température et d'autres paramètres qui influencent le confort de l'animal). Cependant, en amélioration génétique, le mot environnement a un sens plus large; c'est la combinaison de tous les facteurs qui influencent l'expression d'un caractère. La saison de vêlage, l'âge au vêlage, l'année de vêlage, le nombre de traites par jour, etc. sont des exemples de facteurs de l'environnement. Ainsi, l'environnement fournit à un animal l'occasion pour extérioriser son potentiel. C'est-à-dire il peut varier la performance dans tous les sens et faire en sorte que les vaches d'un potentiel similaire soient différentes et les vaches de potentiels différents soient similaires. Ainsi, une performance exceptionnelle est le résultat à la fois d'un potentiel génétique élevé et d'un environnement adéquat.

Décomposition du génotype

L'hérédité des caractères de production (quantité de lait, taux butyreux, taux protéique...) est très complexe. En effet, ces caractères sont influencés par plusieurs gènes, chaque gène a un petit effet. L'ensemble de ces gènes et de leurs interactions constituent le génotype de l'animal. Ainsi, le génotype peut être réparti en trois composantes:

- Les effets additifs des gènes qui influencent le caractère et dont la somme est appelée valeur génétique additive;
- Les effets de dominance (interaction entre les allèles d'un même locus) qui influencent le caractère et dont la somme est appelée valeur génétique de dominance;
- Les effets d'épistasie (interaction entre les allèles et/ou les paires d'allèles de locus différents) qui influencent le caractère et dont la somme est dite valeur génétique d'épistasie.

Une vache remarquablement excellente possède probablement plus de gènes désirables que les autres vaches et/ou une combinaison de gènes qui font qu'elle dépasse ses compagnes.

SOMMAIRE

n° 111

Elevage bovin

- Variation entre animaux.....p.1
- Environnement et production laitière.....p.2
- Index de l'animal.....p.2
- Composantes du progrès génétique..... p.3
- Les objectifs de sélection.....p.4

Parmi les composantes du génotype, c'est la valeur génétique additive qui intéresse le sélectionneur car elle est transmise du parent au descendant. Les valeurs génétiques de dominance et d'épistasie ne sont pas transmises, elles sont recrées aléatoirement chez le descendant à partir des gènes qu'il a hérités de ses deux parents. À cet égard, la valeur génétique additive d'un animal est égale à la moyenne des valeurs génétiques additives de ses deux parents.

Il est à noter que certaines vaches hautes productrices donnent naissance à des descendants peu performants. Plusieurs explications peuvent être avancées:

- Un descendant hérite 50% des gènes de son père et 50% des gènes de sa mère. Si la vache haute productrice a été inséminée par la semence d'un taureau de qualité inférieure, la valeur génétique du descendant sera inférieure à celle de la mère.
- Les hautes performances de la vache sont déterminées par les effets non additifs (dominance et épistasie) qui ne sont pas transmis au descendant.
- Les conditions d'élevage de la génisse sont moins bonnes que celles de la vache elle-même. Ainsi, un pépiniériste doit choisir les génisses de remplacement à partir des vaches ayant des valeurs génétiques additives élevées. Un producteur de lait doit choisir ses vaches sur la base de leur production.



Facteurs de l'environnement qui influencent la production laitière

Il est admis que la performance d'un animal est la résultante de son potentiel génétique et de l'environnement dans lequel il est élevé. En amélioration génétique des animaux, on distingue deux types d'environnement: L'environnement permanent qui affecte toutes les performances d'un animal de la même façon et l'environnement temporaire qui est spécifique à chaque performance. Les facteurs de ce dernier type d'environnement peuvent être répartis en trois classes:

- Ceux qui sont identifiés comme influençant le caractère et qu'on peut enregistrer et mesurer (âge de la vache, saison de vêlage, troupeau...).
- Ceux qu'on sait qu'ils affectent le caractère, mais qu'on ne peut pas mesurer pour une raison ou une autre (l'état physiologique de l'animal...).
- Ceux qu'on ne peut pas identifier (erreur de pesée...).

Ces deux derniers types d'effets font partie de l'erreur ou la résiduelle du modèle d'analyse et qu'il est nécessaire de minimiser à travers un modèle adéquat.

Parmi les facteurs de l'environnement identifiables et mesurables qui influencent la production laitière, on peut citer le troupeau, l'âge au vêlage, le numéro de lactation, la saison de vêlage, l'année de vêlage, le nombre de traites par jour, etc (Boujenane et al., 2000). Ainsi, les vaches adultes produisent plus de lait que les jeunes ou les vieilles vaches (Figure 1). Les vaches qui ont mis bas en été produisent moins de lait que celles qui ont vêlé en hiver (Figure 2). De plus, les vieilles vaches sont beaucoup plus affectées par les vêlages d'été que les jeunes vaches. En outre, la quantité de lait augmente avec le numéro de lactation jusqu'à la 5^{ème} ou la 6^{ème} lactation pour diminuer par la suite...



Correction des effets de l'environnement

Les facteurs de l'environnement peuvent masquer les différences génétiques entre les animaux lors de la sélection et le mérite génétique ne peut pas être déterminé avec précision. Ainsi, avant de classer les animaux et procéder à une sélection ou à une réforme, il est nécessaire de les mettre sur le même pied d'égalité en corrigeant les performances brutes pour les effets des facteurs de l'environnement qui les influencent en utilisant les coefficients de correction appropriés.

Il existe deux méthodes de correction: La méthode additive et la méthode multiplicative. La méthode de correction additive consiste à ajouter ou retrancher une constante à une performance brute pour obtenir une performance corrigée. La méthode de correction multiplicative consiste à multiplier la performance brute par une constante pour corriger l'effet du facteur. Les coefficients de correction des effets de l'âge au vêlage et de la saison de vêlage sur la quantité de lait, la quantité de matières grasses et le taux butyreux des vaches de races Holstein et Frisonne au Maroc sont rapportés dans les tableaux 1 et 2.

Notons que les nouvelles méthodes d'évaluation génétique ne nécessitent pas une correction préalable des effets de l'environnement. La correction est faite simultanément que l'évaluation en introduisant les facteurs de l'environnement identifiables et mesurables dans le modèle d'analyse.

Signification de l'index d'un animal

Nous savons que seuls les gènes sont transmis du parent au descendant, les interactions entre gènes ou paires de gènes ne le sont pas. C'est pour cette raison que la sélection est basée sur la valeur génétique additive des animaux. Or celle-ci n'est ni mesurée ni observée, elle ne peut être qu'estimée en se basant sur les performances de l'animal lui-même et/ou sur les performances des animaux apparentés à cet animal. L'index d'un animal est l'estimation de sa valeur génétique additive. Le mot "index" se réfère à la valeur numérique calculée pour chaque animal et qui est utilisée pour le classer relativement aux autres. L'index d'un animal n'est pas constant. Il varie si la base de données (introduction de nouvelles performances) ou le modèle d'analyse, utilisés pour son évaluation, change. C'est pour cela que la valeur de l'index n'est pas importante en elle-même. C'est le classement de l'animal par rapport aux autres animaux qui est important. Ainsi, dire qu'une vache a un index lait de +500 kg ne veut rien dire. Ce qui est important c'est son classement par rapport aux vaches de la base génétique.

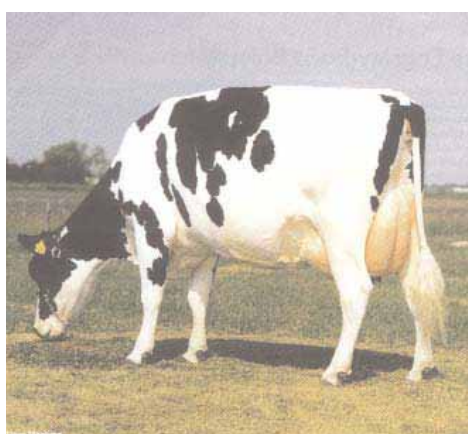


Figure 1: Evolution de la production laitière par lactation de référence selon l'âge des vaches

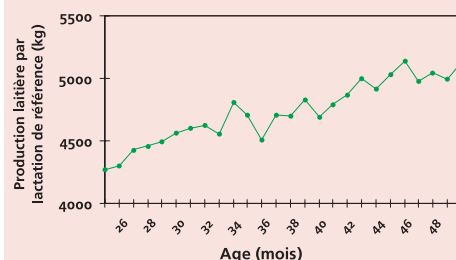


Figure 2: Evolution de la production laitière par lactation de référence selon le mois de vêlage

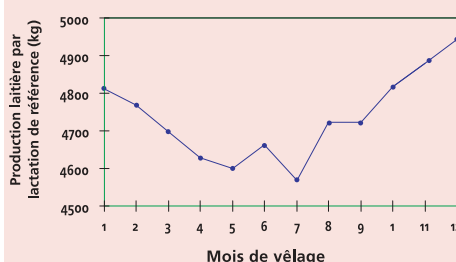


Tableau 1: Coefficients de correction additive de la quantité de lait, la quantité de matières grasses et le taux butyreux par lactation de référence des vaches des races Holstein et Frisonne pour l'âge et la saison de vêlage (Boujenane, 2002)

	PL	QMC	TB
Age au vêlage (mois)			
Age ≤ 30	0.0	0.0	0.0
30 < Age ≤ 42	170.3	5.9	-0.002
42 < Age ≤ 54	368.6	12.0	-0.017
54 < Age ≤ 66	554.1	18.0	-0.028
66 < Age ≤ 78	754.8	25.2	-0.030
78 < Age ≤ 90	759.7	25.6	-0.028
Age > 90	666.7	22.1	-0.031
Saison du vêlage			
Octobre - Mars	0.0	0.0	0.0
Avril - Septembre	-132.5	-4.66	0.001

Tableau 2: Coefficients de correction multiplicative de la quantité de lait, la quantité de matières grasses et le taux butyreux par lactation de référence des vaches des races Holstein et Frisonne pour l'âge et la saison de vêlage (Boujenane, 2002)

	PL	QMC	TB
Age au vêlage (mois)			
Age ≤ 30	1.000	1.000	1.000
30 < Age ≤ 42	0.967	0.969	1.000
42 < Age ≤ 54	0.932	0.939	1.005
54 < Age ≤ 66	0.901	0.911	1.008
66 < Age ≤ 78	0.870	0.879	1.008
78 < Age ≤ 90	0.869	0.877	1.008
Age > 90	0.883	0.892	1.009
Saison du vêlage			
Octobre - Mars	1.000	1.000	1.000
Avril - Septembre	1.025	1.024	0.999

PL: Quantité de lait; QMC: Quantité de matières grasses; TB: Taux butyreux

Par ailleurs, un taureau dont l'index est de +1000 kg pour la quantité de lait ne signifie pas que ses filles vont produire en moyenne 1000 kg de lait en plus que les autres vaches du troupeau. Il indique que les filles de ce taureau vont produire en moyenne $1000/2 = 500$ kg de lait en plus que les vaches dont la moyenne de production forme la base génétique. En outre, les taureaux d'insémination artificielle sont sélectionnés sur la base des performances de leurs filles. Or les performances des filles d'un taureau sont distribuées selon la courbe en cloche. Ceci implique que certaines filles d'un "bon" taureau peuvent avoir une valeur génétique inférieure aux meilleures filles d'un taureau "médiocre". Pourtant, ce qui importe c'est qu'en moyenne la valeur génétique des filles du "bon" taureau est supérieure à celle du taureau "médiocre".

Plusieurs méthodes sont utilisées pour estimer les valeurs génétiques additives des animaux. Les plus connues sont la méthode des index de sélection et la méthode BLUP ("Best Linear Unbiased Prediction").

Fiabilité ou précision de l'index

La fiabilité ou la précision est une mesure de la confiance que l'on peut accorder à l'index d'un animal. Elle varie de 0 à 1. La fiabilité reflète la quantité d'informations utilisées pour l'évaluation d'un animal. Plus le nombre de performances utilisées pour l'estimation est grand, plus la fiabilité est élevée (proche de 1). Elle dépend également de la relation de parenté entre l'animal à évaluer et l'animal ou le groupe d'animaux dont les performances sont utilisées pour réaliser cette évaluation. Plus la relation de parenté est élevée (animaux génétiquement proches), plus la précision est bonne. Dans le cas du testage des taureaux, la fiabilité de l'index du taureau dépend du nombre de filles et du nombre d'élevages dans lesquels se trouvent les filles du taureau. Ainsi, il faut presque 30 filles élevées dans 30 élevages différents pour estimer une valeur génétique avec une fiabilité de presque 70%. Une centaine de filles dans 100 élevages différents augmente la fiabilité à 88%.

Une fiabilité élevée (proche de 1) indique que la probabilité pour que l'index d'un animal change dans le futur est faible. Une fiabilité faible indique que l'index va probablement changer dans le futur. Toutefois, la direction du changement n'est, cependant, pas connue; il peut augmenter, diminuer ou rester intact. Par conséquent, l'utilisation des animaux avec une fiabilité faible représente un risque, mais en même temps une possibilité de progrès génétique élevée.

La fiabilité indique la précision de l'estimation de la valeur génétique additive. Il ne faut jamais l'utiliser pour sélectionner un animal. Lorsque la fiabilité est utilisée comme critère de sélection, le pro-



grès génétique réalisé n'est probablement pas maximisé. Dans le cas des taureaux d'insémination artificielle, la fiabilité aide à raisonner l'intensité d'utilisation d'un taureau, c'est-à-dire elle sert à décider du nombre de doses de semence à utiliser une fois que le taureau a été sélectionné sur la base de son index. Ainsi, lorsque les jeunes taureaux sont sélectionnés, l'utilisation de leurs semences doit être limitée à seulement quelques doses par taureau de manière à distribuer le risque. Lorsque la fiabilité de l'index est élevée, le taureau peut être utilisé avec plus de confiance. Cependant, il est recommandé de ne pas inséminer plus de 15 à 20% des vaches d'un troupeau avec la semence du même taureau. En d'autres termes, le minimum est de choisir au moins trois taureaux pour 50 vaches dans le troupeau. La diversification est une manière de minimiser les problèmes qui peuvent survenir de manière inattendue avec l'utilisation intensive d'un seul taureau.

L'intervalle de confiance d'un index

Nous savons maintenant que la vraie valeur génétique additive d'un animal ne peut pas être connue avec précision. Tout ce qu'on peut faire c'est l'estimer. L'intervalle de confiance nous donne, avec une certaine probabilité, la limite inférieure est supérieure (fourchette) entre lesquelles se trouve la vraie valeur génétique additive d'un animal. Il existe une relation étroite entre l'intervalle de confiance et la fiabilité. Ainsi, lorsque la fiabilité d'un index augmente, l'intervalle de confiance "rétrécit" car avec l'augmentation de la quantité d'informations, on peut déterminer la vraie valeur génétique additive d'un animal plus précisément. Les valeurs de cet intervalle pour la quantité de lait avec une héritabilité de 0,25 sont:

Caractère		0,70 (35 filles)	0,80 (60 filles)	0,90 (130 filles)
Seuil de confiance	60%	± 250 kg	± 210 kg	± 150 kg
	80%	± 400 kg	± 320 kg	± 220 kg
	95%	± 600 kg	± 480 kg	± 340 kg

Que signifient ces chiffres ?

Si nous avons un taureau indexé à +400 kg par exemple avec une fiabilité de 0,80, la vraie valeur génétique additive du taureau a:

- 60 chances sur 100 de se trouver entre les limites: $400-210 = +190$ kg et $400+210 = +610$ kg
- 80 chances sur 100 de se trouver entre les limites: $400-320 = +80$ kg et $400+320 = +720$ kg
- 95 chances sur 100 de se trouver entre les limites: $400-480 = -80$ kg et $400+480 = +880$ kg

Il n'y a donc pratiquement aucun risque pour que ce taureau connu sur 60 filles avec un index de +400 kg lait soit détériorateur. Toutefois, cet exemple montre encore une fois qu'il ne faut pas attacher une valeur absolue, une signification "magique" à l'index qui est appelé à varier d'une manière assez sensible. Ainsi, il ne serait pas très intéressant de vouloir faire un classement individuel de taureaux d'après leurs index. Il vaut mieux les classer en 3 ou 4 catégories, permettant leur utilisation avec le maximum de sécurité. On pourrait ainsi, dans le domaine lait, situer sur un même plan des taureaux indexés à l'intérieur des intervalles:

0 à +500 kg ; +500 kg à +1000 kg; au delà de +1000 kg.

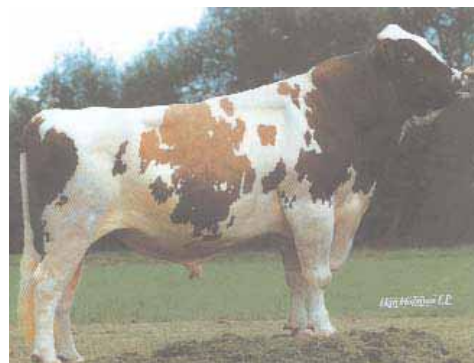


Tableau 3: Valeurs de l'héritabilité de quelques caractères laitiers

Caractère	Héritabilité
Production	
Production laitière	0,20 - 0,40
Quan. mat. grasses, Quan. mat. protéiques	0,20 - 0,40
Taux butyreux, taux protéique	0,40 - 0,70
Reproduction	
Durée de tarissement	0,15 - 0,35
Intervalle vêlage-insémin. fécondante	0,01 - 0,10
Intervalle entre vêlages	0,00 - 0,10
Nombre d'insémin. par fécondation	0,03 - 0,07
Intervalle 1ère IA-fécondation	0,05 - 0,08
Mesures physiques et fonctions	
Taille adulte	0,35 - 0,50
Vitesse de traite	0,20 - 0,50
Hauteur au garrot	0,50 - 0,70
Poids corporel	0,23 - 0,67
Efficacité alimentaire	0,20 - 0,46
Autres	
Infection de la mamelle	0,00 - 0,20
Résistance aux mammites	0,03 - 0,35
Note de conformation	0,11 - 0,33
Problèmes de reproduction	0,00 - 0,20
Vitesse d'ingestion	0,10 - 0,20
Tempérament	0,05 - 0,20

Composantes du progrès génétique

La sélection est le processus qui permet à certains animaux de se reproduire plus que d'autres. Ainsi, les animaux sélectionnés pour leurs caractères désirables engendrent un plus grand nombre de descendants. Au fil des générations, leurs gènes deviennent plus fréquents et ceux des autres animaux moins fréquents. Pour qu'elle soit efficace, la sélection doit être basée sur les index des animaux. Le progrès génétique réalisé par sélection est fonction des paramètres suivants:

● **La variation génétique du caractère à améliorer.** C'est la manière dont les observations se placent autour de la moyenne. Elle est appréciée par l'écart type génétique et peut être illustrée par la largeur de la courbe de distribution normale. Plus il y a de variation, plus la réponse à la sélection est grande. Cependant, la variation est une caractéristique de la population qui ne peut pas être modifiée par l'éleveur. Au Maroc, les écarts-types génétiques pour la quantité de lait, la quantité de matières grasses et le taux butyreux sont respectivement de 491,5 kg, 16,4 kg et 0,1% (Boujenane, 2002).

● **La précision de l'estimation.** C'est la fiabilité des index des animaux. Plus l'index de l'animal est calculé avec une précision élevée, plus grande est la réponse à la sélection. L'héritabilité d'un caractère, qui est le pourcentage de la variation phénotypique qui est d'origine génétique, influence la précision de sélection. En général, plus l'héritabilité est élevée, plus la précision de l'estimation est bonne et plus la réponse à la sélection est élevée. Le tableau 3 rapporte les valeurs de l'héritabilité de certains caractères chez les bovins laitiers. À titre d'exemple, une héritabilité égale à 0,25 signifie que 25% de la variation totale du caractère est due aux effets additifs des gènes de l'animal et 75% est due aux effets de l'environnement et aux effets non additifs. Ainsi, si la différence de production laitière entre deux vaches est de 1000 kg, cela veut dire que génétiquement la différence entre ces deux vaches est de $1000 \text{ kg} \times 0,25 = 250 \text{ kg}$.

● **L'intensité de sélection.** Elle se réfère à la supériorité moyenne des animaux sélectionnés par rapport à la moyenne de la population avant la sélection par unité d'écart type. Elle dépend uniquement du pourcentage de la population choisie comme parent. L'intensité de sélection augmente de plus en plus rapidement avec la diminution de la proportion de la population sélectionnée. En général, l'intensité de sélection des mâles est toujours supérieure à celle des femelles.

● **L'intervalle de génération.** C'est l'âge moyen du parent à la naissance de tous ses descendants. L'intervalle de génération influence la quantité du progrès génétique. Plus l'intervalle de génération est court, plus le progrès génétique est rapide. Cependant, il existe une relation inverse entre

l'intervalle de génération et la précision de l'estimation. Les intervalles de génération plus longs permettent parfois d'augmenter la précision de l'estimation parce qu'une grande quantité d'informations devient disponible avec le temps. Ainsi, il n'est pas désirable, dans certains cas, de trop minimiser l'intervalle de génération car cela se répercute négativement sur la précision, mais de trouver un optimum pour les deux paramètres.

Choix des caractères à améliorer

Les caractères à inclure dans un programme de sélection et sur lesquels il est possible de réaliser un progrès génétique rapide doivent satisfaire les conditions suivantes:

- être facile à mesurer;
- avoir une grande variabilité;
- posséder une héritabilité élevée.

Dans le cas des bovins laitiers, les caractères de production les plus importants pour un éleveur sont la quantité de lait, le taux butyreux, le taux protéique, la quantité de matières grasses et la quantité de matières protéiques. En plus de ces caractères, on peut s'intéresser également à la conformation, la longévité et à la résistance aux mammites.

La longévité est un caractère désirable. En effet, les vaches qui restent dans l'exploitation plus longtemps sont plus rentables car elles ont tendance à avoir une vie productive plus élevée. Toutefois, la sélection pour la longévité est inefficace parce qu'elle a une héritabilité faible. Pour apprécier indirectement la longévité, il a été démontré que les caractères de production sont de meilleurs indicateurs de longévité que n'importe quel caractère de conformation. Par conséquent, la sélection des animaux doit se faire principalement sur les caractères de production et seulement par la suite sur les caractères de conformation.

Lorsque la sélection se fait sur plus d'un caractère, le gain génétique est moins rapide que lorsque la sélection est faite sur un seul caractère. Par exemple, si la sélection se fait sur deux caractères à la fois, le progrès génétique réalisé sur chaque caractère sera seulement 71% du progrès qui serait réalisé si la sélection ne s'est faite que sur un caractère. En général, dépasser 4 ou 5 caractères dans un programme de sélection réduit considérablement le gain génétique.



Par ailleurs, il existe des corrélations génétiques entre les différents caractères de production (Tableau 4). Une forte corrélation génétique entre deux caractères indique que l'amélioration de l'un aura des répercussions positives ou négatives (selon le signe de la corrélation) sur l'autre caractère. Par contre, si la corrélation génétique est proche de zéro, cela veut dire que l'amélioration de l'un n'a aucun effet sur l'autre.

Comment atteindre les objectifs de sélection?

Il est généralement admis que la contribution de la sélection des taureaux au progrès génétique pour la quantité de lait est de presque 71% et celle des vaches est de presque 39%. Par conséquent, pour atteindre les objectifs de sélection fixés, l'accent doit être mis sur la sélection des taureaux d'insémination artificielle.

Une fois que les meilleurs taureaux sont choisis et que les vaches sont classées sur la base de leur index pour les caractères désirables, on procède à des accouplements raisonnés. Ceux-ci consistent à inséminer les meilleures vaches par la semence des meilleurs taureaux pour produire des descendants de bonne qualité qui vont servir au renouvellement. Cependant, les vaches qui sont génétiquement supérieures pour un caractère et moyennes pour un autre peuvent être aussi inséminées par la semence d'un taureau qui est meilleur pour le caractère qui fait défaut chez la vache afin de corriger ce caractère chez la descendance.

Toutefois, la valeur génétique d'un descendant ne peut pas être prédite à l'avance parce qu'il reçoit un échantillon aléatoire des gènes de ses deux parents. Cela veut dire que lorsque deux animaux de valeur génétique supérieure sont accouplés, la valeur génétique du descendant ne sera pas automatiquement supérieure. Néanmoins, le descendant a une bonne probabilité d'être supérieur à la moyenne. Mais, la probabilité pour qu'il soit inférieur existe aussi.

Conclusion

Des clarifications pour certains concepts d'amélioration génétique utilisés surtout en sélection ont été apportées. Il est important que les intervenants dans le domaine puissent les assimiler afin de pouvoir les mieux utiliser.

Références citées

Boujenane I. 2002. Estimates of genetic and phenotypic parameters for milk production in Moroccan Holstein-Friesian cows. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.* 55 (1): 63-67.

Boujenane I., Reboudi A. & Diamoïtou B. 2000. Effets non génétiques sur la production laitière des vaches de races Holstein et Frisonne au Maroc. *Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc)* 20 (1): 31-38.

Prof. Ismaïl BOUJENANE

Département des Productions Animales
Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat

Tableau 4: Corrélations entre les caractères de production laitière*

Caractère	QL	QMC	QMP	TB	TP
Quantité de lait (QL)		0,60 ; 0,85	0,70 ; 0,81	-0,20 ; -0,67	-0,28 ; -0,45
Quantité de matières grasses (QMG)	0,82 ; 0,86		0,65 ; 0,90	0,20 ; 0,50	0,10 ; 0,30
Quantité de matières protéiques (QMP)	0,73 ; 0,95	0,65 ; 0,90		-0,31 ; 0,50	0,15 ; 0,50
Taux butyreux (TB)	-0,33 ; -0,15	0,21 ; 0,35	-0,10 ; 0,00		0,56 ; 0,75
Taux protéique (TP)	-0,20 ; -0,35	-0,01 ; -0,05	0,02 ; 0,05	0,36 ; 0,50	

* Les corrélations génétiques sont au-dessus de la diagonale et les corrélations phénotypiques sont au-dessous.

