

Amélioration génétique des ovins pour plusieurs caractères : Théorie classique et problèmes nouveaux

Elsen J.M.

in

Gabiña D. (ed.), Bodin L. (ed.).
Data collection and definition of objectives in sheep and goat breeding programmes: New prospects

Zaragoza : CIHEAM

Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 33

1997

pages 113-120

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=97605998>

To cite this article / Pour citer cet article

Elsen J.M. **Amélioration génétique des ovins pour plusieurs caractères : Théorie classique et problèmes nouveaux**. In : Gabiña D. (ed.), Bodin L. (ed.). *Data collection and definition of objectives in sheep and goat breeding programmes: New prospects*. Zaragoza : CIHEAM, 1997. p. 113-120 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 33)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Amélioration génétique des ovins pour plusieurs caractères : Théorie classique et problèmes nouveaux

J.M. ELSSEN
SGA-INRA
BP 27
31326 AUZEVILLE
FRANCE

RESUME - Une synthèse bibliographique est présentée sur les approches théoriques de la sélection simultanée sur plusieurs caractères, notamment sur les procédés visant à prendre en compte leur importance économique relative. Les points abordés sont le type de modélisation des systèmes de production, les conflits d'intérêt (de l'éleveur à la nation), la distribution aléatoire des résultats obtenus, l'organisation temporelle de la sélection et la sélection de caractères "fonctionnels".

Mots-clés : Pondération économique, objectif de sélection, sélection, modélisation, analyse de système.

SUMMARY - "Breeding for several characters in sheep: Classic theory and new problems". A bibliographic review is presented on the theoretical approach to simultaneous selection of several characters, namely on the procedures aimed at determining their relative economic importance. The issues here considered are the type of modelling for production systems, conflicts of interest (from growers to the State), the random distribution of the results obtained, the temporal organization of selection and selection of "functional" characters.

Key words: Economic weighting, selection goals, selection, modelling, system analysis.

Introduction

Dans la théorie classique des pondérations économiques des indices de sélection, les candidats à la reproduction sont triés sur une combinaison linéaire $I = \sum a_i E(g_i/p)$ des espérances, conditionnellement à des observations phénotypiques p , de valeurs génétiques g_i pour des caractères ayant une importance économique (Smith, 1937 ; Hazel, 1943). Une pondération a_i est définie comme l'augmentation marginale de la valeur économique moyenne des individus avec la moyenne du caractère i . Cette approche de la sélection multicaractère n'est pas unique, ni toujours optimale, et parfois très difficile à mettre en oeuvre, du fait de l'impossibilité d'estimer facilement ces pondérations a_i . Nous reprenons donc ici la question de l'évaluation de la valeur relative des caractères dans ses principes de base et tentons d'indiquer les solutions possibles et des pistes pour surmonter les difficultés.

En fait l'évaluation des caractères ne concerne pas que la sélection intra population. Nous avons besoin d'une telle information pour comparer des types génétiques (races, rameaux, croisements, etc.) afin de choisir le plus productif. Ce choix peut comprendre l'organisation d'un système de croisement entre lignées à aptitudes complémentaires. Il doit reposer sur un critère de comparaison synthétisant l'ensemble des informations caractérisant les solutions alternatives : valeurs des races pour les caractères susceptibles de jouer sur la rentabilité, effectifs relatifs des différents types génétiques entrant dans le système de croisement considéré, délais d'obtention des résultats. Une autre circonstance dans laquelle nous avons besoin de quantifier l'importance des caractères est la planification expérimentale : il est parfois souhaitable de proportionner l'effort de recherche sur l'analyse génétique ou physiologique d'un caractère à l'impact potentiel de ses variations sur la productivité/rentabilité des systèmes d'élevage. En d'autres termes, un caractère devrait d'autant moins mériter l'attention des chercheurs qu'il a peu d'influence sur l'efficacité de la production. Notons toutefois qu'il faut un minimum d'observations pour être en mesure de quantifier cet impact, et que les premières explorations font évidemment abstraction de ces considérations de rentabilité.

Définition d'une fonction d'utilité

Les caractères dont nous souhaitons relativiser l'importance sont des éléments caractérisant les animaux élevés pour la satisfaction d'un opérateur (un individu, un groupe) par rapport à un objectif ou utilité (se nourrir, mieux manger, se vêtir, gagner sa vie, travailler moins, être plus savant, etc.). Ces caractères sont par exemple le poids de naissance, la fertilité ou la couleur de la robe.

Nous supposons dans un premier temps qu'une fonction d'utilité $F(x)$ peut être définie algébriquement : nous savons écrire une relation entre les niveaux x des caractères et le niveau d'utilité $F(x)$ obtenu en élevant des animaux correspondants. Dans les approches classiques, l'utilité est un profit P , et la fonction d'utilité est écrite comme la différence ($P=R-C$) ou le rapport (R/C ou C/R) entre les recettes et les coûts procurés et subis par l'élevage d'animaux dont les caractéristiques ont le niveau x (Harris, 1970 ; James, 1982 ; Goodard, 1983 ; Ponzoni, 1988).

Dans la formulation la plus simple, P est proportionnel au revenu procuré par l'élevage d'un animal. Si on prend l'exemple d'une vache laitière, les recettes R s'écrivent $n.q.v$ avec n = le nombre de lactations, q la quantité de lait par lactation, v le prix du litre de lait (ce prix pourra être lié aux taux protéiques t_p et butyreux t_b selon une équation du type $v=a+b.t_p+c.t_b$), alors que les coûts C s'écrivent $c_r+n.(c_e+q.c_p)$ avec c_r , c_e et c_p les coûts de renouvellement, d'entretien et de production. Dans cet exemple simpliste, la valeur relative de la quantité de lait par lactation sera ainsi $\delta P/\delta q=n.(v-c_p)$ et celle du taux protéique $\delta P/\delta t_p=n.q.b$.

La formulation précédente était basée sur l'hypothèse que l'utilité est la somme d'éléments identiques indépendants correspondant chacun à un animal. Des modélisations faisant intervenir plusieurs animaux ont été proposées (Dickerson, 1970). Par exemple, le couple mère-produit pour lequel on obtient une équation du type $P=n.w.v-n.c_j.j-c_f$ dans laquelle n est le nombre de descendants par mère, w leur poids de vente, v le prix au kilo, c_j le coût par jour d'engraissement, j la durée d'engraissement et c_f le coût fixe par mère. Dans cette relation apparaissent, non linéairement, des éléments exprimés par la mère (n , c_f) et par ses produits (w , v , c_j et j).

Plus généralement, il n'y a pas indépendance entre les contributions des animaux à l'établissement de la fonction d'utilité. Cette non indépendance peut être traduite sous forme de contraintes entre les valeurs des caractères des différents types d'animaux. Par exemple, on peut avoir des contraintes en série (dans le couple mère-produit, la production laitière de la mère est un sortant de l'élément mère, un intrant pour l'élément produit) ou des contraintes en parallèle (plusieurs animaux consommant la même ressource sont en concurrence et la somme des intrants doit respecter cette contrainte). Dans les formulations les plus élaborées, la fonction d'utilité (en pratique ici le profit de l'exploitation agricole) est une fonction complexe de variables soumises à différentes contraintes. Parmi ces variables, figurent les caractéristiques des animaux dont on veut évaluer l'importance relative. Mais figurent aussi diverses variables décrivant le système modélisé : le nombre de places d'étable, la quantité de travail disponible aux différentes périodes de l'année, etc. Concrètement, l'exploitation agricole est décrite à l'aide des outils classiques de modélisation (notamment la programmation linéaire), seules quelques relations faisant intervenir les caractéristiques auxquelles nous nous intéressons (Groen, 1988).

L'importance relative d'un caractère, ou la valeur relative d'un type génétique, ne dépend pas que des valeurs moyennes des caractères étudiés. Elles varient aussi avec le système de production, les prix et les contraintes particulières de la ou des exploitations considérées. Mais, selon les valeurs des caractères, un système de production, défini dans ses détails pratiques (effectifs de reproducteurs, durée d'engraissement, de lactation, etc.) est plus ou moins efficace, à contraintes et prix constants. Une évaluation honnête de ces importances relatives ou de ces types génétiques exige donc de se placer dans des conditions comparables, concrètement pour une organisation optimisant les ressources. Les modèles complexes décrits ci dessus prennent alors tout leur sens, puisqu'ils permettent non seulement une description fine des conditions d'élevage mais aussi leur optimisation.

Echelle de définition de l'utilité

Plusieurs opérateurs sont parties prenantes : les producteurs, les transformateurs et les consommateurs, mais aussi la nation dans ses relations internationales et ses choix de répartition. Les producteurs eux-mêmes ne jouent pas tous le même rôle, et des conflits d'intérêts sont possibles entre les naisseurs et les engraisseurs (Bloch, 1996), entre les sélectionneurs et les utilisateurs, et entre les éleveurs des différents types génétiques dans un système de croisement à plusieurs étages (Moav et Hill, 1966 ; Elsen et Sellier, 1978). La définition adéquate des opérateurs concernés est une question de première importance. Quand elle est possible, la modélisation de fonctions d'utilité correspondant à ces différents intervenants peut quantifier leurs oppositions (Brascamp *et al.*, 1985).

Pour illustrer ce propos, nous pouvons considérer le cas du conflit d'intérêt entre naisseurs et engraisseurs. En reprenant le modèle simpliste décrit plus haut, le profit du premier opérateur est proportionnel à $P_n = n.p - c_f$ avec p le prix de vente du jeune sevré, et le profit du second à $P_e = n.w.v - n.c_j.j - n.p$. Les pondérations économiques à accorder à la prolificité et à la vitesse de croissance sont de p et 0 pour les naisseurs, $-c_j.j$ et $-p$ pour les engraisseurs. Le choix optimal des reproducteurs serait donc très différents d'un opérateur à l'autre.

Dans la mesure où la sélection est organisée pour l'intérêt général des éleveurs (naisseurs et engraisseurs), une approche pour résoudre ces divergences serait de pondérer les valeurs économiques des caractères par leurs nombres d'expressions, proportionnels dans notre exemple au nombre de mères et à leur durée de vie productive pour les naisseurs, au nombre de jeunes achetés pour les engraisseurs. Une valeur globale unique des pondérations est alors disponible (Brascamp *et al.*, 1985).

Dans le cadre de la sélection, l'indice I de tri des reproducteurs est une estimation de la valeur économique de leur descendants. Cette valeur augmente avec la valeur génétique additive du reproducteur pour les différents caractères, qui se transmet au delà de la première génération de ses descendants. Cet effet au long terme peut varier selon les caractères, non seulement par le nombre de leurs expressions (comme décrit ci-dessus) mais aussi par l'échéancier de leur réalisations. Ainsi, les reproducteurs de races mixtes élevées à la fois pour la production de lait et de viande transmettent leur valeurs génétiques à des animaux prépubères, abattus rapidement et à des mères traitées tout au long de leur carrière. L'actualisation des nombres d'expressions des caractères rend compte de ces différences d'échéanciers (Elsen, 1977).

La sélection est un processus lent, définitif et qui touche de très grandes quantités d'individus. Elle modifie donc le contexte économique et fait évoluer les prix (Brascamp *et al.*, 1985 ; Amer et Fox, 1992 ; Amer *et al.*, 1994). Prenons l'exemple d'une situation de pénurie. Dans ce cas, l'objectif sera de maximiser la production pour augmenter la consommation. Dans un pays développé, il y aura peu de limites à l'augmentation des intrants et l'augmentation de la production devrait se traduire par une augmentation de l'offre sans diminution des prix, tant que la demande est excédentaire. Dans un pays en retard de développement, l'importation d'intrants est limitée, ainsi que la solvabilité des consommateurs. L'augmentation de production doit donc obligatoirement être accompagnée d'une augmentation de la productivité, donc d'une diminution des prix. Les critères de sélection ne seront pas les mêmes, montrant que la fonction d'utilité doit être définie au niveau national en introduisant les contraintes macro-économiques correspondantes.

Fonction d'utilité aléatoire

Un élément déterminant dans la modélisation de la fonction d'utilité est l'existence d'une variation aléatoire des caractères dont on veut évaluer l'importance. Nous n'avons jamais une collection d'individus tous identiques, mais des populations d'individus dont les caractéristiques obéissent à des lois.

Prenons le cas d'une fonction d'utilité additive pouvant s'écrire sous la forme $F(x_1, x_2, \dots) = F(x_1) + F(x_2) + \dots$ où x_i est un vecteur de performances pour l'animal i . Les x_{ij} sont des variables aléatoires, x_j correspondant à un caractère. La question est de mesurer l'importance relative des x_j dans la constitution de la fonction d'utilité.

Comme nous le rappelons en introduction, la démarche classique consiste alors à estimer la variation marginale de F pour les variations marginales des moyennes des x_j . Une généralisation serait d'estimer la distribution de la fonction d'utilité selon diverses distributions des x . Les questions seraient alors : quelles populations compare t'on? sur quel critère? (l'espérance de F ? le minimax? une combinaison gain/risque, etc.)

S'il s'agit de comparer des races ou des souches, on peut imaginer d'appliquer la fonction d'utilité aux distributions des caractères dans chacune des ces races ou souches. Par exemple, imaginons que la fonction d'utilité soit $\sum_i x_{i1} x_{i2}$, x_{i1} étant un poids et x_{i2} une valeur de vente. Dans la population k , le couple (x_{i1}, x_{i2}) est distribué dans une binormale de moyenne μ_{k1}, μ_{k2} et de variance V_k . Si le critère est l'espérance de la fonction d'utilité, en oubliant toute contraintes entre les individus, la population k sera évaluée à $N.(c_k + \mu_{k1} \cdot \mu_{k2})$, où c_k est la covariance entre les deux caractères dans la population k , et N le nombre d'animaux élevés. Dans le cas particulier où les covariances sont les mêmes dans les différentes populations, il suffit de comparer les $\mu_{k1} \cdot \mu_{k2}$. Mais ce n'est pas le cas général. De plus, le critère peut faire intervenir la variance de la fonction d'utilité, $N \cdot \text{var}(x_{k1} \cdot x_{k2})$.

Comment estimer l'importance relative d'un caractère dans une population en vue de la sélection de ses reproducteurs? Alternativement à la mesure du supplément d'utilité dû à l'augmentation marginale de la moyenne du caractère, le choix ne devrait il pas reposer sur la distribution de F chez les descendants potentiels selon le choix des parents?

Par exemple, en supposant que les parents retenus auront autant de descendants chacun, $F = \sum_{ip} \sum_{id} F(x_{id(ip)}) = \sum_{ip} F_{ip}$ où ip est un indice pour les parents et id pour les descendants intra parent. Dans ce cas additif, on peut étudier indépendamment la loi des F_{ip} . Si le critère est l'espérance de la fonction d'utilité, on retiendra les reproducteurs qui ont les espérances $E(F_{ip})$ les plus grandes. Ces espérances sont conditionnelles aux informations Y sur les parents et leur apparentés. Si par exemple ces informations sont des valeurs individuelles y_{ip} , et s'il n'y a pas les candidats sont non apparentés, il suffira de calculer $E(F(x_{id(ip)})/y_{ip})$. Pour le cas où $F(x) = \sum_i x_{i1} \cdot x_{i2}$, cette espérance s'écrira $\text{cov}(x_{id1}, x_{id2}/y_{ip1}, y_{ip2}) + E(x_{id1}/y_{ip1}, y_{ip2}) \cdot E(x_{id2}/y_{ip1}, y_{ip2})$. La covariance étant indépendante des ip , le tri des reproducteurs porterait dans cet exemple sur le produit des espérances conditionnelles, $E(x_{id1}/y_{ip1}, y_{ip2}) \cdot E(x_{id2}/y_{ip1}, y_{ip2})$, uniquement.

En général, dans ce type de situation, les candidats à la sélection sont classés sur un critère du type $F(\hat{a}_{ip1}, \hat{a}_{ip2} \dots)$ où les \hat{a}_{ipk} sont les estimations des valeurs génétiques pour le caractère k . Cette démarche, correcte quand la fonction d'utilité est une fonction linéaire ou quadratique des performances, n'a cependant pas de valeur générale. En outre, on ne raisonne pas obligatoirement que sur l'espérance.

Sélection dynamique sur plusieurs caractères

En fait le tri des reproducteurs, et de façon plus large le plan de sélection, ne devrait pas être raisonné au court terme en ne considérant qu'une seule étape de sélection. En utilisant la fonction d'utilité, et les éventuelles contraintes qui lui sont liées, nous recherchons, dans l'absolu, la distribution des caractères maximisant l'espérance de cette utilité (nous oublions ici que l'objectif peut être plus complexe, et prendre en compte par exemple la variance de la fonction d'utilité). Le meilleur chemin pour parvenir à cet optimum doit ensuite être déterminé.

Ce maximum existe-t'il? ou plus précisément, existe -t'il pour chaque caractère, un optimum fini maximisant $E(F)$? Nos modèles sont construits à partir de l'observation des relations entre caractères dans leur gammes de variation existant aujourd'hui. Si nous raisonnons à prix de marché constants, ces modèles donneront pour certains caractères une valeur optimum finie (nous savons par exemple que l'augmentation des tailles de portée entraîne une augmentation de plus en plus rapide de la mortalité périnatale) mais pas pour d'autres (la production de lait), etc., sauf si on sait introduire des contraintes biologiques *ad hoc* (on imagine aisément qu'une vache produisant 100 000 litres de lait n'en survivrait pas et donc ne les produirait pas). Ceci pose le problème de l'apparition au long terme d'effets négatifs (d'une réponse corrélée négative de la fitness) qui sont inconnues au départ. En d'autres termes, les prévisions deviennent fragiles quand on éloigne trop l'horizon de l'optimisation et il faut limiter le champ des évolutions possibles, par exemple en ajoutant des contraintes sur le

maximum (minimum) des valeurs des caractères. Supposons donc qu'un maximum soit repérable, c'est à dire que l'on sache déterminer une distribution optimale pour les caractères.

Comment atteindre cet optimum? En première approche, suivre la voie de pente maximum semble être la plus rapide et a été préconisée (Moav et Hill, 1966). Partant d'un point caractérisé par les valeurs moyennes des caractères, le tri des reproducteurs se fait selon leur classement sur une droite dont l'orientation est donnée par le vecteur des dérivées premières de la fonction d'utilité en ce point. Ce vecteur changeant d'un point à l'autre, la voie de plus grande pente n'est généralement pas une ligne droite, ce qui, concrètement, se traduit par des réorientations de sélection au cours du temps. Cette option n'est toutefois pas la meilleure dans de nombreux cas. Prenons quelques exemples :

(i) L'efficacité de la sélection peut être augmentée par sélection : dans les populations à très faible taux de reproduction, il peut être plus rapide de commencer par sélectionner sur ce taux pour avoir plus de pression de sélection disponible ensuite. Cette sélection préalable peut concerner les femelles dans les populations peu fécondes mais aussi les mâles, notamment par une amélioration de leur fertilité en insémination artificielle.

(ii) La sélection à un coût dû aux prises de mesures pour évaluer les valeurs génétiques des candidats à la reproduction et à l'entretien de reproducteurs en nombre supérieur au strict besoin du renouvellement pour pouvoir opérer des choix. Les fonctions d'utilité pour le producteur ou le transformateur ne considèrent généralement pas ces coûts, et la sélection sur la plus grande pente correspondant à ces fonctions ne sont pas globalement optimum. Nous retrouvons ici le débat sur l'échelle de définition de ces fonctions.

(iii) L'existence d'un gène majeur peut aussi modifier les choix de sélection. Supposons pour simplifier que deux caractères sont en cause, dont les valeurs moyennes optimisant l'utilité sont (M_1, M_2) , que la population a pour moyenne de départ (μ_1, μ_2) et que la fixation par introgression de l'allèle majeur amènerait cette moyenne à (μ'_1, μ'_2) avec μ'_1 plus proche de M_1 que μ_1 mais μ'_2 plus éloigné de M_2 que μ_2 . Alternativement à une sélection en race pure, une introgression suivie d'une sélection peut être plus efficace si le temps nécessaire pour aller de (μ_1, μ_2) à (M_1, M_2) dépassent la durée de l'introgression plus le temps nécessaire pour aller de (μ'_1, μ'_2) à (M_1, M_2) .

Dans tous les cas, les bénéfices tirés de la sélection devraient être actualisés pour tenir compte de l'intérêt d'en percevoir le plus rapidement possible les fruits. Cette actualisation a bien entendu une influence sur le choix d'un cheminement optimum.

Fonction d'utilité et fonctions de préférence

Les caractères auxquels nous nous intéressons peuvent être de natures très variées. Certains sont mesurables, dans diverses échelles telles que celles du poids (masse corporelle), du volume (production de lait), du temps (débit de traite), de la surface (noix de côtelettes), de la longueur (fibres), de la couleur (viande), de la pression (résistance au cisaillement du muscle), etc. La fonction d'utilité va donner une correspondance entre la variation d'un caractère dans sa propre échelle et la variation d'utilité, le plus souvent mesurée en unité monétaire. En d'autres termes, les variations des différents caractères ont des valeurs qui peuvent être estimées dans une échelle commune : un gramme de croissance en plus par jour rapporte x francs, un litre de lait en moins fait perdre y francs.

Certains caractères ne sont pas mesurés dans une échelle classique. La conformation à un standard de race, la qualité des aplombs, le comportement, etc., sont au mieux notés dans une échelle ordonnée établie dans une unité spécifique à la mesure, parfois qualifiés sans qu'une classification soit directement possible. Par ailleurs, même si une échelle de mesure est disponible, ces caractères, la plupart du temps, ne peuvent pas être inclus directement dans la fonction d'utilité comme une des variables décrivant le système. Nous allons prendre l'exemple du comportement.

Il est admis aujourd'hui que la docilité est un critère qu'il faut prendre en compte dans l'amélioration des populations. Quelle est la valeur de la docilité par rapport, par exemple, à la croissance? Pour ce caractère se pose à la fois la question de l'échelle de mesure et de sa prise en compte dans les modèles.

Une première quantification serait celle du temps de travail. Un animal plus docile prend moins de temps à élever : moins de temps pour l'attraper dans la pâture, moins de temps pour lui apprendre l'allaitement artificiel ou certaines manipulations imposées par l'homme comme le nourrissage au distributeur d'aliments concentrés. Dans ce cas, la docilité n'est plus qu'un terme générique et c'est le "temps passé" qui devient le critère de sélection (le caractère) pour lequel nous possédons une unité de mesure qui aura une traduction monétaire. On conçoit dès lors que puisse être mis au point un dispositif caractérisant un candidat (ou un apparenté) sur ce temps passé. De tels protocoles existent par exemple pour la vitesse de traite qui est appréciée par la quantité de lait produite en une minute. Nous pouvons cependant suspecter que l'évaluation de la relation entre les critères mesurés dans ces dispositifs et la docilité elle-même ainsi que le choix du critère le plus pertinent et l'estimation des paramètres génétiques le caractérisant ne sont pas simples.

Par ailleurs, la docilité n'est pas uniquement mesurable en terme de temps de travail. Un animal plus docile est souhaité parce qu'il est moins dangereux, ou parce que, moins stressé, il se nourrit mieux et est donc plus productif. Quelle est la valeur économique du danger? Une approche (on retiendrait la même pour les pathologies transmissibles à l'homme) serait d'utiliser des estimations de coûts, pour la société, de la mort d'un éleveur, ou de ses soins. De tels estimations sont souvent disponibles. Mais, même avec cette information, la solution n'est pas donnée. Nous devons prédire le coût potentiel de chaque animal candidat à la reproduction c'est à dire mesurer "de combien tel animal est dangereux". La loi de distribution de ce caractère, coût potentiel, nécessaire pour les prévisions d'évolution de la fonction d'utilité, semble impossible à obtenir.

Cependant, n'importe quel éleveur a des préférences et est capable de dire que tel taureau est plus méchant que tel autre, et saura prendre la décision de le garder parce qu'il transmet une excellente production laitière, ou au contraire de le réformer parce qu'il est vraiment trop dangereux! Ceci ouvre une approche différente, qui consisterait à considérer la décision d'éleveurs avertis comme implicitement optimale. Ce serait une extension de la démarche décrite plus haut selon laquelle les pondérations économiques sont obtenues par dérivations partielles de la fonction objectif estimées pour les valeurs des paramètres "optimisant" le fonctionnement du système de production.

Dans ces conditions, l'estimation de la valeur d'un reproducteur pour son indocilité serait partiellement estimable : nous pourrions affirmer qu'un individu réformé pour cause de comportement possède un degré d'indocilité supérieur au coût de sa réforme ; alors qu'un individu conservé a un degré d'indocilité inférieur à ce coût. La théorie des données censurées devrait permettre d'introduire ce type de mesures dans l'évaluation des reproducteurs. Il faudrait pour mettre en oeuvre une telle démarche : (i) enregistrer les causes de réformes des animaux ; (ii) savoir estimer correctement le coût de leur réforme éventuelle, qui dépend à la fois de leur âge et de leur productivité.

Une alternative serait de ne pas inclure la docilité dans la fonction d'utilité, mais de créer une contrainte qui interdise la sélection d'un animal trop indocile (Mallard, 1972). Notons dès à présent que cette approche n'est pas possible quand il s'agit de comparer des types génétiques, de programmer des plans de croisements ou d'évaluer l'importance relative d'un caractère pour décider ou non d'investir sur son analyse.

Dans une telle sélection sous contrainte, on retiendrait les animaux dont l'indice (défini avec les pondérations adéquates pour les autres caractères) est maximum et qui appartiennent au sous ensemble des animaux dociles (si x_d est la mesure de la docilité, il faut que $x_d > s_d$). En faisant ainsi, on crée une population (la génération suivante) avec une distribution des performances, dont la docilité, x_d . A cette population correspond une distribution de $F(x)$ (qui n'inclut pas la docilité), et de x_d . Notre objectif est donc de comparer diverses solutions pour le choix de la population des reproducteurs, auxquelles correspondent des distributions des x (dont x_d), d'après des caractéristiques de la distribution de la fonction d'utilité F et de x_d . Plusieurs critères d'optimalité de ces distributions chez les descendants sont envisageables, par exemple maximiser $E(F(x))$ avec $\text{prob}(x_d < s_d) < \alpha$, ou minimiser la variance de F avec $E(x_d)$ maximum.

Mais dans tous les cas, une pondération est implicitement accordée à x_d par rapport aux autres caractères. Cette pondération peut être théoriquement déduite du choix des coefficients s_d et α . Nous retrouvons, de façon non explicite et donc dangereuse, la démarche basée sur l'hypothèse d'optimalité des décisions de réforme des éleveurs.

Conclusions

Dans cette revue rapide, nous avons effleuré les difficultés de la sélection simultanée pour plusieurs caractères. Des solutions techniques ont été décrites mais ne répondent pas à toutes les situations. Même si l'efficacité de la sélection sur plusieurs caractères semble assez robuste aux erreurs de quantification des pondérations économiques (Vandepitte et Hazel, 1977 ; Smith, 1983), des efforts de recherches sont encore nécessaires dans lesquels zootechniciens, généticiens et économistes doivent mêler leurs connaissances et savoir faire.

Références

- Amer, P.R. et Fox, G.C. (1992). Estimation of economic weights in genetic improvement using neoclassical production theory : An alternative to rescaling. *Anim. Prod.*, 54 : 341-350.
- Amer, P.R., Fox, G.C. et Smith, C. (1994). Economic weights from profit equations : Appraising their accuracy in the long run. *Anim. Prod.*, 58 : 11-18.
- Bloch, C. (1996). *Détermination de l'objectif de sélection en race bovine limousine*. Diplôme d'Agronomie Approfondie en Sciences et Techniques des Productions Animales. INAPG, Paris.
- Brascamp, E.W., Smith, C. et Guy, D.R. (1985). Derivation of economic weights from profit equations. *Anim. Prod.*, 40 : 175-180.
- Dickerson, G. (1970). Efficiency of animal production : Molding the biological components. *J. Anim. Sci.*, 30 : 849-859.
- Elsen, J.M. (1977). Pondérations économiques des indices de sélection dans le cas des populations de race mixte. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 9 : 73-85.
- Elsen, J.M. et Sellier, P. (1978). Etude conjointe de l'intérêt de la sélection sur la prolificité et de l'utilisation d'une lignée mâle spécialisée chez le porc. *Ann. Génét. Sélection Anim.*, 10 : 403-441.
- Goddard, M.E. (1983). Selection indices for non-linear profit functions. *Theor. Appl. Genet.*, 64 : 339-344.
- Groen, A.F. (1988). Derivation of economic values in cattle breeding. A model at the farm level. *Agr. Syst.*, 27 : 195-213.
- Harris, D.L. (1970). Breeding for efficiency in livestock production : Defining the economic objectives. *J. Anim. Sci.*, 30 : 860-865.
- Hazel, L.N. (1943). The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics, USA*, 28 : 476-490.
- James, J.W. (1982). Economic aspects of developing breeding objectives : General considerations. Dans : *Future Developments in the Genetic Improvement of Animals*, Academic Press, Australia, pp. 107-118.
- Mallard, J. (1972). La théorie et le calcul des index de sélection avec restrictions : Synthèse critique. *Biometrics*, 28 : 713-735.
- Moav, R. et Hill, W.G. (1966). Specialised sire and dam lines. IV Selection within lines. *Anim. Prod.*, 8 : 375-390.
- Ponzoni, R.W. (1988). The derivation of economic values combining income and expense in different ways : an example with Australian Merin sheep. *J. Anim. Breed. Genet.*, 105 : 145-153.
- Smith, H.F. (1937). A discriminant function for plant selection. *Ann. Eugenics, London*, 7 : 20-250.

Smith, C. (1983). Effects of changes in economic weights on the efficiency of index selection. *J. Anim. Sci.*, 56 : 1057-1064.

Vandepitte, W.M. et Hazel, L.N. (1977). The effect of errors in the economic weights on the accuracy of selection indexes. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 9 : 87-103.