

Format adulte des vaches charolaises : variabilité génétique et relation avec la précocité de développement

A. VINET (1), D. KRAUSS (2), G. RENAND (1)

(1) INRA, Station de Génétique Quantitative et Appliquée, 78352 Jouy-en-Josas

(2) INRA, Domaine de Galles, 18520 Avord

RESUME - Actuellement, dans le cadre de l'indexation IBOVAL, les performances des veaux sont contrôlées de la naissance au sevrage. L'extension des contrôles de performances en ferme aux performances post-sevrage devrait permettre de sélectionner les reproducteurs sur de nouveaux critères. Il est donc important de connaître l'impact que peut avoir une sélection des poids post-sevrage sur le poids à la naissance, sur la vitesse de développement et le poids de la vache adulte. Les contrôles réalisés en ferme ne permettant pas d'estimer ce poids adulte et cette vitesse de développement, nous avons analysé ces caractères grâce aux données du domaine expérimental de l'INRA de Bourges. Ce troupeau de vaches charolaises est contrôlé depuis 15 ans avec des pesées mensuelles systématiques de la naissance à la réforme. Des poids à âge-type ont été calculés et la courbe de croissance de 745 femelles a pu être ajustée par une fonction de Brody, fournissant pour chaque femelle une estimation de son poids adulte et de sa vitesse de développement.

Les héritabilités des poids post-sevrage estimées dans un échantillon de 177 élevages pratiquant le contrôle de performances post-sevrage et dans le troupeau expérimental sont proches et suffisamment élevées pour envisager leur amélioration par sélection génétique. Les corrélations génétiques ont également été estimées. Les poids post-sevrage sont positivement corrélés au poids de naissance et au poids adulte et ces corrélations augmentent avec l'âge des génisses. Notre étude montre également que le poids adulte est fortement héritable et génétiquement opposés à la vitesse de développement.

Différents indices de sélection ont été testés afin d'évaluer l'impact sur les poids à la naissance et adulte et sur la vitesse de développement, d'une sélection visant à améliorer la croissance du jeune animal. Une sélection des génisses sur leur croissance post-sevrage en mettant une contrainte sur leur poids à la naissance pourrait être un objectif pour améliorer la croissance précoce sans compromettre les conditions de naissance et sans trop accroître le poids adulte.

Adult weight of Charolais cows : genetic variability and relationship with growth precocity

A. VINET (1), D. KRAUSS (2), G. RENAND (1)

(1) INRA, Station de Génétique Quantitative et Appliquée, 78352 Jouy-en-Josas

SUMMARY - Presently, in French genetic evaluation of beef cattle (IBOVAL), the weights of calves recorded from birth to weaning are used to predict breeding values. The extension of performance recording to post weaning weights will provide the breeders with the opportunity to select new traits. Correlated responses to a selection on post weaning growth capacity on birth weight, cow mature weight and rate of maturing of the cow are important to be known and therefore have to be estimated. On farm performance recording does not include adult cow weights. These correlated genetic responses were therefore estimated using performances recorded in the INRA experimental herd of Bourges. This purebred Charolais herd has been weight recorded monthly for 15 years from birth to culling. Age adjusted weights were computed and a Brody growth curve was adjusted for 745 cows providing an estimate of their asymptotic adult weight and their rate of maturing coefficient.

Heritability coefficients of post weaning weights estimated on a sample of 177 herds performance recorded after weaning and in the experimental herd were close and high enough for genetic improvement in response to direct selection. Genetic correlation coefficients were estimated. Post weaning weights were positively correlated to birth weight and adult weight. The coefficients increased with the age of the heifers. Adult weight was highly heritable and genetically in opposition with the rate of maturing. Several selection indexes were tested in order to quantify the correlated responses on birth and adult weight when improving heifer growth capacity. A selection on post weaning weights limited by a constraint on birth weight could correspond to the objective of improving early growth without compromising calving ease and without excessively increasing the adult cow weight.

INTRODUCTION

Grâce à une étude menée dans 177 élevages de Bourgogne et de Vendée, il a été montré qu'une extension du contrôle de performances en ferme à des données post-sevrage de croissance et de morphologie était réalisable en respectant un minimum de contraintes pour assurer sa fiabilité (Miller *et al.*, 2003). De telles informations devraient permettre aux éleveurs de mieux sélectionner leurs reproducteurs (taureaux et femelles de renouvellement) par rapport à la situation actuelle où seule est disponible une évaluation génétique sur les performances de la naissance au sevrage (IBOVAL, 2005).

Pour prédire les valeurs génétiques des reproducteurs pour ces nouveaux caractères, il est tout d'abord nécessaire de

disposer des estimations des paramètres génétiques à partir de ces performances contrôlées post-sevrage.

Ensuite, la prochaine disponibilité de valeurs génétiques pour ces nouveaux caractères implique une réflexion sur les objectifs de sélection qui pourront être retenus par les éleveurs. En effet, la croissance des animaux au cours des différentes phases de leur vie est en partie gouvernée par les mêmes gènes et toute action de sélection sur une période aura des conséquences sur l'ensemble de la courbe de croissance. Si l'amélioration des croissances pré- et post-sevrage est recherchée pour une meilleure rentabilité du troupeau, l'accroissement du poids à la naissance n'est pas souhaité et celui du poids à l'âge adulte fait l'objet d'interrogations. D'une part il est bien connu que les poids

Tableau 2 : performances moyennes en troupeau expérimental

	Nombre d'observations	Moyenne ± écart-type
PN (kg)	1 139	47,1 ± 6,5
PS (kg)	1 137	278 ± 30
P12 (kg)	1 139	359 ± 38
P24 (kg)	1 016	532 ± 54
P _{adulte} (kg)	745	772 ± 100
P _{déb} (kg)	745	50 ± 29
α (10 ⁻³)	745	1,62 ± 0,39

Les paramètres de la courbe de croissance présentent une variabilité relativement plus importante que celle des poids pré- et post-sevrage certainement due au fait que leur détermination à partir de l'ajustement à la courbe de Brody se fait avec quelque erreur de prédiction.

2.3. LES PARAMETRES GENETIQUES des poids calculés à partir des pesées enregistrées en ferme sont rapportés dans le tableau 3. Dans cet échantillon d'élevages, on constate que les coefficients d'héritabilité de PN et PS sont sensiblement plus élevés ($h^2=0,42$ et $h^2=0,29$, respectivement pour PN et PS) que ceux estimés par Phocas et Laloë (2004) dans l'échantillon des 236 élevages Charolais de plus grande taille ($h^2=0,33$ et $h^2=0,13$, respectivement pour PN et PS). On retrouve que, classiquement, le PS a une héritabilité inférieure au PN. Après sevrage les coefficients d'héritabilité remontent à des valeurs plus élevées : $h^2=0,35$ et $h^2=0,48$, respectivement à 12 et 24 mois. Des coefficients du même ordre de grandeur sont rapportés par Koots *et al.*, (1994) dans leur revue bibliographique : $h^2=0,35$; 0,27 et 0,35 respectivement pour PN, PS et "yearling weight". Les corrélations génétiques sont toutes plus élevées que les corrélations phénotypiques et sont comprises entre 0,4 et 0,7.

Tableau 3 : héritabilités, corrélations phénotypiques et génétiques des caractères de croissance en ferme

	PN	PS	P14	P24
PN	0,42	0,36	0,27	0,28
PS	*	0,29	0,69	0,55
P14	0,41	0,66	0,35	0,74
P24	0,45	0,61	0,91	0,48

*En gras sur la diagonale : héritabilités ; au dessus de la diagonale : corrélations phénotypiques ; en italique gras en dessous de la diagonale : corrélations génétiques. * non calculée.*

2.4. LES PARAMETRES GENETIQUES des poids et des paramètres de la courbe de croissance des femelles du troupeau expérimental sont rapportés dans le tableau 4. Les coefficients d'héritabilité des poids sont proches de ceux estimés pour l'échantillon contrôlé en ferme. Les corrélations génétiques entre PS, P12 et P24 sont par contre plus élevées. L'héritabilité du poids adulte est particulièrement élevée ($h^2=0,61$), résultat qui confirme ceux trouvés dans la littérature anglo-saxonne où une héritabilité moyenne de $h^2=0,55$ a été calculée à partir des 12 estimations les plus récentes : Bullock *et al.*, (1993), Northcutt *et al.* (1993), Meyer (1995), Kaps *et al.*, (1999, 2000), MacNeil *et al.* (2000), Arango *et al.* (2002), Choy *et al.*, (2002), Rumph *et al.*, (2002), MacNeil (2003, 2005), Nephawe *et al.*, (2004). Il apparaît donc que plus on s'approche du poids adulte, plus le poids des vaches est héritable. Le paramètre α , interprété comme un indicateur

de la vitesse de développement a une héritabilité un peu plus faible, mais élevée toutefois : $h^2=0,49$. Les rares estimations disponibles dans la littérature sont plus faibles, $h^2=0,27$ en moyenne de quatre valeurs (Meyer, 1995 ; Kaps *et al.*, 2000 ; MacNeil *et al.*, 2000). Il apparaît donc une variabilité génétique non seulement du potentiel de croissance lié au poids adulte, mais aussi de la forme de la courbe de croissance liée à cette vitesse de développement. Mais ces deux paramètres sont génétiquement antagonistes avec une corrélation génétique de $r_g=-0,79$. Les deux seules estimations de cette corrélation génétique disponibles dans la littérature sont également assez fortement négatives : $r_g=-0,59$ en moyenne (Meyer, 1995).

En fait, comme il n'existe pas d'enregistrement du poids des vaches adultes, il n'est pas possible de sélectionner pour ou contre l'un ou l'autre de ces deux paramètres. Il convient donc d'analyser les relations génétiques des autres pesées avec ces deux paramètres. Le poids adulte est plus fortement corrélé avec le P24 ($r_g=0,72$) qu'avec le PS ($r_g=0,44$), mais il est à noter qu'il est également fortement corrélé avec le poids à la naissance ($r_g=0,55$). Dans la littérature citée ci-dessus on retrouve en moyenne de telles corrélations génétiques : $r_g=0,70$ avec le "yearling weight" (YW) et $r_g=0,59$ avec le PN. La vitesse de développement est plutôt indépendante des poids de la génisse en croissance mais génétiquement opposée au poids à la naissance ($r_g=-0,30$). Le poids à la naissance apparaît donc jouer un rôle crucial dans la forme et l'amplitude de la courbe de croissance.

2.5. LES REPONSES A LA SELECTION sont rapportées dans le tableau 5. Si l'objectif de l'éleveur est d'améliorer le PS de ses veaux, il peut aussi bien sélectionner directement sur le PS ou indirectement sur P12 ou P24. Par contre si son objectif est d'améliorer le P24, il est préférable qu'il sélectionne directement sur P24. Les conséquences sur les autres phases de croissance varient selon le critère de sélection retenu. Si une sélection sur PS doit engendrer une réponse corrélée significative sur le PN et le poids adulte sans modifier la vitesse de développement, une sélection sur P24 induit une plus forte augmentation de la réponse corrélée sur le PN et surtout sur le poids adulte avec une tendance à dégrader la vitesse de développement. Si une telle augmentation du poids adulte n'est pas souhaitée, une sélection sur P12, par rapport à une sélection sur P24, permettrait d'améliorer le P24 et le PS, sans autant augmenter le poids adulte.

Ces valeurs théoriques sont confirmées par les résultats de deux expériences de sélection menées en race *Angus* en Australie et en Nouvelle Zélande. La première a montré qu'une sélection pratiquée sur le poids à un an était efficace et qu'elle s'accompagnait d'un accroissement du poids adulte sans modification de la vitesse de développement (Archer *et al.*, 1998). La seconde a montré que la réponse corrélée sur le poids adulte était 30 % plus élevée lorsque la sélection portait sur le poids à 18 mois par rapport au poids à un an (Morris *et al.*, 1992).

En appliquant une pondération négative de -1/3 sur le PN, lorsque la sélection porte principalement sur PS ou P12, il est possible de réduire fortement l'accroissement de ce PN. Si la sélection porte sur P24, il faut appliquer une contrainte plus élevée de -1/2 pour la même réponse sur PN.

Tableau 4 : hérabilités, corrélations phénotypiques et génétiques des caractères de croissance en troupeau expérimental

	PN	PS	P12	P24	P _{déb}	P _{adulte}	α
PN	0,51	0,30	0,28	0,21	0,34	0,27	-0,16
PS	0,48	0,29	0,84	0,56	0,46	0,28	0,14
P12	0,42	0,95	0,37	0,73	0,29	0,32	0,19
P24	0,50	0,87	0,93	0,42	-0,02	0,40	0,16
P _{déb}	0,49	0,29	0,17	0,24	0,15	0,44	-0,62
P _{adulte}	0,55	0,44	0,50	0,72	0,62	0,61	-0,65
α	-0,30	0,08	0,08	-0,16	-0,77	-0,79	0,49

En gras sur la diagonale : hérabilités ; au dessus de la diagonale : corrélations phénotypiques ; en italique gras en dessous de la diagonale : corrélations génétiques.

Une expérience de sélection menée en race Hereford a montré qu'une sélection à seuil sur le "yearling weight" (YW) combinée à une élimination des PN au dessus de la moyenne permettait d'améliorer YW sans modification du PN et surtout en améliorant légèrement les conditions de naissance (MacNeil *et al.*, 1998). Une autre expérience menée dans une lignée synthétique, a permis d'obtenir des résultats similaires pour le PN et une augmentation limitée du poids adulte (MacNeil, 2003).

Nos simulations montrent qu'appliquer une restriction sur l'évolution du PN permet également de limiter l'accroissement du poids adulte, surtout dans le cas d'une sélection sur PS et P12. Et, du fait de la corrélation assez étroite entre poids adulte et vitesse de développement, cette sélection avec contrainte sur le PN présente l'avantage d'améliorer cette vitesse de développement.

CONCLUSIONS

Par rapport à la situation actuelle où les éleveurs ne disposent que des valeurs génétiques pour les poids à la naissance et au sevrage, le calcul de valeurs génétiques pour la croissance post-sevrage est théoriquement possible grâce à une variabilité génétique exploitable dans les troupeaux de

race Charolaise. La réalisation de ces évaluations génétiques nécessite toutefois que le contrôle de performances post-sevrage se développe à l'ensemble de la base de sélection. Les éleveurs disposeront alors de valeurs génétiques pour des caractères plus en relation avec l'efficacité de leur cheptel. Il convient de s'interroger dès à présent sur la vache qui sera sélectionnée demain, en particulier sur son potentiel génétique à réaliser les croissances les plus intéressantes pendant les différentes périodes de sa vie. Si l'amélioration de la croissance du jeune animal après le sevrage est un objectif incontournable, il faut penser dès à présent aux conséquences d'une telle sélection sur le poids à la naissance et le poids adulte.

Il apparaît que si l'objectif des éleveurs est de limiter l'accroissement du poids à la naissance pour limiter les difficultés de naissance et de ralentir l'accroissement du format adulte pour éviter une augmentation de la proportion de carcasses trop lourdes, sélectionner pour des animaux précoces serait possible en privilégiant la croissance de la jeune génisse (entre 12 et 18 mois) avec une contrainte sur le poids à la naissance. De telles décisions nécessitent des études complémentaires, non seulement en génétique, mais aussi sur l'économie de la filière.

Tableau 5 : réponse (en unité d'écart types) des poids à la naissance, au sevrage, à 12 et à 24 mois et des paramètres de la courbe de croissance (P_{adulte} et α) à une sélection* sur des indices correspondants à différents objectifs de sélection

	Objectifs de sélection								
	PS	PS -1/3 PN	PS - 1/2 PN	P12	P12 -1/3 PN	P12 -1/2 PN	P24	P24 -1/3 PN	P24 -1/2 PN
PN	0,18	0,07	-0,12	0,18	0,06	-0,08	0,23	0,22	0,09
PS	0,29	0,26	0,18	0,31	0,28	0,22	0,30	0,30	0,26
P12	0,31	0,28	0,20	0,37	0,34	0,28	0,37	0,36	0,32
P24	0,30	0,26	0,17	0,37	0,32	0,25	0,42	0,42	0,36
P _{adulte}	0,19	0,12	0,00	0,24	0,17	0,08	0,36	0,36	0,28
α	0,03	0,07	0,12	0,03	0,07	0,11	-0,07	-0,07	-0,03

* pour une intensité de sélection de un sur l'indice de sélection

Arango J.A., Cundiff L.V., Van Vleck L.D., 2002. *J. Anim. Sci.*, 80, 3112-3122.

Archer J.A., Herd R.M., Arthur P.F., Parnell P.F., 1998. *Livest. Prod. Sci.*, 54, 183-192.

Brody S., 1945. *Bioenergetics and Growth*. Reinhold Publishing Corporation, New York.

Bullock K.D., Bertrand J.K., Benyshek L.L., 1993. *J. Anim. Sci.*, 71, 1737-1741.

Choy Y.H., Brinks J.S., Bourdon R.M., 2002. *J. Anim. Sci.*, 80, 2071-2077.

IBOVAL 2005. <http://www.inst-elevage.asso.fr>

Kaps M., Herring W.O., Lamberson W.R., 1999. *J. Anim. Sci.*, 77, 569-574.

Kaps M., Herring W.O., Lamberson W.R., 2000. *J. Anim. Sci.*, 78, 1436-1442.

Koots K.R., Gibson J.P., Smith C., Wilton J.W., 1994. *Anim. Breed. Abstr.*, 62, 309-338.

Kovac M., Groeneveld E., 2003. *VCE-5 User's Guide and Reference Manual version 5.1*.

MacNeil M.D., Urick J.J., Snelling W.N., 1998. *J. Anim. Sci.*, 76, 458-467.

MacNeil M.D., Urick J.J., Decoudu G., 2000. *J. Anim. Sci.*, 78, 2292-2298.

MacNeil M.D., 2003. *J. Anim. Sci.*, 81, 2425-2433.

MacNeil M.D., 2005. *J. Anim. Sci.*, 83, 794-802.

Ménissier F., 1975. *Bull. Techn. Départ. Génét. Anim.* INRA, 21, 57-102.

Meyer K., 1995. *Livest. Prod. Sci.*, 44, 125-137.

Miller S., Reverse P., Renand G., Sapa J., Laviron J., 2003. *Renc. Rech. Ruminants*, 10, 185-188.

Morris C.A., Baker R.L., Hunter J.C., 1992. *Livest. Prod. Sci.*, 30, 33-52.

Nephawe K.A., Cundiff L.V., Dikeman M.E., Crouse J.D., Van Vleck L.D., 2004. *J. Anim. Sci.*, 82, 647-653.

Northcutt S.L., Wilson D.E., 1993. *J. Anim. Sci.*, 71, 1148-1153.

Phocas F., Laloë D., 2004. *Livest. Prod. Sci.*, 89, 121-128.

Rumph J.M., Koch R.M., Gregory K.E., Cundiff L.V., Van Vleck L.D., 2002. *J. Anim. Sci.*, 80, 583-590.

SAS Institute Inc., 1999. *SAS/STAT® User's Guide, Version 8*, Cary, NC : SAS Institute Inc.