

Analyse de la variabilité génétique de races bovines à très petits effectifs, après vingt ans d'actions de conservation

C. DANCHIN-BURGE, L. AVON

Institut de L'Elevage, 149 rue de Bercy 75595 Paris Cedex 12

RESUME - L'Institut de L'Elevage effectue un suivi d'une dizaine de races bovines à très petits effectifs (moins de 1 000 vaches vivantes) depuis plus de vingt ans pour certaines races. Ce travail a permis la constitution d'un fichier généalogique pour chacune de ces races. Une étude de la variabilité génétique a pu être réalisée à partir de leur information généalogique par la mise à disposition de programmes permettant le calcul. La qualité de l'information généalogique est faible en moyenne (3,2 équivalents générations connus), et variable entre les races, ce qui limite l'interprétation des résultats. Les critères issus de la probabilité d'origine des gènes (de 8 à 26 ancêtres efficaces) indiquent une situation relativement saine en général, en particulier au regard des effectifs dont sont réparties ces races. En revanche les coefficients moyens de consanguinité et d'apparentement des populations de référence (femelles nées entre 1996 et 1998) sont relativement élevés par rapport à ce que l'on trouve pour d'autres races bovines. Ces résultats sont dus aux faibles effectifs des populations étudiées, mais pour certaines races, des pratiques d'élevage telles que le renouvellement insuffisant des taureaux de monte naturelle expliquent aussi la situation. La mise à jour régulière de ces paramètres permettra d'affiner la connaissance de la variabilité génétique de ces races.

Genetic variability study in French rare cattle breed, after twenty years of conservation

C. DANCHIN-BURGE, L. AVON

Institut de L'Elevage, 149 rue de Bercy 75595 Paris Cedex 12

SUMMARY - The French Livestock Institute is managing a dozen rare cattle breeds (less than 1 000 female alive), for over twenty years for some breeds. This work allowed to collect Pedigree data for each breed. A genetic study for these breeds is realized thanks to the free disposal of a program allowing the calculation of genetic variability of these populations, from their Pedigree data. Pedigrees appeared to have little and variable information (an average of 3,2 generations equivalent known) among breeds, which limits the interpretation of the results. Criteria calculated from the theory of gene probability (from 8 to 26 effective ancestors) show quite a healthy situation. Moreover, these results have to be compared to the very small number of animals from which these breeds restarted. On the other hand, the referential population (females born between 1996 and 1998) average coefficients of inbreeding and coancestry are quite high in comparison with results from other cattle breeds. The poor number of animals for these breeds explains again this result. Also, some breeding habits such as not renewing often enough farm bulls induce these results. Updating these parameters on a regular basis will allow to refine the knowledge of the genetic variability in these breeds.

INTRODUCTION

Dès 1967, la FAO s'inquiétait de la perte génétique occasionnée par la très forte régression du nombre de races domestiques au profit d'un nombre limité de races mieux adaptées à la généralisation de l'agriculture dite «productiviste». A partir des années soixante-dix, les initiatives pour démontrer l'intérêt de la conservation des races domestiques pour maintenir notre patrimoine génétique se multiplient. Divers travaux dont ceux de la Société d'Ethnozootecnie et de l'INRA aboutissent en 1975 à une décision du Ministère de l'Agriculture d'aider au financement de programmes de conservation à hauteur de 0,5 % des crédits affectés à l'amélioration génétique.

Ces crédits ont permis en particulier d'entamer un repérage puis un suivi par l'Institut de l'Élevage (alors ITEB) des races bovines dont l'effectif était inférieur à 1 000 vaches (races à Très Petits Effectifs - TPE).

Les actions de conservation devaient répondre à une situation d'urgence, certaines races étant proches de l'extinction totale. Les actions de terrain ont été privilégiées, avec la mise en place d'un recensement annuel des animaux restants et leur enregistrement dans un fichier dit fichier PE/TPE. Parallèlement, la collecte de semence de taureaux est progressivement organisée pour faciliter une reproduction en race pure et assurer une sauvegarde à long terme.

Le suivi de ces populations a été principalement d'ordre démographique. Très peu d'études génétiques avaient été réalisées jusqu'à présent, sauf pour la race de Villard de Lans (Avon *et al.*, 1985). Il a semblé judicieux après plus de vingt ans de collecte d'informations généalogiques pour certaines races, de réaliser une photographie de la variabilité génétique existante dans ces races.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. DONNÉES UTILISÉES

Les données généalogiques analysées sont issues des fichiers TPE. Ces fichiers comprennent tous les animaux repérés par inventaire sur le terrain et leur filiation, généralement «à dire d'éleveurs», puisque il n'y a pas de remontées automatiques d'informations. La majorité des élevages ne participaient ni à l'Etat Civil Bovin ni à un contrôle de performances, tout au moins au début des programmes. Des compléments de généalogie ont parfois été obtenus à partir d'anciens livres généalogiques. Pour assurer la fiabilité des informations, un contrôle de filiation par groupe sanguin est réalisé pour tous les taureaux destinés à l'insémination et pour un certain nombre d'animaux choisis aléatoirement. L'actualisation des fichiers est réalisée annuellement, par passage dans les élevages ou contact téléphonique, à la même période de l'année pour chaque race. Ces fichiers sont reconnus comme Livres Généalogiques par le Ministère de l'Agriculture depuis 1999.

La référence «premier inventaire» du tableau 1 correspond au premier comptage de femelles considéré comme exhaustif. On estime qu'il faut généralement trois ans à partir du démarrage d'un programme de conservation pour avoir un bon repérage de la population.

Tableau 1
Effectif des populations analysées

	Effectif du fichier	Effectif au premier inventaire	Date du premier inventaire	Effectif femelle en 1998
Armoricaïne	179	47	1981	76
Béarnaise	228	70	1982	112
Casta	320	73	1982	163
Ferrandaïse	1001	248	1981	594
Froment du Léon	315	42	1981	168
Lourdaise	180	28	1982	108
Maraîchine	553	75	1986	281
Mirandaïse	784	135	1985	395
Nantaise	322	59	1986	204
Villard de Lans	537	90	1979	228

1.2. MÉTHODE D'ANALYSE DES FICHIERS GÉNÉALOGIQUES

Les méthodes d'analyse de la variabilité génétique utilisées pour la présente étude sont celles décrites par Boichard *et al.* (1996, 1997). Ces analyses ont déjà fait l'objet de publications pour les grandes races bovines laitières françaises par (Boichard *et al.*, 1996), et viennent d'être actualisées (Moureaux *et al.*, 2000). Les mêmes méthodes ont été appliquées pour étudier de plus petites populations comme les races porcines sélectionnées (Maignel *et al.*, 1998) ou les races ovines laitières (Pahlière *et al.*, 2000).

L'information généalogique est variable suivant l'animal, la race ou l'année considérée (cf. paragraphe 2.1). Les indicateurs de variabilité génétique étant calculés sur la base de l'information contenue dans les généalogies, il convient d'être prudent dans l'interprétation des données.

2. RÉSULTATS

L'effectif de référence choisi pour cette étude est la population des femelles nées de 1996 à 1998, afin d'obtenir un échantillon suffisamment représentatif. Pour la race Tarentaise, ajoutée ici à titre de comparaison, il s'agit des femelles nées entre 1993 et 1996 (Moureaux *et al.*, 2000).

2.1. CONNAISSANCE DES GÉNÉALOGIES

La qualité de l'information généalogique est assez faible pour les races à TPE: 3,19 équivalents générations connus en moyenne. Ce nombre est de 4,59 pour les grandes races bovines laitières (Moureaux *et al.*, 2000). La différence s'explique par le fait que, pour les races à TPE, la proportion d'animaux nés avant les années 1980 avec une généalogie connue est très faible, alors que pour les grandes races laitières la qualité de l'information diminue quand on remonte au delà des années 1970.

Tableau 2
Caractérisation de l'information généalogique

	Effectif de la population de référence	Nombre d'équivalent- générations connus	Nombre maximal de générations remontées
Armoricaïne	30	2,52	8
Béarnaise	39	2,85	7
Casta	63	3,97	9
Ferrandaïse	300	3,10	7
Froment du Léon	81	2,48	7
Lourdaise	52	3,60	7
Maraîchine	157	3,33	11
Mirandaïse	177	3,25	12
Nantaise	109	2,58	6
Tarentaise	5 576	4,42	13
Villard de Lans	115	4,21	11

La qualité de l'information généalogique est très variable suivant les races. Le manque d'information est dû à plusieurs facteurs: une forte proportion des inséminations réalisées par des mâles fondateurs (Froment du Léon), la présence de nombreuses femelles avec des généalogies tronquées (Armoricaïne) ou le démarrage récent de l'inventaire (Nantaise).

2.2. ANALYSE DE LA VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE PAR LA PROBABILITÉ D'ORIGINE DES GÈNES

Les résultats du tableau 3 montrent que, à qualité généalogique équivalente, quatre races à TPE ont un nombre efficace d'ancêtres supérieur à celui de la Tarentaise.

La bonne tenue de la Maraîchine s'explique par la constitution de cette population. Il s'agit en fait d'un rameau non spécialisé de la Parthenaise, qui a maintenant son autonomie propre. Cette race est issue d'un stock génétique important, et la possibilité d'utilisation de taureaux Parthenais nés avant 1970 permet d'élargir assez facilement sa variabilité génétique.

Le cas de la Ferrandaïse est similaire à celui de la Villard de Lans: les inventaires de ces races ont démarré les premiers, alors qu'il restait un nombre relativement élevé de vaches non apparentées (car isolées géographiquement et du fait de l'ab-

sence d'insémination), et plusieurs taureaux de souches différentes. L'utilisation plus importante de la monte naturelle en race Ferrandaise a permis d'augmenter le nombre de reproducteurs mâles à un instant donné tout en limitant leur influence dans le temps. L'absence de pression de sélection et la remontée des effectifs ont favorisé la reproduction de la majorité des femelles nées, limitant ainsi les pertes de gènes. Cependant, le maintien de la variabilité génétique ne s'est pas fait à tout prix. Des animaux originaux par leur généalogie ont pu être écartés de la reproduction s'ils ne présentaient pas de qualités zootechniques suffisantes (aplombs, mamelles etc.)

Tableau 3
Critères issus de la probabilité d'origine des gènes

	Nombre de fondateurs efficaces (fe)	Nombre efficace d'ancêtres (fa)
Armoricaïne	29	13
Béarnaise	22	18
Casta	18	14
Ferrandaise	32	22
Froment du Léon	10	9
Lourdaise	10	8
Maraîchine	50	26
Mirandaise	31	14
Nantaise	11	10
Tarentaise	44	15
Villard de Lans	32	20

L'intérêt du calcul de fa (ancêtres efficaces) par rapport au calcul de fe (fondateurs efficaces) est de déceler les goulots d'étranglement (Boichard *et al*, 1996). Pour les races à TPE, on constate un faible écart entre le nombre de fondateurs et le nombre d'ancêtres efficaces, ce qui est l'indication de la quasi absence de l'absence d'informations objectives de la qualité génétique des animaux (pas de calcul d'index) incite les éleveurs à utiliser de façon équilibrée les taureaux, au regard de leur information généalogique.

Tableau 4
Contribution des principaux ancêtres au patrimoine génétique de la population de référence

	Contribution de l'ancêtre le plus important	Contribution des 5 ancêtres les plus importants	Nombre d'ancêtres expliquant 50% des gènes
Armoricaïne	15,8	56,2	5
Béarnaise	11,5	43,5	7
Casta	16,7	49,5	6
Ferrandaise	9,5	39,9	8
Froment du Léon	20,9	63,9	4
Lourdaise	24,3	68,2	3
Maraîchine	11,7	34,3	11
Mirandaise	18,3	48,5	6
Nantaise	25,8	56,0	4
Tarentaise	14,2	51,7	5
Villard de Lans	12,6	41,8	7

Tout animal dont la généalogie est inconnue est considéré comme un fondateur non apparenté au reste de la population. Mais il est vraisemblable que des animaux issus d'un même élevage et de généalogies inconnues soient en fait apparentés. On pouvait donc s'attendre à ce que les races dont les généalogies sont peu connues (tableau 2: Nantaise, Froment du Léon...) aient un fe et fa relativement élevés. Malgré cet artefact, les paramètres calculés sont faibles pour ces races, preuve d'une variabilité génétique restreinte. Pour expliquer cela, il

faut avoir en mémoire les effectifs (tableau 1) des premiers inventaires de ces races qui étaient en situation critique, avec, en particulier, un nombre très limité de souches mâles.

Pour la moitié des races à TPE, y compris celles dont on ne connaît pas bien la généalogie, la contribution de l'ancêtre le plus important est supérieure à celle calculée pour la Tarentaise. Dans tous les cas, le nombre d'ancêtres expliquant 50 % des gènes est limité. On peut l'expliquer encore par les très faibles effectifs dont sont réparties ces races, mais aussi par certaines pratiques d'élevage (Casta, Nantaise) comme on le verra par la suite.

2.3. ANALYSE DE LA VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE PAR L'ÉTUDE DE LA CONSANGUINITÉ ET DE L'APPARENTEMENT

Comme au tableau 3, les indicateurs du tableau 5 montrent une situation assez paradoxale : un niveau de consanguinité élevé de la Nantaise par rapport aux autres races, malgré la faible qualité de son information généalogique. On en déduit une forte consanguinité proche de la population de référence, qui est à rapprocher du poids de la contribution de l'ancêtre le plus important (tableau n°4). C'est un taureau qui a été le premier et le seul mâle disponible à l'insémination pendant plusieurs années, faute d'autres reproducteurs adéquats. Les accouplements consanguins, en particulier père sur fille, ont été fréquents pendant cette période. Ce taureau est toujours disponible à l'insémination, mais de nouveaux taureaux non apparentés ont été collectés. Le nombre de souches mâles est de toute manière restreint dans cette race.

Tableau 5
Consanguinité (F) de la population de référence

	Pourcentage d'animaux consanguins	Niveau moyen de F (%)	Niveau moyen de F des animaux consanguins (%)
Armoricaïne	10,0	1,3	12,8
Béarnaise	53,9	2,3	4,3
Casta	87,9	9,9	11,3
Ferrandaise	60,7	3,7	6,0
Froment du Léon	48,2	2,7	5,7
Lourdaise	98,1	8,7	8,9
Maraîchine	45,9	1,7	3,8
Mirandaise	59,9	2,3	3,8
Nantaise	36,7	4,3	11,8
Tarentaise	48,7	1,7	3,5
Villard de Lans	77,6	4,1	5,2

La consanguinité élevée de la Lourdaise par rapport aux autres races s'explique par l'état génétique de la population au démarrage des inventaires. Un seul taureau a pu être préservé, et tous les mâles d'insémination actuels ont logiquement ce mâle pour ancêtre.

En revanche le niveau de consanguinité de la Casta est plus surprenant. La situation démographique de cette race au démarrage des inventaires n'était pas mauvaise en comparaison avec d'autres races à TPE. Les taureaux à l'insémination sont nombreux pour l'effectif (18 disponibles) et relativement peu apparentés (tableau 6). Cette situation préfigurée par l'étude des contributions des principaux ancêtres (tableau 4) est due au poids prépondérant d'un élevage diffuseur qui ne renouvelle pas assez souvent ses taureaux de monte naturelle.

La consanguinité n'est pas forcément un problème si les animaux consanguins ne sont pas apparentés entre eux (consanguinité non structurelle). En accouplant deux animaux consanguins non apparentés on supprime la consanguinité chez leur descendant. Pour prévoir le niveau moyen de consanguinité des produits à la génération suivante, il faut calculer l'appariement des animaux entre eux.

Tableau 6
Apparement moyen des femelles de l'effectif de référence
et des taureaux disponibles à l'insémination

	Apparement femelles (%)	Variance	Apparement taureaux d'IA	Variance
Armoricaine	3,9	4,9	4,2	7,2
Béarnaise	4,3	4,6	5,3	8,0
Casta	6,4	7,1	3,5	5,0
Ferrandaise	3,3	3,4	3,7	6,3
Froment du Léon	6,9	4,5	4,3	8,7
Lourdaise	11,6	5,7	8,1	7,0
Maraîchine	2,9	4,0	4,1	6,3
Mirandaise	4,9	4,6	4,0	7,3
Nantaise	5,9	4,7	4,7	7,7
Tarentaise	4,1	3,1	5,3	3,7
Villard de Lans	4,8	3,7	4,1	6,3

Le calcul de l'apparement montre que la Lourdais et la Casta, sont encore parmi les races avec les estimations les plus hautes. Pour la Casta, il ne sera pas facile de rétablir la situation bien que les taureaux d'insémination soient faiblement apparementés : une étude plus poussée montre que les ancêtres principaux des femelles de référence sont en moyenne assez fortement apparementés (5 %) aux taureaux d'insémination.

Les résultats de consanguinité et d'apparement de la Mirandaise, avec des chiffres dans la moyenne des races à TPE, peuvent surprendre, cette race ayant un nombre limité de souches mâles. La composition génétique de cette race explique cette situation. Parmi les races à TPE, c'est celle qui a eu le plus d'apport de gènes étrangers, par la voie femelle (croisements d'absorption sur de la Gasconne), et par la voie mâle, avec l'utilisation de taureaux croisés (Piémontais ou Gascons) dès le début des années soixante.

De façon générale, la consanguinité et l'apparement des races à TPE sont relativement élevés au regard des grandes races bovines laitières. Différents facteurs peuvent expliquer ces résultats : la faiblesse des effectifs retrouvés et actuels (l'accroissement de la consanguinité étant inversement proportionnel à l'effectif des reproducteurs), mais aussi l'absence voulue de planification des accouplements, sauf pour créer les taureaux d'insémination, qui est considérée comme trop contraignante pour les éleveurs.

CONCLUSION

La sauvegarde démographique des races à TPE étant assurée à court terme, il restait à estimer leur variabilité génétique. Pour les races dont la connaissance des généalogies est suffisante (nombre d'équivalent générations connus supérieur à 2,8), les critères calculés indiquent une variabilité génétique correcte dans l'ensemble, compte tenu des effectifs de départ ces populations. Les situations les moins favorables reflètent l'état cri-

tique des races au départ des inventaires, et parfois des pratiques d'élevage qui favorisent des pertes de variabilité génétique.

L'accroissement de la consanguinité est un phénomène naturel pour toutes les populations fermées. Les opérations de collecte de semence de taureaux ont permis de transférer une partie de la variabilité génétique femelle vers les mâles d'insémination et actuellement, il ne reste pratiquement plus d'animaux non apparementés aux taureaux d'insémination. On peut donc s'attendre à ce que la consanguinité augmente sensiblement dans les années à venir.

Un très haut niveau de consanguinité pour une race ne signe pas pour autant l'arrêt de sa viabilité. A cet égard, l'exemple du Mérinos de Rambouillet est remarquable. Ce troupeau est conduit en consanguinité étroite depuis deux siècles, or des mesures récentes de leurs caractères de reproduction montrent qu'ils sont équivalents à ceux d'autres troupeaux de Mérinos (Roy, 2000). Si un accroissement maîtrisé de la consanguinité permet une élimination progressive des gènes défavorables, un accroissement rapide risque de faire apparaître des animaux avec par exemple, des tares ou une diminution de leur faculté de reproduction. L'évolution de la consanguinité moyenne d'une population est un meilleur indicateur de la variabilité génétique que sa situation à un moment donné.

A cause de la faible qualité de l'information généalogique des races à TPE, notre analyse se borne à une estimation à un temps t de la consanguinité. L'actualisation régulière des indicateurs de variabilité génétique permettra d'effectuer un suivi. En fonction de leur évolution, il sera peut-être nécessaire de mettre en place des actions pour augmenter la variabilité génétique de certaines races, comme l'introduction limitée de sang étranger. Cependant les critères qui permettront de décider quand ce type d'action est nécessaire restent à définir : il n'est peut être pas indispensable d'agir tant que le niveau de consanguinité ne semble pas influencer les performances zootechniques de ces races.

Remerciements à Didier BOICHARD pour ses programmes de calcul, et à Laurence Maignel pour nous avoir aidé à faire tourner les programmes.

Avon, L., Vu Tien Khang, J. 1985. Elevage Insémination, 3-20.

Boichard, D., Maignel, L., Verrier, E. 1996. INRA Prod. Anim., 9, 323-335

Boichard, D., Maignel, L., Verrier, E. 1997. Genet. Sel. Evol., 29, 5-23

Maignel, L., Tribout, T., Boichard, D., Bidanel, J.P., Guéblez, R. 1998. Journées Rech. Porcine en France, 30, 109-116

Moureaux S., Boichard D., Verrier E., 2000. Renc. Rech. Ruminants, 7, ce volume

Palhière I., Barillet F., Astruc J.M., Aguerre X., Belloc J.P., Briois M., 2000. Renc. Rech. Ruminants, 7, ce volume

Roy, C. 2000. Thèse doctorat vétérinaire, ENV Maison Alfort.