



Dossier technique

Réflexions sur la gestion génétique des races françaises de sport et de course

Anne Ricard¹, Etienne Verrier², Sophie Moureaux³

¹ Ingénieur des Haras nationaux, détachée à l'I.N.R.A., centre de Jouy-en-Josas

² Maître-de-Conférences de Zootechnie à l'Institut national agronomique Paris-Grignon

³ Ingénieur agronome de l'I.N.A. Paris-Grignon

Introduction

L'élevage du cheval de sport et celui du cheval de course ont connu un fort développement en France depuis une trentaine d'années. Cinq races reconnues, sélectionnées pour des objectifs différents, sont à la base de cette activité. Le Pur-sang et l'Arabe sont des races internationales, gérées en race pure ; des conférences régulières harmonisent la gestion des différents stud-books reconnus. Le Trotteur Français est, lui, géré seulement au niveau national, son stud-book est fermé. Toutefois, de 1977 à 1993, quelques étalons étrangers, principalement Standardbred américain, ont été agréés pour produire en Trotteur Français avec un nombre limité de juments de haut niveau. Les deux dernières races, Selle Français et Anglo-Arabe, sont des races composites, avec une forte impré-

gnation de Pur-sang ; leur gestion est effectuée avec un stud-book ouvert, le Selle Français évoluant progressivement depuis 1994 vers un stud-book de plus en plus fermé. La gestion génétique de ces races résulte de choix intervenant à différents niveaux de décision. Le Service des haras détient un rôle-clef au travers de l'agrément des étalons pour la monte publique. Les nombreux éleveurs individuels participent également significativement à la gestion de leur race, au travers de la sélection des juments, du choix des étalons qu'ils proposent pour la monte et de l'utilisation qu'ils font des étalons agréés. Il peut être alors utile de faire le bilan de ces multiples décisions, et d'envisager leurs conséquences en matière de progrès génétique à court terme et de maintien de la

variabilité génétique à moyen terme. Une étude a été conduite dans ce but en 1994 et nous en rapportons ici les principaux résultats. Les données utilisées sont celles des fichiers généalogiques établis et maintenus par le S.I.R.E.. L'étude a porté sur l'ensemble des produits nés de 1974 à 1992, tous les ancêtres connus de ces produits étant inclus dans l'analyse. Un premier volet concerne l'évolution démographique de chaque race et l'analyse des pratiques en matière de sélection et d'utilisation des reproducteurs. Un deuxième volet concerne l'évolution de la consanguinité au sein de chaque race. Enfin, les contributions génétiques des ancêtres fondateurs au patrimoine génétique actuel sont analysées. Les lecteurs désirant avoir plus de détails pourront se référer aux travaux cités en fin d'article.



I. Analyse démographique

Des races majoritairement en expansion démographique

En ce qui concerne les effectifs, appréhendés au travers des naissances enregistrées annuellement dans le cadre du S.I.R.E., les races françaises de sport ou de course présentent une situation contrastée (Figure 1). Deux races, le Trotteur Français et le Selle Français, représentent à elles seules 78 % des naissances. Elles ont vu leurs effectifs doubler dans les vingt dernières années, du fait de la popularité de l'usage principal de ces races. Le Pur-sang est à la troisième place (13 % des naissances) mais avec des effectifs globalement en baisse, suivi par l'Anglo-Arabe dont les effectifs ont presque doublé dans la période considérée. L'Arabe enfin, faisait l'objet d'un élevage confidentiel jusqu'à la fin des années 70, qui s'est beaucoup développé depuis ; les effectifs de cette race en France restent cependant modestes aujourd'hui.

Une pression de sélection assez élevée chez les mâles ...

L'intensité de sélection, dont dépend directement le progrès génétique, est d'autant plus forte que la proportion d'animaux retenus par rapport à un ensemble de candidats à la sélection est faible. Dans chacune des cinq races, pour des raisons évidentes de faible productivité numérique, la pression de sélection est faible chez les femelles : la moitié d'entre elles ou plus deviennent reproductrices. La pression est plus forte chez les mâles : la proportion de mâles devenant reproducteurs se situe selon les années entre 25 et 32 % chez l'Arabe, aux environs de 7 % chez le Pur-sang et entre 2 à 5 % pour les autres races.

mais les étalons sont utilisés de manière très déséquilibrée...

Chaque étalon réalise en moyenne un petit nombre de saillies annuelles : de 23 saillies par étalon Trotteur à seulement 2,8 par étalon Arabe. Ces chiffres moyens cachent en fait de grandes disparités : un petit nombre d'étalons très populaires réalisent un grand nombre de saillies, alors que beaucoup d'autres en font très peu. Ceci se traduit par des tailles de descendance fort inégales d'un étalon à l'autre. (Tableau 1).

Le Trotteur Français et le Selle Français présentent la situation la plus déséquilibrée : les 12 à 14% d'étalons à la descendance la plus nombreuse assurent la procréation de 50% des produits, mâles ou femelles, «utiles», c'est-à-dire qui deviennent reproducteurs à leur tour. Dans ces deux races, un petit nombre de pères d'étalons a plus de 40 produits mâles sélectionnés comme étalon, c'est-à-dire environ dix fois plus que la moyenne. Cette situation

Figure 1

Evolution du nombre de naissances enregistrées de 1974 à 1992

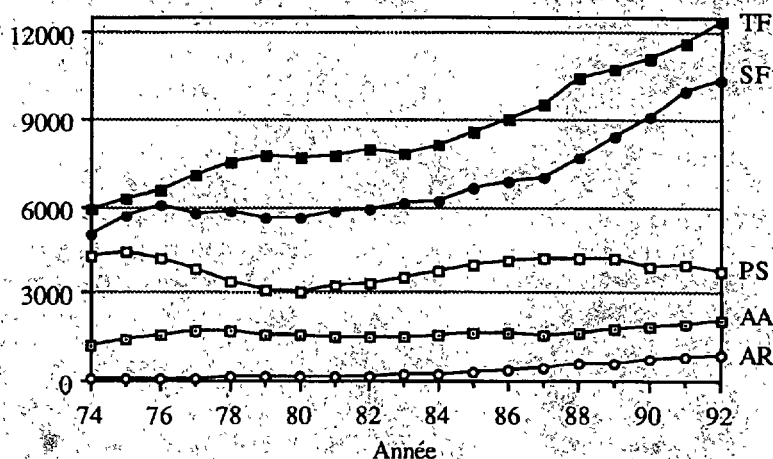


Tableau 1

Analyse du nombre de produits par étalon, les étalons étant classés par taille de descendance décroissante. Les produits considérés sont ceux qui sont nés en France dans la race depuis 1974 et qui sont devenus reproducteurs à leur tour ("produits utiles").

Race	PS	TF	AR	AA	SF
Pères d'étalons					
P50	19	12	19	21	11
P80	56	43	51	55	44
Pères de juments					
P50	12	12	14	12	13
P80	32	35	40	37	36

est défavorable au maintien de la variabilité génétique à moyen terme, dans la mesure où elle concentre les origines des gènes sur un petit nombre de reproducteurs et où elle favorise l'élévation de l'apparentement et de la consanguinité (voir encadré 1).

Encadré 1

Apparentement et consanguinité

Deux individus sont apparentés s'ils ont un ancêtre commun. Sur le plan génétique, l'apparentement de deux individus a pour conséquence la possibilité que ces individus aient reçu chacun, en un emplacement chromosomique quelconque, une copie du même gène présent chez l'ancêtre commun.

Un produit est consanguin si ses deux parents sont apparentés. Sur le plan génétique, la consanguinité a pour conséquence la possibilité que l'individu concerné ait reçu deux copies du même gène présent chez l'ancêtre commun à ses deux parents.

Il convient de ne pas confondre ces deux notions : la parenté concerne des individus pris deux à deux, la consanguinité concerne des individus seuls. La confusion est fréquente car dans le langage courant, consanguin désigne le fait de descendre d'une même «souche». Par exemple, le mariage de deux cousins germains est très souvent qualifié de mariage consanguin. Les généticiens parlent de mariage entre apparentés et réservent le terme consanguin pour les enfants nés d'un tel mariage.

Pour mesurer l'intensité de ces phénomènes, on a introduit le coefficient de parenté (entre deux individus) et le coefficient de consanguinité (d'un produit). Ces coefficients se calculent à partir des généalogies connues et ont une définition probabiliste : ils varient de 0 à 1 ou, s'ils sont exprimés en pourcentage, de 0 à 100%. *Le coefficient de consanguinité d'un produit est égal au coefficient de parenté entre ses deux parents.* On donne ci-dessous quelques valeurs du coefficient de consanguinité pour un produit qui serait issu d'un type précis d'accouplement :

Accouplement entre des individus	Valeur (en %) du coefficient de consanguinité du produit correspondant
Ayant deux arrière-grand-parents en commun	1,563
Ayant un seul grand-parent en commun	3,125
Cousins germains (deux grands-parents en commun)	6,250
Demi-frère et sœur (un seul parent direct commun)	12,500
Père et fille ou mère et fils	25,000

Schématiquement, deux phénomènes peuvent être à l'origine de l'apparition de la consanguinité au sein d'une race animale :

- Le fait que la race ait des effectifs limités de reproducteurs ou qu'elle ait connu à un moment de son histoire une période avec des effectifs limités de reproducteurs (on parle de goulet d'étranglement ou de «goulot de bouteille»). Dans ce cas, la consanguinité s'accroît régulièrement dans le temps, à un rythme qui est d'autant plus rapide que les effectifs de reproducteurs mâles et femelles sont petits et que le déséquilibre des tailles de descendance d'un reproducteur à l'autre est important. Cette augmentation de la consanguinité moyenne est approximativement parallèle à une diminution de la variabilité génétique au sein de la race concernée. Dans ce type de situation, la consanguinité est en général dite «éloignée» car résultant de l'accouplement inévitable entre animaux qui ne sont apparentés entre eux qu'au travers de générations relativement lointaines d'ancêtres communs.

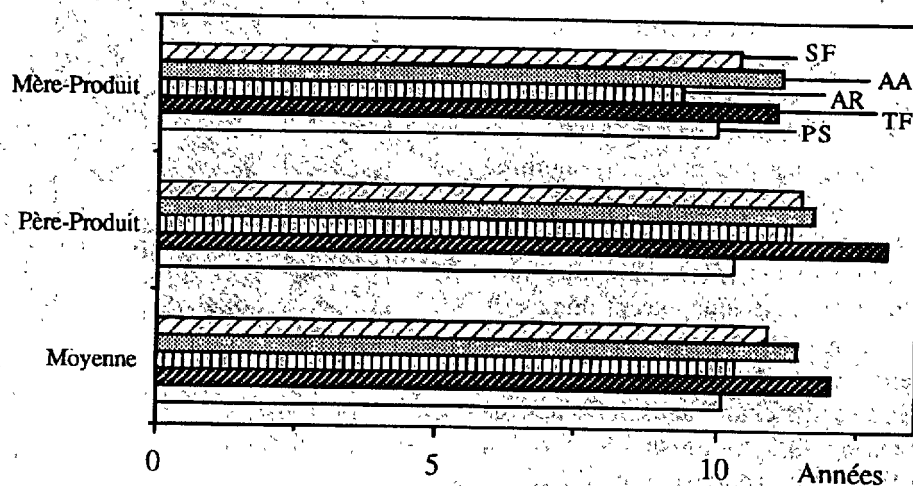
- La recherche systématique de la consanguinité, au travers d'accouplements spécialement dirigés entre de proches apparentés (cousins germains, demi-frères - sœurs, père - fille, etc.) : on parle alors de consanguinité «proche». L'évolution dans le temps de la consanguinité peut alors être erratique et dépend surtout de la fréquence avec laquelle les éleveurs induisent ce type d'accouplements.

et trop tardivement et/ou trop longtemps

Les intervalles de génération ont très peu évolué dans le temps dans les cinq races étudiées. La figure 2 présente les valeurs calculées pour un ensemble de produits nés en 1985. Les intervalles de génération moyens sont de l'ordre de la dizaine à la douzaine d'années, ce qui est beaucoup plus long que dans la plupart des autres espèces domestiques. Par ailleurs, les intervalles sont plus longs sur la voie paternelle que sur la voie maternelle, particulièrement chez le Trotteur Français. Cette situation, qui pénalise le progrès génétique annuel, n'a pas que des causes biologiques. Elle découle, d'une part, de la coupure très nette entre carrière sportive et carrière reproductive et, d'autre part, d'une utilisation très longue des reproducteurs. L'emploi des techniques modernes de reproduction peut améliorer les choses dans ce domaine.

Figure 2

Intervalles de génération (en années) sur les voies paternelles et maternelles et intervalle de génération moyen dans les cinq races
Analyse effectuée pour les produits nés en 1985



II. Analyse de la consanguinité

Des généalogies bien connues

Les résultats que l'on peut obtenir concernant la consanguinité (pour une définition précise de ce terme, voir l'encadré 1) sont fortement dépendants de la connaissance que l'on a des généalogies. Cette connaissance est globalement bonne dans la situation présente : dans chaque race, pour les produits nés en 1992, au moins 96 % des ascendants de rang 4 (arrière-arrière-grands-parents) et 62 % des ascendants de rang 6 sont connus. C'est au-delà qu'apparaissent d'importantes différences entre races, ce qui peut donc influencer l'image que l'on a de leur consanguinité : par exemple, la proportion d'ascendants enregistrés de rang 8 varie de 6 % (TF) à 53 % (PS).

Coefficient de consanguinité moyen modéré ...

Le tableau 2 donne la valeur du coefficient de consanguinité actuelle au sein des différentes races. La race dont le coefficient de consanguinité moyen est le plus élevé est l'Arabe, celle où il est le plus faible le Selle Français. Ces

valeurs moyennes ne sont pas très élevées (voir l'encadré 1 pour des éléments de comparaison).

Elles sont du même ordre de grandeur que les valeurs publiées pour diverses races étrangères de sport ou de course pour lesquelles on possède une connaissance comparable des généalogies.

Tableau 2

Coefficient de consanguinité moyen (en %) des produits nés entre 1989 et 1992

Race	PS	TF	AR	AA	SF
Nombre de produits	15 895	45 754	3 034	7 637	37 879
Coefficient moyen	1,02	1,86	3,08	1,17	0,70

mais des différences entre races quant à l'origine de la consanguinité ...

Ces valeurs moyennes de consanguinité correspondent à des distributions contrastées des coefficients individuels (Figure 3). Deux races, le Trotteur Français et le Pur-sang, ont une proportion très faible d'individus non consanguins et c'est l'Arabe qui en a la plus importante proportion. Chez toutes les races sauf l'Arabe, seule une faible proportion d'individus dépasse une consanguinité de 6,25 % (cette valeur correspond à la consanguinité d'un produit issu de l'union de deux cousins-germains) : dans ces races, les accouplements entre apparentés proches semblent donc exceptionnels. A l'opposé, cette pratique semble courante en race Arabe puisque près d'un produit sur cinq a un coefficient de consanguinité supérieur à 6,25 %. Par ailleurs, des analyses plus détaillées montrent que la consanguinité chez l'Arabe est essentiellement une consanguinité proche, ce qui est cohérent avec l'hypothèse d'une recherche de consanguinité au travers d'accouplements spécifiques. A l'opposé, la consanguinité chez le Pur-sang est essentiellement une consanguinité éloignée, les trois autres races présentant une situation intermédiaire entre Arabe et Pur-sang de ce point de vue.

et à son évolution dans le temps

La figure 4 présente l'évolution de la consanguinité moyenne au sein de chaque race depuis 1974. Signalons, toutefois, que le pedigree des produits nés il y a 18 ans (plus d'une génération et demi) est moins complet que celui des produits nés aujourd'hui, ce qui contribue à sous-estimer la consanguinité des animaux les plus anciens. Ainsi, l'évolution réelle est sans doute inférieure à celle qui est calculée, plus particulièrement chez le Trotteur pour qui ce phénomène a le plus joué. Sur la période considérée, il apparaît que les

Figure 3

Distribution cumulée des coefficients de consanguinité individuels (F) des produits nés entre 1989 et 1992

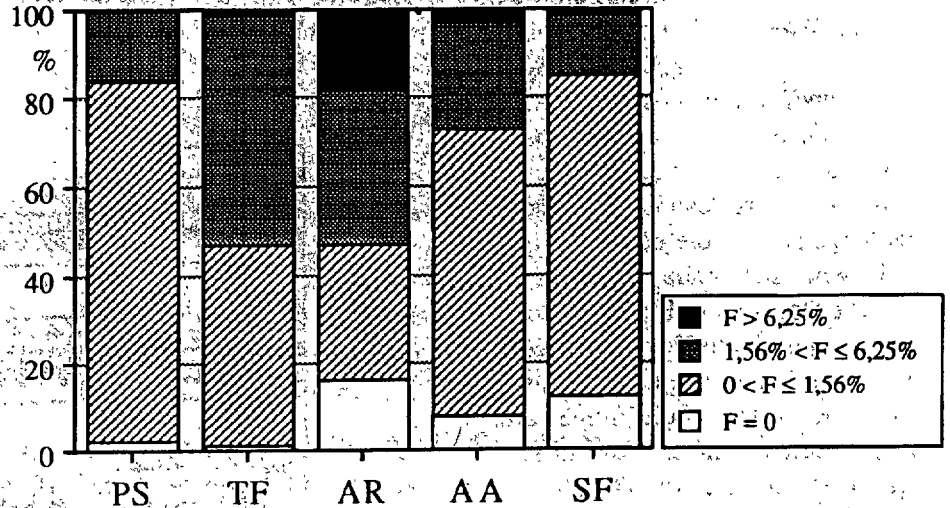
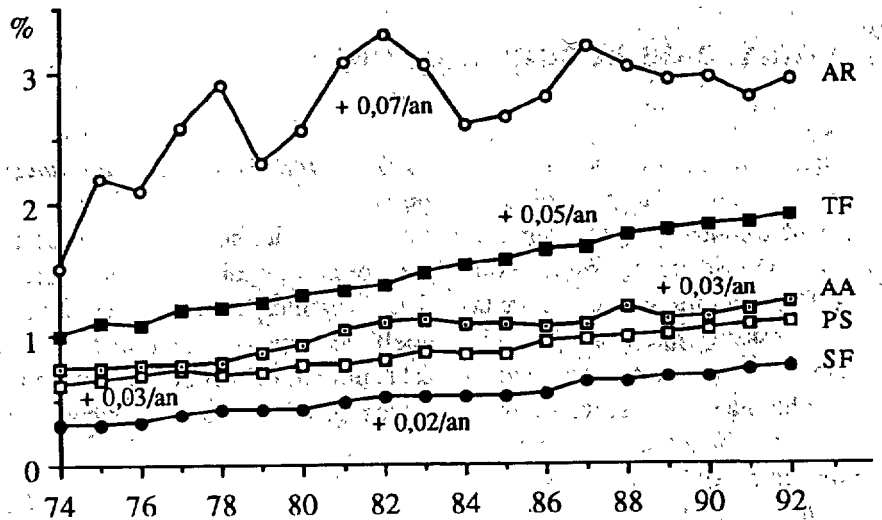


Figure 4

Evolution du coefficient de consanguinité moyen (en %) par année de naissance (tous produits considérés)



races où la consanguinité s'est élevée le plus rapidement sont l'Arabe et le Trotteur (à la réserve émise ci-dessus près). Encore faut-il distinguer le cas de l'Arabe, où cette évolution est erratique, du cas du Trotteur, où cette évolution est très régulière et traduit en

partie le déséquilibre des tailles de descendance observé plus haut ainsi sans doute qu'un «goulet d'étranglement» dans les origines génétiques de cette race qui serait intervenu au cours de sa création (voir plus loin).



III. Origine des gènes en référence aux animaux fondateurs

Des races aux origines diversifiées ...

En considérant comme «fondateurs» les animaux qui n'ont pas de parents connus dans le fichier généalogique (voir encadré 2), on constate que le nombre total de fondateurs varie, d'une race à l'autre, dans des proportions de

1 à 9 (Tableau 3). L'analyse raciale des fondateurs permet de préciser la constitution génétique de nos races et de relativiser l'impact de certaines races qui ont pu y contribuer. Ainsi, entre autres résultats, il apparaît qu'environ les trois-quarts des gènes de l'Anglo-

Arabe et du Selle Français actuels viennent du Pur-sang, directement ou indirectement par les demi-sangs. L'Arabe quant à lui ne représente qu'un quart des gènes de l'Anglo-Arabe. De même, les Trotteurs étrangers ne représentent que 7% des gènes du Trotteur Français.

Encadré 2

Fondateurs et probabilités d'origine des gènes

Dans un fichier généalogique, *un animal qui n'a pas de parent connu est dit fondateur*. Le statut de fondateur ne dépend donc que du nombre de générations que comprend l'information généalogique dont on dispose.

Pour un produit ayant des parents connus, et éventuellement d'autres ancêtres plus éloignés connus, on peut établir les probabilités d'origine de ses gènes, c'est-à-dire les probabilités respectives qu'un de ses gènes, pris au hasard, provienne des différents fondateurs auxquels son pedigree remonte. Par exemple, les probabilités relatives à chacun des deux parents directs sont égales à 1/2, celles relatives aux quatre grands-parents sont égales à 1/4, etc. En remontant jusqu'à des fondateurs, on peut caractériser, en probabilités, l'origine des gènes d'un produit donné. En appliquant cette démarche à un ensemble de produits contemporains, on caractérise l'origine des gènes de la population correspondante.

De la même façon, en cumulant les probabilités calculées pour différents produits contemporains, on peut caractériser chaque fondateur par sa contribution au patrimoine génétique actuel. Ainsi, et c'est somme toute logique, les fondateurs qui ont eu une descendance nombreuse voient souvent les pedigrees remonter jusqu'à eux et ils interviennent fréquemment dans les probabilités d'origine des gènes : leur contribution au patrimoine génétique est importante. A l'inverse, les fondateurs qui ont eu une descendance limitée ont une faible contribution au patrimoine génétique actuel. Le plus ou moins grand équilibre des contributions génétiques des différents fondateurs est un des facteurs de la variabilité génétique des races domestiques : à nombre de fondateurs constant, plus les contributions sont équilibrées d'un fondateur à l'autre, plus la variabilité génétique est importante.

Mais les bases génétiques sont parfois étroites

De même que certains étalons ont une descendance plus importante que d'autres, certains fondateurs ont une contribution au patrimoine génétique actuel plus importante que d'autres. La situation la plus déséquilibrée se trouve chez le Trotteur Français. Les bases génétiques de cette dernière race

apparaissent particulièrement étroites : la moitié du patrimoine génétique actuel du Trotteur Français provient de 25 fondateurs seulement alors que 94% des fondateurs de cette race ne représentent qu'une contribution cumulée de 20% (Tableau 3). Les bases génétiques de l'Arabe sont également étroites, mais cela traduit surtout le faible développement de cette race en France.

Grâce à un nombre total de fondateurs élevé, le Selle Français présente la base génétique la plus large (Tableau 3), malgré un net déséquilibre des contributions des différents fondateurs. Intermédiaires entre le Trotteur et le Selle Français, les races Pur-sang et Anglo-Arabe (environ 3 600 fondateurs chacune) présentent des configurations relativement proches entre elles.



Tableau 3

Nombre total de fondateurs pour les produits nés en 1992 et analyse de leur contribution génétique, les fondateurs étant classés par contribution décroissante

N50 = nombre de fondateurs pour obtenir 50% des gènes
N 80 = Nombre de fondateurs pour obtenir 80% des gènes

Race	PS	TF	AR	AA	SF
Nombre de fondateurs	3 548	2513	962	3 669	8 933
N50	99	25	58	86	143
N80	348	140	204	394	685

Conclusions et suggestions

Parmi les races élevées en France, ce sont celles avec les effectifs les plus importants, Trotteur Français, Selle Français et Pur-sang, au sein desquelles le tri des étalons est le plus sévère. On peut y voir les conséquences d'une volonté affirmée d'une sélection en vue d'objectifs simples et clairement définis. L'histoire du Trotteur repose sur un faible nombre de fondateurs et son fonctionnement actuel fait intervenir un faible nombre de pères d'étalons, ceci se traduit par une élévation régulière de la consanguinité au sein de cette race. Chez le Pur-sang, on est en présence d'une consanguinité éloignée qui s'élève relativement modérément. La situation de l'Arabe semble quant à elle très particulière, une proportion importante d'accouplements étant effectués entre proches apparentés, dans le cadre d'une recherche systématique de la consanguinité.

Sur plusieurs critères, la gestion génétique des races de sport et de course, si elle a fait preuve d'une indéniable efficacité, apparaît toutefois non optimale. Il est possible de dégager des pistes de réflexion en vue d'améliorer les choses :

1) *En ce qui concerne le progrès génétique à court terme, un effort devrait être fait en vue de raccourcir les intervalles de génération*, notamment sur la voie paternelle. Un usage plus large de l'insemination artificielle, en particulier en congelé, devrait contribuer à permettre aux étalons de mener de front, au moins en partie, carrière sportive et carrière reproductive. Les oppositions actuelles à cet usage devraient pouvoir être surmontées par une réglementation limitant le nombre de juments saillies par étalon, ce qui ne modifierait pas trop la structure actuelle de l'étalonnage.

2) *En ce qui concerne le maintien de la variabilité génétique à moyen terme, condition nécessaire à la poursuite du progrès obtenu par sélection dans l'avenir, l'accent devrait être porté sur une utilisation plus équilibrée des étalons.* Si les étalons qui laissent le plus de produits sont également les meilleurs quant à leurs aptitudes génétiques, la pratique actuelle contribue évidemment à renforcer l'intensité de sélection et donc à augmenter le progrès génétique à court terme. Cette

pratique induit cependant une concentration des origines sur un petit nombre de fondateurs et conduit à terme à un appauvrissement du patrimoine génétique des races concernées. Il serait d'ailleurs possible de combiner la recherche d'une forte intensité de sélection et le maintien de la variabilité génétique en sélectionnant un plus petit nombre d'étalons, c'est-à-dire en éliminant les étalons qui ne réalisent que quelques saillies et en utilisant les étalons sélectionnés de façon plus équilibrée. Les dernières mesures d'accroissement des exigences réglementaires pour l'agrément en monte publique, jointe à la limitation habituelle du nombre de juments saillies par étalon, vont de ce point de vue dans le bon sens. Ceci est d'autant plus important que la race a des bases génétiques étroites.

3) *Il serait intéressant d'apprécier, sur la base des données zootechniques enregistrées, l'effet de la consanguinité sur les performances sportive et de reproduction des chevaux.* Cela permettrait de juger du bien fondé de la stratégie employée en race Arabe par un certain nombre d'éleveurs.

Pour en savoir plus

Les résultats présentés ici ont fait l'objet de publications préalables plus détaillées, que le lecteur désireux d'en savoir d'avantage est invité à consulter :

Moureaux S, Ricard A, Mériaux JC, Verrier E, 1995. Caractérisation génétique des races françaises de sport et de course et analyse de leur variabilité génétique. *Institut du Cheval, 21ème journée d'étude*, 100-105.

Moureaux S, Verrier E., Ricard A, Mériaux JC, 1995. Genetic variability within French race and riding horse breeds from genealogical data and blood markers polymorphism. *Genetics Selection Evolution*, à paraître.

Moureaux S, Ricard A, Verrier E., 1995. Inbreeding and probabilities of gene origin in five French race and riding horse breeds. *46ème réunion annuelle de la FEZ, Prague, 4-8.09.95*, 8 p.

*"Les auteurs souhaitent remercier, pour ses commentaires,
M. Bertrand Langlois, directeur de recherche à l'I.N.R.A."*

