

21ème journée d'étude



1er mars 1995

Caractérisation génétique des races françaises de sport et de course et analyse de leur variabilité génétique

Sophie Moureaux*, Anne Ricard**,
J.C. Mériaux***, E. Verrier*

*I.N.A. Paris-Grignon, Département des Sciences animales - 16 rue Claude Bernard, F - 75231 PARIS CEDEX 05

** I.N.R.A., Station de Génétique Quantitative et Appliquée - F - 78352 JOUY-EN-JOSAS CEDEX

*** I.N.R.A., Labogéna, F - 78352 JOUY-EN-JOSAS CEDEX

Résumé

On a procédé à une analyse démographique et génétique des races Pur-sang, Trotteur Français, Arabe, Anglo-Arabe et Selle Français. Sauf chez l'Arabe, le tri des étalons est relativement sévère et leur utilisation déséquilibrée. La consanguinité s'est élevée régulièrement depuis quinze ans, le coefficient de consanguinité moyen allant aujourd'hui de 0,7 % en Selle Français à 3,1 % en race Arabe. Cette dernière se caractérise par une pratique courante des accouplements entre proches apparentés. L'analyse des probabilités d'origine des gènes fait ressortir une contribution majeure du Pur-sang au patrimoine génétique des races Anglo-Arabe et Selle Français, ainsi qu'un impact mineur de Trotteurs étrangers dans la constitution actuelle du Trotteur Français. Sur la base du polymorphisme des marqueurs sanguins, on a calculé les distances génétiques entre les cinq races françaises, quatre races américaines (Pur-sang, Quarter-Horse, Trotteur et Arabe) et l'Arabe marocain. Les trois échantillons Arabes sont très proches entre eux. L'Anglo-Arabe et le Selle Français sont très proches l'un de l'autre et sont proches des deux Pur-sang et du Quarter-Horse. Les deux races de Trotteurs sont toutes deux très éloignées des autres races et le Trotteur Français a une constitution génétique très différente de celle du Trotteur américain.

Mots-clés : démographie ; consanguinité ; origine des gènes ; distances génétiques.

Summary

Genetic analysis of the French riding or race horse breeds. Demographical management and inbreeding were analysed within five French breeds : Pur-sang (Thoroughbred), Trotteur Français, Arabian, Anglo-Arabe and Selle Français, on the basis of genealogical data. Except for the Arabian, the proportion of stallions selected for breeding within all male offspring born a given year was small, from 2 to 7 %, and the distribution of family sizes was unbalanced. Inbreeding increased regularly during the last 15 years. The average coefficient of inbreeding within offspring born in 1992 had a value from 0,7 % (Selle Français) to 3,1 % (Arabian). From the distribution of coefficients of inbreeding, it is concluded that mating between close relatives is a current practice in the Arabian. Probabilities of genes origin were analysed. Thoroughbred had a major contribution (> 50 %) to the actual gene pool of Anglo-Arabe and Selle Français breeds. Foreign Trotters had a small contribution (7 %) to the actual gene pool of the Trotteur Français. Genetic distances were computed on the basis of gene frequencies for 7 blood groups and 9 blood proteins. The analysis included the five French breeds, four American breeds : Thoroughbred, Quarter-Horse, Standardbred and Arabian, and the Arabian breed from Morocco. From these distances, the breeds could be divided into 4 groups : (1) the three Arabian breeds, (2) the two Thoroughbred (French and American), Quarter-Horse, Anglo-Arabe and Selle Français, (3) Trotteur Français alone and (4) American Standardbred alone. A great genetic distance was computed between the two breeds selected for trotting races, Trotteur Français and American Standardbred.

Key-Words : demography ; inbreeding ; genes origin ; genetic distances.

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. Parmi elles, deux sont internationales : le Pur-sang et l'Arabe. Les trois autres, le Trotteur Français, le Selle Français et l'Anglo-Arabe, sont plus spécifiquement nationales mais les deux dernières ont fait appel à des reproducteurs des deux races précédentes. Dans ce contexte, il est utile de pouvoir caractériser ces différentes races sur le plan génétique. L'étude des fichiers généalogiques de ces races (fichiers S.I.R.E.) et l'exploitation des analyses des marqueurs sanguins (dans le cadre des contrôles de filiation) permettent d'apporter des éléments objectifs de caractérisation, ce que nous nous proposons de faire pour les cinq races sus-nommées. Un premier volet concerne la démographie et la situation de chaque race vis-à-vis de la consanguinité. Un deuxième volet consiste à retracer l'histoire des gènes en remontant aux animaux fondateurs de ces races, ce qui permet de quantifier objectivement l'apport des différentes populations originelles. Un troisième volet consiste à établir, aux travers des distances génétiques, dans quelle mesure les races actuelles ont une constitution génétique semblable ou non ; cette dernière analyse intègre, outre les cinq races françaises, diverses races étrangères.

I. DEMOGRAPHIE ET CONSANGUINITE

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 (tableau 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 en légère 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, et s'est beaucoup développé depuis ; les effectifs de cette race en France restent cependant modestes aujourd'hui.

L'analyse rétrospective du fichier S.I.R.E. de chaque race permet de caractériser leur fonctionnement démographique, dont nous ne donnons ici que les grandes lignes (voir Moureaux et al., 1995, pour plus de détails). Parmi les femelles nées avant 1981, c'est-à-dire qui ont en majorité fini leur carrière sportive, la proportion de celles qui ont été au moins une fois reproductrices est élevée : autour de 80 % en Arabe et de 50 % pour les autres races. La proportion de mâles devenant reproducteurs est évidemment plus faible : entre 25 et 32 % chez l'Arabe, 7 % chez le Pur-sang et seulement 2 à 5 % pour les autres races. 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 est beaucoup utilisé, alors que beaucoup d'autres ont peu de produits enregistrés. Pour l'ensemble des produits (mâles et femelles), c'est chez le Pur-sang que la situation est la plus déséquilibrée ; si l'on ne considère que les pères d'étalons, c'est chez le Trotteur que l'on trouve le plus grand déséquilibre, le choix des jeunes étalons ne se faisant que sur un très petit nombre de pères d'étalons.

Les résultats que l'on peut obtenir concernant la consanguinité 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 connus de rang 8 varie de 6 % (TF) à 53 % (PS).

Tableau 1 : Nombre de naissances enregistrées en 1992 et évolution récente
Registered births in the French riding or race breeds : actual situation and recent changes.

Nom Name	Symbole Symbol	Nb de naissances en 1992 Nr of births in 1992	Evolution des naissances 74-92 Change in the nr of births 74-92
Pur-sang (<i>Thoroughbred</i>)	PS	3 795	- 11 %
Trotteur Français	TF	12 335	+ 109 %
Arabe (<i>Arabian</i>)	AR	866	voir texte
Anglo-Arabe	AA	2 089	+ 80 %
Selle Français	SF	10 327	+ 105 %

La première partie du tableau 2 permet de caractériser la 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 excessivement élevées : par exemple, un coefficient de 0,8 % correspond à un seul arrière-grand-parent commun au père et à la mère du produit consanguin. A titre de comparaison, avec une connaissance un peu moins bonne des pedigrees, le coefficient de consanguinité moyen des produits nés en 1990 et 1991 en race Boulonnaise, race de trait à effectifs limités, était de 5,0 % (Tellier et al., 1993). Ces valeurs moyennes correspondent cependant à des distributions contrastées des coefficients de consanguinité. Deux races, le Trotteur et le Pur-sang, ont une proportion très faible d'individus non consanguins. A l'opposé, c'est la race la plus consanguine en moyenne, l'Arabe, qui a la plus importante proportion d'individus non consanguins. 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). Les accouplements entre apparentés proches semblent donc exceptionnels, sauf en race Arabe où cette pratique semble très développée puisque près d'un produit sur cinq a un coefficient de consanguinité supérieur à 6,25 %.

La deuxième partie du tableau 2 présente l'évolution de la consanguinité 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 demie) est moins complet que celui des produits nés aujourd'hui, ce qui constitue en soi une cause d'augmentation des coefficients calculés. 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 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 du Trotteur où l'évolution est régulière du cas de l'Arabe où cette évolution est beaucoup plus erratique. Pour les autres races, l'évolution est régulière et plus modérée.

Ces différents résultats, ainsi que des analyses plus détaillées (Moureaux et al., 1995) permettent de souligner que nous sommes en présence de races au fonctionnement démographique différent et où la consanguinité a des origines différentes. Le Pur-sang et le Trotteur Français sont des races fermées avec une consanguinité lointaine (PS) ou intermédiaire (TF). Le Trotteur se caractérise par un faible nombre de fondateurs et un très faible nombre de pères d'étalons à chaque génération : ceci contribue à une élévation rapide de la consanguinité dans cette race. Le Selle Français et l'Anglo-Arabe ont un niveau de consanguinité assez faible, ce qui peut s'expliquer en partie par la pratique du croisement dans la constitution ou le fonctionnement actuel de ces races. Cependant, du fait d'un nombre de fondateurs plus faible, et peut-être également à cause d'une recherche de consanguinité chez une petite partie des produits, la consanguinité moyenne est plus élevée chez l'Anglo-Arabe. Chez l'Arabe enfin, c'est sans doute l'importation récente d'animaux issus de branches très différentes de l'Arabe élevé en France qui explique la part significative d'animaux non consanguins. Dans cette race, toutefois, il y a manifestement une recherche de la consanguinité au travers d'accouplements entre proches apparentés.

Tableau 2 : Consanguinité des produits nés entre 1989 à 1992 et évolution de 1974 à 1992
Inbreeding within animals born between 1989 and 1992 and recent change in inbreeding.

Race - Breed	PS	TF	AR	AA	SF
Naissances 1989-1992 - Births 1989-1992					
Nombre total - Total number	15 895	45 745	3 034	7 637	37 881
Coefficient de consanguinité moyen (%) Average coefficient of inbreeding (%)	1,0	1,8	3,1	1,2	0,7
Proportion de coefficients nuls Proportion of null coefficients	2 %	1 %	16 %	8 %	12 %
Proportion de coefficients > 6,25 % Proportion of coefficients > 6,25 %	0 %	1 %	18 %	3 %	1 %
Evolution 1974-1992 - Change 1974-1992					
Point de pourcentage par an Percentage point per year	+0,026	+0,052	+0,070	+0,029	+0,024

II. ORIGINE DES GENES EN REFERENCE AUX ANIMAUX FONDATEURS

En remontant les pedigrees des individus, il est possible de calculer les probabilités d'origine de leurs gènes en référence à des animaux fondateurs. Sont déclarés fondateurs les individus qui n'ont pas de parents connus dans le fichier. En regroupant les fondateurs, il est possible de donner une image de la constitution génétique des races actuelles. Les résultats qui suivent concernent l'ensemble des produits nés en 1992.

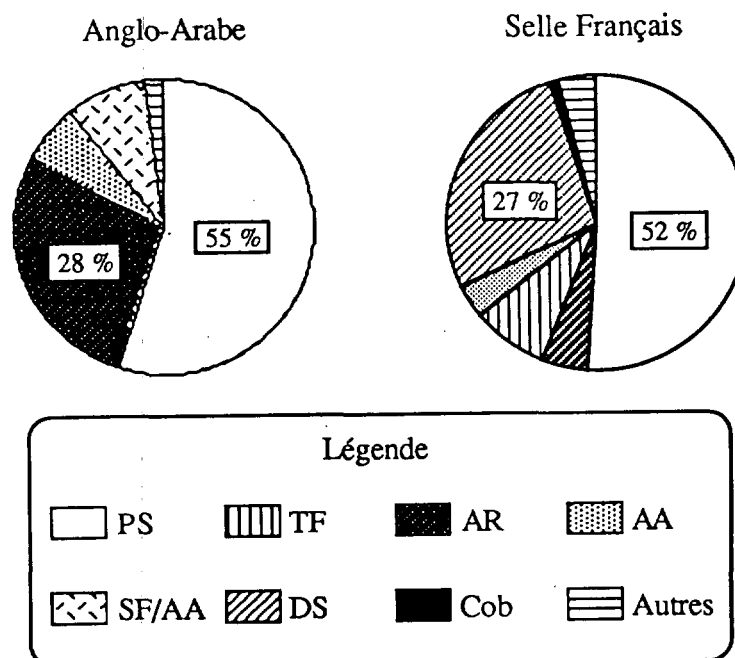
Une telle analyse permet tout d'abord de préciser le « poids » des fondateurs étrangers dans le noyau français des races pures internationales : ce poids est de 10 % chez le Pur-sang et de 51 % pour l'Arabe. On peut donc dire qu'il existe un fort noyau de Pur-sang français au sein de l'ensemble du Pur-sang. En revanche, l'Arabe a réalisé son expansion en France en puisant largement dans un réservoir étranger.

On peut également analyser la contribution de diverses races au patrimoine génétique actuel des races spécifiquement françaises. Chez le Trotteur Français, 91 % des gènes actuels proviennent de fondateurs eux-même Trotteurs Français, 7 % de Trotteurs étrangers et 1% seulement du Pur-sang (le dernier % rassemblant les « divers »). On peut donc souligner la typicité du Trotteur Français en matière d'origine de ses gènes. La situation est plus diversifiée en ce qui concerne les races composites que sont l'Anglo-Arabe et le Selle Français (figure 1). On note cependant la prépondérance du Pur-sang, qui contribue pour plus de la moitié au patrimoine génétique actuel de ces deux races. Pour l'Anglo-Arabe, la seconde race fondatrice importante est bien sûr l'Arabe, dont la contribution est, toutefois, nettement inférieure à celle du Pur-sang. Chez le Selle Français, on constate une contribution importante des Demi-sang (ancienne appellation du Selle Français) ; les autres races ont chacune une contribution inférieure à 10 %, mais on remarque un apport non négligeable du Trotteur Français (8 %), sans doute favorisé par l'aire d'élevage originelle, la Normandie, commune aux deux races.

Figure 1. Contribution de diverses races au patrimoine génétique actuel (produits nés en 1992) des races Anglo-Arabe et Selle Français. Pour les symboles, voir tableau 1 et ci-dessous.

Contribution of different breeds to the actual gene pool (animals born in 1992) in the breeds Anglo-Arabe and Selle Français. For breeds' symbols, see table 1 and see below.

SF/AA = Selle Français facteur d'Anglo-Arabe = *Selle Français approved to produce Anglo-Arabe*
 DS = Demi-sang = *cross between Thoroughbred and a local breed (essentially the Normand breed)*
 Cob = *a breed from Normandy, intermediate between a riding horse and a draught horse*
 Autres = *Other breeds*



III. DISTANCES GENETIQUES ENTRE RACES

Les fréquences alléliques estimées à différents marqueurs sanguins (7 systèmes de groupe sanguin et 9 protéines sanguines) ont été utilisées pour calculer des distances génétiques entre races, selon l'indice standard de Nei (pour plus de détails, voir, par exemple, Guérin et Mériaux, 1986). Pour les races françaises, l'échantillon a été constitué par les produits nés en 1991 ayant fait l'objet d'un typage sanguin, soit environ 3 900 PS, 4 900 TF, 800 AR, 400 AA et 3 900 SF. L'étude a également porté sur les échantillons de quatre races américaines, 120 000 Pur-sang, 32 000 Quarter-Horse, 5 500 Arabes et 3 000 Trotteurs, ainsi que sur un échantillon de 400 Arabes marocains (Ouragh et al., 1994). Le résultat synthétique de l'étude des distances génétiques, sous forme d'un dendrogramme, est présenté à la figure 2. Les races présentant entre elles la plus grande proximité génétique sont regroupées en premier, c'est-à-dire le plus à gauche sur le graphe ; les groupes les moins proches apparaissent en dernier, c'est-à-dire le plus à droite sur le graphe.

Il apparaît tout d'abord que les trois échantillons d'Arabe sont très proches l'un de l'autre et forment un groupe bien individualisé. Ceci semble assez logique dans la mesure où l'Arabe est une race internationale et que, en France tout du moins, le recours à des reproducteurs étrangers est une pratique courante.

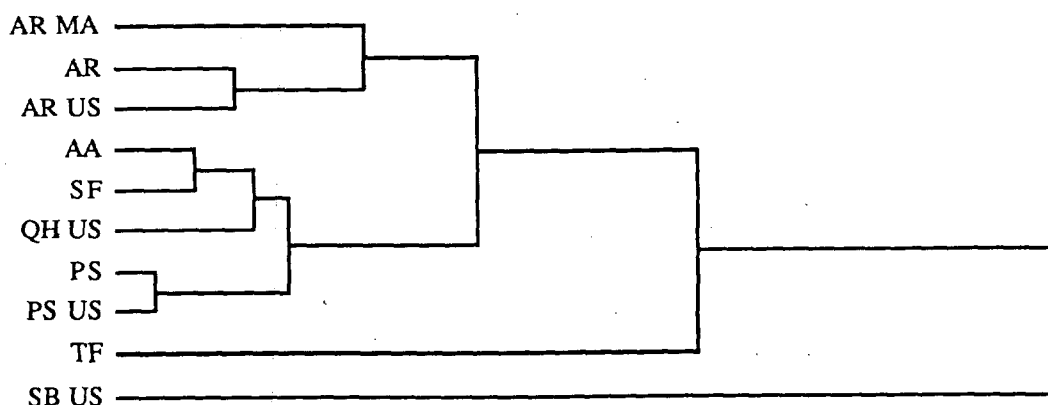
Un deuxième regroupement concerne les deux Pur-sang, qui ont entre eux la plus petite distance génétique de tout l'ensemble, et les races qui en sont dérivées : Anglo-Arabe, Selle Français et Quarter-Horse. On peut supposer que les causes évoquées pour l'Arabe ont joué dans une moindre mesure pour le Pur-sang (Cf 2ème partie). Par ailleurs, le résultat concernant l'Anglo-Arabe et le Selle Français est cohérent avec l'importance de la contribution génétique du Pur-sang à ces deux autres races (Cf 2ème partie). On constate enfin que l'Anglo-Arabe est relativement éloigné des Arabes. En fait, la méthode de classification employée exagère le phénomène car l'Arabe français a une distance génétique plus faible avec l'Anglo-Arabe qu'avec son homologue marocain. La place de l'Anglo-Arabe dans ce graphe traduit bien cependant le déséquilibre entre les contributions de ses deux races fondatrices mis en évidence plus haut.

Les deux échantillons de Trotteurs se distinguent très nettement des autres races. Les races les moins éloignées du Trotteur Français sont le Selle Français, d'une part, et les Arabes, d'autre part ; si le premier résultat peut s'expliquer par l'origine Normande commune des deux races et la légère contribution du Trotteur Français au Selle Français (Cf 2ème partie), aucun élément connu de l'histoire des races concernées ne permet d'expliquer le second. Enfin, les deux races les plus éloignées du Trotteur Français, avec des distances du même ordre, sont le Pur-sang américain et le Trotteur américain. Il semble donc que, malgré des objectifs de sélection très proches, les deux races de Trotteurs ont des constitutions génétiques fort différentes.

Figure 2. Relations génétiques entre diverses races françaises et étrangères de sport ou de course, établies à partir des indices standard de Nei. Pour les symboles, voir tableau 1 et ci-dessous.

Genetic relationships between French riding or race breeds and other breeds. The genetic distances used were the Nei's standard genetic distances. For breeds' symbols, see table 1 and see below.

PS US = Pur-sang américain = *American Thoroughbred* QH US = Quarter-Horse = *Quarter-Horse*
 SB US = Trotteur américain = *American Standardbred*
 AR US = Arabe américain = *American Arabian* AR MA = Arabe marocain = *Arabian from Morocco*



CONCLUSION

Les différents résultats rapportés ici permettent de mieux caractériser les races françaises de sport ou de course, tant sur le plan de leur fonctionnement démographique interne que sur celui des liaisons génétiques qui existent entre elles et avec quelques autres races étrangères.

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 très faible nombre de pères d'étalons ; ceci se traduit par une élévation régulière et rapide de la consanguinité au sein de cette race. La situation de l'Arabe semble quant à elle très particulière, une proportion importante d'accouplements étant effectuée entre proches apparentés, dans le cadre d'une recherche systématique de la consanguinité. Il serait intéressant d'apprécier, sur la base des données zootechniques enregistrées, l'effet de la consanguinité sur les performances de reproduction des chevaux et sur leurs résultats en compétition. Cela permettrait de juger du bien fondé de la stratégie employée par un certain nombre d'éleveurs d'Arabe. Par ailleurs, le souci du maintien d'une certaine variabilité génétique à long terme devrait conduire à envisager l'intérêt qu'il pourrait y avoir chez le Trotteur à élargir le choix des pères d'étalons, malgré les différences de popularité qui peuvent exister entre les étalons disponibles à un moment donné.

Les résultats de l'analyse des contributions de différentes races au patrimoine génétique actuel des races de sport ou de course sont cohérents avec ce que l'on connaît de leur histoire. Le rôle du Pur-sang se révèle ainsi déterminant dans la constitution de l'Anglo-Arabe et du Selle Français. L'impact de Trotteurs étrangers se révèle mineur dans la constitution du Trotteur Français. Ces différents éléments se retrouvent au stade de l'analyse des distances génétiques entre races établie sur la base du polymorphisme des marqueurs sanguins. En incluant quelques races étrangères, cette analyse fait bien ressortir, d'une part, le groupe des Arabes et, d'autre part, celui des Pur-sang et des races issues du Pur-sang. Elle permet également de confirmer la constitution génétique originale des races de Trotteurs et, en particulier, de bien différencier le Trotteur Français du Trotteur américain.

Les différentes races françaises de sport et de course constituent en définitive un ensemble de races originales. Leurs objectifs de sélection sont bien différenciés, au moins pour les trois plus importantes. A l'avenir, il semble utile d'observer à intervalles réguliers l'évolution de la consanguinité et de la variabilité génétique au sein de ces races. De la même façon, il serait intéressant d'analyser l'évolution des liens génétiques entre le Pur-sang et le Selle Français sous l'effet d'une sélection pour des objectifs différents.

REMERCIEMENTS - ACKNOWLEDGEMENTS

Les auteurs remercient Ann T. Bowling, Professeur à l'Université de Californie, à Davis, pour la communication des résultats concernant les fréquences géniques au sein des quatre races américaines.

The authors are indebted to Prof. Ann T. Bowling, University of California, Davis, for kindly putting to our disposal the data about gene frequencies within the four American breeds.

REFERENCES

- GUERIN G., MERIAUX J.C., 1986. La distribution des marqueurs sanguins dans les races équines. Analyse sur un échantillon de Pur-sang, Trotteur Français et Selle Français. *CEREOPA, 12ème journée d'étude, Paris, 12 mars 1986*, 2-13.
- MOUREAUX Sophie, RICARD Anne, VERRIER E., MERIAUX J.C., 1995. Genetic variability within the race and riding French horse breeds. *Genet. Sel. Evol.* (soumis à publication).
- OURAGHL., MERIAUX J.C., BRAUN J.P., 1994. Genetic blood markers in Arabian, Barb and ArabBarb horses in Morocco. *Anim. Genet.*, 25, 45-47.
- TELLIER X., LEFAUDEUX Frédérique, TAVERNIER Anne, VERRIER E., STIEVENARD R., POURCHET B., 1993. Analyse de la structure génétique de la race Boulonnaise et programme mis en place pour préserver sa variabilité. *CEREOPA. 19ème journée d'étude, Paris, 3 mars 1993*, 130-139.