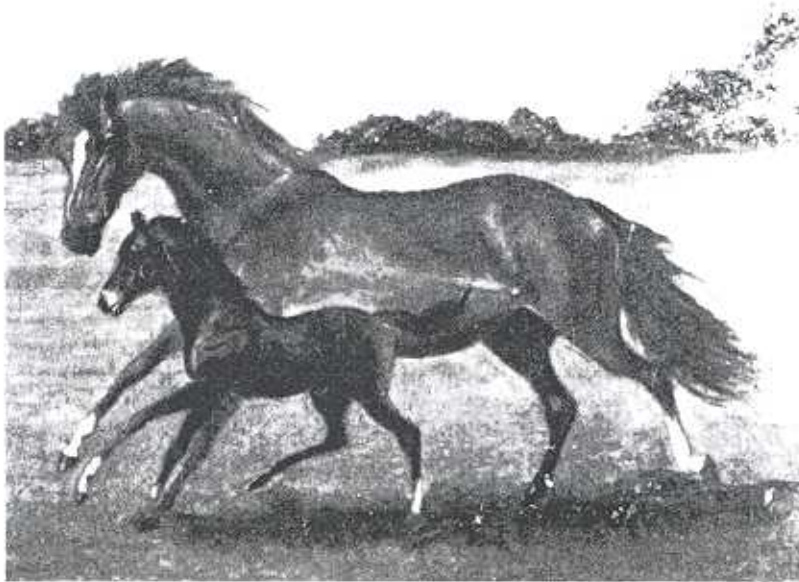


THÈME:
PRODUIRE UN CHAMPION

COLLOQUE DU CHEVAL



CONSEIL
DES PRODUCTIONS
ANIMALES
DU QUÉBEC

INSTITUT DE TECHNOLOGIE AGRICOLE ET ALIMENTAIRE
SAINT-HYACINTHE

Le 26 avril 1986

Québec 

Auteurs et collaborateurs

L'avenir du cheval dans notre société

Conférencier:

André Viens, d.m.v., secteur équin, Département de médecins, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal.

Collaborateur:

Marcel Marcoux, d.m.v., M.Sc., chirurgien, Département de médecins, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal.

La génétique appliquées à l'amélioration des productions chevalines françaises.

Conférencier:

Bertrand Langlois, directeur de recherche à l'INRA, Station de génétique quantitative et appliquée, Centre national de recherche zootechnique, Jouy-en-Josas France

Alimentation du cheval de performance

Conférencier:

Jean-Henri Côté, B.Sc. (Agr), d.m.v., professeur, I.T.A. de La Pocatière.

Collaborateurs:

Françoise Corriveau, agronome, Saint-hyacinthe.
John Baker, professeur, Département de zootechnie, Université du Kentucky.
Mike Hand, d.m.v., Mark Morris Associates.

Groupe de recherche en médecine équine du Québec: profil et présentation d'un projet.

Conférencier:

Diane Blais, d.m.v., certificat de résidence en anesthésie, professeur d'anesthésie, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal.

Collaborateurs:

Marcel Marcoux, d.m.v., M.Sc., chirurgien, Département de médecine, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal.
Nicolas Pelletier, d.m.v., étudiant au 2^{ème} cycle, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal.

Contrôle de l'activité ovarienne des juments: résultats récents.

Conférencier:

Érick Palmer, Institut national de recherche Agronomique, station de physiologie de la reproduction, Nouzilly, France.

Moyens médicaux d'améliorer le taux de fertilité chez la jument.

Conférencier:

Anicet Brault, d.m.v., technologie équine, I.T.A., La Pocatière.

Les interventions du M.A.P.A.Q. dans le monde du cheval

I — Programmes et lois.

Conférencier:

Jean-Guy Gélinas, agronome, Service de la programmation et de la coordination, Direction de la santé animal, MAPAQ.

II — Le programme d'amélioration de la santé animale au Québec.

Conférencier:

Denis Sanfaçon, d.m.v., M.Sc., chef intérimaire du Service de la programmation et de la coordination, Direction de la santé animale, MAPAQ.

III — Le système québécois de crédit agricole.

Conférencier:

Marcel Massé, agronome, Direction du financement agricole, Office du crédit agricole, Sainte-Foy.

La génétique appliquée à l'amélioration des productions chevalines françaises

Bertrand Langlois

Introduction

L'expression « l'amélioration de la race chevaline » bien qu'inexacte a toujours une résonance importante dans l'esprit d'un public francophone. Elle bénéficie en effet d'une très forte épaisseur culturelle. A notre avis on peut en situer l'origine très loin jusqu'aux articles sur l'âne et le cheval de l'histoire naturelle de Buffon (1753). Très marqués par les dogmes de l'époque sur la création on y pressent toutefois les idées évolutionnistes dans le concept de dégénérescence des races sous l'influence des climats et des lieux. Ces idées trouvèrent en plus une application dans la doctrine du croisement des races imposée par le très autoritaire Bourgelat, le fondateur de nos écoles vétérinaires, à l'administration naissante des Haras nationaux français. Pour revenir au type parfait de la création, défini par ses fameux canons, il préconisait l'emploi d'étalons choisis à l'opposé des juments de manière à compenser les écarts à l'idéal qu'elles présentaient. Il fallait alors aller les chercher dans des localités et pays éloignés.

Pour faire contrepoids l'idée d'amélioration dans l'indigénat ne put se substituer efficacement à celle de la simple conservation du type local que tardivement à mesure que les idées de Darwin sur l'évolution permettaient au concept de sélection de naître. La création en Angleterre du Pur Sang conforta encore ces idées en imposant en plus la notion de sélection sur l'épreuve plutôt que sur l'apparence.

Il s'en suivit petit à petit une domination de la conduite en race pure sur la conduite en croisement qui culmina avec l'apparition des Stud-Books.

Jusqu'à cette époque le cheval auquel l'homme s'identifiait intensément servait seul de support expérimental aux théories sur l'hérédité. Plus tard les choses changèrent les techniques éprouvées sur le cheval furent mises en oeuvre sur d'autres espèces, la zootechnie naissait. A l'aube du XXIème siècle on redécouvrait Mendel et Fisher jetait les fondements de la génétique quantitative. Dans le même temps l'importance économique du cheval commençait à décliner. D'autres espèces comme les bovins, le porc et la volaille bénéficièrent alors d'un grand effort

d'amélioration génétique au moment même où le cheval était plus ou moins abandonné et marginalisé. C'est ainsi que paradoxalement après avoir été le moteur des progrès en la matière il paraissait vers les années 1970 avoir pris beaucoup de retard. C'est vers cette époque aussi que quelques généticiens dans l'ancien comme dans le nouveau monde se préoccupèrent à nouveau de lui. Nous avons été de ceux là en France et c'est ainsi que l'activité reprit peu à peu dans ce secteur.

Nous nous proposons donc pour illustrer l'application au cheval des techniques modernes de la génétique de résumer les travaux français dans ce domaine.

Ils ont commencé par l'inventaire des connaissances scientifiques disponibles sur le sujet, puis l'analyse des différentes situations propres au cheval dans notre pays s'est peu à peu éclaircie.

La recherche et la définition des critères estimateurs de la qualité des chevaux en fonction des buts poursuivis s'en sont suivies.

Enfin la mise en oeuvre des techniques statistiques et génétiques classiques a permis d'aborder l'évaluation objective des reproducteurs pour une utilisation génétique optimale.

I. L'analyse de la situation

a. L'état des connaissances.

Il est important de connaître le degré d'hérédité des caractères que l'on sélectionne. Ce degré peut être mesuré par des corrélations entre individus apparentés. Si la corrélation entre des individus apparentés comme par exemple les parents et les descendants est élevée on dira que le caractère est héréditaire. On dira aussi que la mesure du caractère sur un individu donne une bonne idée de la valeur en tant que reproducteur. A l'opposé si cette corrélation est faible ou nulle le caractère sera dit peu

ou pas héritable et la mesure du caractère chez l'animal ne fournira que peu ou même aucune information sur la manière dont il produira.

Un de nos premiers travaux a donc été de faire l'inventaire des estimations d'hérabilité des caractères quantitatifs chez le cheval. Cette étude a révélé les points suivants:

les nombreuses lacunes de la connaissance génétique des équidés peuvent être en partie comblées par des analogies avec d'autres espèces notamment en ce qui concerne l'hérédité des caractéristiques de la reproduction de la croissance et de la conformation (LANGLOIS, 1984c).

En revanche pour les qualités qui sont spécifiques du cheval, des travaux n'ont été réalisés que dans la mesure où l'on pouvait disposer de données. C'est ainsi qu'à partir des résultats de courses, les études sont relativement nombreuses et ont justifié des mises au point bibliographiques particulières (LANGLOIS, 1980 et 1984a) pour le Pur Sang et LANGLOIS, (1982) pour le Trotteur.

Dans d'autres domaines comme l'aptitude au saut, la qualité des allures, le caractère, le cœur, les capacités d'apprentissage ou la résistance et l'endurance, les informations sont incomplètes et fragmentaires (LANGLOIS, 1984b). Pour faire des études génétiques il faut en effet pouvoir disposer d'installations pour tester un grand nombre de chevaux sur ces caractéristiques. Cela n'a été envisagé que dans certains pays qui disposent soit de stations de contrôle individuel des étalons soit de grands centres d'élevage. Pour ce type de caractère où aucune comparaison avec une autre espèce n'est envisageable, le manque d'informations précises est alors plus difficile à surmonter dans la sélection.

Néanmoins on peut dire que d'une manière générale la bibliographie confirme le sentiment des hommes de cheval et que l'ensemble des caractéristiques recherchées chez le cheval apparaît comme plus ou moins héritable. C'est dans la quantification objective de ce plus ou moins que les approches scientifiques viennent le plus utilement renseigner les approches empiriques traditionnelles.

b. L'élevage français.

L'amélioration génétique suppose le contrôle des populations que l'on désire améliorer et la définition d'objectifs économiques pour la production. En la matière le côté affectif de cet élevage n'est pas toujours propice à la définition d'objectifs clairs. L'aspect marginal de la production ne contribue pas non plus à dynamiser son organisation. Il nous est apparu néanmoins que l'élevage français disposait d'un certain nombre d'atouts qu'il nous a paru important de valoriser.

Chez nous comme dans tous les pays industrialisés les effectifs équins se sont effondrés au cours des dernières décennies. Une analyse du phénomène distinguant les « races de sang » des « races de trait » rend toutefois mieux compte de l'évolution de cet élevage. S'opposant à la diminution régulière des chevaux des races de trait on note une augmentation aussi régulière des chevaux de sang liée au développement des courses d'une part et à celui de l'équitation de sport et de loisirs d'autre part. Par ailleurs une politique de soutien à la production de viande motivée par une forte consommation intérieure, 80 000 tonnes, couverte seulement à 20% par l'auto approvisionnement, a permis de stabiliser un peu en dessous de 90 000 l'effectif de nos poulinières.

En effet en 1984, le détail par race de l'effectif des juments saillies révèle que les juments lourdes comptent encore pour 44%, les poulinières de sang sont partagées pour 57% en reproductrices des races de selle et 43% en reproductrices des races de course représentées chez nous à la fois par les Trotteurs (14 500 poulinières) et les Pur Sang (7 100 poulinières).

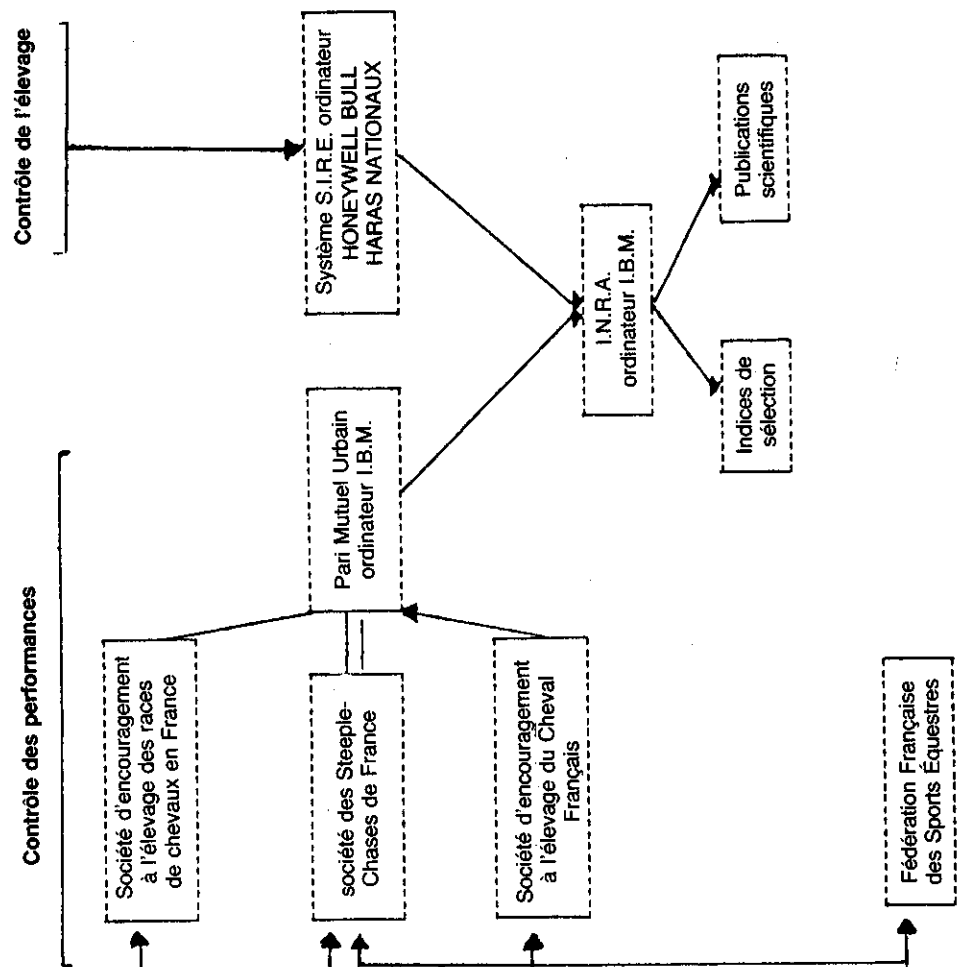
En ce qui concerne le financement, il faut noter qu'un quasi monopole des jeux d'argent a été longtemps accordé par le gouvernement aux courses de chevaux. Il en résulte que la grande majorité des activités hippiques sont plus ou moins subventionnées ou même totalement financées par un pourcentage du prélèvement de l'état sur les enjeux. Il est donc difficile en France de séparer totalement les courses de l'élevage du cheval en général. Cela explique également le rôle central et très important du service des Haras Nationaux, dans l'organisation de l'élevage et des différentes activités se rapportant au cheval.

— Les courses tant au galop qu'au trot ont évidemment bénéficié les premières de l'essor du Pari Mutuel Urbain qui est devenu un véritable phénomène de société. Il draine des sommes considérables et représente 1% des recettes fiscales de l'état. On estime entre 50 et 60 000 le nombre d'emplois de ce secteur. Les courses plates, les courses d'obstacles et les courses au trot sont administrées par trois sociétés. Elles assurent sous la tutelle du Service des Haras le contrôle des performances. Celui-ci dispose par ailleurs du contrôle administratif complet de l'élevage. Ces différents organismes s'étant tous équipés entre 1971 et 1975 d'une gestion informatisée dotent maintenant la France d'un outil centralisé remarquablement puissant pour la conduite de son élevage.

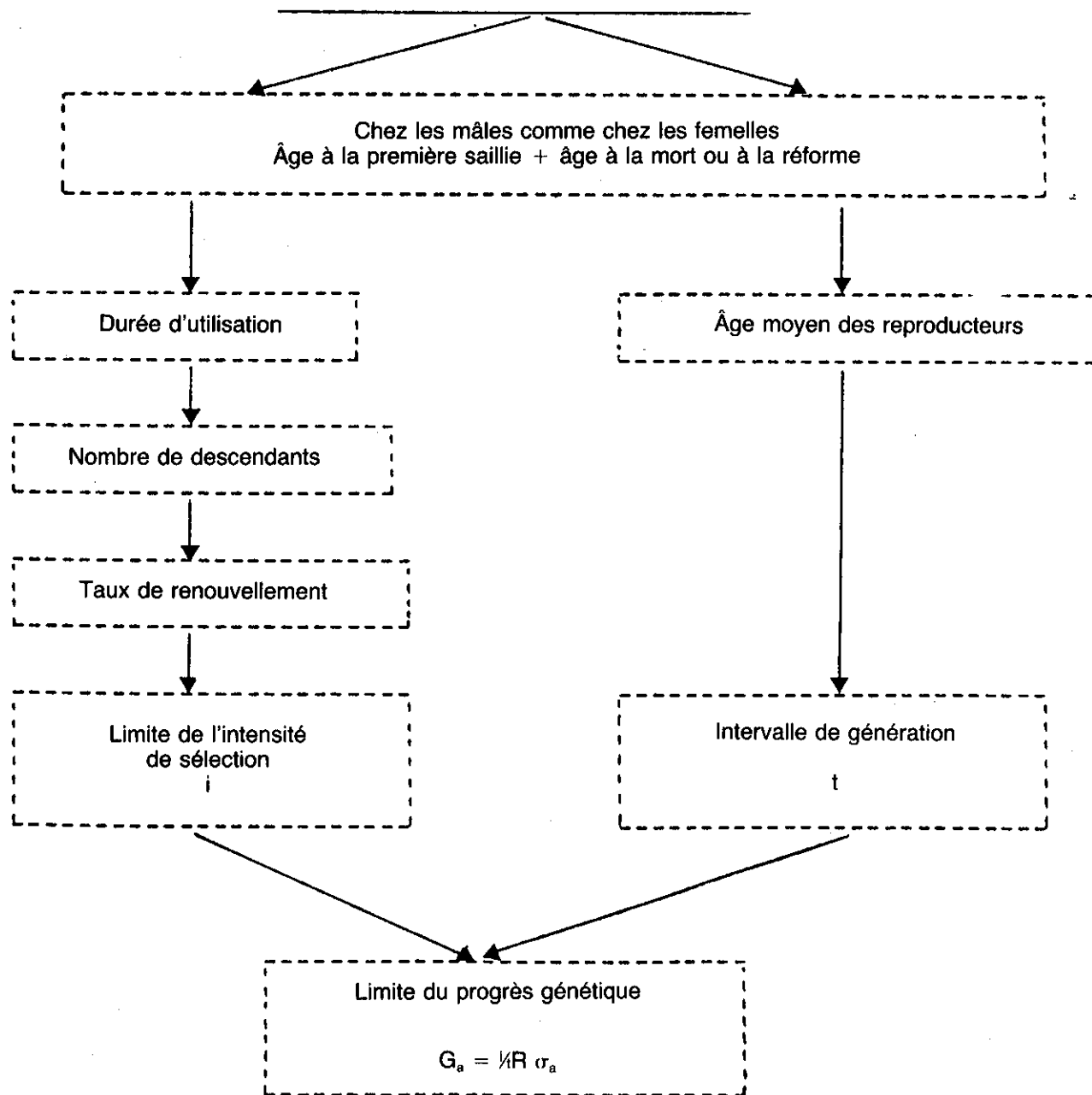
— En outre le développement rapide de l'équitation (100 000 licenciés en 1975 contre 253 000 en 1980) est conduit par la Fédération Équestre Française sous l'autorité du Ministère de la Jeunesse et

Année 1984
Financement et organisation des compétitions

	nombre d'épreuves	nombre moyen de partants par épreuve	nombre de chevaux	nombre moyen de départ par cheval	% de non gagnants	allocations 1984
COURSES						
Plat						
4 186	11,2	8 401	5,6	0,38	434 644 647	
Obstacles						
2 070	11,0	4 626	4,9	0,38	194 507 521	
Trot						
8 676	14,2	11 616	10,6	0,28	461 094 202	
Compétitions équestres						
C.S.O.						
5 222	38,0	15 246	13,0	0,30	27 101 156	
C.C.E.						
420	26,9	2 456	4,6	0,31	3 280 117	
C.D.						
1 539	8,7	1 861	7,2	0,40	1 823 523	



Influence des facteurs démographiques sur l'efficacité de la sélection



des Sports. En ce domaine il faut distinguer deux écoles:

* l'une, traditionnelle, s'attache essentiellement à l'instruction et débouche sur la pratique de la compétition qui implique au plus 10% de ses effectifs. Ces épreuves sont les Concours de Saut d'Obstacles (C.S.O.), les Concours Complets d'Équitation (C.C.E.) et les Concours de Dressage (C.D.). Elles sont gérées par l'une des trois sociétés précédentes sur le même modèle que le sont les courses.

* l'autre, plus marginale, a un statut économique plus précaire. Elle est entre les mains des loueurs

de chevaux ou des particuliers eux-mêmes. Cette équitation détendue, instinctive, proche de l'animal et de la nature correspond à une grande aspiration du public. Malgré ses difficultés, elle a donc tendance à se développer. L'essor du poney, du tourisme équestre et de l'équitation en milieu rural en témoigne.

Au niveau agricole, on peut remarquer qu'à l'exception de quelques grands haras surtout spécialisés vers la production de chevaux de course, l'essentiel de la production est entre les mains de petits éleveurs. La taille moyenne d'élevage se situe

en effet entre 2 et 3 poulinières. Même pour les races de courses, l'écrasante majorité des éleveurs possède une ou deux poulinières.

Les productions chevalines françaises se caractérisent donc par une multiplicité d'objectifs et des effectifs faibles dispersés chez un grand nombre d'éleveurs perpétuant une « tradition cheval » avec passion mais qui sont souvent restés à l'abri des innovations techniques. En effet les intérêts dominants de la production qui sont du côté des courses sont parfois très puissants et ont tendance à geler les situations bien maîtrisées. Dans un tel contexte, la nécessité de fournir directement aux éleveurs une information technique précise se fait particulièrement sentir. C'est dans cette optique sous l'égide du Service des Haras, structure étatiste à vocation coordinatrice que nous avons placé nos travaux en considérant l'atout que représentait en France malgré l'atomisation des structures une gestion nationale centralisée.

C. Aspect démographiques

Dans une population, l'âge à la première saillie et l'âge à la mort ou à la réforme des mâles et des femelles conditionnent, avec la fertilité, l'intervalle de génération et avec la structure des accouplements, les nombres moyens de descendants par reproducteur. C'est ainsi que se trouvent déterminées les possibilités de sélection et la vitesse d'évolution génétique de la population.

L'estimation de ces paramètres, déterminants dans l'élaboration de programmes d'amélioration génétique a donc été entreprise pour les races françaises. Il est apparu que leur structure démographique se trouvait dominée par de faibles performances de reproduction. En effet la production numérique au sevrage n'est que de l'ordre de 0,55. Compensée par une grande durée d'utilisation des animaux, elle se traduit globalement par un intervalle de génération long (10,5 ans chez les Pur Sang, 11,5 ans chez l'Anglo-Arabe, 11,6 chez le Trotteur Français, 11 ans chez le Selle Français).

En revanche le nombre moyen de descendants par reproducteurs de l'ordre de 5 pas poulinière et 50 par étalon offre des possibilités de sélection qu'on peut évaluer au minimum à 50% chez les femelles et à 5% chez les mâles. Ceci dans le cas des races de courses où la presque totalité des animaux sont contrôlés sur performances, peut conduire à des intensités de sélection très appréciables.

Cette structure d'élevage, liée à l'utilisation exclusive des étalons en monte naturelle (32,5 juments saillies par étalon national contre 18,2 par étalon approuvé et 9,6 par étalon autorisé en France en 1984) contribue au maintien d'un grand polymorphisme. Son aménagement progressif par des tech-

niques plus modernes incontestablement plus efficaces sur le plan de la sélection se justifiera à mesure que des objectifs précis de production auront été définis.

En effet, dans ces conditions, l'effet de la sélection ne peut être attendu qu'à long terme de sorte que l'on préfère souvent avoir recours au croisement.

Cette alternance du croisement au résultat rapide et de la sélection dite « stabilisatrice » est très répandue dans la gestion des populations chevalines. L'exemple de la population Anglo-Arabe en France en est une excellente illustration, de même que l'histoire de la race « Selle Français ». Dans cette optique on vise à valoriser rapidement la complémentarité de divers matériels génétiques bien fixés par ailleurs par la sélection séculaire de l'homme ou de la nature.

La sélection sensu stricto, créatrice de matériel génétique original, ne s'applique en effet qu'aux races d'hippodromes où elle est conduite depuis plus de 20 générations chez le Pur Sang et depuis plus de 10 chez le Trotteur. Dans ces conditions, l'abondance des informations disponibles sur les performances des mâles et des femelles permet aux éleveurs de raisonner les accouplements. Cela conduit à des écarts sensibles aux conditions habituelles de référence de la génétique quantitative qui supposent entre autres que les croisements se font au hasard. Il nous a donc fallu en tenir compte dans l'approche génétique (LANGLOIS, 1981) et adapter la méthodologie habituelle à ces nouvelles conditions d'application.

II. Estimation du potentiel des chevaux dans les aptitudes recherchées

L'estimation du potentiel des chevaux dans les aptitudes recherchées peut être réalisée par l'intermédiaire d'estimateurs directs qui tente d'apprécier l'aptitude de l'animal dans ses conditions d'utilisation ou d'estimateurs indirects qui mesurent des caractères de corrélation.

* Les estimateurs « directs ».

Ils découlent en général des classements obtenus par le cheval dans diverses épreuves, qu'il s'agisse de course ou de compétitions équestres. Ce sont des « valeurs handicap », des « valeurs cotées » ou des gains. Parfois on peut également disposer de temps chronométrés. En France, le seul critère largement disponible pour toutes les disciplines est le gain. De plus, élément comptable, il présente une bonne fiabilité et a l'avantage de bénéficier d'une crédibilité satisfaisante auprès des éleveurs. C'est

donc sur cette variable relativement peu étudiée que nous avons fait porter l'essentiel de notre effort d'interprétation.

D'après les études réalisées il s'est avéré que les variables utilisables, soit le gain annuel et le gain moyen par épreuve, de distributions extrêmement dissymétriques, devaient être transformées pour se prêter aux traitements statistiques classiques (Figures 1 et 2).

En effet, les règles de dotation d'un cheval dans une épreuve peuvent être schématisées de la façon suivante. Si k est le rang du cheval dans une épreuve dotée de X Francs, son gain $G_k = x^k X$ où x est le pourcentage à peu près constant de décroissance du gain en fonction de la place ($x \neq 0,80$ en concours hippique, $x \neq 0,50$ en courses). Pour une place d'écart on génère ainsi des écarts de gains entre chevaux d'autant plus élevés que les dotations d'épreuves X sont fortes et que les classements sont bons (k petits). Cela conduit donc à une métrique tout à fait inadaptée pour mesurer les performances.

En revanche si l'on considère le logarithme:

$$\text{Log } G_k = k \text{ Log } x + \text{Log } X$$

on s'aperçoit que pour une place d'écart on a alors une quantité constante ($-\text{Log } x$) indépendante de X et de k . Si l'on prend ce critère comme mesure de la performance on évite une grande partie des inconvénients du gain brut. En effet d'une manière générale, l'appréciation des performances d'un cheval dans des compétitions est déterminée par deux facteurs:

l'évaluation de la performance dans l'épreuve et l'estimation du niveau de l'épreuve.

Dans le cas de $\text{Log } G_k$, $\text{Log } X$ va traduire la difficulté de l'épreuve, soit son niveau et $k \text{ Log } x$ va traduire le résultat du cheval dans l'épreuve.

On s'aperçoit en pratique que les variations de $\text{Log } X$ sont déterminantes par rapport à celles de $k \text{ Log } x$. Tout se passe donc comme si les chevaux se répartissaient dans des classes de différents niveaux correspondant à leur capacité. Ces niveaux évalués par $\text{Log } X$ surtout servent à évaluer le cheval. Cela explique pourquoi on peut aussi considérer que les chevaux non gagnants qui représentent une proportion souvent importante soient des chevaux « non testés ». En effet ce sont pour la plus grande part des chevaux qui ne sont pas sortis assez souvent ou qui ont été engagés dans des épreuves ne correspondant pas à leurs capacités. Ceci explique que leur élimination n'entraîne pas comme nous avons pu le montrer contre toute attente de conséquences importantes sur la représentativité des échantillons.

* Les estimateurs « indirects ».

Lorsqu'on ne dispose pas de mesure de l'aptitude à améliorer on peut utiliser un caractère en corrélation. C'est ainsi que traditionnellement le choix des reproducteurs sur « modèle et allures » s'est peu à peu instauré. Abandonnée pour les races d'hippodrome au profit de la sélection sur performance, cette méthode est encore en vigueur chez les chevaux de sport pour lesquels les données des compétitions n'ayant pas atteint l'ampleur de celles fournies par les courses, sont apparemment plus délicates à interpréter.

Il nous a donc paru opportun, avant même d'analyser la nature des liaisons entre performances et « modèle », de caractériser ce dernier d'une façon objective par des mensurations corporelles. Les méthodes usuelles étant peu pratiques, nous avons été amenés à utiliser une méthode photographique en repérant certains points du squelette à l'aide de pastilles autocollantes (Figures 3 et 4). La projection de la diapositive ainsi obtenue fournit à la fois les mensurations et les angles désirés. 37 mesures par cheval ont été analysées par la méthode dite « en composantes principales ». Quatre éléments caractérisant le modèle ont pu être dégagés: la taille (hauteur au garrot), la compacité (largeur aux épaules en opposition au vide sous-sternal), l'orientation des « rayons postérieurs » (angle de la croupe avec l'horizontale) et l'orientation des « rayons antérieurs » (angle de l'épaule et angle du bras avec l'horizontale).

Une étude comparative de deux échantillons de Trotteurs Français et de Pur Sang Anglais a permis par la suite d'illustrer les conséquences sur la conformation de la sélection pour deux aptitudes différentes. Les Trotteurs se distinguent par des angles de l'ilium, du fémur et du scapulum avec l'horizontale plus élevés. Le radius est plus court et le canon très notablement plus épais. En outre, de taille comparable aux Pur Sang, ils sont plus larges et par conséquent plus compacts. En ce qui concerne les liaisons entre l'aptitude au saut d'obstacles et la morphologie, il est difficile de conclure et seules des tendances peuvent être relevées. « Le bon sauteur » apparaît comme un cheval plutôt grand, très compact avec une croupe longue, large et fortement inclinée dont les angles des autres rayons moteurs (scapulum, humérus et fémur) sont fermés sur l'horizontale.

Mais alors qu'il paraît aisé de distinguer un trotteur d'un galopeur par la conformation, il semble délicat de faire la même chose entre « bons » et « mauvais sauteurs ». L'analyse de classements de « modèle et allures » et de résultats ultérieurs en compétition réalisée sur 645 chevaux n'a en effet révélé que des liaisons très faibles entre ces deux critères. Les études plus récentes confirment ces premiers résultats non seulement pour l'analyse de

Figure 1
Distribution du coefficient de réussite annuel

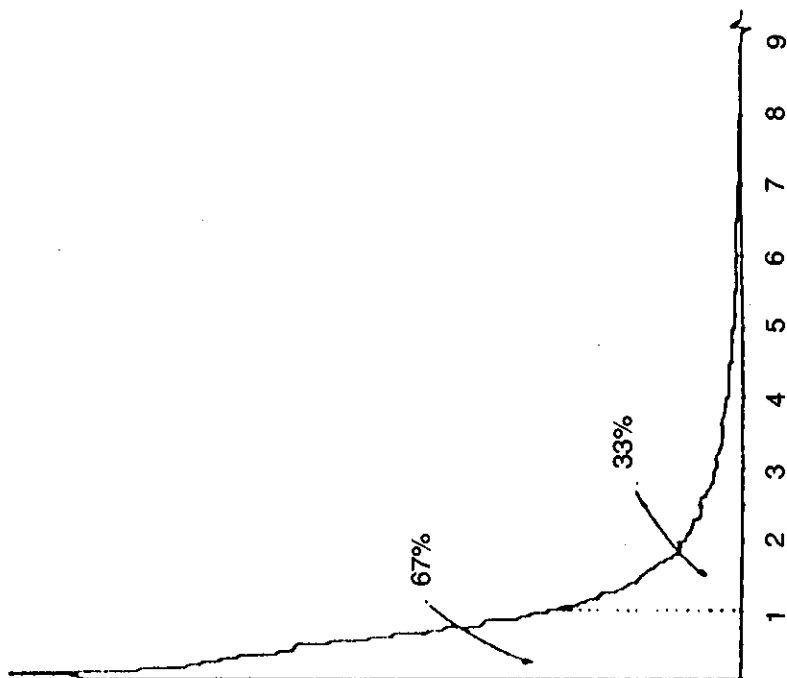


Figure 2
Distribution des indices annuels

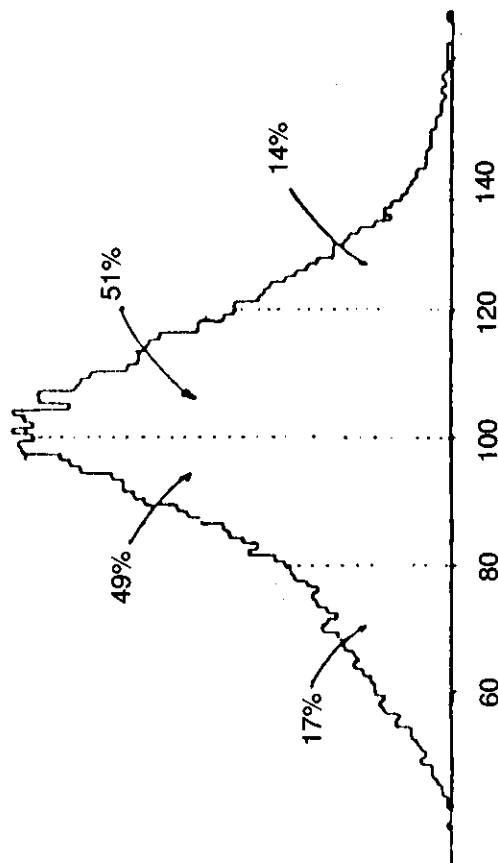


Figure 3
Cheval prêt à être photographié

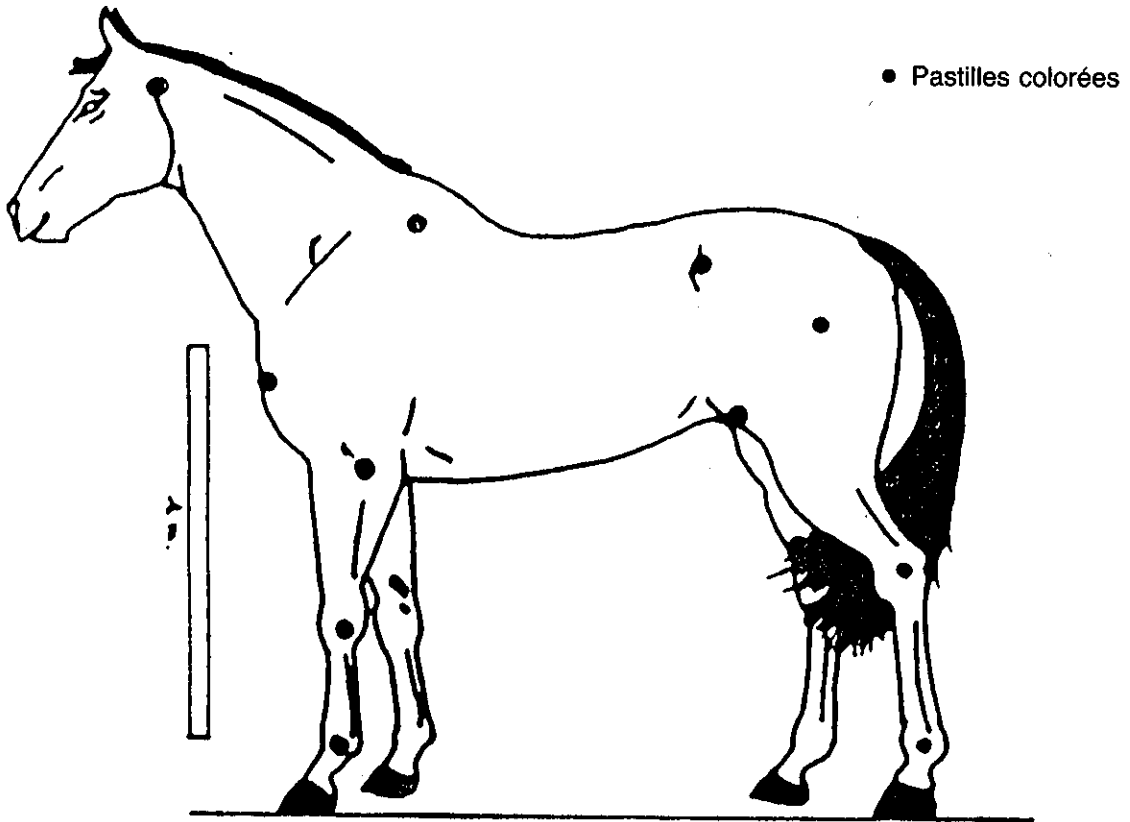
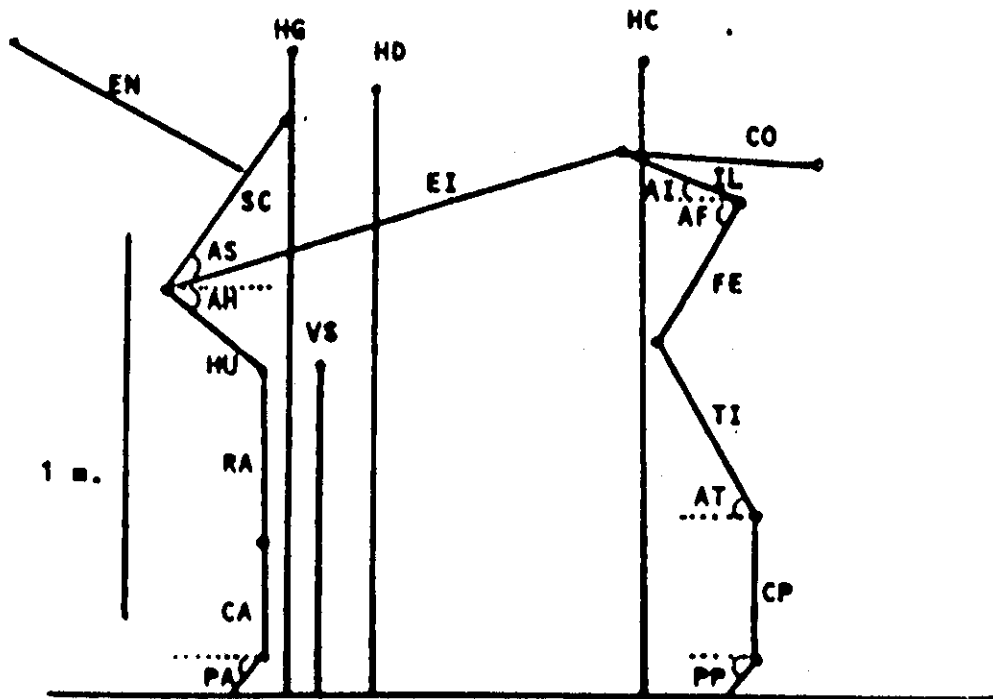


Figure 4
Schéma du cheval moyen à l'arrêt



la conformation mais aussi pour celle du geste à l'obstacle. Il apparaît en effet que le jugement des experts est indépendant des résultats en compétition. Cela est dû au fait que dans leur analyse les juges sont sensibles à des caractéristiques non essentielles (positions des extrémités des membres durant le saut) alors que les différences importantes entre chevaux (prises d'équilibre entraînant des variations des angles des articulations hautes des membres pendant le saut) qui permettent de bien discriminer les « bons » sauteurs des « mauvais » ne sont pas perçues.

En la matière les études en rendant plus objectif un domaine apparenté classiquement aux dons et à l'art devraient permettre de rendre le jugement subjectif plus efficace en dégagant plus précisément les critères à observer. C'est la raison pour laquelle nous nous proposons pour les années à venir d'introduire progressivement dans les concours de modèle et allures des questionnaires de pointage qui en complément de quelques mensurations permettront de constituer des fichiers informatisés où la conformation d'un grand nombre de chevaux sera ainsi codée et stockée. Cela en facilitant les recoupements donnera une bien plus grande efficacité à cette structure qui le plus souvent n'est maintenant considérée que comme un moyen d'animation.

Sans en attendre de grands progrès du côté du cheval de sport pour lequel seul le contrôle des performances est souhaitable, ces aménagements seront en revanche précieux pour la production et la qualification du cheval dit « de loisir ».

Mais la conformation n'est pas le seul critère indirect envisageable. La mécanique des allures, étudiée par certains, peut également fournir des résultats intéressants par des mesures de longueur de foulée, de cadence et de vitesse. Des données plus physiologiques concernant le cœur (électrocardiogramme), le sang (dosages de métabolites avant et après l'effort), la capacité respiratoire et la texture histologique des muscles peuvent également être étudiées. Cependant, ces aspects encore très expérimentaux ne peuvent en l'état actuel servir de base à des programmes d'amélioration génétique; ils sont donc encore éloignés de nos préoccupations immédiates. Nous leur préférons en effet les critères directs qui permettront, selon toute probabilité, d'obtenir plus rapidement les progrès escomptés.

III. Estimation de la valeur génétique des reproducteurs

a. L'analyse des performances en équitation.

Le traitement statistique des gains des chevaux dans les compétitions équestres françaises (Concours de Dressage, Concours Complètes d'Équitation, Concours de Saut d'Obstacles) a été réalisé de manière à fournir une estimation des paramètres génétiques.

Le principe du traitement est le suivant: par discipline on calcule d'abord un indice annuel qui est un Logarithme de Gain corrigé pour l'effet de l'âge et du sexe et présenté sous forme standardisée, la moyenne étant fixée à 100 et l'écart-type de la distribution à 20. Dans cette présentation un cheval au-dessus de 120 fait partie des meilleurs 15%, un cheval en-dessous de 80 se situe dans les 15% moins bons. Ces indices sont publiés chaque année sous les sommes gagnées dans un recueil « Compétitions équestres » publié annuellement pour les cavaliers et les éleveurs. En 1984 ils concernaient 2 501 chevaux en Dressage (CD), 3 117 en Concours Complet (CCE) et 15 699 en concours de saut d'obstacles (CSO).

Ces résultats annuels servent à alimenter un fichier général comprenant maintenant 40 072 chevaux différents gagnants depuis 1972. La carrière sportive de chaque individu se trouve alors représentée par une succession d'indices annuels représentant sous forme normalisée et directement actualisée (donc permettant les comparaisons) les gains obtenus chaque année dans chaque discipline.

Les valeurs de la répétabilité de ces performances annuelles sont de l'ordre de 0,40 à 0,45 et les valeurs de l'héritabilité sont comprises entre 0,15 et 0,25.

La connaissance de ces paramètres permet de proposer des indices de performances individuelles, sorte de note de synthèse de l'ensemble de leur carrière contrôlée pour chaque discipline. Elle permet également d'élaborer des indices sur descendance des étalons qui, cette année, impliquaient 1 733 pères de gagnants en Concours de Dressage, 2 136 en Concours Complet et 3 608 en Concours de Saut d'Obstacles. Si dans le cas de l'indice de performance une formule très classique a pu être utilisée, l'établissement de l'indice sur descendance a dû être mis au point compte tenu du déséquilibre important des informations relatives aux différents produits d'un même étalon. Le principe de l'estimation par régression reste néanmoins le même. En simplifiant on peut dire que pour un cheval on réalise la moyenne de ses performances annuelles et pour

un étalon la moyenne des moyennes de ses descendants. On compare ce chiffre à la moyenne générale qui permet de situer les résultats individuels par rapport à ceux de la population. On multiplie ensuite cet écart à la moyenne générale par un coefficient qui varie entre 0 et 1 en fonction de la quantité d'informations disponible comme le nombre d'années de performances et le nombre de descendants et la qualité de cette information exprimée par des coefficients comme l'héritabilité et la répétabilité. Plus il y a d'informations et plus l'héritabilité et la répétabilité sont élevées et plus le coefficient est proche de 1. Moins il y a d'informations et plus l'héritabilité et la répétabilité sont faibles et plus le coefficient est proche de 0. L'expression des résultats est ensuite faite de la même façon que pour les indices annuels pour une plus grande facilité d'emploi.

Ces résultats permettent ensuite de multiples applications. Information immédiate concernant les performances de n'importe quel cheval, de ses ascendants ou descendants. Ceci permet de documenter rapidement par téléphone, Minitel ou par courrier tout éleveur intéressé et de tenir pour chaque étalon et poulinière l'état du niveau de sa production. De gérer ainsi la prime de sélection obstacle et les règlements de qualification au Stud-Book. C'est enfin un remarquable outil de détection et de tri des animaux sur l'ensemble du territoire national en fonction du critère performance.

La France est le premier pays au monde à s'être doté de tels moyens pour la gestion de son élevage de chevaux de sport. On s'aperçoit dans la pratique de la nécessité d'élaborer des informations synthétiques par les méthodes usuelles d'indexation génétique. En effet l'informatique rend désormais l'accès facile à un nombre considérable d'informations élémentaires qui le plus souvent submergent l'utilisateur intéressé sans lui permettre de conclure précisément. C'est sans doute la raison pour laquelle on reconnaît maintenant, que la méthodologie ainsi développée, sans être la panacée universelle, constitue néanmoins à ce jour la meilleure méthode disponible pour appréhender les performances des chevaux dans la sélection.

b. L'analyse des performances dans les courses au trot.

Les travaux sur le Trotteur Français débutés en 1980 en collaboration étroite avec les organismes professionnels ont permis de bien avancer dans la connaissance des problèmes d'amélioration génétique de cette population. On peut résumer les principaux résultats de la façon suivante:

les facteurs de variation de la « réduction kilométrique » sont nombreux (âge, mois, année, sexe, mode attelé ou monté, autostart, distance, hippodrome). Il apparaît néanmoins que la gestion de

cette information par l'intermédiaire du record absolu est efficace pour la sélection (héritabilité de l'ordre de 0,25 à 0,35). Elle permet donc d'effacer en grande partie la forte incidence des effets de milieu précités, chaque cheval ayant semble-t-il un jour ou l'autre la possibilité de s'exprimer dans les meilleures conditions. Par ailleurs l'incidence négligeable de l'effet du classement sur la « réduction kilométrique », semble indiquer que ce critère présente beaucoup plus un niveau de course qu'une mesure directe des possibilités de l'animal dans l'absolu. En ce sens ce mode d'appréciation ne diffère pas fondamentalement du gain. En effet celui-ci donne une idée du niveau des courses dans lesquelles le cheval se place et peut également servir à la sélection. Il faut toutefois l'utiliser sous forme transformée (Logarithme) pour qu'il reflète efficacement les performances réalisées. Nous en proposons une expression sous forme d'indices annuels comparable à ce qui a été fait pour les chevaux de sport.

Les corrélations génétiques entre record et critères de gains évaluées de l'ordre de - 0,80 sont importantes bien que différant sensiblement de l'unité. La corrélation phénotypique correspondante de l'ordre de - 0,70 est un peu inférieure mais reste élevée. Les deux critères nous paraissent donc bien dans l'ensemble rendre compte de la même aptitude.

Dans le même ordre d'idées, les corrélations génétiques obtenues pour un même critère à différents âges voisines de 1 pour les records sont de l'ordre de 0,80 pour le Gain annuel et de 0,90 pour le Gain moyen par départ. Elles sont dans ce cas très sensiblement supérieures aux corrélations phénotypiques qu'on peut évaluer de l'ordre de 0,80 pour les records, de l'ordre de 0,30 pour les Gains et de l'ordre de 0,40 pour les Gains par départ.

Il nous apparaît donc en première approximation que l'utilisation du seul record absolu du cheval paraît suffisante pour rendre compte de sa carrière en terme de chronométrage.

En revanche pour les critères de gains, l'utilisation de toutes les années de performances disponibles ne paraît pas dépourvue d'intérêt, étant donné l'importance des corrélations génétiques et la faiblesse des corrélations phénotypiques.

Compte tenu de ces résultats et après discussion avec les instances représentatives nous proposons d'indexer les reproducteurs d'après leurs propres performances comme sur celles de leurs descendants estimées par les Gains moyens annuels par départ (Log G/D). En effet le record ne caractérise que le potentiel de vitesse sans tenir compte d'autres aspects comme la régularité et la longévité sportive qui sont mieux pris en considération par les gains. Ces derniers plus dépendants

de l'adaptation des chevaux à notre programme de courses reflètent donc un peu mieux nos objectifs qui sont sensiblement différents de ceux du Trotteur américain. Le développement d'une méthode d'indexation à partir des gains comporte en outre un autre avantage qui est d'ordre psychologique et pratique. En effet les éleveurs de Trotteurs sont habitués de longue date à utiliser le record absolu des chevaux pour porter leurs appréciations.

Il est de ce fait difficile d'intervenir dans ce domaine pour modifier les usages, même si cela se justifie. Le gain en revanche est très peu utilisé en pratique. Il permet donc de développer une nouvelle méthodologie plus performante, sans que l'inertie des habitudes ne vienne entraver son épanouissement. Nous proposons donc de développer une nouvelle méthode d'estimation des reproducteurs fondée sur l'utilisation du gain moyen annuel par départ et dont les étapes sont les suivantes:

1. à l'issue de chaque année calcul d'un indice annuel comme cela se fait maintenant régulièrement pour les chevaux de sport.
2. calcul d'un indice de performance par cheval gagnant récapitulant l'ensemble de sa carrière (note de synthèse).
3. calcul d'un indice de sélection des étalons sur la base de leurs propres performances, de la moyenne de leurs descendants et de la moyenne de leurs conjointes (les aspects théoriques de cette question ont été résolus).
4. calcul d'un indice d'ascendance pour les chevaux dépourvus de performances propres à partir de l'indice de leur père et de celui de leur mère.

La mise à disposition de ces nouveaux outils de gestion des effectifs, plus performants que l'habituel record devrait petit à petit emporter l'adhésion d'un nombre grandissant d'éleveurs. Les évolutions souhaitables se feront de cette façon sans révolution.

c. L'analyse des performances des Pur Sang dans les courses au galop.

Ce domaine a été à la fois le plus fructueux sur le plan de la recherche et celui où le passage aux applications paraît le plus délicat. En effet les estimations de l'héritabilité concernant les temps chronométrés ($h^2 * 0,20$), les poids handicap, les « performance rates » et les gains ($0,30 * h^2 * 0,40$) ne sont pas négligeables. On sait de plus que la sélection réalisée est intense tant chez les mâles que chez les femelles. Or cette sélection ne semble pas depuis plusieurs décennies conduire à un progrès génétique visible. Les raisons de cette situation paradoxale n'ont pas encore été élucidées.

De plus l'analyse génétique est compliquée par un fort assortiment des conjoints, une forte homo-

généité des harems d'étalons et des effets de milieu liés à la qualité des parents. Il est difficile dans ces conditions de séparer les effets génétiques de ceux de l'environnement et le problème de l'existence d'une corrélation génotype-milieu ne peut être délibérément écarté.

La réalisation en France de fichiers informatisés des gains en plan et en obstacles des chevaux de Pur Sang a permis de procéder aux premières analyses de notre population.

Les variables, Gain (Log G), Gain moyen par départ (Log G/D) ont été retenues chaque année en plat comme en obstacles pour rendre compte des performances réalisées. La transformation logarithmique des gains a bien entendu été réalisée pour disposer de critères normalement distribués.

Les effets de l'année, de l'âge et du sexe ont d'abord été corrigés.

L'estimation des paramètres génétiques de ces critères suppose de caractériser avec précision deux sources d'erreurs habituelles que sont la sélection et les croisements assortis. Pour les performances en plat, l'homogamie est forte et conduit à des corrélations entre conjoints de l'ordre de 0,40. Pour l'obstacle, il est difficile de généraliser puisque la plupart des étalons n'ont pas de performances dans cette discipline. Néanmoins pour ceux qui en ont, les corrélations avec les performances des conjointes sont aussi élevées (de l'ordre de 0,45). En ce qui concerne l'intensité de sélection chez les mâles on peut considérer qu'elle est très forte sur le plat et voisine du maximum des possibilités démographiques (taux de sélection de l'ordre de 5%) mais seulement moyenne sur l'obstacle (taux de sélection de l'ordre de 35%). La sélection en plat est aussi réelle chez les juments, même si elle n'atteint pas les possibilités démographiques (75% réalisé contre 50% possible), elle n'existe pas en revanche pour l'obstacle.

La mise en oeuvre de méthodes d'estimation des paramètres génétiques corrigées pour ces biais donne les résultats suivants:

— en plat, l'héritabilité est voisine de 0,35 pour le Gain (Log G), et de 0,40 pour le Gain par départ (Log G/D). Entre variables de Gain au même âge la corrélation génétique est voisine de 1 et la corrélation phénotypique de 0,90. Entre âges les corrélations génétiques sont de l'ordre de 0,80 alors que les corrélations phénotypiques sont alors beaucoup plus faibles (0,40 à 0,50).

— en obstacles, l'héritabilité est voisine de 0,20 pour le Gain (Log G) et un peu plus élevée pour le Gain par classement (Log G/D). Les corrélations génétiques et phénotypiques entre critères au même âge et entre âges pour un même critère sont du même ordre de grandeur qu'en plat.

Ces variables de gains très liées entre elles semblent donc définir la même aptitude. Le Gain par départ, d'héritabilité plus élevée, serait théoriquement plus précis pour être utilisé pour l'indexation. Toutefois les estimations obtenues pour ces variables sont assez fluctuantes et il est souvent difficile d'interpréter les écarts observés. Le gain (Log G) nous a donné des estimations plus stables. Son héritabilité assez forte peut donc également la désigner pour l'indexation s'il se confirme qu'elle est moins sujette à certains biais.

Les corrélations génétiques entre plat et obstacles bien que fortes (0,70) ne permettent pas de regrouper dans les mêmes estimations des gains en obstacles avec des gains en plat. Des estimations de valeur génétique en obstacles doivent donc être proposées indépendamment de celles qui le seront pour le plat, conduisant ainsi à une qualification pour le plat et une qualification pour l'obstacle.

Sous réserve de vérification de ces premiers résultats, le calcul des indices des étalons en plat sur la variable Gain (Log G) ou Gain moyen par départ (Log G/D) par régression multiple à partir de ses propres performances, la moyenne de ses descendants et la moyenne de ses conjointes pour tenir compte de l'homogamie, devraient dans un premier temps suffire à nos besoins sans recourir à des méthodes plus sophistiquées (B.L.U.P.) beaucoup plus difficiles à mettre en oeuvre car dans nos situations c'est le modèle individuel qui est intéressant. Cette possibilité est néanmoins à l'étude.

En ce qui concerne l'obstacle, s'il se confirme que les biais comme cela est apparu sont beaucoup moins importants qu'en plat, et que ces chevaux constituent un tirage au hasard dans la population des Pur Sang sélectionnés sur le plat, le problème de l'indexation n'apparaît pas compliqué, et l'on peut envisager d'appliquer les méthodes en usage chez les chevaux de sport.

L'ensemble de ces résultats est en discussion avec les représentants des éleveurs et des sociétés de courses. Mais alors que nous allons passer pour les Trotteurs Français au stade des applications de routine, il est encore nécessaire d'approfondir les études pour les chevaux de Pur Sang avant de parvenir à ce stade.

Conclusion

En conclusion, comment envisager la mise en place de programmes nationaux d'amélioration génétique?

Nous avons vu la diversité des objectifs d'élevage. Doit-on pour autant laisser se multiplier les « chapelles » autour de nombreuses associations d'éleveurs et d'utilisateurs souvent exclusives les unes des autres et qui feraient rapidement tendre vers une structure encore plus atomisée? On ne peut pas non plus s'abstraire totalement de ces tendances et imposer des schémas nationaux autoritaires comme il est d'ailleurs possible de le faire dans les pays où l'état est fortement impliqué dans cet élevage. La recherche d'un juste milieu doit préserver une unité d'organisation et satisfaire à la diversité des orientations.

On distingue en effet deux catégories de situations:

- * la première est celle d'une production à forte valeur ajoutée. Elle correspond à un élevage intensif à investissements importants conduits par des professionnels et dont la sélection se fait en race pure par le moyen du contrôle des performances. Il s'agit pour l'instant de l'élevage des chevaux de course. À l'avenir, ce pourrait être également celui de chevaux de sport de haut niveau.

- * la seconde correspond à une production de faible valeur ajoutée. C'est alors un élevage de complément voire même semi-extensif ou extensif où les investissements sont faibles. Il est conduit par des amateurs le plus souvent en croisement et orienté vers des activités de loisir ou d'animation rurale. Dans ce cadre on produit surtout des chevaux de selle et de trait.

Dans la première situation, la création de matériel génétique original ne peut être obtenue qu'après un long délai. Cela a été fait pour les races de course et l'apport des généticiens en ce domaine ne vise qu'à quelques aménagements concernant la qualification des poulinières sur la base de leurs performances et de celles de leurs apparentés ainsi que le contrôle de la descendance des étalons par une gestion plus moderne des informations disponibles. Pour les chevaux de selle le problème est plus complexe dans la mesure où les objectifs sont moins bien définis. Les doctrines officielles visant à l'unité prônent donc la polyvalence par principe. Cela ne veut pas dire que le même cheval puisse participer avec autant de succès à toutes les disciplines équestres mais seulement que la gamme des chevaux que l'on désire produire puisse satisfaire aux diverses utilisations. Toutefois, de plus en plus, certains éleveurs se spécialisent et étant donné l'importance économique prise par des activités de compétition, jumping notamment, nous pensons que

la création de lignées spécialisées est possible. Mais étant donné l'intervalle de génération et la lenteur du contrôle de la descendance l'utilisation des techniques modernes de reproduction apparaît dans cette orientation comme une nécessité impérative. L'insémination artificielle permettrait à la fois de tester plus rapidement les jeunes étalons et de mieux valoriser les reproducteurs confirmés. Même sans augmenter le nombre moyen de descendants par père cela conduirait à accroître sensiblement leur taux de renouvellement et à diminuer ainsi l'intervalle de génération. La transplantation d'ovules autoriserait par ailleurs les juments figurant au meilleur niveau de compétition à laisser une descendance appréciable ce qui pour l'instant n'est pas facilement réalisable.

Dans la seconde situation, l'utilisation du croisement permet de bénéficier des effets de complémentarité de divers matériels génétiques patiemment élaborés par ailleurs par la sélection de l'homme ou bien de la nature. Dans cette optique les problèmes de conservation de races sont éclairés d'une lumière toute particulière. Ils concernent d'une part des races locales menacées d'absorption par des types génétiques réputés plus performants et d'autre part des races spécialisées pour le trait dont le débouché traditionnel disparaît.

Dans le premier cas, la recherche de facteurs diminuant les coûts de production peut conduire à exploiter en croisement des races locales qui permettent de valoriser aux moindres frais certaines ressources naturelles des milieux difficiles que l'on a peine à utiliser autrement.

Dans le second, la race de trait est souvent utilisée pour apporter « la masse » en croisement avec le Pur Sang pour produire un cheval de sport puissant. C'est couramment le cas en Irlande avec l'« Irish Draught » ou en Grande Bretagne avec le « Cleveland Bay ». Cependant le cheval de gros trait est très peu utilisé dans ce sens et des mesures de conservation doivent le plus souvent être prises en sa faveur. Mais quoi qu'il en soit, la gestion des schémas de croisements nécessite une structure très intégrée et est toujours délicate. En effet, le maintien du ou des noyaux de base nécessaires pose souvent des difficultés.

Il nous semble en définitive qu'à l'avenir la production de chevaux hautement spécialisés à forte valeur ajoutée sera conduite en utilisant les techniques modernes de reproduction et de gestion de l'information à partir du contrôle individuel des performances selon des objectifs nationaux ou internationaux.

Parallèlement des reproducteurs de ces lignées seront utilisés en croisement, entre eux ou bien sur des populations localement bien définies pour lesquels des politiques de conservation se mettront progressivement en place. C'est ainsi que sera produit l'essentiel des chevaux de service.

Dans cette évolution les généticiens sont déjà et seront de plus en plus sollicités pour les problèmes classiques que sont:

- la définition des critères de sélection.
- l'évaluation des reproducteurs.
- l'évaluation des schémas de croisements.
- la gestion de petites populations dans lesquelles les risques liés à la consanguinité s'accroîtront sensiblement.

Références bibliographiques

LANGLOIS B., 1980. Heritability of racing ability in thoroughbreds. A review. *Livest. Prod. Sci.*, 7, 591-605.

LANGLOIS B., 1982. L'héritabilité des performances chez le Trotteur. Une revue bibliographique. C.E.R.E.O.P.A. Journée d'étude sur le Cheval, PARIS, 10 mars 1982. *Ann. Génét. Sél. anim.*, 14, (3), 399-414. in R. JARRIGE, W. MARTIN-ROSSET Ed. *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* 409-422. INRA. Paris, 1984.

LANGLOIS B., 1984a. Aspects spécifiques de l'amélioration génétique des chevaux de Pur Sang. in R. JARRIGE, W. MARTIN-ROSSET Ed. *Le cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* 387-408 INRA. Paris, 1984.

LANGLOIS B., 1984b. Cheval de loisir et de sport: aptitude et sélection. in R. JARRIGE, W. MARTIN-ROSSET Ed. *Le cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* 423-435. INRA. Paris, 1984.

LANGLOIS, B., 1984c. Aspects génétiques de l'exploitation du cheval pour la production de viande. in R. JARRIGE, W. MARTIN-ROSSET Ed. *Le cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* 521-540. INRA. Paris, 1984.